

PRACE NAUKOWE
Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

SCIENTIFIC ISSUES
Jan Długosz University in Częstochowa

TECHNIKA, INFORMATYKA,
INŻYNIERIA BEZPIECZEŃSTWA

TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE,
SAFETY ENGINEERING

VI



Częstochowa 2018

Redaktor naczelny / *Editor-in-chief*: dr inż. Marcin **Sosnowski**

Recenzenci współpracujący / *Reviewers*:

assoc. prof. Radomir **Ščurek** – Technical University of Ostrava, Czech Republic
prof. dr hab. Krystyna **Skibniewska** – Uniwersytet Warmińsko Mazurski w Olsztynie
dr hab. inż. Wioletta **Bajdur** – Politechnika Częstochowska
dr hab. inż. Agnieszka **Generowicz** – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
dr hab. Alina **Gil** – Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
dr hab. inż. Jarosław **Krzywański** – Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
dr hab. inż. Marek **Lis** – Politechnika Częstochowska
dr hab. Henryk **Noga** – Instytut Techniki, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie
dr hab. inż. Jerzy **Pisarek** – Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
dr hab. inż. Andrzej **Roman** – Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
dr hab. Mikhail **Selianinov** – Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
dr hab. inż. Elżbieta **Sobiecka** – Politechnika Łódzka
dr hab. inż. Grzegorz **Stradomski** – Politechnika Częstochowska

Przygotowanie techniczne do druku: Katarzyna **Ciesielska**

Korekta: Andrzej **Miszcza**k

Projekt okładki: Damian **Rudziński**

© Copyright by Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
Częstochowa 2018

Pismo recenzowane

Podstawową wersją periodyku jest wersja papierowa

ISSN 2300-5343

Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego
Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
42-200 Częstochowa, ul. Waszyngtona 4/8
Tel. (34) 378-43-29, fax (34) 378-43-19
www.ajd.czyst.pl
e-mail: wydawnictwo@ajd.czyst.pl

SPIS TREŚCI

Agata Tarnacka	
Obowiązki pracodawcy po zaistnieniu wypadku przy pracy	15
Aleksandra Zyska, Adam Pawlak, Andrzej Ślęzak	
Zalety i wady stosowania substancji dodatkowych do żywności.....	33
Adrianna Borysiewicz, Paulina Gonera, Dominika Łęgowik, Tomasz Dembiczak, Krzysztof Gospodarek	
Wykorzystanie metody przyrostowej w prototypowaniu.....	45
Henryk Kromołowski	
Problematyka bezpieczeństwa zdrowotnego ludności a wybrane rodzaje uzależnień o charakterze chemicznym i psychoaktywnym.....	57
Henryk Kromołowski	
Zagrożenia zdrowotne spowodowane cytostatykami a bezpieczeństwo zdrowotne pracowników i pacjentów w placówkach opieki medycznej.....	71
Marcin Hibner	
Polski Indeks Rynku Węgla	81
Karolina Grabowska, Jarosław Krzywański, Mariusz Basiak, Dawid Kręciwilk	
Wymagania prawne ochrony przeciwwybuchowej przy pracy z substancjami chemicznymi.....	91
Renata Musielińska, Jerzy Kwapuliński, Jolanta Kowol, Marek Asman, Ewa Nogaj, Anna Szady	
Rola zjawiska wtórnego pylenia na terenie semirekreacyjnym w narażeniu ludności związkami Ni, Fe, Cu i Zn.....	101
Renata Musielińska, Jerzy Kwapuliński, Jolanta Kowol, Marek Asman	
Kontaminacja w przyziemnej warstwie powietrza w Zawoi w aspekcie poszukiwania obszarów odniesienia.....	113
Magdalena Kocyba	
Bezpieczeństwo ekologiczne użytkowania wybranych urządzeń grzewczych małej mocy	125

Jacek Łukasz Wilk-Jakubowski

Wybrane aspekty badań symulacyjnych strat w rzeczywistych łączach satelitarnych..... 135

Gabriela Hajduga, Agnieszka Generowicz

Ocena wybranych elementów realizacji dyrektywy ściekowej ze szczególnym uwzględnieniem województwa małopolskiego..... 153

Gabriela Hajduga, Jarosław Bajer

Analiza awaryjności sieci wodociągowej małej jednostki osadniczej w latach 2007–2012..... 171

Krzysztof Gawkowski

Wpływy nowoczesnych technologii informatycznych na zdrowie i jakość życia człowieka 185

Roman Szostek, Karol Szostek

Transformacje czasu oraz współrzędnych położenia w kinematykach z uniwersalnym układem odniesienia..... 199

Justyna Muweis

Antropogeniczne odpady kosmiczne a zachowanie bezpieczeństwa w przestrzeni orbitalnej 229

Adam Gnatowski, Kamil Mirek

Przegląd technologii i maszyn do utylizacji kompozytów polimerowych 239

Paweł Smolnik

Skutki zagrożeń w transporcie drogowym materiałów niebezpiecznych..... 253

Monika Zajemska, Dorota Musiał, Korneliusz Łukasiak, Damian Hajdas, Piotr Placek

Analiza wybranych gatunków drzewostanu pod kątem zagrożenia pożarowego 265

Małgorzata Okrasa

Systemy lokalizacji w czasie rzeczywistym jako narzędzie wspomaganie ewakuacji..... 277

Adrian Barasiński, Paweł Czaja, Dariusz Polak

Ochrona przeciwpożarowa i przeciwporażeniowa instalacji fotowoltaicznych 295

Anna Skład

Procesy zarządcze w systemie zarządzania bhp a poziom bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie 307

Arkadiusz Kamiński, Paweł Koziczyński

Zintegrowane podejście do zagadnień środowiskowych – przepisy prawne a produkcja rafineryjno-petrochemiczna 327

Wioletta Maria Bajdur, Magdalena Roman, Mateusz Maj

Analiza i wpływ zagrożeń chemicznych na środowisko i zdrowie pracowników Straży Pożarnej 337

Wojciech Dłubacz, Jerzy Duda

Wykorzystanie własnych zasobów obliczeniowych przedsiębiorstwa w procesie planowania produkcji 355

Damian Hajdas

Zarządzanie bezpieczeństwem pożarowym w placówkach opieki zdrowotnej na przykładzie Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. NMP w Częstochowie 371

Tomasz Prauzner, Sebastian Kostrzewa

Analiza porównawcza wyników badań opartych na symulacji pożaru w programie PyroSim 383

Tomasz Prauzner, Jarosław Krzywański, Marcin Sosnowski, Karolina Grabowska, Anna Żyłka, Anna Kułakowska

Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne systemów chłodniczych, jako przykład racjonalizacji użytkowania energii, bezpieczeństwa eksploatacji i ochrony środowiska 399

Tomasz Prauzner, Kinga Olszewska

Komputerowe wspomaganie oceny ryzyka zawodowego za pomocą programu STER 409

Henryk Noga, Zbigniew Małodobry, Joanna Jarczak

Cyberprzestrzeń współczesnym miejscem przestępstwa 421

Joanna Jarczak, Henryk Noga, Zbigniew Małodobry

Stres jako zagrożenie psychospołeczne w pracy policjanta 433

Szymon Berski, Dorota Wojtyto

Zastosowanie wolnego oprogramowania do administrowania danymi przestrzennymi w zarządzaniu kryzysowym 443

Jolanta Wilsz

Zachowania jednostki w sytuacjach zagrożenia w kontekście
doznawanych emocji – ujęcie cybernetyczne..... 455

Dariusz Rydz, Michał Pałęga, Dorota Wojtyto

Analiza szkodliwości procesu technologicznego 471

Agnieszka Bąbelewska, Renata Musielińska, Wojciech Ciesielski

Bioindykacyjna ocena stopnia zagrożenia metalami ciężkimi zbiorowisk
leśnych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego przy wykorzystaniu
zdolności kumulacji plech porostu *Hypogymnia physodes* L..... 479

**Andrzej Pieczywok, Zbigniew Dziamski, Małgorzata Schneider,
Waldemar Nowosielski**

Kształtowanie poczucia bezpieczeństwa młodych mieszkańców
województwa kujawsko-pomorskiego na przykładzie Ochotniczych
Straży Pożarnych..... 497

Marcin Jasiński

Bezpieczeństwo stosowania nanomateriałów..... 519

Radomir Ščurek, Marek Hütter, Věra Holubová

Improwizowane ładunki wybuchowe przenoszone przez bezzałogowe
statki powietrzne..... 535

Marcin Krause

Analiza wymagań prawnych dotyczących bezpieczeństwa i higieny
pracy w ratownictwie górniczym 545

Mikhail Selianin

Podejście probabilistyczne do klasyfikacji cyfrowych obrazów twarzy 563

Marlena Krakowiak, Teresa Bajor

Współczesne zagrożenia związane z użytkowaniem sieci 575

Renata Musielińska, Agnieszka Bąbelewska, Wojciech Ciesielski

Ocena stopnia zagrożenia Fe, Mn, Zn i Cu borówki czernicy
(*Vaccinium myrtillus* L.) na terenie Załęczańskiego Parku
Krajobrazowego 591

Michał Pałęga, Dariusz Rydz

Identyfikacja zagrożeń i analiza poziomu wypadkowości na stanowisku
pracy strażaka..... 609

Adrian Barasiński, Paweł Czaja, Michał Gąsiewski	
Prąd elektryczny zagrożeniem dla strażaków.....	623
Maja Taraszkiewicz-Łyda	
Organizacja i funkcjonowanie systemu ostrzegania i alarmowania ludności przed zagrożeniami na przykładzie miasta Gliwic	637
Teresa Bajor, Marlena Krakowiak	
Zarządzanie kryzysowe a bezpieczeństwo informacji.....	649
Dorota Wojtyto	
Rola i zadania pracowników w kształtowaniu procesu zarządzania ryzykiem w kontekście zarządzania kryzysowego w jednostkach administracji samorządowej	661
Dorota Wojtyto, Szymon Berski, Dariusz Rydz	
Bezpieczeństwo publiczne w kontekście oceny przebiegu procesu zarządzania ryzykiem w administracji samorządowej	675
Magdalena Kocyba, Marcin Glinka	
Zatrucia tlenkiem węgla – statystyki w ostatnim 5-leciu	691
Wioletta Maria Bajdur, Tomasz Polak, Monika Kula, Błażej Mielczarek	
Analiza zagrożeń środowiskowych w firmie produkującej sklejkę profilowaną.....	709
Wioletta Maria Bajdur, Tomasz Polak, Monika Kula, Marcin Stefaniak	
Analiza zagrożeń środowiska pracy z wykorzystaniem obrabiarek CNC.....	719
Bogna Konodyba-Rorat	
Kultura bezpieczeństwa jako element budowania wizerunku „bezpiecznego” przedsiębiorstwa.....	731
Justyna Żywiolek	
Analiza występowania zdarzeń incydentalnych z zakresu bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwie produkcyjnym	743
Justyna Żywiolek	
Cyberslacking a anonimowość w sieci pracowników przedsiębiorstw produkcyjnych	755

**Jacek Sztyler, Tomasz Girek, Igor Jatulewicz, Damian Kulawik,
Katarzyna Ciesielska, Beata Girek, Agnieszka Folentarska,
Wojciech Ciesielski**

Wpływ przechowywania na zawartość witamin oraz substancji
odżywczych w suplementowanych sałatkach warzywnych 763

Aleksandra Zyska, Weronika Gawrys, Andrzej Ślęzak

Wpływ toksyn przemysłowych i substancji szkodliwych na organizm
człowieka..... 779

Joanna Błaszczyk, Grażyna Grabowska, Marzena Fejdyś

Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenia rozwiązań
technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze
w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym
uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe) 791

Joanna Świątek-Prokop, Aneta Majchrowska

Ocena skuteczności nauczania o bezpieczeństwie na różnych
poziomach nauczania 801

Jozef Meteňko, Milan Marcinek

Hydrauliczne wyposażenie ratunkowe dla straży pożarnych 821

CONTENTS

Agata Tarnacka

Obligations of the employer after accident at work 15

Aleksandra Zyska, Adam Pawlak, Andrzej Ślęzak

Advantages and disadvantages of using additives for food..... 33

**Adrianna Borysiewicz, Paulina Gonera, Dominika Łęgowik,
Tomasz Dembiczak, Krzysztof Gospodarek**

The determination of correlation between compactibility
and liquidity of molding compounds under high pressures..... 45

Henryk Kromolowski

Problems of the population health security and selected types
of chemical and psychoactive substance dependence 57

Henryk Kromolowski

Threats to health caused by cytostatic drugs and health security
of staff and patients in medical care facilities 71

Marcin Hibner

Polish Steam Coal Market Index 81

**Karolina Grabowska, Jarosław Krzywański, Mariusz Basiak,
Dawid Kręciwilk**

Law requirements of explosion proof protection at working with
chemical substances 91

**Renata Musielińska, Jerzy Kwapuliński, Jolanta Kowol,
Marek Asman, Ewa Nogaj, Anna Szady**

The role of the secondary dust emission in the semirecreational area
in the exposure of the human population of compounds Ni, Fe, Cu
and Zn..... 101

**Renata Musielińska, Jerzy Kwapuliński, Jolanta Kowol,
Marek Asman**

The contamination in the ground layer of air in Zawoja in terms
of the search for reference areas..... 113

Magdalena Kocyba

Ecological safety of using selected low-power heating devices..... 125

Jacek Łukasz Wilk-Jakubowski

Selected aspects of simulation studies of coupling losses in the actual satellite links..... 135

Gabriela Hajduga, Agnieszka Generowicz

Evaluation of selected elements of the sewage directive implementation, with particular reference to the Małopolska province 153

Gabriela Hajduga, Jarosław Bajer

Analysis of failure of the water network for a small communities in the years 2007–2012..... 171

Krzysztof Gawkowski

Influence of modern information technologies on health and quality of human life 185

Roman Szostek, Karol Szostek

Transformations of time and position coordinates in kinematics with a universal reference system..... 199

Justyna Muweis

Space debris and the maintenance of security in the orbital space..... 229

Adam Gnatowski, Kamil Mirek

The review of technologies and machines destined for recycling of polymer composites 239

Paweł Smolnik

The effects of threats in hazardous materials road transport 253

Monika Zajemska, Dorota Musiał, Korneliusz Łukasiak, Damian Hajdas, Piotr Placek

Analysis of selected stand species for fire hazard 265

Małgorzata Okrasa

Real-time location systems as an evacuation support tool 277

Adrian Barasiński, Paweł Czaja, Dariusz Polak

Fire and electric shock protection of photovoltaic installations 295

Anna Skład

Processes in the occupational health and safety management system and the safety performance of the enterprises 307

Arkadiusz Kamiński, Paweł Koziczyński	
Integrated approach to environmental issues – legal regulations versus refinery and petrochemical production.....	327
Wioletta Maria Bajdur, Magdalena Roman, Mateusz Maj	
Analysis and impact of chemical hazards on the environment and health of Fire Brigade employees	337
Wojciech Dłubacz, Jerzy Duda	
The use of company’s own computational resources for production planning process	355
Damian Hajdas	
Fire safety management in health care facilities on the example of the Regional Specialist Hospital NMP in Czestochowa	371
Tomasz Prauzner, Sebastian Kostrzewa	
Comparative analysis of research results based on fire simulation in the PyroSim program	383
Tomasz Prauzner, Jarosław Krzywański, Marcin Sosnowski, Karolina Grabowska, Anna Żyłka, Anna Kułakowska	
Modern design solutions of cooling systems, as an example of energy efficiency rationing, operational safety and environmental protection	399
Tomasz Prauzner, Kinga Olszewska	
Computer assistance of employment risk assessment with the STER program.....	409
Henryk Noga, Zbigniew Małodobry, Joanna Jarczak	
Cyberspace is a modern crime scene.....	421
Joanna Jarczak, Henryk Noga, Zbigniew Małodobry	
Stress as a psychosocial threat in the work of a policeman.....	433
Szymon Berski, Dorota Wojtyto	
Application of open source software to manage the spatial data in crisis management.....	443
Jolanta Wilsz	
Behavior of an individual in emergency situations in the context of suffered emotions – cybernetic approach.....	455
Dariusz Rydz, Michał Pałęga, Dorota Wojtyto	
Analysis of the harmfulness of a technological process.....	471

Agnieszka Bąbelewska, Renata Musielińska, Wojciech Ciesielski	
Bioindically rating of heavy metals hazard association for land forests of the Załęcze Landscape Park with the use of cumulation capacity of the <i>Hypogymnia physodes</i> L.	479
Andrzej Pieczywok, Zbigniew Dziamski, Małgorzata Schneider, Waldemar Nowosielski	
Forming of sense of security of kuyavian-pomeranian voivodeship based on example of Voluntary Fire Brigade.....	497
Marcin Jasiński	
Safety of using nanomaterials	519
Radomir Ščurek, Marek Hütter, Věra Holubová	
Improvised charges placed on unmanned aircraft	535
Marcin Krause	
The analysis of legal requirements concerning occupational safety and health in mining rescue.....	545
Mikhail Selianin	
A probabilistic approach to classification of digital face images	563
Marlena Krakowiak, Teresa Bajor	
Contemporary threats related to the use of the network.....	575
Renata Musielińska, Agnieszka Bąbelewska, Wojciech Ciesielski	
Assessment of the degree of threat of Fe, Mn, Zn and Cu bilberry (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.) in the area of the Załęcze Landscape Park	591
Michał Pałęga, Dariusz Rydz	
Identification of hazards and analysis of the level of accident in the workplace firefighters.....	609
Adrian Barasiński, Paweł Czaja, Michał Gąsiewski	
Electricity danger for firefighters	623
Maja Taraszkiewicz-Łyda	
Organization and functioning of the warning system on the example of the city of Gliwice.....	637
Teresa Bajor, Marlena Krakowiak	
Crisis management and information security	649

Dorota Wojtyto

The role and tasks of employees in developing the risk management process in the context of crisis management in self-government administration institutions 661

Dorota Wojtyto, Szymon Berski, Dariusz Rydz

Public security in the context of the assessment of risk management process at the local government 675

Magdalena Kocyba, Marcin Glinka

Carbon monoxide poisoning - statistics in the last five years 691

Wioletta Maria Bajdur, Tomasz Polak, Monika Kula, Błażej Mielczarek

Analysis of environmental hazards in a company producing a profiled foil 709

Wioletta Maria Bajdur, Tomasz Polak, Monika Kula, Marcin Stefaniak

Analysis of work environment hazards with the use of CNC machines 719

Bogna Konodyba-Rorat

Safety culture as an element of creating the image of a safe enterprise 731

Justyna Żywiołek

Analysis of the occurrence of incidental events on the scope of information security in a production enterprise 743

Justyna Żywiołek

Cyberslacking and anonymity in the network of employees of manufacturing enterprises 755

Jacek Sztylek, Tomasz Girek, Igor Jatulewicz, Damian Kulawik, Katarzyna Ciesielska, Beata Girek, Agnieszka Folentarska, Wojciech Ciesielski

The effect of storage on the content of vitamins and nutrients in supplemented vegetable salads 763

Aleksandra Zyska, Weronika Gawrys, Andrzej Ślęzak

The impact of industrial toxins and harmful substances on the human body 779

Joanna Błaszczyk, Grażyna Grabowska, Marzena Fejdyś

Optimization of procedures, bases dislocation and improvement of technical solutions for equipment in use among polish emergency services when dealing with natural hazards, especially flooding (the anti-flood sleeves) 791

Joanna Świątek-Prokop, Aneta Majchrowska

Evaluation of the effectiveness of safety teaching at different levels of education 801

Jozef Meteňko, Milan Marcinek

Hydraulic rescue equipment for firefighters..... 821



Agata Tarnacka

Uniwersytet Jagielloński

Wydział Prawa i Administracji

ul. Gołębia 24, 31–007 Kraków

OBOWIĄZKI PRACODAWCY PO ZAISTNIENIU WYPADKU PRZY PRACY

Streszczenie. Procedura powypadkowa jest ściśle uregulowana prawnie, o czym świadczy choćby istnienie obowiązującego wzoru protokołu powypadkowego. Należy zwrócić również uwagę na istotne znaczenie pracodawcy w całej procedurze – dokonującego zatwierdzenia protokołu oraz wagę zgłaszanych uwag przez poszkodowanego, które mogą wpłynąć na ostateczny kształt protokołu. Należy jednak pamiętać, że sporządzenie protokołu powypadkowego, a nawet jego zatwierdzenie w formie odpowiadającej poszkodowanemu pracownikowi nie stanowi gwarancji wypłacenia przez ZUS świadczeń powypadkowych z ubezpieczenia. ZUS może bowiem odmówić wypłaty świadczeń, wydając decyzję o odmowie wypłaty świadczeń, uzasadniając, iż zawarte w protokole stwierdzenia są bezpodstawne. Poszkodowany pracownik ma prawo do odwołania się do sądu pracy i ubezpieczeń społecznych.

Słowa kluczowe: choroba zawodowa, chodzenie powypadkowe, pracownik, renta, odszkodowanie, wypadek przy pracy.

OBLIGATIONS OF THE EMPLOYER AFTER ACCIDENT AT WORK

Abstract. Accident procedure is closely regulated by law, as evidenced by the existence of the existing model of the accident protocol. Attention should also be paid to the importance of the employer in the whole procedure – the approval of the protocol and the importance of the comments made by the victim, which may affect the final shape of the protocol. However, it should be borne in mind that the preparation of the accident report and even its approval in the form corresponding to the injured employee does not constitute a guarantee of paying accident insurance benefits from ZUS. ZUS can refuse to pay benefits by issuing a decision refusing to pay benefits, justifying that the state-

ments contained in the record are unfounded. The injured employee has the right to appeal to the labor and social security tribunal.

Keywords: occupational disease, post-accident investigation, employee, pension, compensation, accident at work.

Wstęp

Wypadki przy pracy to problem społeczny, który zaczął przybierać na sile w dobie rewolucji przemysłowej w XVIII wieku, kiedy to nastąpiło rozpowszechnienie zmechanizowanych narzędzi produkcji, przy jednoczesnym skupieniu obsługujących je osób w ciasnych pomieszczeniach fabrycznych¹. W tamtym czasie nie można było mówić o żadnej pomocy pracownikom związanej z wypadkami przy pracy². Dopiero w 1877 roku Szwajcaria, jako pierwszy kraj europejski, wprowadziła ustawę szczególną dotyczącą odpowiedzialności z tytułu szkód spowodowanych wypadkiem przy pracy³. W Polsce do jednolitości systemu ubezpieczeń społecznych dochodzono etapami. Po zakończeniu pierwszej wojny światowej na terenie Polski obowiązywały trzy różne systemy prawne⁴. Pierwszy projekt scaleniowy ustawy o ubezpieczeniu społecznym powstał w 1927 roku. Dnia 28 marca 1933 r. ustawa o ubezpieczeniu społecznym została uchwalona w ostatecznym kształcie, który nie przewidywał powszechności ubezpieczenia społecznego. Po drugiej wojnie światowej system ubezpieczeń społecznych uległ kolejnym przeobrażeniom. Finansowanie systemu zostało oparte na jednolitej składce pokrywanej wyłącznie przez zakłady pracy, a odpowiedzialność za wypłatę świadczeń ubezpieczeniowych ponosił Skarb Państwa. Obecnie prawo do świadczeń z ubezpieczenia wypadkowego oraz ich wysokość ustalają i wypłacają płatnicy składek, którzy są zobowiązani do wypłacania świadczeń w razie choroby i macierzyństwa, a w pozostałych przypadkach obowiązek ten wykonuje Zakład Ubezpieczeń Społecznych⁵.

¹ J. Longa, *Wypadek przy pracy. Pojęcie prawne*, Warszawa 1981, s. 9.

² Zob. A. Schönberger, *Über die Institutionem zu Schutze unfallverletzer Personen im früheren Recht*, BG 1960, s. 199.

³ J. Longa, op. cit., s. 17; Jednak za ojczyznę ubezpieczeń społecznych mimo wszystko uważa się Rzeszę Niemiecką czasów Bismarcka, gdzie co prawda pierwszy rządowy projekt ustawy o społecznym ubezpieczeniu przed skutkami wypadków przy pracy powstał w 1881 roku, ale Rzesza jako pierwsza wprowadziła ubezpieczenie od choroby, starości, inwalidztwa wypadkowego. Tamże, s. 19–20.

⁴ W byłym zaborze pruskim obowiązywała Księga Trzecia Ordynacji Ubezpieczeniowej Rzeszy (RVO) z 19 lipca 1911 r., na terenie byłego zaboru austriackiego obowiązywała ustawa z 28 grudnia 1887 r. o przymusowym ubezpieczeniu społecznym od wypadków przy pracy, a w byłym zaborze rosyjskim pozostała w mocy ustawa z 2 czerwca 1903 r. o pracy w przemyśle. J. Longa, op. cit., s. 27.

⁵ Dalej: ZUS.

W każdym przypadku pracodawca jest zobowiązany do podjęcia ściśle określonych czynności po zaistnieniu wypadku przy pracy. W niniejszym rozważaniu przedstawiona zostanie procedura, czyli sposób i tryb postępowania przy ustalaniu okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy, do których odnoszą się przepisy wielu aktów prawnych⁶. Procedura ta została ściśle określona w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2009 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy⁷, którym opracowanie to posłuży się przede wszystkim.

Wypadek przy pracy – definicja

Definicja legalna wypadku przy pracy zawarta została w ustawie z dnia 30 października 2002 r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych, zwanej ustawą wypadkową⁸. Zgodnie z art. 3, ust. 1 wskazanej ustawy, wypadkiem przy pracy jest nagle zdarzenie wywołane przyczyną zewnętrzną powodujące uraz albo śmierć, które nastąpiło w związku z pracą. Przy czym określono trzy dodatkowe okoliczności decydujące o wystąpieniu takiego wypadku⁹. Wypadek przy pracy może mieć miejsce: podczas lub w związku z wykonywaniem przez pracownika zwykłych czynności lub poleceń przełożonych; podczas lub w związku z wykonywaniem przez pracownika

⁶ Wymienić tu należy takie akty prawne jak: Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz. U. z 2016, poz. 1666 j.t.); Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 1974 r. w sprawie warunków odbywania rehabilitacji zawodowej uprawniających do zasiłku wyrównawczego oraz szczegółowych zasad przyznawania tego zasiłku (Dz. U. z 1974, nr 51, poz. 325); Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 19 grudnia 2002 r. w sprawie trybu uznawania zdarzenia powstałego w okresie ubezpieczenia wypadkowego za wypadek przy pracy, kwalifikacji prawnej zdarzenia, wzoru karty wypadku i terminu jej sporządzenia (Dz. U. z 2013, poz. 1618 j.t.); Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 24 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych zasad oraz trybu uznawania zdarzenia za wypadek w drodze do pracy lub z pracy, sposobu jego dokumentowania, wzoru karty wypadku w drodze do pracy lub z pracy oraz terminu jej sporządzania (Dz. U. z 2013, poz. 924 j.t.); Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 maja 2007 r. w sprawie określenia wysokości jednorazowego odszkodowania z tytułu wypadku przy pracy rolniczej lub rolniczej choroby zawodowej oraz zasiłku chorobowego (Dz. U. z 2015, poz. 1150 j.t.); Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2009 r. w sprawie chorób zawodowych (Dz. U. 2013, poz. 1367 j.t.); Rozporządzenie Rady Ministrów z 1 lipca 2009 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy (Dz. U. z 2009 r. nr 105, poz. 870).; Rozporządzenie Ministra pracy i polityki społecznej z dnia 11 października 2011 r. w sprawie postępowania o świadczenia emerytalno-rentowe (Dz.U.2011, nr 237, poz. 1412).

⁷ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2009 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy (Dz. U. Nr 105, poz. 870) (dalej: Rozporządzenie wypadkowe).

⁸ Ustawa z dnia 30 października 2002 r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych (Dz. U. 2015, poz. 1242 j. t.) (dalej: ustawa wypadkowa).

⁹ Występujące rozłącznie.

czynności na rzecz pracodawcy, nawet bez polecenia lub w czasie pozostawiania pracownika w dyspozycji pracodawcy w drodze między siedzibą pracodawcy a miejscem wykonywania obowiązku wynikającego ze stosunku pracy. Warto dodać, że zgodnie z art. 3 ust. 2 ustawy wypadkowej, na równi z wypadkiem przy pracy traktuje się wypadek, któremu pracownik uległ:

- w czasie podróży służbowej w okolicznościach innych niż określone w ust. 1, chyba że wypadek spowodowany został postępowaniem pracownika, które nie pozostaje w związku z wykonywaniem powierzonych mu zadań;
- podczas szkolenia w zakresie powszechnej samoobrony;
- przy wykonywaniu zadań zleconych przez działające u pracodawcy organizacje związkowe.

Przytoczona powyżej definicja ustawowa wskazuje na cztery elementy, które muszą wystąpić łącznie, aby można było dany wypadek uznać za wypadek przy pracy. Tymi elementami są:

- nagłość zdarzenia,
- przyczyna zewnętrzna,
- związek z pracą,
- skutek zdarzenia w postaci urazu lub śmierci.

Elementy te, co prawda, znalazły się w ustawie wypadkowej, ale nie zostały przez nią zdefiniowane. W orzecznictwie jednak znaleźć można doprecyzowanie znaczenia każdego z nich. Odnosnie do nagłości zdarzenia, zgodnie z orzeczeniem Sądu Najwyższego z dnia 30 czerwca 1999 roku: „zdarzenie będące istotnym zewnętrznym czynnikiem wywołującym negatywną reakcję organizmu i stanowiące przyczynę wypadku przy pracy, posiada cechę nagłości tylko wtedy, gdy przebiega w czasie nie dłuższym niż trwanie dnia pracy”¹⁰. Natomiast przyczyna zewnętrzna to okoliczność stanowiąca przyczynę sprawczą zdarzenia, która nie musi być przyczyną wyłączną. Zgodnie z orzecznictwem Sądu Najwyższego przyczyną zewnętrzną lub współprzyczyną sprawczą mogą być: obciążenie fizyczne wynikające z przenoszenia ciężarów, chociaż ciężar nie przekraczał dopuszczalnych norm¹¹, nieudzielenie pierwszej pomocy¹², niezapewnienie odpowiedniej opieki medycznej¹³, brak lub błędne orzeczenie co do braku przeciwwskazań do wykonywania określonej pracy¹⁴. Zgodnie z treścią uzasadnienia wyroku Sądu Najwyższego związek zdarzenia z pracą może mieć wymiar czasowy, funkcjonalny i miejscowy¹⁵. „Czasowy związek zdarzenia z pracą polega na tym, że zdarzenie powinno

¹⁰ Wyrok z dnia 30 czerwca 1999 r. (sygn. akt. II UKN 24/99); Zob. więcej: J. Jończyk, *Prawo zabezpieczenia społecznego*, Kraków 2001.

¹¹ Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 19 czerwca 2001 r. (sygn. akt II UKN 419/00).

¹² Postanowienie Sądu Najwyższego z 22 stycznia 1999 r., (sygn. akt II UKN 444/98).

¹³ Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 26 lutego 2001 r., (sygn. akt II UKN 225/00).

¹⁴ Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 17 listopada 2000 r., (sygn. akt II UKN 49/00).

¹⁵ Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 8 listopada 2012 r., (sygn. akt II PK 80/12).

nastąpić albo w czasie wykonywania przez pracownika zwykłych czynności lub poleceń przełożonych, ewentualnie w czasie wykonywania czynności na rzecz pracodawcy, nawet bez polecenia lub w związku z wykonywaniem tych czynności albo w czasie pozostawiania pracownika w dyspozycji pracodawcy w drodze między siedzibą pracodawcy a miejscem wykonywania obowiązku wynikającego ze stosunku pracy. Funkcjonalny związek zdarzenia z pracą wyraża się w tym, że zdarzenie powinno nastąpić w czasie lub w związku z wykonywaniem przez pracownika określonych czynności, „zwykłych czynności lub poleceń przełożonych”, „czynności na rzecz pracodawcy, nawet bez polecenia”, a także „w czasie pozostawiania w dyspozycji pracodawcy”. Ostatni z wymienionych – miejscowy związek zdarzenia z pracą polega na tym, że zdarzenie następuje w miejscu, które jest albo miejscem wykonywania czynności służbowych albo miejscem na „drodze między siedzibą pracodawcy a miejscem wykonywania obowiązku wynikającego ze stosunku pracy”¹⁶. Zgodnie z wyrokiem Sądu Najwyższego¹⁷: „(...) wprowadzenie do definicji wypadku przy pracy przesłanki urazu nie oznacza, że wykluczone jest kwalifikowanie istotnego pogorszenia stanu zdrowia jako urazu i wypadku przy pracy w rozumieniu art. 3 ust. 1 i art. 2 pkt 13 ustawy wypadkowej”¹⁸.

Warto dodać, że w ustawie wypadkowej wyróżniono trzy rodzaje wypadków przy pracy: wypadki śmiertelne, ciężkie i zbiorowe. Na podstawie art. 3 ust. 4–6 należy stwierdzić, iż wypadek śmiertelny to wypadek, w wyniku którego śmierć nastąpiła w okresie nieprzekraczającym 6 miesięcy od dnia wypadku. Wypadek ciężki to wypadek, w wyniku którego nastąpiło ciężkie uszkodzenie ciała (utrata wzroku, słuchu, mowy, zdolności rozrodczej lub inne uszkodzenie ciała albo rozstrój zdrowia, naruszające podstawowe funkcje organizmu, a także choroba nieuleczalna lub zagrażająca życiu, trwała choroba psychiczna, całkowita lub częściowa niezdolność do pracy w zawodzie albo trwałe, istotne zszpecenie lub zniekształcenie ciała). Co istotne, definicja ciężkiego wypadku pokrywa się z określeniem ciężkiego uszczerbku na zdrowiu (art. 156 Kodeksu karnego), co ułatwia kwalifikację prawną czynu. Wypadek zbiorowy to wypadek, w którym poszkodowane zostały, co najmniej dwie osoby.

Ubezpieczenie wypadkowe

Ubezpieczenie wypadkowe stanowi podstawę do wypłacania przez ZUS świadczeń powypadkowych. Ubezpieczenie wypadkowe oznacza tutaj pewien

¹⁶ Por. także wyrok Sądu Najwyższego z dnia 8 maja 2012 r., (sygn. akt. II UK 253/11, niepublikowany).

¹⁷ Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 7 czerwca 2011 r., (sygn. akt II PK 311/10).

¹⁸ Za: B. Krzyśków, Sz. Ordysiński Z. Pawłowska, M. Pęciłło-Pacek, *Badanie wypadków przy pracy*, Warszawa 2015, s. 10–11.

rodzaj ubezpieczenia od ryzyka urazu lub śmierci. Dochodzenie roszczeń odbywa się w trybie powództwa cywilnego przeciwko pracodawcy. Ubezpieczenie wypadkowe obejmuje również (choć w ograniczonym stopniu) ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej pracodawcy¹⁹. Co istotne, żądanie ustalenia okoliczności i przyczyn wypadku nie ulega przedawnieniu na podstawie art. 291 Kodeksu pracy²⁰. Zatem w ogóle nie dochodzi do przedawnienia roszczeń powypadkowych. Istotne jest jedynie określenie, czy był to wypadek przy pracy oraz ustalenie urazu, jaki poniósł pracownik na skutek zaistnienia wypadku. Sąd Najwyższy wyraźnie wskazał w swym orzecznictwie, iż wniosek pracownika o ustalenie okoliczności i przyczyn wypadku przy pracy może być zgłoszony w każdym czasie, jeżeli pracownik ma w tym interes prawny²¹.

Podmioty objęte ubezpieczeniem wypadkowym

Oczywistym jest, że każdy będący pracownikiem w rozumieniu Kodeksu pracy posiada ubezpieczenie wypadkowe. Jednak katalog osób objętych przedmiotowym ubezpieczeniem jest dużo szerszy. Zawiera on szereg podmiotów niebędących pracownikami. Podmioty te zostały w ustawie wyliczone enumeratywnie, zatem ich katalog jest zamknięty. Takie osoby również będą otrzymywały świadczenia z ZUS w przypadku, gdy dotknie je zdarzenie nagłe, wywołane przyczyną zewnętrzną powodujące uraz albo śmierć, które – zgodnie z art. 3, ust. 3 ustawy wypadkowej – nastąpiło podczas:

- uprawiania sportu w trakcie zawodów i treningów przez osobę pobierającą stypendium sportowe;
- wykonywania odpłatnie pracy na podstawie skierowania do pracy w czasie odbywania kary pozbawienia wolności lub tymczasowego aresztowania;
- pełnienia mandatu posła lub senatora, pobierającego uposażenie;
- odbywania szkolenia, stażu, przygotowania zawodowego dorosłych lub przygotowania zawodowego w miejscu pracy przez osobę pobierającą stypendium w okresie odbywania tego szkolenia, stażu, przygotowania zawodowego dorosłych lub przygotowania zawodowego w miejscu pracy na podstawie skierowania wydanego przez powiatowy urząd pracy lub przez inny podmiot kierujący, pobierania stypendium na podstawie przepisów o promocji zatrudnienia i instytucjach rynku pracy w okresie odbywania studiów podyplomowych;

¹⁹ B. Krzyśków, Sz. Ordysiński Z. Pawłowska, M. Pęciłło-Pacek, op. cit., s. 9.

²⁰ Ustawa z 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy (Dz. U. z 2016 r., poz. 1666 j. t.) (dalej: Kodeks pracy).

²¹ Zob. orzeczenia SN z 26.05. 1981 r. III PRN 18/81; z 04.08.1981 r. III PRN 25/81; z 18.11. 1982 r. II PRN 25/82. Por. L. Brzozowski, *Świadczenia z tytułu wypadków przy pracy*, Warszawa 1989, s. 202

- wykonywania przez członka rolniczej spółdzielni produkcyjnej, spółdzielni kółek rolniczych oraz przez inną osobę traktowaną na równi z członkiem spółdzielni w rozumieniu przepisów o systemie ubezpieczeń społecznych, pracy na rzecz tych spółdzielni;
- wykonywania pracy na podstawie umowy agencyjnej, umowy zlecenia lub umowy o świadczenie usług, do której zgodnie z Kodeksem cywilnym stosuje się przepisy dotyczące zlecenia;
- wykonywania pracy na podstawie umowy uaktywniającej, o której mowa w ustawie z dnia 4 lutego 2011 r. o opiece nad dziećmi w wieku do lat 3;
- współpracy przy wykonywaniu pracy na podstawie umowy agencyjnej, umowy zlecenia lub umowy o świadczenie usług, do której zgodnie z Kodeksem cywilnym stosuje się przepisy dotyczące zlecenia;
- wykonywania zwykłych czynności związanych z prowadzeniem działalności pozarolniczej w rozumieniu przepisów o systemie ubezpieczeń społecznych;
- wykonywania zwykłych czynności związanych ze współpracą przy prowadzeniu działalności pozarolniczej w rozumieniu przepisów o systemie ubezpieczeń społecznych; 10) wykonywania przez osobę duchowną czynności religijnych lub czynności związanych z powierzonymi funkcjami duszpasterskimi lub zakonnymi;
- odbywania służby zastępczej;
- nauki w Krajowej Szkole Administracji Publicznej im. Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Lecha Kaczyńskiego przez słuchaczy pobierających stypendium;
- wykonywania pracy na podstawie umowy agencyjnej, umowy zlecenia lub umowy o świadczenie usług, do której zgodnie z Kodeksem cywilnym stosuje się przepisy dotyczące zlecenia, albo umowy o dzieło, jeżeli umowa taka została zawarta z pracodawcą, z którym osoba pozostaje w stosunku pracy, lub jeżeli w ramach takiej umowy wykonuje ona pracę na rzecz pracodawcy, z którym pozostaje w stosunku pracy;
- pełnienia przez funkcjonariusza Służby Celno-Skarbowej obowiązków służbowych.

Obowiązki pracodawcy w razie zaistnienia wypadku przy pracy

Obowiązki pracodawcy w razie zaistnienia wypadku przy pracy zostały określone w art. 234 Kodeksu pracy oraz rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2009 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków

przy pracy²². Art. 234 Kodeksu pracy wymienia obowiązki pracodawcy po zaistnieniu wypadku przy pracy, którymi są:

- podjęcie działań eliminujących lub ograniczających zagrożenie (art. 234. § 1),
- zapewnienie pierwszej pomocy osobom poszkodowanym (art. 234. § 1),
- ustalenie okoliczności i przyczyn wypadku (art. 234. § 1),
- zawiadomienie właściwego okręgowego inspektora pracy i prokuratora o śmiertelnym, ciężkim lub zbiorowym wypadku (art. 234. § 2),
- prowadzenie rejestru wypadków (art. 234. § 3),
- przechowywanie protokołu powypadkowego przez 10 lat (art. 234. § 3¹).

Zgodnie z rozporządzeniem wypadkowym do obowiązków pracodawcy należy:

- zabezpieczenie miejsca wypadku (§ 3) w sposób wykluczający: 1) dopuszczenie do miejsca wypadku osób niepowołanych; 2) uruchamianie bez koniecznej potrzeby maszyn i innych urządzeń technicznych, które w związku z wypadkiem zostały wstrzymane; 3) dokonywanie zmiany położenia maszyn i innych urządzeń technicznych, jak również zmiany położenia innych przedmiotów, które spowodowały wypadek lub pozwalają odtworzyć jego okoliczności,
- powołanie zespołu powypadkowego (§ 4),
- zatwierdzenie i doręczenie protokołu powypadkowego poszkodowanemu pracownikowi (§ 13, ust. 1: Protokół powypadkowy zatwierdza pracodawca nie później niż w terminie 5 dni od dnia jego sporządzenia, dalej § 14, ust. 1: Zatwierdzony protokół powypadkowy pracodawca niezwłocznie doręcza poszkodowanemu pracownikowi, a w razie wypadku śmiertelnego – członkom rodziny zmarłego pracownika, o których mowa w § 11 ust. 4.,
- prowadzenie rejestru wypadków przy pracy (§ 16, ust. 1–2).

Warto dodać, że gdyby do wypadku doszło na terenie zakładu innego pracodawcy niż pracodawca poszkodowanego, ma on obowiązek zapewnienia i udzielenia poszkodowanemu pomocy, zabezpieczenia miejsca wypadku w ten sam sposób, który wymagany jest od pracodawcy, zawiadomienia niezwłocznie o wypadku pracodawcy poszkodowanego oraz udostępnienia miejsca wypadku i niezbędnych materiałów oraz udzielenia informacji i wszechstronnej pomocy zespołowi powypadkowemu.

Procedura powypadkowa

Wobec licznych obowiązków pracodawcy, w niniejszym opracowaniu uwaga zostanie skupiona na procedurze powypadkowej (sposobie i trybie postę-

²² Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2009 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy (Dz. U. Nr 105, poz. 870) (dalej: Rozporządzenie wypadkowe).

powania przy ustalaniu okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy), która obejmuje zawiadomienie odpowiednich organów, powołanie zespołu powypadkowego i ustalenie okoliczności i przyczyn wypadku, zabezpieczenie miejsca wypadku oraz szereg obowiązków zespołu powypadkowego.

Zawiadomienie odpowiednich organów

Zgodnie z § 2 rozporządzenia wypadkowego pracownik, który uległ wypadkowi, jeżeli stan jego zdrowia na to pozwala, powinien poinformować niezwłocznie swojego przełożonego o wypadku. Jeżeli inny pracownik zauważył takie zdarzenie w zakładzie pracy również powinien je zgłosić. Zgłoszenia dokonuje się w formie ustnej, a następnie w formie pisemnej²³.

Zgodnie z art. 234 § 2 Kodeksu pracy, jeśli dojdzie do wypadku śmiertelnego, ciężkiego lub zbiorowego, pracodawca ma obowiązek zawiadomienia odpowiednich organów: właściwego okręgowego inspektora pracy oraz prokuratora. Powinien zrobić to niezwłocznie – czyli bez zbędnego, nieuzasadnionego okolicznościami, opóźnienia.

Powołanie zespołu powypadkowego oraz ustalenie okoliczności i przyczyn wypadku

Zespół powypadkowy jest powoływany przez pracodawcę w celu ustalenia okoliczności i przyczyn wypadku. Skład zespołu powypadkowego uzależniony jest od liczby pracowników danej instytucji. Gdy zatrudnionych jest powyżej 100 osób, pracodawca ma obowiązek utworzenia służby bhp oraz wybrania społecznego inspektora pracy, wtedy też do zespołu powypadkowego należy pracownik służby bhp oraz społeczny inspektor pracy²⁴. Pracodawca zatrudniający poniżej 100 pracowników tworzy zespół powypadkowy, w którego skład wchodzi osoba pełniąca w zakładzie pracy zadania służby bhp, może to być jeden z pracowników lub specjalista bhp spoza zakładu pracy, a nawet sam pracodawca²⁵.

Zabezpieczenie miejsca wypadku

Do czasu ustalenia okoliczności i przyczyn wypadku pracodawca jest obowiązany zabezpieczyć miejsce wypadku w sposób wykluczający:

- dopuszczenie do miejsca wypadku osób niepowołanych,
- uruchamianie bez koniecznej potrzeby maszyn i innych urządzeń, które w związku z wypadkiem zostały wstrzymane,
- dokonywanie zmian położenia maszyny i innych urządzeń technicznych, jak również zmiany położenia innych przedmiotów istotnego dla ustale-

²³ B. Krzyśków, Sz. Ordysiński Z. Pawłowska, M. Pęciło-Pacek, op. cit., s. 121.

²⁴ Rozporządzenie wypadkowe, § 4; Zob. więcej: Art. 237, ust. 11¹ § 1, zd. pierwsze Kodeksu pracy.

²⁵ Rozporządzenie wypadkowe § 5-6; Zob. więcej: Art. 237, ust. 11¹, § 2.

nia przebiegu zdarzenia²⁶.

Gdyby jednak uruchomienie maszyn lub urządzeń było konieczne, albo też konieczne byłoby dokonywanie zmian w miejscu wypadku, może do nich dojść jedynie za zgodą pracodawcy po porozumieniu ze społecznym inspektorem pracy²⁷. Może jednak dojść do dokonywania zmian w miejscu wypadku bez takiej zgody, w przypadku gdy zajdzie konieczność ratowania osób lub mienia albo zapobieżenia grożącemu niebezpieczeństwu²⁸. W razie potrzeby, przed uruchomieniem maszyn i urządzeń muszą zostać dokonane oględziny, szkice oraz fotografie miejsca wypadku²⁹. Ponadto jeżeli wypadek był śmiertelny, ciężki lub zbiorowy pracodawca ma obowiązek uzgadniać kwestię włączania maszyn i dokonywania zmian w miejscu wypadku z okręgowym inspektorem pracy i prokuratorem³⁰.

Zadania zespołu powypadkowego

Zadaniem zespołu powypadkowego jest ustalenie okoliczności i przyczyn wypadku, a także zakwalifikowanie, bądź nie - na podstawie dokonanych ustaleń – danego zdarzenia do grupy wypadków przy pracy. Zespół ustala powyższe, po podjęciu działań, które zostały określone w § 7, ust. 1 rozporządzenia wypadkowego. Zgodnie z tym przepisem zespół ma obowiązek:

- dokonać oględzin miejsca wypadku, stanu technicznego maszyn i innych urządzeń technicznych, stanu urządzeń ochronnych oraz zbadać warunki wykonywania pracy i inne okoliczności, które mogły mieć wpływ na powstanie wypadku;
- jeżeli jest to konieczne, sporządzić szkic lub wykonać fotografię miejsca wypadku;
- wysłuchać wyjaśnień poszkodowanego, jeżeli stan jego zdrowia na to pozwala;
- zebrać informacje dotyczące wypadku od świadków wypadku;
- zasięgnąć opinii lekarza, a w razie potrzeby opinii innych specjalistów, w zakresie niezbędnym do oceny rodzaju i skutków wypadku;
- zebrać inne dowody dotyczące wypadku.

Wskazana lista zadań nie jest jednak wyczerpująca, bowiem zespół powypadkowy w przypadku uzyskania dostępu do materiałów, które zebrały organy inspekcji pracy oraz organy ścigania jest zobowiązany do ich wykorzystania. Na taki obowiązek wskazuje § 7, ust. 2 rozporządzenia wypadkowego: zespół powypadkowy jest obowiązany wykorzystać materiały zebrane przez

²⁶ Rozporządzenie wypadkowe, § 3, ust. 1.

²⁷ Rozporządzenie wypadkowe, § 3, ust. 2.

²⁸ Rozporządzenie wypadkowe, § 3, ust. 4.

²⁹ Rozporządzenie wypadkowe, § 3, ust. 2.

³⁰ Rozporządzenie wypadkowe, § 3, ust. 3.

organy prowadzące śledztwo lub dochodzenie, jeżeli materiały te zostaną mu udostępnione.

Ponadto zgodnie z § 9.1. rozporządzenia wypadkowego, po dokonaniu przez zespół powypadkowy ustaleń okoliczności wypadku i jego przyczyn, zespół zajmuje się sporządzeniem protokołu ustalenia okoliczności i przyczyn wypadku (zwanego protokołem powypadkowym). Nie jest on tworzony w sposób dowolny, bowiem należy go sporządzić na wzorze opracowanym przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy w 2004 roku. Wzór protokołu powypadkowego stanowi załącznik nr 1 do rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 16 września 2004 r. w sprawie wzoru protokołu ustalenia okoliczności i przyczyn wypadku przy pracy³¹.

Sporządzenie protokołu powypadkowego

Treść protokołu powypadkowego

Protokół powypadkowy jest bardzo rozbudowanym dokumentem. W jego treści muszą znaleźć się dane dotyczące pracodawcy, zespołu powypadkowego oraz poszkodowanego pracownika. Ponadto, takie kwestie, jak: informacja kto zgłosił wypadek; ustalone okoliczności i przyczyny wypadku; stwierdzenie, bądź nie, nieprzestrzegania przez pracodawcę przepisów prawa pracy (w tym przepisów bhp) lub innych dotyczących ochrony życia i zdrowia; stwierdzenie, bądź nie, faktu, że wyłączną przyczyną wypadku było umyślne (bądź wskutek rażącego niedbalstwa) naruszenie przez poszkodowanego pracownika przepisów innych dotyczących ochrony życia i zdrowia; stwierdzenie, bądź nie, stanu nietrzeźwości albo użycia przez poszkodowanego pracownika środków odurzających lub substancji psychotropowych przyczyniających się w znacznym stopniu do powstania wypadku przy pracy. Ustalenie kwestii trzeźwości poszkodowanego jest istotne, ponieważ ma wpływ na decyzje podejmowane przez organy ZUS dotyczące prawa do świadczeń przewidzianych w ustawie wypadkowej. Jeżeli bowiem zespół wypadkowy ustali, że to poszkodowany pracownik naruszył przepisy bhp umyślnie lub wskutek rażącego niedbalstwa, nie otrzyma on – pomimo ubezpieczenia – świadczeń powypadkowych z ubezpieczenia. Art. 21 ustawy wypadkowej stanowi, iż świadczenia nie przysługują ubezpieczonemu, jeżeli wyłączną przyczyną wypadku było udowodnione naruszenie przez ubezpieczonego przepisów dotyczących ochrony życia i zdrowia, spowo-

³¹ Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 16 września 2004 r. w sprawie wzoru protokołu ustalenia okoliczności i przyczyn wypadku przy pracy (Dz. U. z 2004, nr 227, poz. 2298) (dalej: Rozporządzenie ws. protokołu powypadkowego).

dowane przez niego umyślnie lub wskutek rażącego niedbalstwa³². Ponadto ważne jest, czy stwierdzono u poszkodowanego pracownika stan nietrzeźwości lub użycie przez niego środków odurzających lub psychotropowych. Jeżeli zespół wypadkowy ustali zaistnienie wskazanych okoliczności, musi stwierdzić również ich wpływ, bądź brak wpływu, na zaistnienie wypadku. Wszystkie ustalane okoliczności, a w szczególności te, od których zależy przyznanie prawa do świadczeń powypadkowych z ubezpieczenia muszą zostać szczegółowo uzasadnione dowodami.

Następnie w protokole należy wymienić skutki wypadku, stwierdzić, czy był to wypadek przy pracy oraz określić odpowiedni rodzaj wypadku (indywidualny, zbiorowy, śmiertelny, ciężki, powodujący czasową niezdolność do pracy). W części dotyczącej przyczyn wypadku, ważne jest wskazanie przepisów bhp, które zostały naruszone oraz osób, które je naruszyły, z określeniem, czy dokonały tego w sposób umyślny, czy też stało się to wskutek rażącego niedbalstwa. Ponadto każde twierdzenie zawarte w protokole powypadkowym musi być uzasadnione i poparte dowodami. Na końcu protokołu powypadkowego znajduje się miejsce na wnioski i zalecenia profilaktyczne³³, czyli proponowane przez zespół wypadkowy działania i środki, które powinny zostać zastosowane, by podobne wypadki już się nie zdarzały. Zespół wypadkowy załącza do protokołu powypadkowego pełną liczbę dokumentów, w tym zapisy wyjaśnień poszkodowanego, szkice, fotografie miejsca zdarzenia. Dołącza również pisemną opinię lekarza. Co istotne, zgodnie z art. 234 § 3 Kodeksu pracy, pracodawca ma ustawowy obowiązek przechowywania protokołu wypadkowego wraz z całą dokumentacją przez kolejne 10 lat.

Wypadek przy pracy czy nie? – kwalifikacja zdarzenia

Jak wyżej, wskazano w protokole powypadkowym musi znaleźć się stwierdzenie, czy dany wypadek nosi znamiona wypadku przy pracy. Ustalenia takiego dokonuje się na podstawie rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 24 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych zasad oraz trybu uznawania zdarzenia za wypadek w drodze do pracy lub z pracy, sposobu jego dokumentowania, wzoru karty wypadku w drodze do pracy lub z pracy oraz terminu jej sporządzenia³⁴. Zgodnie z § 2 tego rozporządzenia, uznanie zdarzenia za wypadek w drodze do pracy lub z pracy następuje na podstawie: oświad-

³² Nie dotyczy to jednak rodziny poszkodowanego. Zob. T. Cieszkowski, *Wypadki przy pracy oraz choroby zawodowe*, Warszawa 2015, s. 102.

³³ Por. Rozporządzenie ws. protokołu powypadkowego, zał. nr 1.

³⁴ Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 24 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych zasad oraz trybu uznawania zdarzenia za wypadek w drodze do pracy lub z pracy, sposobu jego dokumentowania, wzoru karty wypadku w drodze do pracy lub z pracy oraz terminu jej sporządzenia (Dz. U. z 2013 r, poz. 924 t. j.).

czenia poszkodowanego, członka jego rodziny lub świadków co do czasu, miejsca i okoliczności zdarzenia, informacji i dowodów pochodzących od podmiotów badających okoliczności i przyczyny zdarzenia lub udzielających poszkodowanemu pierwszej pomocy; ustaleń sporządzającego kartę. Warto dodać, że zgodnie z § 11 ust. 2 rozporządzenia wypadkowego – uznanie, bądź nieuznanie, konkretnego zdarzenia za wypadek przy pracy w protokole powypadkowym jest ostatecznie wyrazem stanowiska pracodawcy, który zatwierdza protokół³⁵. Poszkodowany pracownik może jedynie zgłaszać uwagi do ustaleń zawartych już w gotowym protokole powypadkowym, które mogą, ale nie muszą, zostać uwzględnione przez pracodawcę.

Termin sporządzenia protokołu

Zespół powypadkowy w ciągu 14 dni od dnia zawiadomienia o wypadku powinien sporządzić protokół powypadkowy. Gdyby jednak zaistniały nie dające się przewidzieć przeszkody w ustaleniu okoliczności i przyczyn wypadku, wtedy należy w sporządzanym protokole przedstawić przyczyny opóźnienia³⁶. Do opóźnienia złożenia protokołu może dojść z różnych przyczyn, najczęściej jednak jest to nieodzyskanie przytomności przez poszkodowanego pracownika, powodujące niemożność zamieszczenia w protokole jego wyjaśnień. Jeżeli zespół przewiduje, że poszkodowany pracownik nie odzyska przytomności przez dłuższy czas, powinien skorzystać z akt dochodzeniowych lub opinii specjalistów, co dodatkowo wydłuża czas sporządzania protokołu. Inną częstą przyczyną opóźnień jest niejasny, skomplikowany stan faktyczny oraz obszerność materiału dowodowego. Co istotne, przyczyny opóźnienia nie może stanowić brak porozumienia w zespole, czyli brak jednomyślności jego członków. W takiej sytuacji członek zespołu nie zgadzający się z pozostałymi członkami powinien złożyć do protokołu zdanie odrębne wraz z uzasadnieniem³⁷.

Zapoznanie poszkodowanego pracownika z protokołem

Po sporządzeniu ostatecznej wersji protokołu powypadkowego, zespół powypadkowy obligatoryjnie zapoznaje poszkodowanego pracownika z jego treścią³⁸. Natomiast w przypadku, gdy wypadek był śmiertelny, to zgodnie z § 13 ust. 2–3 rozporządzenia wypadkowego z protokołem zapoznawana jest rodzina, a dokładniej członkowie rodziny uprawnieni do świadczeń z ubezpieczenia na podstawie ustawy wypadkowej³⁹. Poszkodowany (albo we wskazanej wyżej sytuacji członkowie rodziny) ma prawo do zgłaszania uwag i zastrzeżeń

³⁵ B. Krzyśków, Sz. Ordysiński Z. Pawłowska, M. Pęciłło-Pacek, op. cit., s. 22.

³⁶ Rozporządzenie wypadkowe § 9, ust. 1–2.

³⁷ Por. B. Krzyśków, Sz. Ordysiński Z. Pawłowska, M. Pęciłło-Pacek, op. cit., s. 22.

³⁸ Rozporządzenie wypadkowe § 11, ust. 4.

³⁹ Rozporządzenie wypadkowe § 11, ust. 4.

do treści protokołu⁴⁰. Istotne jest, by poszkodowany (lub członkowie rodziny) zostali poinformowani o tej możliwości, bowiem niepoinformowanie może spotkać się z zarzutem nieprawidłowej realizacji ustalania okoliczności i przyczyn wypadku w późniejszym postępowaniu. Ponadto, osoba zapoznawana z protokołem ma również wgląd do pełnej dokumentacji będącej podstawą zawartych w protokole ustaleń. Co ważne, osoby te mają prawo do sporządzania notatek, odpisów i robienia kopii dokumentacji⁴¹.

Zatwierdzenie protokołu powypadkowego

Zgodnie z § 13, ust. 1 rozporządzenia wypadkowego ostateczną wersję protokołu powypadkowego w ciągu 5 dni od daty jego sporządzenia zatwierdza pracodawca. Jeśli pracodawca nie zgadza się na zatwierdzenie protokołu, zwraca go zespołowi powypadkowemu. Może to uczynić, gdy do protokołu zostały zgłoszone – wskazane wcześniej – zastrzeżenia poszkodowanego lub członków rodziny zmarłego pracownika lub, kiedy protokół nie jest zgodny z wymaganiami przepisów prawa⁴². W takiej sytuacji zespół powypadkowy przedstawia wyjaśnienia i uzupełnia protokół w ciągu kolejnych 5 dni. Obie wersje protokołu przedkłada pracodawcy⁴³. Ostateczna treść protokołu, w tym uznanie, bądź nieuznanie wypadku za wypadek przy pracy jest zależna od pracodawcy, który może – ale nie ma obowiązku – uwzględnić uwagi poszkodowanego w tym zakresie. To uwzględnienie uwag poszkodowanego pracownika przez pracodawcę jest – zgodnie z postanowieniem Sądu Najwyższego z 19 lutego 2013 r. – działaniem zgodnym z obowiązującym porządkiem prawnym⁴⁴. Zatwierdzony przez pracodawcę protokół otrzymuje poszkodowany pracownik (lub jego rodzina)⁴⁵, a także inspektor pracy w przypadku wypadku śmiertelnego, ciężkiego oraz zbiorowego. Po zakończeniu procedury powypadkowej pracodawca ma obowiązek przechowywać całą dokumentację powypadkową przez dziesięć lat⁴⁶.

Odwołanie do sądu pracy i ubezpieczeń społecznych

W przypadku gdy poszkodowany pracownik (lub jego rodzina) nie zgadza się z treścią sporządzonego protokołu ma prawo odwołania się do Sądu Pracy i Ubezpieczeń Społecznych. Najistotniejszą kwestią, z ustaleniem której

⁴⁰ Rozporządzenie wypadkowe § 11, ust. 1–3.

⁴¹ B. Krzyśków, Sz. Ordysiński Z. Pawłowska, M. Pęciłło-Pacek, op. cit., s. 22.

⁴² Rozporządzenie wypadkowe § 13, ust. 2.

⁴³ Rozporządzenie wypadkowe § 13, ust. 3.

⁴⁴ Postanowienie Sądu Najwyższego z 19 lutego 2013 r. (sygn. akt II PK 274/12).

⁴⁵ Rozporządzenie wypadkowe § 14, ust. 1.

⁴⁶ Art. 234 § 3 Kodeksu Pracy; w Rozporządzeniu wypadkowym zrezygnowano z przepisu dotyczącego tego obowiązku pracodawcy.

może nie zgodzić się poszkodowany (lub jego rodzina) jest ustalenie czy wypadek, do którego doszło zakwalifikowano do wypadków przy pracy. Warto dodać, że zgodnie z uchwałą Sądu Najwyższego z dnia 29 marca 2006 r.: „powództwo o ustalenie, że konkretne zdarzenie było wypadkiem przy pracy (...) jest dopuszczalne na podstawie art. 189 k.p.c.”⁴⁷.

Zakończenie

Podsumowując, należy stwierdzić, iż cała procedura powypadkowa, czyli sposób i tryb postępowania przy ustalaniu okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy, jest ściśle uregulowana w rozporządzeniu wypadkowym, o czym dodatkowo świadczy istnienie obowiązującego wzoru protokołu powypadkowego stanowiącego załącznik do wskazanego rozporządzenia. Należy zwrócić również uwagę na istotne znaczenie pracodawcy w całej procedurze – dokonującego zatwierdzenia protokołu oraz wagę zgłaszanych uwag przez poszkodowanego, które mogą wpłynąć na ostateczny kształt protokołu. Należy jednak pamiętać, że sporządzenie protokołu powypadkowego, a nawet jego zatwierdzenie w formie odpowiadającej poszkodowanemu pracownikowi nie stanowi gwarancji wypłacenia przez ZUS świadczeń powypadkowych z ubezpieczenia. ZUS może bowiem odmówić wypłaty świadczeń, wydając decyzję o odmowie wypłaty świadczeń, uzasadniając, iż zawarte w protokole stwierdzenia są bezpodstawne. Poszkodowany pracownik ma prawo do odwołania do poszkodowanemu odwołanie do sądu pracy i ubezpieczeń społecznych.

Literatura

- [1] Cieszkowski T., *Wypadki przy pracy oraz choroby zawodowe*, Warszawa 2015.
- [2] Gerdorf M., Rączka K., Skoczyński J., *Kodeks Pracy. Komentarz*, Warszawa 2003.
- [3] Hofmańska E., *Konsekwencje prawne śmierci pracownika*, Warszawa 2006.
- [4] Jończyk j., *Prawo zabezpieczenia społecznego*, Kraków 2001.
- [5] Longa J., *Wypadek przy pracy. Pojęcie prawne*, Warszawa 1981.
- [6] Krzyśków B., Ordysiński Sz., Pawłowska Z., Pęciłło-Pacek M., *Badanie wypadków przy pracy*, Warszawa 2015.
- [7] Lach D., Samol S., Ślebzak K., *Ustawa o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych. Komentarz*, Warszawa 2010.

⁴⁷ Uchwała Sądu Najwyższego z dnia 29 marca 2006 r. (sygn. akt II PZP 14/05).

-
- [8] Ludera-Ruszel A., *Brak kwalifikacji zawodowych jako uzasadniona przyczyna wypowiedzenia*, „Monitor Prawa Pracy“, nr 11/2012.
- [9] Ludera-Ruszel A., *Podnoszenie kwalifikacji zawodowych przez pracowników na gruncie kodeksu pracy oraz wybranych ustaw szczególnych*, Warszawa 2011.
- [10] Piotrowski W., *Prawo do odszkodowania w świetle norm Kodeksu pracy i Konstytucji RP* [w:] Z. Góral (red.), *Z zagadnień współczesnego prawa pracy – Księga jubileuszowa Profesora Henryka Lewandowskiego*, Warszawa 2009, s. 401–416.
- [11] Samol S., *Pojęcie wypadku przy pracy jako zdarzenia pozostającego w związku z pracą* [w:] Z. Góral (red.), *Z zagadnień współczesnego prawa pracy – Księga jubileuszowa Profesora Henryka Lewandowskiego*, Warszawa 2009, s. 417–428.
- [12] Strzelec D., *Świadczenia na rzecz pracowników. Aspekty podatkowe*, Warszawa 2011.
- [13] Widzisz R., *Odpowiedzialność karna za niezawiadomienie o wypadku przy pracy*, *Prokuratura i Prawo* 2007, nr 5, s. 41–64.
- [14] Konwencja (Nr 42) o chorobach zawodowych z roku 1934 (Dz. U. z 1949, nr 31, poz. 235).
- [15] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz. U. z 2016, poz. 1666 j.t.).
- [16] Ustawa z dnia 13 października 1998r. o systemie ubezpieczeń społecznych (Dz. U. 2016, poz. 963, j.t.).
- [17] Ustawa z dnia 17 grudnia 1998 r. o emeryturach i rentach z Funduszu Ubezpieczeń Społecznych, (Dz. U. z 2016, poz. 887 j.t.) (dalej: Ustawa o emeryturach i rentach z FUS)
- [18] Ustawa z dnia 25 czerwca 1999 r. o świadczeniach pieniężnych z ubezpieczenia społecznego w razie choroby i macierzyństwa (Dz. U. z 2016, poz. 372 j.t.).
- [19] Ustawa z dnia 30 października 2002 r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych (Dz. U. z 2015, poz. 1242 j.t.).
- [20] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 1974 r. w sprawie warunków odbywania rehabilitacji zawodowej uprawniających do zasiłku wyrównawczego oraz szczegółowych zasad przyznawania tego zasiłku (Dz. U. z 1974, nr 51, poz. 325).
- [21] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 19 grudnia 2002 r. w sprawie trybu uznawania zdarzenia powstałego w okresie ubezpieczenia wypadkowego za wypadek przy pracy, kwalifikacji prawnej zdarzenia, wzoru karty wypadku i terminu jej sporządzenia (Dz. U. z 2013, poz. 1618 j.t.).
- [22] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 24 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych zasad oraz trybu uznawania zdarzenia za wypadek w drodze do pracy lub z pracy, sposobu jego dokumentowania,

wzoru karty wypadku w drodze do pracy lub z pracy oraz terminu jej sporządzania (Dz. U. z 2013, poz. 924 j.t.).

- [23] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 maja 2007 r. w sprawie określenia wysokości jednorazowego odszkodowania z tytułu wypadku przy pracy rolniczej lub rolniczej choroby zawodowej oraz zasiłku chorobowego (Dz.U. z 2015, poz. 1150 j.t.).
- [24] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2009 r. w sprawie chorób zawodowych (Dz. U. 2013, poz. 1367 j.t.).
- [25] Rozporządzenie Rady Ministrów z 1 lipca 2009 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy (Dz. U. z 2009 r. nr 105, poz. 870).
- [26] Rozporządzenie Ministra pracy i polityki społecznej z dnia 11 października 2011 r. w sprawie postępowania o świadczenia emerytalno-rentowe (Dz.U.2011, nr 237, poz. 1412).
- [27] Główny Urząd Statystyczny, *Monitoring Rynku Pracy. Wypadki przy pracy w I kwartale 2017 r. — dane wstępne w I kwartale 2017 r.*, Warszawa 2017.



Aleksandra Zyska, Adam Pawlak, Andrzej Ślęzak

Instytut Nauk o Zdrowiu i Żywieniu

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 36b, 42–200 Częstochowa

ZALETY I WADY STOSOWANIA SUBSTANCJI DODATKOWYCH DO ŻYWNOŚCI

Streszczenie. Substancje dodatkowe do żywności budzą sprzeczne reakcje zarówno wśród producentów, jak i konsumentów. Z jednej strony służą podnoszeniu atrakcyjności oraz jakości produktów, z drugiej – budzą zaniepokojenie konsumentów wynikające z niewiedzy oraz przekazu marketingowego w środkach masowego przekazu takiego, jak: radio, TV czy Internet. Świadomość konsumentów na temat bezpieczeństwa dodatków do żywności oraz roli, jaką pełnią w przemyśle spożywczym i przetwórstwie żywności, jest niewielka. Niniejszy artykuł jest przeglądem literatury polskiej dotyczącej obecności substancji dodatkowych w żywności, z uwzględnieniem aktualnych aktów prawnych dotyczących stosowania ich w produkcji żywności. Wykazano korzyści, jak również zagrożenia wynikające z nadmiernego ich stosowania.

Słowa kluczowe: substancje dodatkowe do żywności, żywność wygodna, prawo żywnościowe.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING ADDITIVES FOR FOOD

Abstract. Food additives give rise to contradictory reactions both among producers and consumers. On the one hand they serve to increase the attractiveness and quality of the products, on the other hand – induce consumers' concern arising from ignorance and marketing communication in the mass media such as radio, TV or the internet. Consumers' awareness on the safety of food additives and their role in the food industry and processing is still small. This article is a review of the Polish literature concerning the application of additives in food processing taking into consideration the current legislation on food additives usage. The advantages and risks resulting from using such substances in excess in food have been shown.

Keywords: food additives, convenient food, food legal regulation.

Wprowadzenie

Komitet Dodatków do Żywności i Zanieczyszczeń (CCFAC) Kodeksu Żywnościowego na 21 Sesji w Hadze w 1991 r. podał definicję pojęcia substancji dodatkowych dozwolonych, która stanowi podstawę dla późniejszych regulacji prawnych. Natomiast Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia z późniejszymi zmianami odnosi definicję substancji dodatkowej – dodatku do żywności do definicji podanej w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności. Ustawa ta definiuje substancję dodatkową jako: substancję, która nie jest zwyczajowo odrębnie spożywana jako żywność, niebędącą typowym składnikiem żywności, niezależnie od tego, czy posiada wartość odżywczą, czy nie, której celowe użycie technologiczne w procesie produkcji, przetwarzania, przygotowywania, pakowania, przewozu i przechowywania żywności spowoduje lub może spowodować, że substancja ta stanie się bezpośrednio lub pośrednio składnikiem środka spożywczego albo półproduktów będących jego komponentami. Obecnie obowiązuje Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych określające wykaz dozwolonych substancji dodatkowych stosowanych w żywności w środkach spożywczych lub używkach. Pod pojęciem substancji dodatkowej występują dwa określenia angielskie, które nie mają odpowiedników w języku polskim, a mianowicie:

- Food additives to: substancje normalnie niespożywane jako żywność, niebędące typowymi składnikami żywności, posiadające lub nieposiadające wartości odżywczej, których celowe użycie technologiczne w czasie produkcji, przetwarzania, preparowania, traktowania, pakowania, pakowania, transportu i przechowywania spowoduje zamierzone lub spodziewane rezultaty w środku spożywczym albo w półproduktach będących jego komponentami. Substancje dodatkowe dozwolone mogą stać się bezpośrednio lub pośrednio składnikami żywności lub w inny sposób oddziaływać na jej cechy charakterystyczne.
- Food ingredient to: składnik dodawany do żywności, czyli substancja dodawana do surowca w czasie wyroby produktu i potocznie określana jako dodatek, jak np.: cukier, sól, skrobia, żelatyna, witaminy i inne, które nie są postanowieniami w/w regulacji prawnych.

Cechą, która wyróżnia większość substancji dodatkowych jest to, że nie są one normalnie spożywane ani nawet dostępne jako artykuł żywnościowy. Podlegają natomiast specjalnej procedurze znakowania (np. literą E i/lub numerem identyfikacyjnym) oraz wymagają podania funkcji technologicznej w wykazie składników gotowego produktu. Ta grupa dodatków jest objęta ścisłą kontrolą i przed dopuszczeniem do stosowania muszą przejść odpowiednie ba-

dania, zanim zostaną zaaprobowane przez JECFA/SCF jako dodatki do żywności. Ich użycie w większości przypadków jest limitowane ilościowo, bądź też ograniczone do określonej grupy produktów.

Substancje dodatkowe do żywności dzielimy na:

- naturalne – występujące naturalnie w żywności i pozyskiwane tylko z naturalnych surowców;
- identyczne z naturalnymi – o takich samych właściwościach jak substancje występujące naturalnie, lecz otrzymywane w drodze syntezy chemicznej;
- sztuczne – związki otrzymywane na drodze syntezy chemicznej, niewystępujące naturalnie w przyrodzie [23].

Czapski [1] określa substancje dodatkowe dozwolone jako niesłużące poprawieniu wartości odżywczej produktu. Tego typu substancje nazywane są wzbogacającymi i nie stanowią żadnej subkategorii składników dodatkowych dozwolonych. Podobnie nie zalicza się do tej grupy składników wyizolowanych z surowców naturalnych, np. skrobi czy sacharozy [1].

Dozwolone substancje dodatkowe stosuje się odpowiednio z ich funkcjami technologicznymi. Jednakże często zdarza się tak, że wskazany dodatek funkcjonalny ma kilka zastosowań. Wtedy należy brać pod uwagę główną funkcję technologiczną, jaką ta substancja ma pełnić w środku spożywczym [9]. Dozwolone funkcje technologiczne substancji dodatkowych to: barwnik, substancja konserwująca (konserwant), enzym, gaz nośny, gaz do pakowania, nośnik, przeciwutleniacz, substancja emulgująca (emulgator), sól emulgująca, substancja zagęszczająca (zagęstnik), substancja żelująca, substancja stabilizująca (stabilizator), substancja wzmacniająca smak i zapach, kwas, regulator kwasowości, substancja przeciwzbrylająca, skrobia modyfikowana, substancja słodząca, substancja spulchniająca, substancja przeciwpianotwórcza, substancja pianotwórcza, substancja do stosowania na powierzchnię (substancja glazurująca), środek do przetwarzania mąki (polepszacz), substancja wiążąca (teksturotwórcza), substancja utrzymująca wilgoć, sekwestrant (substancja maskująca jony), substancja wypełniająca [14]. Oprócz dodatków sensorycznych i pomocniczych tworzą się nowe grupy dodatków, kształtujące zdrowotne cechy produktu. Wymienić tu należy:

- wypełniacze (tzw. substancje balastowe) wykorzystywane do nadania odczucia sytości,
- substytuty tłuszczu (np. olestra),
- syntetyczne substancje słodzące (np. aspartam, sacharyna) używane w napojach i produktach typu light i w żywności dla diabetyków [19].

Niniejszy artykuł jest przeglądem literatury polskiej dotyczącej stosowania substancji dodatkowych w przetwórstwie żywności z uwzględnieniem aktualnych aktów prawnych dotyczących stosowania substancji dodatkowych do

żywności. Wykazuje korzyści jak również zagrożenia wynikające z nadmiernego stosowania takich substancji w żywności.

Podstawy prawne stosowania substancji dodatkowych

Bezpieczeństwo żywności to najważniejszy aspekt żywienia człowieka. W podejmowanych na rzecz tego bezpieczeństwa przedsięwzięciach ogromną rolę odgrywa Komisja Kodeksu Żywnościowego zorganizowana w 1962 roku przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) i Organizację ds. Wyżywienia Rolnictwa (FAO). Z kolei podstawą standardów dla surowców i produktów żywnościowych jest tzw. Kodeks Żywnościowy. Określa on wymagania dotyczące higieny i praktyk technologicznych w przetwarzaniu żywności [6]. W 1985 r. ukazała się Biała Księga Komisji Europejskiej w sprawie realizacji Rynku Wewnętrznego. Zawiera ona szereg propozycji mających na celu usunięcie barier materialnych, technicznych i podatkowych na drodze do realizacji Wspólnego Rynku [3].

W 1988 r. została uchwalona dyrektywa Rady 89/107/EEC o ujednoczeniu treści przepisów prawa państw członkowskich w zakresie dodatków do żywności dopuszczonych do stosowania w artykułach żywnościowych przeznaczonych dla ludzi. Z treści owej dyrektywy wynika, że przyjęto zasadę utworzenia listy pozytywnej substancji dodatkowych, co tym samym wyklucza dopuszczalność stosowania wszystkich innych substancji funkcjonalnych niezajmujących się na tym wykazie.

Zharmonizowane zasady autoryzacji i warunki użycia substancji dodatkowych do żywności na wspólnym rynku europejskim określa przyjęta w 1989 r. Ramowa Dyrektywa Rady z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich dotyczących dodatków do środków spożywczych dopuszczonych do użycia w środkach spożywczych przeznaczonych do spożycia przez ludzi. Ustanawia ona kryteria ogólne, po spełnieniu których substancja dodatkowa musi jeszcze spełnić wymogi jednej z trzech dyrektyw szczegółowych. Są to: Dyrektywa 94/35/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 30 czerwca 1994 r. w sprawie substancji słodzących używanych w środkach spożywczych; Dyrektywa 94/36/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 30 czerwca 1994 r. w sprawie barwników używanych w środkach spożywczych; Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 95/2/WE z dnia 20 lutego 1995 r. w sprawie dodatków do żywności innych niż barwniki i substancje słodzące (z późn. zmianami). Dyrektywy te ustanawiają listy substancji dodatkowych dopuszczonych do użytku, produkty spożywcze, w których substancje dodatkowe mogą być stosowane oraz maksymalne dopuszczalne dawki, w przypadku, gdzie konieczne było ich wyznaczenie [16].

W Polsce stosowanie substancji dodatkowych w przemyśle spożywczym zostało określone zarządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 31 marca 1993 r. w sprawie wykazu substancji dodatkowych dozwolonych i zanieczyszczeń technicznych w środkach spożywczych i używkach. Nieujęte w tym zarządzeniu substancje dodatkowe mogły być stosowane jedynie po uzyskaniu specjalnego zezwolenia Głównego Inspektora Sanitarnego w oparciu o opinię Państwowego Zakładu Higieny, a w części przypadków także Instytutu Żywności i Żywienia [12, 24].

Stosowanie substancji dodatkowych w każdym kraju regulowane jest przez odrębne przepisy. W Polsce są one zharmonizowane z odpowiednimi dyrektywami funkcjonującymi w Unii Europejskiej. Zgodnie z nimi obowiązują tzw. pozytywne listy dodatków zawierające jedynie te substancje, które są dopuszczone do użytku [1]. Podstawowym i obowiązującym aktualnie aktem prawnym regulującym kwestie substancji dodatkowych do żywności, zawierającym tym samym wykaz dozwolonych substancji dodatkowych oraz warunki ich stosowania jest rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych wydane na mocy delegacji dla Ministra Zdrowia zawartej w znowelizowanej Ustawie z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności. Zawiera ono spis produktów spożywczych, do których substancje dodatkowe mogą być stosowane, a także funkcje technologiczne dozwolonych dodatków. Poza tym dokument ten uwzględnia numery identyfikacyjne zgodnie z międzynarodowym systemem oraz nomenklaturę europejską. Każda substancja dodatkowa posiada dwie nazwy: jedną w języku polskim, natomiast drugą w języku angielskim. Rozporządzenie to do użytku dopuszcza blisko 400 substancji [16].

Pojęcie jakości żywności jest bardzo dobrze znane, ale problem nadal tkwi w ujednoczeniu definicji. Bowiem zgodnie z normą PN-ISO-8402:1996 „Zarządzanie jakością i zapewnienie jakości. Terminologia” pojęcie *jakość* oznacza „ogół cech i właściwości wyrobu lub usługi, decydujących o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokojenia stwierdzonych lub przewidywanych potrzeb”.

Zastosowanie substancji dodatkowych w przetwórstwie

Jednym z warunków gwarantujących bezpieczeństwo żywności jest spełnienie przez nią wymagań zdrowotnych obejmujących m.in. stosowane substancje dodatkowe. Z kolei o wytycznych tych szczegółowo informuje nas ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia. Na jej mocy dnia 22 listopada 2010 r. zostało wydane Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Zawiera ono:

- cele wykorzystywania w żywności substancji dodatkowych,
- funkcje technologiczne substancji dodatkowych,

- zestawienie dozwolonych składników dodatkowych z odpowiednią adnotacją ich wykorzystania i przeznaczenia,
- szczegóły dotyczące: warunków i metod stosowania substancji dodatkowej oraz wyznaczenie maksymalnych poziomów ich stosowania w danym środku spożywczym,
- wymagania w zakresie oznakowania substancji dodatkowych występujących w danym produkcie;

W związku z harmonizacją polskiego prawa żywnościowego z ustawodawstwem krajów Unii Europejskiej konieczne stało się ujednoczenie i wprowadzenie międzynarodowego systemu numerycznego oraz wprowadzenie nowych i wyeliminowanie niektórych dotychczas dozwolonych dodatków do żywności. Obecnie wszystkie te kwestie reguluje rozporządzenie Ministra Zdrowia z 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Z punktu widzenia ochrony zdrowia konsumenta wykaz pozytywny ma zasadniczą zaletę: umożliwia on producentowi wykorzystanie substancji wymienionych w tym wykazie, tzn. dokładnie zbadanych, nieszkodliwych dla zdrowia. Wykaz negatywny natomiast wymienia substancje niedozwolone, a więc szkodliwe dla zdrowia. Zakaz stosowania wymaga udowodnienia, że dana substancja jest szkodliwa dla zdrowia. Zasada ta jest o tyle słuszna, że umożliwia poznanie substancji dozwolonych oraz niedozwolonych i szkodliwych [16]. Substancje dodatkowe do żywności można stosować tylko wtedy, kiedy zostaną spełnione konieczne warunki i wymagania. Przedstawiają się one następująco:

- są prawnie dopuszczone do użycia,
- stosowanie ich jest technologicznie uzasadnione,
- nie stwarzają żadnego zagrożenia dla zdrowia,
- ich celem nie ma być ukrycie złej jakości produktu,
- nie prowadzą konsumentów w błąd [1].

W trosce o zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego wśród konsumentów w pierwszej połowie XX wieku podjęto poważne próby legislacji substancji dodatkowych. Dla współczesnej oceny jakości zdrowotnej żywności ogromne znaczenie miały FAO oraz WHO, które na podstawie ówczesnych badań toksykologicznych ujednocziły przepisy dotyczące bezpieczeństwa żywności i ochrony zdrowotnej konsumenta. Od tamtej pory badania dotyczące bezpieczeństwa stosowania substancji dodatkowych są cyklicznie powtarzane i aktualizowane. Chcąc przekonać się o nieszkodliwości konkretnego dodatku, przeprowadza się specjalistyczne testy, również z użyciem zwierząt [17]. Szczególnie badania dotyczące rakotwórczego wpływu substancji dodatkowych są długotrwałe i skomplikowane, trwające zwykle ponad 18 miesięcy. Na tej podstawie ustala się szkodliwość danej substancji i eliminuje zagrożenie poprzez ustalenie wskaźnika ADI (Acceptable Daily Intake). Wszystkie substancje dodatkowe dodawane do żywności muszą mieć nie tylko udowodnione korzystne

działanie, ale również przejść staranną i rygorystyczną ocenę bezpieczeństwa. Dopiero po spełnieniu owych procedur mogą zostać dopuszczone do stosowania. W Unii Europejskiej wszystkie substancje dodatkowe – zanim zostaną zastosowane w produktach spożywczych – są oceniane przez Komitet Naukowy ds. Żywności EU (Scientific Committee on Food – SCF).

Chcąc spełnić wymagania dobrej praktyki produkcyjnej i stosownych norm oraz mając na uwadze wszystkie powyższe elementy w ich ujęciu jakościowym i ilościowym, producenci wpływają na właściwą jakość zdrowotną żywności, m.in. poprzez wykorzystanie odpowiednich procesów technologicznych i stosowanie substancji dodatkowych [17]. W przemyśle spożywczym można stosować jedynie te substancje, które spełniają zatwierdzone wymagania dotyczące kryteriów ich dawkowania. Powinno ono odbywać się w ilości najniższej, czyli takiej, która jest niezbędna dla osiągnięcia zamierzonego efektu technologicznego. Bezpieczeństwo stosowania substancji dodatkowych wyraża się zgodnie z obecnym stanem wiedzy poprzez tzw. wskaźnik ADI (Acceptable Daily Intake). Dzielne dopuszczalne pobranie ADI, to ilość miligramów danej substancji w przeliczeniu na kg masy ciała, które człowiek może dziennie pobierać przez całe swoje życie bez uszczerbku na zdrowiu. Omawianymi zagadnieniami stosowania substancji dodatkowych do żywności, m.in. toksycznością, zajmuje się Komitet Kodeksu Żywnościowego (Codex Alimentarius) ds. Substancji Dodatkowych do Żywności i Zanieczyszczeń (CCFA – Codex Committee on Food Additives). Eksperti prowadzący prace w ramach Komitetu wykonują kompleksowe badania toksykologiczne substancji dodatkowych, jak również ich ocenę żywieniową. Przeprowadzenie tych badań jest nieodzowne do wydania opinii o nieszkodliwości badanej substancji lub do ustalenia marginesu bezpieczeństwa przy stosowaniu jej jako dodatku [17]. Na podstawie analizy z badań przeprowadzonych na zwierzętach oraz badań epidemiologicznych na dużych populacjach ludzi, eksperci ustalają skutki oddziaływania kumulującego i synergistycznego, jakie mogą występować w organizmie, a także szacują zjawisko ewentualnej nietolerancji organizmu na określoną substancję dodatkową [20]. Opisany cel stosowania substancji dodatkowych nie był głównym czynnikiem, dla którego człowiek zaczął je stosować. Takowym była chęć zakonserwowania lub utrwalenia produktów w bardziej złożony sposób niż za pomocą soli. Początkowo substancje te otrzymywano w sposób naturalny, z surowców rolniczych, by w kolejnym etapie móc je modyfikować, a w końcu pozyskiwać syntetycznie [1].

Prawidłowe żywienie człowieka zasadniczo utożsamiane jest z dostarczeniem organizmowi wszelkich składników odżywczych wspomagających właściwy jego rozwój oraz z zaspokojeniem zapotrzebowania na energię [5, 3]. Żywność powinna zapewniać optymalną ilość i jakość substancji odżywczych oraz być całkowicie bezpieczna. Współczesny konsument coraz częściej, bardziej lub mniej świadomie, wybiera model żywienia odbiegający od powyższego

schematu, stosując niewłaściwie zbilansowaną dietę, często ubogą w witaminy, sole mineralne oraz składniki bioaktywne, zastępując je jedynie cukrami prostymi, białkami czy tłuszczami. Efektem tego typu działań są niedobory witamin i składników odżywczych, które prowadzą do chorób cywilizacyjnych. Aby temu zapobiec stosuje się fortyfikację, czyli tzw. wzbogacanie żywności [18]. Istnieje jeszcze jeden powód, dla którego stosowanie substancji dodatkowych jest tak ważne. Wykorzystywanie dodatków leży bowiem w interesie producentów. Chodzi tu między innymi o aspekt ekonomiczny. Nie chcąc dopuścić do strat gospodarczych związanych z krótkim terminem przydatności do spożycia, technolodzy widzą konieczność stosowania substancji, które, jako nieszkodliwe, są w stanie przedłużyć trwałość żywności [4]. Innym aspektem stosowania dodatków do żywności jest jej bezpieczeństwo, czyli zapobieganie zatruciom, awitaminozom i innym chorobom niedoborowym, wreszcie, podniesienie atrakcyjności produktu powoduje, że żywność będzie skonsumowana (problem z odżywianiem osób starszych, chorych, z zaburzeniami łaknienia).

Stosowanie w przemyśle spożywczym substancji dodatkowych przynosi korzyści zarówno producentom żywności (poprzez ułatwianie procesów produkcji i przechowywania), jak również konsumentom, którzy otrzymują produkt o lepszej jakości zdrowotnej i higienicznej oraz często bogatszej wartości odżywczej. Stosowanie dodatków sprzyja poszerzeniu asortymentu środków spożywczych. To z kolei przyczynia się do urozmaicenia pożywienia oraz zmniejszania ryzyka powstawania chorób dietozależnych. Z drugiej strony, biorąc pod uwagę niską zawartość substancji dodatkowych w żywności i zakładając niewielkie ich spożycie, zagrożenie dla zdrowia ludzkiego wynikające ze stosowania substancji dodatkowych wydaje się być minimalne. Większe wydaje się niebezpieczeństwo szkodliwości toksyn wytwarzanych przez mikroorganizmy, które z powodzeniem bez zastosowania substancji dodatkowych o działaniu konserwującym mogą rozwijać się w żywności. Współczesny stan wiedzy wskazuje, iż stosowanie substancji dodatkowych w ilościach zgodnych z zaleceniami Kodeksu Żywnościowego i dobrej praktyki produkcyjnej przynosi nieporównywalnie więcej korzyści, aniżeli ewentualnych zagrożeń dla stanu zdrowia człowieka.

Zgodnie z prawem każdy producent żywności wyprodukowanej w krajach Unii Europejskiej jest zobligowany do informowania konsumenta o zawartych w niej substancjach dodatkowych. Kupując produkty spożywcze prawidłowo oznakowane, klient sam dokonuje wyboru, co do ilości nabywanego produktu, kierując się zarówno aspektem zdrowotnym, jak i praktycznym oraz funkcjonalnym. Często kupowany jest tańszy produkt, gdyż konsument nie bierze pod uwagę jego jakości oraz składu. Tymczasem zbyt duża ilość substancji dodatkowych może ujemnie wpłynąć na stan zdrowia konsumenta. Najczęściej wymieniane są następujące wady stosowania nadmiernych ilości substancji dodatkowych [17]:

- niekorzystne oddziaływanie substancji dodatkowych na określone grupy ludności tj.: dzieci, osoby starsze, alergicy, osoby chore;
- kumulacja w organizmie człowieka substancji dodatkowych pochodzących z różnych produktów spożywczych. Pomimo że dana substancja znajduje się na liście dozwolonych dodatków, spożywając dziennie kilka produktów zawierających ją trudno kontrolować jej poziom w organizmie; zwiększenie ilości sztucznych substancji chemicznych w naszym pożywieniu. Może doprowadzić do wystąpienia alergii pokarmowych lub zmian skórnych u konsumentów;
- reakcje substancji dodatkowych ze składnikami żywności w czasie procesu produkcji.

Odrębnym problemem są alergie pokarmowe na żywność zawierającą składniki uczulające. Objawy alergii pokarmowych, pojawiające się czasem na całym ciele chorego, wykazują dużą zmienność. Obserwuje się zaczerwienienia i świąd skóry, nudności wymioty, biegunkę, czasem zaparcia, gazy, bóle brzucha, zaburzenia słuchu, bóle mięśni i opuchliznę, poczucie osłabienia lub nadaktywność, bóle głowy, przyspieszoną akcją serca, gorączkę i inne [20].

Duża kumulacja substancji dodatkowych w żywności wymaga dość dużej rozważliwej w doborze diety. Zwłaszcza dotyczy to dzieci. Duża ilość dodatków znajdujących się w produkcie stwarza zagrożenie odnośnie kwestii prawdopodobieństwa kumulacji ich w organizmie. Bowiem do jednego produktu dodawane jest przeciętnie około 3,5 zróżnicowanych substancji. Najwięcej dodatków znajdujemy w wyrobach cukierniczych, napojach i przetworach mięsnych [19].

Wnioski

Z racji ogromnej liczby dopuszczonych do stosowania substancji dodatkowych do żywności, zarówno tych naturalnie występujących, jak i sztucznie wytworzonych, niniejsza praca nie wyczerpuje szczegółowego omówienia wszystkich aspektów ich obecności. Najważniejszym priorytetem polityki każdego państwa jest zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego żywności oraz ograniczenie ryzyka powstawania chorób i zaburzeń w stanie zdrowia ludzi spowodowanych jej niską jakością zdrowotną. Odpowiedni system legislacyjny i wnikliwe badania żywności prowadzone przez inspekcje sanitarne, weterynaryjne oraz liczne placówki naukowo-badawcze dostarczają niezbędnej wiedzy na temat substancji dodatkowych do żywności. Stosowanie zgodnie z prawem tych substancji przynosi korzyści zarówno producentowi (poszerzenie asortymentu produktów, zwieszenie ich trwałości), jak i konsumentowi (zwiększenie atrakcyjności żywności podniesienie wartości odżywczej), natomiast nadużywanie prowadzić może do zagrożenia zdrowia ludzi.

Literatura

- [1] Czapski J.: Dodatki do żywności poprawiające jej jakość sensoryczną. W: Red. J. Gawęcki, N. Baryłko- Pikielna.: Zmysły a jakość żywności i żywienia. Wydawnictwo AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu. Poznań 2007.
- [2] Gałkowska D.: Funkcjonalne składniki żywności. W: „Laboratorium przemysłowe” 2009. Nr 5; 25.
- [3] Gawęcki J., Hryniewiecki L.: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. PWN. Warszawa 2008.
- [4] Gertig H.: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. PWN. Warszawa 2010.
- [5] Górecka D.: Nowe kierunki produkcji żywności funkcjonalnej i instrumenty jej promocji. W: „Przemysł Spożywczy” 2007. Nr 6; 20-23.
- [6] Gulbicka B.: Kodeks Żywnościowy. W: Biuletyn Informacyjny Nr 2. Red. M. Krawczyk, A. Bystrzycki. Wydawca Agencja Rynku Rolnego. Warszawa 2012.
- [7] Hać-Szymańczuk E.: Wykorzystanie preparatów błonnikowych w przemyśle spożywczym. W: „Przemysł Spożywczy” 2006. Nr 10; 34-35, 56.
- [8] <http://aktywniepozdrowie.pl/dodatki-do-zywnosci/zalety-i-wady-konserwantow-i-nie-tylko/>.
- [9] Ozimek I.: Ochrona konsumenta na rynku żywności. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2008.
- [10] PN-ISO-8402:1996 Zarządzanie jakością i zapewnienie jakości. Terminologia.
- [11] PN-ISO-8402:1996 Zarządzanie jakością i zapewnienie jakości. Terminologia.
- [12] Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 17 grudnia 1973 r. w sprawie zezwoleń na produkcję, wprowadzanie do obrotu i na przywożenie z zagranicy niektórych środków spożywczych (Dz. U. Nr 51, poz. 293 z późn. zm.).
- [13] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, Dz.U. Nr 232 poz. 1525.
- [14] Rozporządzenie Ministwa Zdrowia z dnia 18 września 2008 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych Dz. U. z 2008 r. Nr 177 poz. 1094.
- [15] Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności. Dz. Urz. UE L 354 z 31.12.2008 str. 16.
- [16] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K.: Substancje dodatkowe i składniki funkcjonalne żywności. Agro&Food Technology. Czeladź 1997.
- [17] Sikorski Z. E.: Chemia żywności. Składniki żywności. Wydawnictwo Naukowo- Techniczne. Warszawa 2007.
- [18] Sobolewska-Zielińska J.: Dodatki wspomagające żywność- aspekt analityczny. W: „Laboratorium przemysłowe” 2009. nr 5; 30.

-
- [19] Stankiewicz D.: Dodatki do żywności. Informacja BSiE nr 962 (IP-102 G).
 - [20] Szponar L., Gielecińska I.: Substancje dodatkowe i dodatki funkcjonalne a bezpieczeństwo żywności i jej wartość żywieniowa. *Postępy Fitoterapii* 1/2000, s. 7–16.
 - [21] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (tekst jednolity Dz.U.2010, nr 136, poz.914).
 - [22] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia, Dz. U. 2006 r. Nr 171, poz. 1225, art.3, ust.3, pkt 36.
 - [23] Wójtowicz A.: Dodatki żywieniowe – ich rola w chorobach alergicznych u dzieci. W: „*Pediatrics po Dyplomie*” 2011; Vol. 15. Nr 4; 71.
 - [24] Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 31 marca 1993 r. w sprawie wykazu substancji dodatkowych dozwolonych i zanieczyszczeń technicznych w środkach spożywczych i używkach (M.P. Nr 22, poz. 233).



**Adrianna Borysiewicz, Paulina Gonera, Dominika Łęgowik,
Tomasz Dembiczak, Krzysztof Gospodarek**

*Wydział Matematyczno-Przyrodniczy
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa
e-mail: t.dembiczak@ajd.czyst.pl*

WYKORZYSTANIE METODY PRZYROSTOWEJ W PROTOTYPOWANIU

Streszczenie. W artykule przedstawiono chronologię wykonania fizycznego prototypu przez studentów Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Przedstawiono zaprojektowane modele przestrzenne w myśl zasady: od pomysłu do produktu. Opisano metodę szybkiego prototypowania z wykorzystaniem techniki druku 3D, dobór filamentów oraz parametrów druku.

Słowa kluczowe: projektowanie, szybkie prototypowanie.

THE DETERMINATION OF CORRELATION BETWEEN COMPACTIBILITY AND LIQUIDITY OF MOLDING COMPOUNDS UNDER HIGH PRESSURES

Abstract. The article presents a chronology of the physical prototype implementation by students of the Jan Długosz University in Częstochowa. Designed spatial models were presented in accordance with the principle from idea to product. The method of rapid prototyping with the use of 3D printing technology, selection of filaments and printing parameters has been described.

Keywords: design, rapid prototyping.

Wprowadzenie

Coraz szybszy postęp technologiczny oraz rozwój przemysłu sprawiają, iż producenci zmuszeni są stale udoskonalać techniki produkcyjne i zmniejszać koszty wytwarzania, aby móc być konkurencyjnymi na rynku. Od początku XX wieku dokładność obróbki oraz pomiarów wzrosła niemal o 4 razy, wszystko to jest zasługą rozwoju kształtowania przyrostowego [1]. Technika ta polega na automatyzacji procesów wytwarzania za pomocą drukarek 3D oraz obrabiarek wyposażonych w układy sterowania numerycznego. Technologia druku 3D polega na warstwowym wytwarzaniu przedmiotów za pomocą modeli trójwymiarowych zaprojektowanych w środowisku CAD. Dynamiczny rozwój drukarek 3D pozwolił w znacznym stopniu zmniejszyć koszty oraz czas wytwarzania prototypów, a co za tym idzie, zwiększyć dokładność wytwarzanych w procesie produkcji przemysłowej części oraz urządzeń. Drukarki 3D, pomimo zaawansowanej technologii, nie są drogie. Wykorzystywane są głównie do szybkiego prototypowania, począwszy od osób prywatnych aż po wielkie zakłady produkcyjne, stosowanie ich usprawnia system doskonalenia projektów [2].

Metody szybkiego prototypowania

Szybkie prototypowanie, znane też pod nazwą *rapid prototyping*, to adytywne metody i technologie, które umożliwiają zaprojektowanie przedmiotu lub danego modelu 3D w architekturze CAD. Model zapisany w systemie CAD jest kolejno konwertowany do formatu STL, który jest domyślnym dla technologii szybkiego prototypowania. Dzięki jej zastosowaniu możliwe jest stworzenie modeli poglądowych, jak i całych układów funkcjonalnych. Rozwój technologii szybkiego prototypowania sprawił, że pojawiło się wiele odrębnych i różniących się metod. Do najważniejszych i ciągle rozwijających się należą [1]:

- FDM (Fused Deposition Modeling) polega na osadzaniu uplastycznionego materiału za pomocą dwudyszowej głowicy. Materiał jest osadzany na platformie roboczej, obniżającej się stopniowo wraz z nakładaniem kolejnych warstw tworzących model, zgodnie z elektronicznym modelem w formacie STL. Dysza, nakładając materiał porusza się nad platformą w płaszczyźnie XY, platforma wykonuje ruch przestawiający wzdłuż osi Z.
- SLA (stereolitografia) polega na punktowym utwardzaniu ciekłego materiału (żywicy epoksydowej lub akrylowej) przy użyciu wiązki laserowej małej mocy. Naświetlona promieniowaniem ultrafioletowym żywica fotoutwardzalna ulega polimeryzacji – utwardzeniu. Po nałożeniu i utwardzeniu jednej warstwy, proces jest powtarzany dla kolejnej, i tak aż do wyprodukowania całego modelu.

- POLYJET jest to metoda podobna do metody SLA, z tą różnicą, że nie ma konieczności dodatkowego utwardzania warstwa po warstwie. Utwardzanie jest wykonywane dopiero po zakończonym procesie, za pomocą światła UV. Dzięki temu jest możliwe uzyskanie cienkiej warstwy, co wpływa na gładkość powierzchni danego elementu,
- SLS (Selective Laser Sintering) w tej metodzie na stół roboczy nakładane są warstwy proszku, a następnie są one utwardzane za pomocą procesu spiekania światłem laserowym. W technologii tej używa się materiałów ceramicznych i metali, takich jak np. stal, brąz.

Zastosowanie w praktyce technik druku 3D

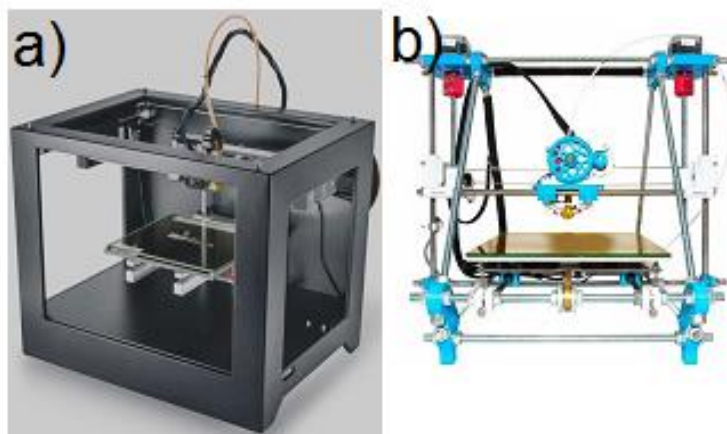
Druk 3D ma szeroki wachlarz zastosowań. Nowoczesna metoda wytwarzania prototypów i modeli znajduje uznanie nie tylko w firmach produkcji przemysłowej dążących do udoskonalenia swoich produktów, ale także w motoryzacji, medycynie czy energetyce. Do głównych obszarów zastosowania druku 3D możemy zaliczyć [3]:

- przemysł maszynowy świetnie wykorzystuje możliwości druku 3D do zmniejszenia kosztów produkcji, ponieważ w przeciwieństwie do tradycyjnych metod produkcji ubytkowej, gdzie usuwa się niepotrzebną część materiału, druk 3D zużywa tylko tyle materiału, ile niezbędne jest do wyprodukowania danego elementu bądź modelu [3],
- motoryzacja również coraz częściej korzysta z tej technologii do zmniejszenia kosztów produkcji oraz ograniczenia czasu prototypowania elementów konstrukcyjnych. Większość przypadków zastosowania druku 3D w motoryzacji, odnosi się do pojedynczych części, między innymi pokryw silnika czy rur wydechowych, z tego rozwiązania korzystają najbardziej znane marki samochodowe, takie jak: Volkswagen, Volvo, Ford czy Opel. Odnotowano również przypadek wyprodukowania technologią druku 3D całego samochodu – pojazd o nazwie Urbee powstał w Kanadzie, jest bardzo ekologiczny i może rozwinać prędkość nawet do 110 km/h pomimo swojej jednocyndrowej, ośmiokonnej jednostki napędowej [3],
- w architekturze i budownictwie druk 3D stał się nieodłącznym elementem w projektowaniu domów, mieszkań, a także całych budynków dzięki możliwości produkowania makiet architektonicznych. W Chinach rozpoczęto również produkcję całych gotowych domów z materiałów pochodzących z recyklingu przeznaczonych dla mniej zamożnej części społeczeństwa, ponieważ koszt wydruku takiego domu nie przekracza 4000 USD [3],

- medycyna rozwija się w kierunku wykorzystywania technologii druku 3D. Niesie to ogromne nadzieje dla ludzi niepełnosprawnych oraz ciężko chorych. Obecnie szybkie prototypowanie wykorzystywane jest między innymi do produkcji protez zastępujących kończyny ruchu, protez stomatologicznych, produkowania całych funkcjonujących prawidłowo narządów [3],
- edukacja obejmująca wiedzę z zakresu szybkiego prototypowania w wielu krajach, między innymi: Japonii, Stanach Zjednoczonych, Australii czy Wielkiej Brytanii, rozpoczyna się już od poziomu szkół gimnazjalnych. Rozwija ona przede wszystkim kreatywność, a dla nauczycieli, którzy korzystają z makiet i modeli 3D jest dużym udogodnieniem i pomocą dydaktyczną, ze względu na fakt, iż dużo łatwiej przyswajają się wiedzę w praktyce niż w teorii [3].

Konstrukcja i eksploatacja drukarki 3D

Budowa drukarek 3D na przestrzeni lat zmieniała się wielokrotnie, w dużej mierze różnice w budowie współczesnych drukarek zależą od tego, czy drukarka ma konstrukcję zamkniętą czy otwartą (rys.1), od jakiego producenta pochodzi, jak również czy ma służyć głównie do prototypowania większych czy mniejszych modeli.



Rys.1. Drukarka 3D: a) z obudową zamkniętą, b) z obudową otwartą [4]

W budowie każdego urządzenia są jednak elementy stanowiące podstawę technologiczną każdej drukarki 3D, możemy do nich zaliczyć między innymi:

- *stelaż* podtrzymujący wszystkie elementy drukarki,
- *stół* na którym drukowany jest zaprojektowany model przestrzenny, stół jest podgrzewany o standardowych wymiarach 150×150 mm,
- *ekstruder* jest to mechanizm popychania filamentu, gdzie dociśnięty do radełka filament jest popychany w głąb głowicy,
- *przewodnice* pozwalające przemieścić podłoże oraz ekstruder w określoną przestrzeń drukowania,
- *silniki krokowe* odpowiadające za przemieszczanie ekstrudera oraz podłoża po przewodnicach,
- *panel sterujący* służący do monitorowania pracy drukarki, informujący o postępach oraz posiadający możliwość ręcznego ustawienia parametrów i kalibracji [5].

Materiałem stosowanym podczas drukowania 3D jest filament (rys.2). Jest to odpowiednik tuszu używanego w klasycznych drukarkach. Pod względem kształtu filament przypomina nić nawiniętą na szpulę [6].



Rys.2. Filament typu PLA [6]

Temperatura drukowania w głównej mierze zależy od rodzaju filamentu oraz szybkości drukowania. Przy zwiększonej prędkości druku, temperatura dyszy powinna być ustawiona przy górnej granicy. We współczesnych małych drukarkach 3D używa się zazwyczaj tylko dwóch rodzajów filamentów, choć obecny rynek oferuje ich o wiele więcej, są to ABS i PLA [6]. Filamenty sprzedawane są w różnych wariantach długości, grubości oraz koloru. Obecnie w sprzedaży mamy dostępne takie filamenty jak [1, 6]:

- Polilaktyd (PLA) jest to jeden z dwóch najpopularniejszych rodzajów filamentów do drukarek 3D domowego użytku, jest to materiał miękki i elastyczny, dostępny w wielu kolorach oraz wariantach przezroczystych czy matowych. Filament PLA produkowany jest z roślin, takich jak kukurydza czy ziemniaki,

- Laywood charakterystyczny filament, który swoim wyglądem oraz zapachem przypomina drewno, ponieważ niemal połowa jego struktury to właśnie przetworzone drewno oraz polimerowe spoiwo. Filament ten może przybierać różną jasność, w zależności od temperatury druku,
- HIPS, czyli inaczej polistyren wysoko udarowy, to stosunkowo tani filament używany do tworzenia ostatecznych wersji modeli lub jako materiał podporowy. Wydrukowane elementy filamentu HIPS posiadają gładką powierzchnię, co oznacza brak widocznych linii tworzących warstwy druku,
- Laybrick to filament o kruchej i łamliwej strukturze, który wyglądem przypomina piaskową skałę. W zależności od temperatury druku może mieć powierzchnię szorstką lub całkowicie gładką,
- Nylon charakteryzuje się elastycznością oraz wysoką odpornością na uszkodzenia mechaniczne. Minusem tego materiału jest duża tendencja do odkształcenia i kurczenia się,
- ABS, czyli Kopolimer akrylonitrylo-butadienowo-styrenowy, to prawie najczęściej stosowany filament w druku 3D. Z tego tworzywa produkowane są klocki LEGO. Materiał ten charakteryzuje się dużą paletą barw.

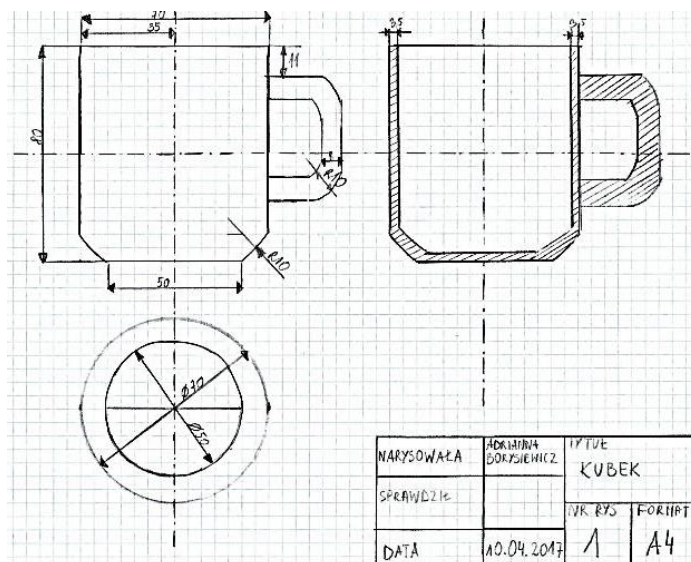
Założenia projektowe

W ramach zajęć dydaktycznych „Projekt Inżynierski II” na kierunku inżynieria bezpieczeństwa Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie studenci pracowali w grupach. Grupy liczyły po trzy osoby. Każdy uczestnik zespołu miał do wykonania następujące zadania:

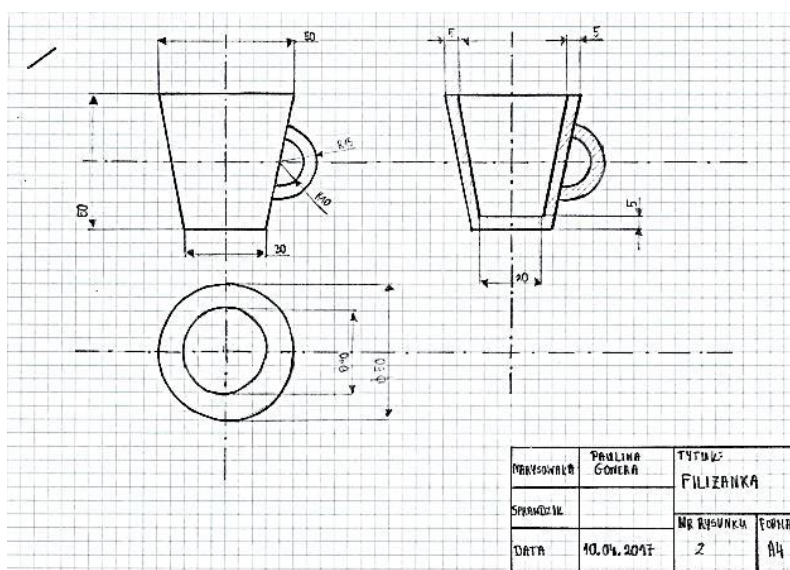
- praca zespołowa w celu omówienia własnych pomysłów,
- wykonanie wstępnych szkiców ręcznych,
- analiza wykonanych szkiców,
- wykonanie modelu przestrzennego na podstawie opracowanych szkiców,
- analiza modeli przestrzennych i wybór najlepszego pomysłu,
- wykonanie fizycznego prototypu najlepszego pomysłu według ustaleń zespołu.

Celem projektu było wykonanie fizycznego prototypu kubka. Do osiągnięcia założonego celu, w pracy wykorzystano program komputerowy do modelowania przestrzennego SolidWorks 2016 oraz drukarkę 3D firmy DEXER. Proces prototypowania podzielono na trzy etapy.

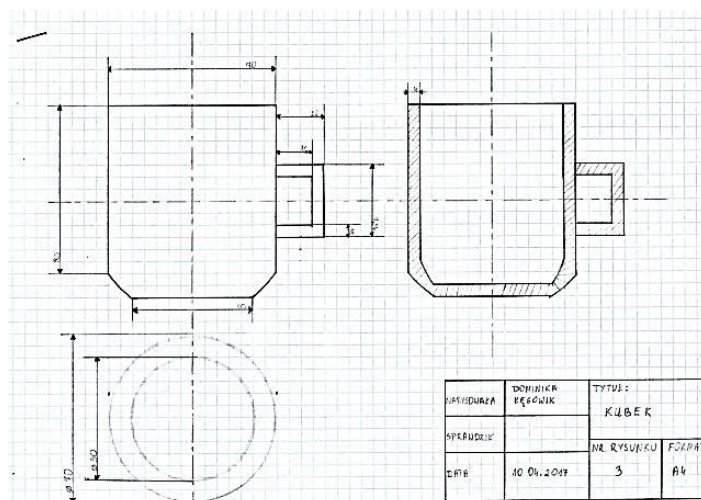
W pierwszym etapie powstały szkice koncepcyjne. Na rysunkach 3÷5 przedstawiono szkice wykonane ręcznie.



Rys. 3. Przykładowy szkic wg pierwszej koncepcji [opracowanie własne]



Rys. 4. Przykładowy szkic wg drugiej koncepcji [opracowanie własne]



Rys. 5. Przykładowy szkic wg trzeciej koncepcji [opracowanie własne]

W etapie drugim powstały modele przestrzenne naszkicowanych kubków. Na rysunku 6 przedstawiono wirtualne prototypy kubków.



Rys. 6. Widok modeli zaprojektowanych kubków [opracowanie własne]

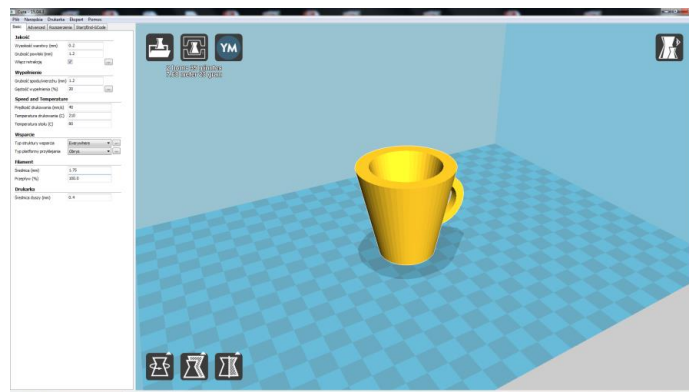
W etapie trzecim wykonano fizyczny prototyp kubka przy wykorzystaniu drukarki 3D. Drukarka znajduje się na wyposażeniu pracowni prototypowania 3D w Instytucie Techniki i Systemów Bezpieczeństwa. Drukarka wyposażona jest w stół nagrzewany do temperatury 100°C o obszarze drukowania 200×200×200 mm. Posiada dwie głowice drukujące o średnicy 0,4 mm, średnica stosowanych filamentów wynosi 1,75 mm.

Proces drukowania 3D możliwy jest po wprowadzeniu parametrów technologicznych oraz wygenerowaniu G-Code. Do tego celu służą slicery są to programy komputerowe z rodziny programów CAM.

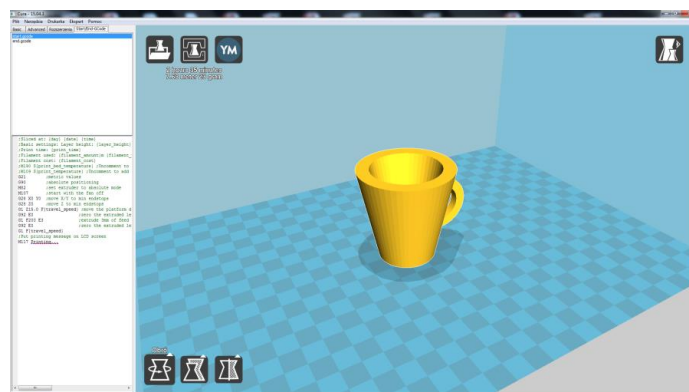
Do przygotowania procesu drukowania fizycznego prototypu wykorzystano darmowy program Cura 15.04. 3, wprowadzając parametry technologiczne druku dla filamentu PLA oraz wygenerowano G-Code.

- wysokość warstwy 0,2 mm,
- grubość powłoki 1,2 mm,
- grubość spodu 1,2 mm,
- gęstość wypełnienia 20%,
- prędkość drukowania 40 mm/s,
- temperatura drukowania 210°C (tj. temperatura głowicy drukującej),
- temperatura stołu 80°C

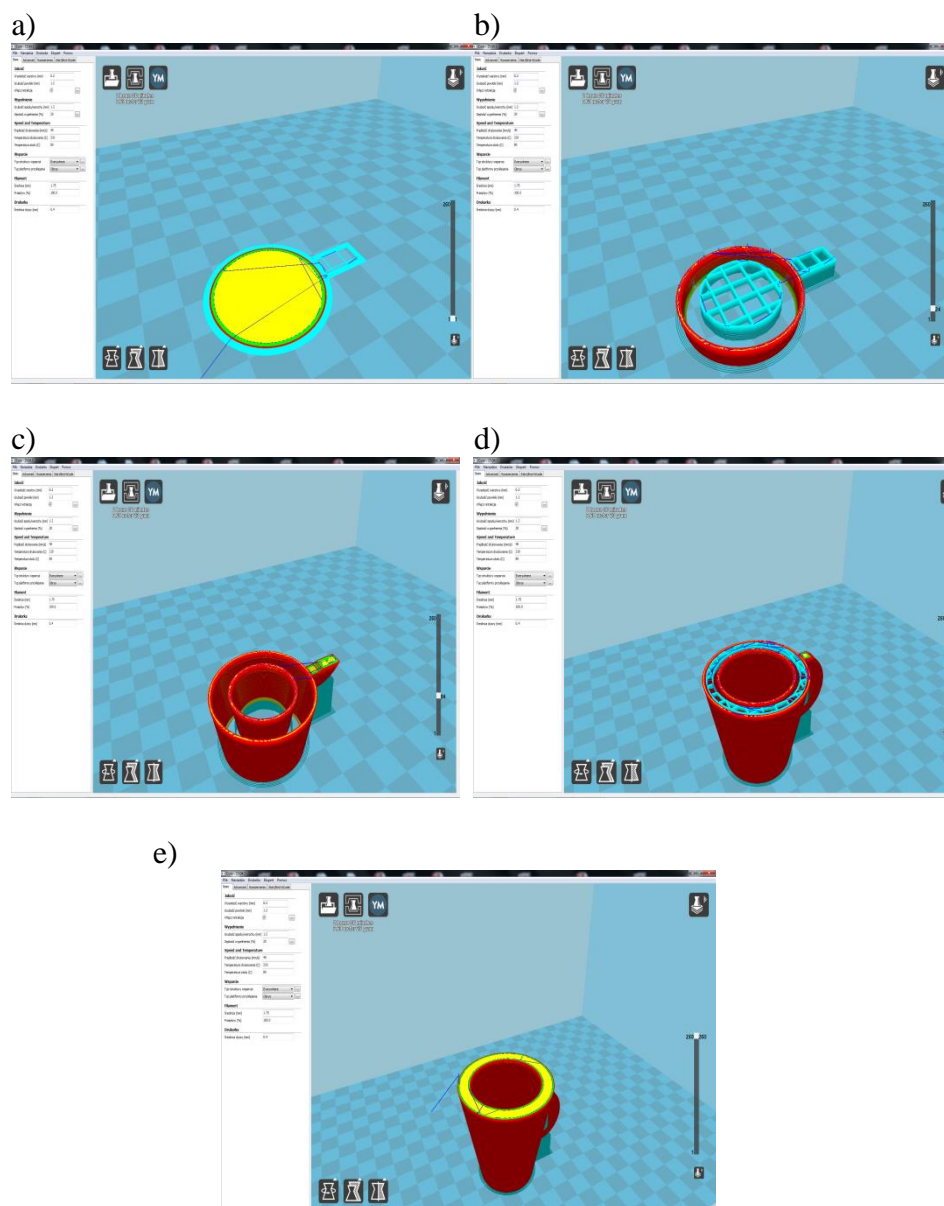
Na rysunku 7 przedstawiono okno programu Cura z wczytanym modelem w formacie pliku STL. Na rysunku 8 przedstawiono wczytany model z wprowadzonymi parametrami druku i wygenerowanym G-Code.



Rys. 7. Wprowadzone parametry technologiczne druku w programie Cura dla filamentu PLA [opracowanie własne]



Rys. 8. Wygenerowany w taki sposób G-Code wprowadzany jest na nośniku karty SD do drukarki [opracowanie własne]

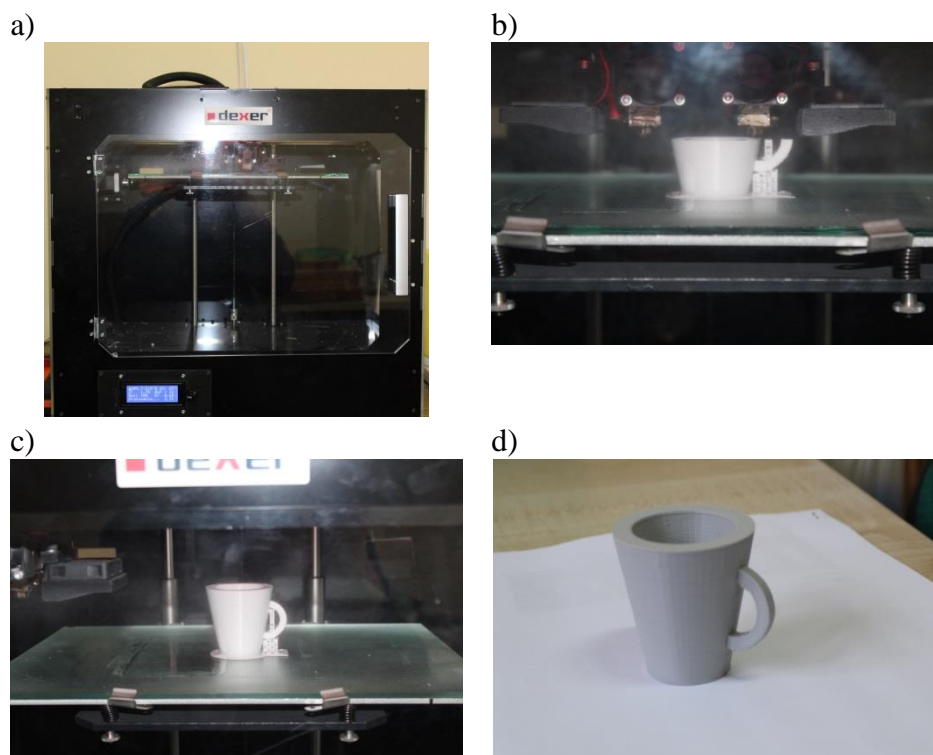


Rys. 9. Widok poszczególnych etapów procesu drukowania: a) obrys podstawy, b) wypełnienie pustych przestrzeni między ściankami, c) budowa ścianki oraz podpory na ucho, d) zaawansowany etap drukowania, e) zakończenie procesu drukowania [opracowanie własne]

W programie Cura możliwa jest wizualizacja procesu drukowania 3D. Na rysunku 9 przedstawiono widok budowania modelu, który składa się z 260

warstw, oszacowano czas drukowania na 2 godzin i 36 minut, określono zużycie filamentu na 26 gram.

Etapy powstawania fizycznego prototypu od pomysłu do produktu przedstawiono na rysunku 10.



Rys. 10. Szybkie prototypowanie zaprojektowanego kubka [opracowanie własne]

Podsumowanie

W przemyśle, drukarki 3D są wykorzystywane m.in. do tworzenia modeli prototypów, w celu analizy projektowo-konstrukcyjnej danego detalu wprowadzanego do produkcji przemysłowej po raz pierwszy. Wykorzystanie drukarek w szybkim prototypowaniu pozwala na wyeliminowanie błędów konstrukcyjnych, co związane jest z obniżeniem kosztów produkcji.

Cel projektu został zrealizowany z wykorzystaniem nowoczesnych technik szybkiego prototypowania.

Opracowany model fizyczny prototypu jest tylko początkową fazą projektowo konstrukcyjną. Wprowadzenie kubka na rynek wymaga opracowania

opłacalnej technologii jego produkcji. Nie jest opłacalne wykorzystanie drukarki 3D w produkcji seryjnej ponieważ czas drukowania jest zbyt długi.

Projekt Inżynierski II na kierunku inżynieria bezpieczeństwa pierwszego stopnia był dla studentów cennym doświadczeniem pracy w zespołach i ogromną szansą nabycia praktycznych umiejętności projektowo-konstrukcyjnych, szczególnie istotnych w momencie rozpoczęcia życia zawodowego.

Literatura

- [1] Przemysław Siemiński, Grzegorz Budzik: Techniki Przyrostowe – Druk Drukarki 3D Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2015 r.
- [2] Zenobia Weiss, Roman Konieczny, Mirosław Rojek, Dariusz Stępniaak: Projektowanie Technologii Maszyn w Systemach CAD/CAM, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 1996 r.
- [3] <http://www.cadxpert.com.pl/zastosowania-druku-3d-cadxpert.html> [18.12.2017].
- [4] <http://www.naszeoko.pl/budowa-drukarek-3d/> [20.12.2017].
- [5] ABC Drukowania 3D Propox opracowanie w formacie PDF.
- [6] <http://imged.pl/filmenty-pla-do-drukarek-3d-1-75-mm-21588794.html> [15.01.2018].



Henryk Kromolowski

Katedra Regionalistyki i Zarządzania Ekorozwojem

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19 B, 42–200 Częstochowa

PROBLEMATYKA BEZPIECZEŃSTWA ZDROWOTNEGO LUDNOŚCI A WYBRANE RODZAJE UZALEŻNIEŃ O CHARAKTERZE CHEMICZNYM I PSYCHOAKTYWNYM

Streszczenie. W artykule, spośród różnorodnych zagrożeń zdrowia dotyczących jednostek, jak i szerszych zbiorowości społecznych, omówione będą jedne z najbardziej znanych i powszechnych uzależnień o charakterze chemicznym, a jednocześnie psychoaktywnym (tj. alkoholizm i narkomania). Są to uzależnienia stanowiące ogromny problem dla współczesnych społeczeństw, będąc jednocześnie swoistym przejawem patologii społecznej, gdyż generują coraz więcej problemów medycznych, społecznych, prawnych i ekonomicznych.

W pierwszej części artykułu przedstawiona zostanie problematyka narkomanii w ujęciu interdyscyplinarnym. Przedstawione zostaną definicje narkomanii, jako zespół psychicznego i fizycznego uzależnienia, charakteryzujący się zmianami zachowania i innymi reakcjami o charakterze patologicznym. Również przywołane zostaną czynniki powodujące pojawienie się zależności psychicznej, somatycznej i społecznej od danej substancji.

W kolejnej części opisane zostaną zagadnienia dotyczące tematyki alkoholizmu. Wyodróżnione zostaną stadia choroby alkoholowej, tj. faza: wstępna (prealkoholowa), ostrzegawcza (zwiastunów), krytyczna (ostra), przewlekła (chroniczna). Zostanie podkreślone, że proces wychodzenia (zdrowienia) z choroby alkoholowej jest bardzo trudny oraz skomplikowany i uzależniony jest przede wszystkim od chęci i dobrej woli takiej osoby, a także ich rodzin, jak również, że istnieje konieczność pogłębienia współpracy instytucji zajmujących się leczeniem osób uzależnionych od alkoholu z instytucjami z obszaru pomocy społecznej, organizacji pozarządowych, urzędów pracy, nie tylko celem ich wyleczenia, ale też ograniczenia lub wyeliminowania negatywnych społecznych skutków uzależnień.

W ostatniej części artykułu zostanie skonstatowane, że osoby uzależnione nie są w stanie same odstawić substancji odurzającej, i pomocy w leczeniu tych dolegliwości powinny poszukiwać u psychologów, psychoterapeutów i psychiatrów oraz w placówkach zajmujących się leczeniem uzależnień (np. Punkty konsultacyjne ds. uzależnień, Poradnie ambulatoryjne, Oddziały detoksykacyjne, Oddziały leczenia uzależnień – krótko-

średnio- i długoterminowe), jak również, a może nawet przede wszystkim, w gronie osób najbliższych, tj.: rodziny, przyjaciół, znajomych.

Z kolei, w końcowej części, pomimo, że do dzisiaj nie wypracowano prawdziwie skutecznych sposobów leczenia uzależnienia od substancji psychoaktywnych, ukazane zostały coraz powszechniej uznawane i stosowane standardy leczenia, polegające na integracji modelu abstynencyjnego i redukcji szkód (w tym leczenia substytucyjnego), z uwzględnieniem cech indywidualnych pacjenta (terapia zindywidualizowana).

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo zdrowotne, uzależnienie, zagrożenie zdrowia, zespół uzależnienia od alkoholu, narkomania, patologia społeczna, system ochrony zdrowia.

PROBLEMS OF THE POPULATION HEALTH SECURITY AND SELECTED TYPES OF CHEMICAL AND PSYCHOACTIVE SUBSTANCE DEPENDENCE

Abstract. The paper deals, among various threats to health of individuals and wider communities, with the best known and most common types of chemical and psychoactive substance dependence (i.e. alcoholism and drug addiction). These addictions constitute a tremendous problem for contemporary societies, being also a characteristic symptom of social pathology because they generate more and more medical, social, legal and economic problems.

The first part of the paper discusses the problems of drug addiction with interdisciplinary approach. Definitions of drug addiction have been presented as a syndrome of mental and physical dependence with characteristic behavior changes and other reactions of pathological nature. Factors causing mental, somatic and social dependence on the particular substance are also discussed here.

The following part deals with the issues of alcoholism. Stages of alcohol use disorder have been distinguished, namely: the preliminary phase (pre-alcohol), warning phase (precursors), critical (acute) phase and long-standing (chronic) phase. It has been emphasized that the process of overcoming an addiction to alcohol (recovery) is very difficult and complicated and depends first of all on the intentions and good will of the affected person, but also on their family, that it is necessary to strengthen the cooperation between institutions involved in alcohol addiction therapy and social assistance institutions, non-governmental organizations, job centres, not only to cure alcohol use disorder but also to limit or eliminate negative social consequences of alcohol abuse.

The final part of the paper concludes that addicted persons are unable to give up narcotic drugs on their own and to overcome their addiction they should seek help of psychologists, psychotherapists, psychiatrists and addiction treatment facilities (e.g. addiction consultation service, outpatient clinics, detoxication wards, long-, medium- and short-term addiction treatment wards), but also, and perhaps first of all, among their close ones i.e. family and friends.

Finally, despite the fact that until now really effective methods of treatment of psychoactive substance dependence have not been developed, the author presents more and

more generally recognized and applied treatment methods which involve integration of the abstinence and harm reduction models (including substitution treatment), taking into account the patient's individual features (individualized therapy).

Keywords: health security, dependence, health threat, alcohol dependence syndrome, drug addiction, social pathology, health protection system.

Wprowadzenie

Spośród zagrożeń towarzyszących jednostkom i szerszym społecznościom, a mających wpływ na stan zdrowia i poczucie bezpieczeństwa zdrowotnego tychże zbiorowości, do jednych z bardziej istotnych należą uzależnienia o charakterze chemicznym a jednocześnie psychoaktywnym (tj. alkoholizm i narkomania). Są one jednymi z największych aktualnych problemów społecznych świata i nadal pozostają kluczową bolączką współczesnych społeczeństw, pomimo szeroko stosowanych programów profilaktycznych. Ponadto, generują zaburzenia w funkcjonowaniu zarówno jednostki, rodziny, jak i społeczności lokalnych.

Problem uzależnień w dzisiejszym świecie to problem ludzi w każdym wieku, w tym coraz częściej społeczności ludzi młodych. Każde uzależnienie jest destrukcyjne i częstokroć prowadzi do degeneracji społecznej, ekonomicznej i zdrowotnej, gdyż konsekwencjami uzależnień (oprócz ograniczeń własnego rozwoju, zaniedbywania zaspokajania wielu innych potrzeb) są zaburzenia w funkcjonowaniu społecznym jednostki w sferach: rodzinnej, zawodowej, towarzyskiej itp. Jeśli skala uzależnień jest znacząca, przełożyć się to może na dezintegrację więzi społecznych na poziomie małych struktur społecznych i obniżenie ich spójności społecznej.

We współczesnej literaturze nauk medycznych, socjologicznych, pedagogicznych, psychologicznych i ekonomicznych, często podejmowane są problemy uzależnienia, a aktualny stan wiedzy na ten temat zawdzięczamy przede wszystkim szybkiemu rozwojowi nowych technik eksperymentalnych, które przyczyniły się do wzbogacenia i udoskonalenia warsztatu badawczego niektórych z przedstawicieli tych nauk, a w szczególności farmakologów, neurobiologów i biochemików.

Uzależnienia o charakterze chemicznym i psychoaktywnym

Narkomania i alkoholizm¹ są jednymi z najbardziej znanych i powszechnych rodzajów uzależnień chemicznych a jednocześnie psychoaktywnych.

¹ W 1980 roku zastąpiono nazwę „alkoholizm” „zespołem uzależnienia od alkoholu”.

Przez niektórych teoretyków i praktyków zajmujących się problematyką bezpieczeństwa zdrowotnego², zjawiska te są jednymi z większych problemów społecznych współczesnego świata, a nawet uznawane są za przejawy patologii społecznej.

Patologią społeczną nazywa się działania, które w wyraźny sposób odbiegają od norm wypracowanych w społeczeństwie, od wyznawanych w danej grupie społecznej wartości. Patologię społeczną można zdefiniować, jako (...) „negatywne zjawisko społeczne, które uwzględnia następujące warunki: naruszenie norm społecznych, destruktywność zachowania mierzoną skalą potępienia społecznego, występowanie w większej skali zbiorowości lub w skali masowej, konieczność występowania działań profilaktycznych”³.

Należy też pamiętać, że narkotyki i alkohol, jak każda substancja psychoaktywna, w istotny sposób oddziałuje na efektywność i sprawność psychofizyczną człowieka, ograniczając jego kontrolę emocjonalno-wolicjonalną oraz przyczyniając się do niesprzyjających dla jego funkcjonowania skutków.

Narkomania

Etymologia słowa narkomania wywodzi się z greckiego *narke* – odurzenie, brak czucia, odrętwienie, *mania* – szaleństwo, szał. Termin *narkomania* podlegał różnorodnym przekształceniom znaczeniowym, podobnie jak terminy stosowane na określenie różnych środków odurzających i substancji psychoaktywnych.

Problem narkomanii ma charakter interdyscyplinarny. Znajduje się on w polu zainteresowania różnych dziedzin, takich jak: lecznictwo, oświata, pomoc społeczna, media, organy ścigania i wymiaru sprawiedliwości. Stąd też zapewne wiele różnych sposobów rozumienia pojęcia „narkoman”. I dlatego, dla jednych narkoman to ktoś, kto uzależniony jest od narkotyków, dla innych

² *Bezpieczeństwo zdrowotne* to (...) „zaspokajanie potrzeb zdrowotnych i opieki zdrowotnej, zapewnianie minimalnej ochrony przed chorobami i niezdrowym stylem życia, stwarzanie oraz gwarantowanie właściwych warunków zdrowotnych, tj. ochronę obywateli przed zagrożeniami dla zdrowia bez względu na wiek, płeć, miejsce zamieszkania, dochód i zamożność. Odpowiada subiektywnemu poczuciu zagrożenia, jakie spotyka pacjentów i ich rodziny w sytuacji choroby; również wiąże się ściśle z kwestiami dostępności opieki zdrowotnej dla pacjentów, na równych dla nich zasadach. Dostępność do systemu ochrony zdrowia implikuje więc poziom bezpieczeństwa zdrowotnego. Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego stanowi jeden z podstawowych celów systemu ochrony zdrowia w Polsce, który realizowany jest przede wszystkim poprzez system instytucji ochrony zdrowia, ale wymaga również aktywności zbiorowej i jednostkowej” – zob. H. Kromołowski, *Problematyka bezpieczeństwa zdrowotnego ludności w Polsce w latach 1918–2017 w świetle wybranych reform w systemach ochrony zdrowia*, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2017, s. 76.

³ I. Pospiszyl, *Patologie społeczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 12.

to osoba, która sporadycznie używa narkotyków, dla jeszcze innych to ktoś, kto przebywa, funkcjonuje i pozostaje w kręgach subkultury towarzyszącej narkotykom. Spośród różnych spojrzeń, aspektów i punktów widzenia, narkomania jest niewątpliwie istotnym, ważkim problemem społecznym, powodującym przykre, dotkliwe konsekwencje, m.in.: mniejszą społeczną aktywność, jak też pogarszający się lub zły stan zdrowia osób zażywających tego typu substancje psychoaktywne, jak również wysokie koszty ich leczenia, a później rehabilitacji. W takim ujęciu (społecznym) narkoman to ktoś, kto systematycznie, regularnie używa narkotyków i w związku z tym doświadcza różnych poważnych problemów (zdrowotnych⁴, prawnych, psychologicznych, egzystencjalnych). Innymi słowy, narkoman to taka osoba, dla której narkotyki stały się stałym elementem stylu życia, zakłócającym normalne funkcjonowanie społeczne⁵. I dlatego też aktualnie obowiązująca wiedza o problematyce narkomanii i narkotyków narzuca widzenie w nich zagrożenia nie tylko na poziomie krajowym i lokalnym, ale także o charakterze globalnym.

Słownik encyklopedyczny definiuje narkomanię jako zjawisko o charakterze patologicznym, które powodowane jest długo- lub krótkotrwałym zażywaniem leków, głównie przeciwbólowych lub innych środków uzależniających, takich jak: narkotyki, leki psychotropowe i uspokajające. Według słownika, zjawisko narkomanii charakteryzuje się przede wszystkim koniecznością ciągłego przyjmowania danego środka, a co za tym idzie, tendencją do zwiększania zażywanych dawek, które prowadzą do psychicznego i fizycznego uzależnienia. W takiej sytuacji zaprzestanie stosowania wyżej wskazanych środków prowadzi do inwazyjnych doznań abstynencyjnych, w ostatecznym wypadku, do śmierci zażywającego. Zgodnie z tą definicją, narkomania jest skutkiem wielokrotnego stosowania środka odurzającego, tylko w nielicznych przypadkach, np. zastosowania kokainy lub heroiny może rozwinąć się po jednorazowym przyjęciu. Narkomania prowadzi do bardzo poważnych zmian psychicznych, takich jak: degradacja społeczna, lęki, osłabienie woli, zaburzenia świadomości i uczuciowości wyższej. Jest ona w wielu przypadkach pośrednią przyczyną wejścia na drogę przestępczą⁶.

Natomiast *Słownik wyrazów obcych* uznaje narkomanię za medyczno-społeczny rodzaj nałogu oraz psychofizyczne uzależnienie się od farmakologicznych środków o charakterze narkotycznym lub od samych narkotyków, przy systematycznym zwiększaniu przyjmowanych dawek do organizmu. Narkomania, według tejże publikacji, również prowadzi do negatywnych zmian

⁴ Spośród problemów zdrowotnych związanych z używaniem narkotyków do najgroźniejszych należą zgonyz powodu przedawkowania oraz zakażenia HIV.

⁵ Zob. J. Sierosławski, *Problem narkotyków i narkomanii w Polsce. Rozmiary i trendy zjawiska*, Wyd. Serwis Informacyjny. Narkomania, Nr 5/44, Warszawa 2008, s. 58.

⁶ Por. R. Smolski, M. Smolski, E.H. Stadtmüller, *Słownik encyklopedyczny. Edukacja Obywatelska*, Wyd. Europa, Wrocław 1999, s. 368.

osobowościowych, a także do uszkodzenia układu nerwowego i wyniszczenia całego organizmu⁷.

Pojęcie narkomanii definiowane jest też, jako (...) „chorobliwy wewnętrzny przymus używania środków chemicznych w celu doprowadzenia się do stanu odurzenia”⁸.

Z badań empirycznych wynika, że dla wielu osób narkotyk⁹ jest lekarstwem na nudę, beznadziejność, szarość życia, na nieumiejętność nawiązania kontaktów z rówieśnikami, nieumiejętność zdobycia przyjaciela czy partnera, lekarstwem na trudności w szkole, w domu. Pozwala uniknąć lęku, napięcia czy frustracji. Narkotyk sprawia przyjemność, daje poczucie siły, zadowolenie, niekiedy bogaty świat iluzorycznych przeżyć pozwalających zapomnieć o trudnej rzeczywistości¹⁰.

Terminem silnie powiązaniem ze zjawiskiem narkomanii jest pojęcie uzależnienia.

Uzależnienie/zespół uzależnienia – to psychiczny i fizyczny stan wynikający z interakcji między żywym organizmem a substancją chemiczną, charakteryzujący się zmianami zachowania i innymi reakcjami, do których należy konieczność przyjmowania danej substancji w sposób ciągły lub okresowy, w celu doświadczenia jej wpływu na psychikę lub by uniknąć przykrych objawów towarzyszących brakowi substancji.

Uzależnienie jest przewlekłą chorobą, która charakteryzuje się okresami remisji¹¹ i nawrotów. Stwierdzając co najmniej trzy z poniższych objawów, które występują nieprzerwanie przez okres jednego miesiąca w ciągu ostatniego roku, można rozpoznać zespół uzależnienia. Najistotniejsze cechy i objawy zespołu uzależnienia to:

- silna potrzeba lub przymus używania substancji psychoaktywnej;
- utrata kontroli w używaniu substancji psychoaktywnej;
- przyjmowanie substancji w celu uniknięcia objawów abstynencyjnych;
- wystąpienie zespołu abstynencyjnego po przerwaniu przyjmowania substancji;
- wzrost tolerancji;

⁷ Por. M. Jarosz, *Słownik wyrazów obcych*, Wyd. Europa, Wrocław 2001, s. 528.

⁸ D. Pstrąg, *Wybrane zagadnienia z problematyki uzależnień*, Wyd. Wyższej Szkoły Pedagogicznej, Rzeszów 2000, s. 17.

⁹ Etymologia słowa *narkotyk* wywodzi się z języka francuskiego: *narkotique* oraz z języka greckiego: *narkotikos*, i znaczy „oszałamiający”.

¹⁰ Zob. A. Muszyńska, *Narkomani. Sprawcy czynów karalnych*, Wyd. Zakamycze, Kraków 2004, s. 42.

¹¹ *Remisja* – okres schorzenia, który charakteryzuje się brakiem objawów chorobowych; potocznie oznacza „cofnięcie się” choroby, brak jej objawów, co nie oznacza całkowitego wyleczenia i „braku choroby”. Używanie pojęcia remisja jest konieczne w przypadku chorób i zaburzeń, w których nie można zdefiniować jednoznacznie i wprost, co oznacza „wyleczenie”, co jest wskaźnikiem braku choroby.

- charakterystyczny indywidualny sposób używania substancji;
- postępujące zaniedbywanie innych zainteresowań lub przyjemności na rzecz zdobywania i przyjmowania substancji uzależniającej;
- zażywanie środka mimo wyraźnych szkód fizycznych, psychicznych i społecznych¹².

Przyjmuje się, że uzależnienia mają źródła społeczne (środowiskowe), biologiczne i psychiczne. Najczęściej powstanie uzależnienia jest uwarunkowane wieloczynnikowo.

Tak więc uzależnienie to nabyta potrzeba, często posiadająca silne natężenie, związana z koniecznością zażycia jakiejś substancji albo też z koniecznością określonego zachowania się. W szerszym rozumieniu uzależnienie może obejmować takie czynności, nad wykonywaniem których dana osoba utraciła kontrolę.

Uzależnienie powoduje „przestrojenie” czynności psychicznych oraz somatycznych do tego stopnia, że nagłe przerwanie jego stosowania wywołuje duże zaburzenia czynności organizmu zwane objawami zespołu abstynencyjnego (odstawienego)¹³.

Najczęściej i najszybciej wytwarza się zależność psychiczna¹⁴ od danej substancji psychoaktywnej, rzadziej i później zależność fizyczna (somatyczna)¹⁵.

¹² Zob. K. Zajączkowski, *Uzależnienia od substancji psychoaktywnych*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 2003, s. 7 i n.

¹³ *Zespół abstynencyjny* pojawia się wskutek zmniejszenia dawki dobowej narkotyku lub jego całkowitego odstawienia. Powoduje to zmniejszenie stężenia substancji psychoaktywnej we krwi, na co organizm reaguje bardzo gwałtownie. Zaburzone zostaje funkcjonowanie układu krążenia, układu nerwowego i trawiennego. Odstawienie narkotyku odbija się również na psychice – pojawia się trudna do opanowania chęć sięgnięcia po używkę, czyli *głód narkotykowy*. Stan taki utrzymuje się przez kilka dni, przy czym maksymalne natężenie przypada na 3–4 dzień odwyku.

¹⁴ *Zależność psychiczna* ujawnia się w nieodpartej potrzebie/pragnieniu odczuwania efektów działania danej substancji psychoaktywnej (np. uspokojenia, poprawy samopoczucia, rozluźnienia lub odprężenia). Pragnienie może mieć charakter przymusu i często jest najsilniejszym czynnikiem prowadzącym do powtórnego przyjmowania substancji psychoaktywnej. Wraz ze zwiększoną tolerancją substancji dochodzi do zwiększania jej dawki oraz potrzeby jej zdobywania bez względu na ponoszone straty (zwłaszcza finansowe i moralne). Uzależnienie psychiczne polega na koncentracji myślenia wokół używanej substancji psychoaktywnej. Stopień uzależnienia psychicznego zależy jest od indywidualnych cech osobowościowych uzależnionego oraz od rodzaju środka odurzającego lub substancji psychoaktywnej stosowanej przez daną osobę.

¹⁵ *Zależność fizyczna (somatyczna)* – to wynik adaptacji, przyzwyczajania ośrodkowego układu nerwowego (OUN) do danej substancji psychoaktywnej. Nagłe jej odstawienie wywołuje wystąpienie zespołu abstynencyjnego, który stanowi grupę objawów o zmiennym przebiegu i nasileniu. Często dochodzi do zmian w narządach obwodowych (np. zaburzeń ciśnienia krwi, czynności serca, oddychania, układu pokarmowego). Pojawienie się symptomów i przebieg owego zespołu odstawienia jest ograniczony w czasie i zależy od typu substancji psychoaktywnej oraz dawki stosowanej bezpośrednio przed zaniechaniem lub ograniczeniem

Ostatni typ to uzależnienie społeczne, nazywane także socjologicznym¹⁶.

Należy zaznaczyć, że każdy organizm dąży do zachowania homeostazy, natomiast substancja psychoaktywna zaburza tę równowagę. Organizm uruchamia więc szereg mechanizmów, których zadaniem jest przywrócenie homeostazy lub – jeśli to niemożliwe – zmniejszenie negatywnych następstw działania substancji. Stąd osoba, która przyjmuje ponownie substancję psychoaktywną, doświadcza jakby jej słabszego działania, a więc w celu uzyskania tych samych efektów konieczne jest zwiększenie przyjmowanej dawki danej substancji narkotycznej¹⁷.

Dla pełniejszego zrozumienia problemu uzależnienia od narkotyków należy lepiej zrozumieć i poznać znaczenie terminu zjawiska tolerancji. *Zjawisko tolerancji* pojawia się w miarę upływu czasu przy regularnym stosowaniu danego narkotyku. Polega na tym, że zmniejsza się siła działania pożądanego narkotyku, a to zmusza do przyjmowania większej dawki – w celu uzyskania porównywalnych stanów psychicznych i fizycznych. Tym samym zmniejsza się możliwość całkowitego odstawienia substancji psychoaktywnej, a dalszym efektem staje się spotęgowanie stopnia uzależnienia.

Zespół uzależnienia od alkoholu

Alkohol jest legalną substancją psychoaktywną, wywołującą, jak wszystkie inne narkotyki, zmiany w aktywności układu nerwowego. Rodzaj i nasilenie tych zmian zależą od stężenia alkoholu w organizmie (we krwi)¹⁸.

Alkohol jest substancją toksyczną, mającą szkodliwy wpływ na większość tkanek i narządów ludzkiego ciała. Według WHO (Światowej Organizacji Zdrowia) alkohol znajduje się na trzecim miejscu wśród czynników ryzyka dla zdrowia dla mieszkańców Europy. Większe ryzyko niesie za sobą tylko palenie tytoniu i nadciśnienie tętnicze. Ponad 60 rodzajów chorób ma udowodniony związek ze spożywaniem alkoholu. Wystąpienie problemów zdrowotnych

przyjmowania środka. Potrzeba przyjęcia odpowiedniej substancji dominuje nad wszystkim, prowadząc do degeneracji biologicznej, psychicznej i społecznej jednostki.

¹⁶ *Zależność społeczna* związana jest ze stosowaniem przez daną osobę substancji psychoaktywnych pod wpływem środowiska, panującej mody lub namowy innych członków grupy społecznej, do której przynależą. Uzależnienie od grupy, chęć zaimponowania członkom grupy, bezwzględna akceptacja zasad panujących w grupie, mają diametralny wpływ na pogłębianie się uzależnienia, a nawet marginalizacji i kryminalizacji samego uzależnionego – zob. więcej: T. Srogosz, *Ustawa o przeciwdziałaniu narkomanii. Komentarz*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2008, s. 134–135.

¹⁷ G.F. Kobb, M. LeMoal, *Drug Abuse: Hedonic Homeostatic Dysregulation*, „Science” 1997, Nr 278, s. 52–58.

¹⁸ Zob. B.T. Woronowicz, *Na zdrowie. Jak poradzić sobie z uzależnieniem od alkoholu*, Wyd. Media Rodzina, Poznań 2008, s. 19–20.

o charakterze somatycznym i/lub psychicznym u osoby pijącej jest najczęściej konsekwencją przewlekłego nadużywania alkoholu¹⁹.

Natomiast alkoholizm (zespół uzależnienia od alkoholu) jest definiowany przez Światową Organizację Zdrowia, jako (...) „zespół objawów somatycznych, behawioralnych i poznawczych, w których picie alkoholu staje się priorytetowe nad innymi, poprzednio ważniejszymi zachowaniami. Zgodnie z powyższą definicją tego uzależnienia, do jego zdiagnozowania konieczne jest wystąpienie w ciągu roku trzech spośród sześciu objawów alkoholizmu, tj.:

- silna potrzeba – głód picia alkoholu²⁰;
- występowanie tolerancji alkoholowej – coraz słabsza reakcja na tę samą ilość alkoholu (uodparnianie);
- zespół abstynencyjny lub naprzemienne spożywanie alkoholu i środków o podobnym działaniu;
- ograniczenie możliwości kontroli nad zachowaniami związanymi ze spożyciem alkoholu;
- picie alkoholu mimo wiedzy o jego szkodliwości;
- zaniedbywanie innych zainteresowań i przyjemności²¹.

Uzależnienie od alkoholu jest chorobą, ponieważ spełnia trzy podstawowe kryteria choroby: narusza stan równowagi między zdrowiem i patologią, charakteryzuje się swoistą etiologią, a wśród przyczyn zmian patologicznych jest czynnik fizyczny. Picie alkoholu prowadzi do coraz większych szkód fizycznych, psychicznych i społecznych, które ulegają pogłębieniu, mimo podejmowanych krótkich prób abstynencji. Innym aspektem postępującego charakteru alkoholizmu u osoby uzależnionej jest wzrost tolerancji na alkohol przejawiający się w konsumowaniu coraz większych jego ilości dla osiągnięcia pożądanego efektu, który wcześniej był możliwy przy użyciu mniejszych dawek²².

Elvin M. Jellinek jako jeden z pierwszych wykonał obszerne badania kliniczne nad przebiegiem i objawami alkoholizmu. Wyróżnił następujące stadia choroby alkoholowej:

- *faza wstępna* (prealkoholowa). Może trwać od kilku miesięcy do kilku lat, zaczyna się od typowego, konwencjonalnego stylu picia o charakterze towarzyskim. W tej fazie z reguły zachowuje się kontrolę nad piciem, chociaż stopniowo zwiększa się tolerancja na alkohol, a reakcje awersyj-

¹⁹ Zob. P. Anderson, A. Gual, J. Colom, *Alkohol i podstawowa opieka zdrowotna*, Wyd. Parpamedia, Warszawa 2005, s. 32–58.

²⁰ Alkoholizm jest więc chorobą polegającą na utracie kontroli nad ilością spożywanego alkoholu – zob. więcej: V. Korporowicz, *Alkoholizm, prostytutka, zakażenia HIV i AIDS, narkomania jako forma wykluczenia społecznego (w świetle badań)*, Kwartalnik Kolegium Ekonomiczno-Społecznego. Studia i Prace, Wyd. SGH, Nr 3, Warszawa 2012, s. 93–112.

²¹ Por. B. Habrat, *Szkody zdrowotne spowodowane alkoholem. Przewodnik lekarza praktyka*, Wyd. Springer PWN, Warszawa 1996, s. 33.

²² Por. B.T Woronowicz, *Alkoholizm jest chorobą*, Wyd. PARPA, Warszawa 1998, s. 37 i n.

ne (wstręt do alkoholu, złe samopoczucie po wypiciu określonej dawki alkoholu) są coraz słabsze, mniej dotkliwe. Z czasem pijący zaczynają szukać sytuacji, w których najprawdopodobniej będzie alkohol – jednostki takie stają się grupą podwyższonego ryzyka;

- *faza ostrzegawcza* (zwiastunów) – zaczyna się w momencie pojawienia się częściowych lub całkowitych zaników pamięci. W tej fazie jednostka uzależniona zaczyna coraz częściej szukać okazji do picia, wybiera takie grono osób, gdzie jest alkohol; często też pije w sposób ukryty. W tej fazie zaczyna rozwijać się poczucie izolacji oraz dochodzi do próby ukrywania swojego problemu alkoholowego przed otoczeniem;
- *faza krytyczna* (ostra). Jej pierwszym objawem jest zanik kontroli nad picciem. W tym stadium układ nerwowy łaknie alkoholu, aby móc „normalnie funkcjonować”. Następuje utrata kontroli nad rozpoczętym picciem, wydłużają się czasy picia i ilości wypijanego alkoholu. Na tym etapie występuje poranne „klinowanie”, aby zapobiec wystąpieniu przykrych objawów odstawiennych. Osoba uzależniona zaczyna tracić szacunek dla samej siebie – zaczynają występować zaburzenia adaptacyjne (niepewność przyszłości, poczucie beznadziejności, trudności w wykonywaniu codziennych czynności), a nawet pojawiają się zachowania suicydalne. W tym stadium często pojawiają się halucynozy, omamice alkoholowe (omamy zmysłowe, urojenia, często prześladowcze). W tej fazie konieczna jest pomoc osób zajmujących się profesjonalnym leczeniem alkoholizmu;
- *faza przewlekła* (chroniczna) – rozpoczyna się wraz z wystąpieniem wielodniowych ciągów picia. Picie zaczyna być ciągłe, odbywa się w różnych porach dnia, często z rana, na czczo, w najrozmaitszych miejscach (często przypadkowych). Długotrwałe nadużywanie alkoholu wywołuje upadek moralny, pobyty w izbach wytrzeźwień, w szpitalach na oddziałach detoksykacyjnych, choroby somatyczne (często marskość wątroby), a także zmiany charakterologiczne (np. obniżenie tzw. uczuciowości wyższej), zakłócenia w procesach myślenia, zaburzenia popędu płciowego, problemy ze snem, jadłowstręt²³.

Specjaliści zajmujący się badaniem cech osobowości osób zażywających substancje psychoaktywne w skalach klinicznych wykazali, że cechuje je nadwrażliwość na negatywne emocje, poczucie izolacji, bezwartościowości,

²³ Zob. E.M. Jellinek, *Phases of Alcohol Addiction*, „Quarterly Journal of Studies on Alcohol” 1952, Vol. 13(4), s. 673–684; H. Kromołowski, *Problematyka stygmatyzacji, marginalizacji i wykluczenia społecznego osób uzależnionych od alkoholu na przykładzie wybranego oddziału terapii uzależnienia od alkoholu. Studium przypadku*, [w:] E. Robak, S. Skolik (red.), *Wyzwania wynikające z uwarunkowań polityki kadrowej przedsiębiorstw*, Wyd. Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2016, s. 116–117.

słaba kontrola zachowań, impulsywność, obniżona tolerancja na frustrację, poczucie bezsilności i bezradności wobec sytuacji stresowych, a także brak planowania dalszej przyszłości. Wykazano, że takie osoby wykazują tendencję do uzyskiwania wyższego poziomu na skali depresji, lęku i psychotyzmu w porównaniu do osób zdrowych. Badacze podkreślają, że zaburzenia lękowe, nastroju czy też osobowości, mogą być nie tylko predyktorami (czynniki pozwalającymi na przewidywanie, prognozowanie) uzależnienia, lecz także jego skutkiem.

Należy zdawać sobie sprawę z faktu, że problem alkoholowy to choroba groźna, nieuleczalna i nawet wieloletnia abstynencja nie daje zapewnienia, że były uzależniony od alkoholu osobnik nie powróci do nałogu picia. Proces wychodzenia (zdrowienia) z choroby alkoholowej jest bardzo trudny oraz skomplikowany i uzależniony jest przede wszystkim od chęci i dobrej woli takiej osoby oraz ich rodzin. Należy też podkreślić, że istnieje konieczność pogłębienia współpracy instytucji zajmujących się leczeniem osób uzależnionych od alkoholu z instytucjami z obszaru pomocy społecznej, organizacji pozarządowych, urzędów pracy, nie tylko celem ich wyleczenia, jak też ograniczenia lub wyeliminowania negatywnych społecznych skutków uzależnień²⁴, ale przede wszystkim ponownego przywrócenia ich do pełnienia użytecznych ról społecznych.

Ponadto osoby uzależnione często wycofują się ze środowiska osób zdrowych, nie tylko do grup osób zażywających substancje psychoaktywne, ale także często do grup przestępczych, powodując zagrożenia poczucia bezpieczeństwa dla jednostek, jak i dla szerszych społeczności. Szczególne zagrożenie stwarzają osoby, które jednocześnie lub naprzemiennie nadużywają substancji odurzających z różnych grup (np. alkoholu, leków o działaniu psychoaktywnym, narkotyków) – takie zachowania określa się mianem *politoksykomanii*.

Zakończenie

W opiniach wielu praktyków i naukowców zajmujących się problematyką uzależnień, jedną z najważniejszych, z punktu widzenia interesu publicznego, odpowiedzią na kwestie związane z tymi zagadnieniami jest zagwarantowa-

²⁴ *Spoleczne skutki uzależnienia* zawsze są podobne: wypadanie z ról, zaniedbywanie lub rezygnacja z obowiązków, utrata dotychczasowych zainteresowań, zaniedbywanie nauki, pracy, bliskich, spadek kompetencji, kłopoty finansowe, brak troski o własne zdrowie i higienę, obniżenie samooceny, stosowanie nierealistycznych strategii obronnych, wyalienowanie, depresja, zaburzenia snu – zob. więcej, I. Pospiszyl, *Patologie społeczne*, op. cit., s. 196–197.

nie osobom używającym substancji psychoaktywnych dostępu do różnorodnych form oddziaływań terapeutycznych.

Powodem jest fakt, że osoby uzależnione nie są w stanie same odstawić substancji odurzającej – pomocy w leczeniu tych dolegliwości powinny poszukiwać u psychologów, psychoterapeutów i psychiatrów oraz w placówkach zajmujących się leczeniem uzależnień (np. *Punkty konsultacyjne ds. uzależnień, Poradnie ambulatoryjne, Oddziały detoksykacyjne, Oddziały leczenia uzależnień* – krótko-, średnio- i długoterminowe). Chory, w takiej placówce, musi najpierw przejść proces detoksykacji²⁵ (odtrucia), dopiero po oczyszczeniu organizmu może podjąć terapię niwelującą lub przynajmniej łagodzącą konsekwencje uzależnienia, a następnie odzyskać siły witalne i wrócić do normalnego życia, celem wykonywania przypisanych mu ról społecznych.

Niestety, do dzisiaj nie wypracowano prawdziwie skutecznych sposobów leczenia uzależnienia od substancji psychoaktywnych. Wydaje się, że remedium na ten stan rzeczy jest coraz powszechniej uznawany standard leczenia polegający na integracji modelu abstynencyjnego²⁶ i redukcji szkód²⁷ (w tym leczenia substytucyjnego²⁸) z uwzględnieniem cech indywidualnych pacjenta (terapia zindywidualizowana²⁹).

²⁵ *Detoksykacja* (łac. *detoxicatio* znaczy „usuwanie toksyny”) – sposób leczenia uzależnień polegający na nagłym odstawieniu danej substancji psychoaktywnej, w połączeniu z terapią farmakologiczną lub psychologiczną. Detoksykacja jest przeprowadzana w skrajnych przypadkach, w których pacjent nie ma szans na odstawienie używki samodzielnie – por. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Detoksykacja>.

²⁶ Wymogiem *terapii ukierunkowanej na abstynencję* stawianym przez społeczności terapeutyczne jest całkowite odstawienie wszelkich środków psychoaktywnych. Główną stroną ujemną tego sposobu leczenia jest wysoki wskaźnik przerywania terapii (szacuje się, że ok. 75% pacjentów przerywa leczenie w ciągu pierwszego miesiąca).

²⁷ *Strategia redukcji szkód* kładzie nacisk przede wszystkim na złagodzenie negatywnych konsekwencji używania substancji, a uzyskanie abstynencji nie jest już *conditio sine qua non* sukcesu terapeutycznego. Podejście to nie zakłada zatem całkowitej abstynencji, a jedynie ograniczenie ilości zażywanej substancji psychoaktywnej. Oczywiście koncepcja ta nie wyklucza zachowania abstynencji, jednak oferuje alternatywę dla tradycyjnego podejścia do leczenia uzależnień, a także możliwość indywidualnego dostosowania postępowania w zależności od potrzeb i aktualnej kondycji pacjenta. W ramach tej strategii realizowane są programy bardzo różne zakresowo, które adresowane są do zróżnicowanych populacji osób używających alkoholu lub innych środków psychoaktywnych. Są to m.in.: kontrolowane programy podawania środków farmakologicznych osobom uzależnionym, bezpłatna dystrybucja igieł i strzykawek, bezpłatna dystrybucja prezerwatyw, tworzenie swoistych ośrodków umożliwiających osobom uzależnionym realizowanie w bezpiecznych warunkach swojego nałogu, treningi kontrolowanego picia alkoholu, warsztaty zapewniania opieki osobom odurzonym, dekryminalizacja używania marihuany, itp. – zob. D. Riley, E. Sawka, P. Conley, D. Hewitt, W. Mitic, C. Poulin, R. Room, E. Single, J. Topp, *Harm Reduction: Concepts and Practice. A Policy Discussion Paper*, Substance Use Misuse 1999; 34(1), s. 9–24.

²⁸ *Leczenie substytucyjne* jest stosowaną w uzależnieniach od środków psychoaktywnych formą opieki medycznej wykorzystującą do leczenia substancję o właściwościach i działaniu podobnym do właściwości i działania narkotyku, który spowodował uzależnienie, ale o znacznie dłuż-

Problemy, jakie dotyczą tysięcy ludzi uzależnionych mają wpływ na tych, którzy pozostają z nimi w związkach rodzinnych, zawodowych i społecznych. Pedagodzy, terapeuci, psychologzy, pracownicy służby zdrowia, pomocy społecznej, służby prewencyjne, z racji wykonywanego zawodu, powinni być partnerami w działaniach zapobiegawczych osób uzależnionych, celem poprawy bezpieczeństwa zdrowotnego nie tylko tych jednostek, ale także szerszych społeczności.

Literatura

- [1] Anderson P., Gual A., Colom J., Alkohol i podstawowa opieka zdrowotna, Wyd. Parpamedia, Warszawa 2005.
- [2] Fudalej S., Wojnar M., Wpływ leczenia substytucyjnego na funkcjonowanie społeczne i stan zdrowia osób uzależnionych od opioidów, Wyd. Grupa Via Medica, Psychiatria, tom 13, Nr 4, Gdańsk 2016.
- [3] Habrat B., Szkody zdrowotne spowodowane alkoholem. Przewodnik lekarza praktyka, Wyd. Springer PWN, Warszawa 1996.
- [4] Jarosz M., Słownik wyrazów obcych, Wyd. Europa, Wrocław 2001.
- [5] Jellinek E.M., Phases of Alcohol Addiction, „Quarterly Journal of Studies on Alcohol” 1952, Vol. 13(4).
- [6] Kobb G.F., LeMoal M., Drug Abuse: Hedonic Homeostatic Dysregulation, „Science” 1997, Nr 278.
- [7] Korporowicz V., Alkoholizm, prostytutka, zakażenia HIV i AIDS, narkomania jako forma wykluczenia społecznego (w świetle badań), Kwartalnik Kolegium Ekonomiczno-Społecznego. Studia i Prace, Wyd. SGH, Nr 3, Warszawa 2012.
- [8] Kromołowski H., Problematyka bezpieczeństwa zdrowotnego ludności w Polsce w latach 1918–2017 w świetle wybranych reform w systemach

szym i mniej euforycznym działaniu. Taką substancję określa się mianem agonisty (najczęściej jest to metadon i buprenorfina). Narkotyk zastępowany jest agonistą w celu osiągnięcia przez pacjenta bardziej kontrolowanej formy uzależnienia. Leczenie substytucyjne na ogół jest kierowane do narkomanów, którzy nie mogą poradzić sobie z nałogiem poprzez całkowite odstawienie narkotyku. Zwolennicy leczenia substytucyjnego uważają, że jest ono korzystne nie tylko w przypadku jednostki uzależnionej, ale i dla społeczeństwa – poprawia stan psychiczny, fizyczny, funkcjonowanie społeczne pacjenta oraz redukuje wydatki publiczne na służbę zdrowia i wymiar sprawiedliwości – por. S. Fudalej, M. Wojnar, *Wpływ leczenia substytucyjnego na funkcjonowanie społeczne i stan zdrowia osób uzależnionych od opioidów*, Wyd. Grupa Via Medica, Psychiatria, tom 13, Nr 4, Gdańsk 2016, s. 219–223.

²⁹ W terapii zindywidualizowanej łączy się medyczne i behawioralne sposoby leczenia, dostosowując je do cech indywidualnych pacjenta. Z tego względu, terapeuci starają się wybierać dla poszczególnych osób odpowiednie, specyficzne rodzaje leczenia.

- ochrony zdrowia, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2017.
- [9] Kromołowski H., Problematyka stygmatyzacji, marginalizacji i wykluczenia społecznego osób uzależnionych od alkoholu na przykładzie wybranego oddziału terapii uzależnienia od alkoholu. Studium przypadku, [w:] Robak E., Skolik S. (red.), Wyzwania wynikające z uwarunkowań polityki kadrowej przedsiębiorstw, Wyd. Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2016.
- [10] Muszyńska A., Narkomani. Sprawcy czynów karalnych, Wyd. Zakamycze, Kraków 2004.
- [11] Pospiszyl I., Patologie społeczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
- [12] Pstrąg D., Wybrane zagadnienia z problematyki uzależnień, Wyd. Wyższej Szkoły Pedagogicznej, Rzeszów 2000.
- [13] Riley D., Sawka E., Conley P., Hewitt D., Mitic W., Poulin C., Room R., Single E., Topp J., Harm Reduction: Concepts and Practice. A Policy Discussion Paper, Substance Use Misuse 1999; 34(1).
- [14] Sierosławski J., Problem narkotyków i narkomanii w Polsce. Rozmiary i trendy zjawiska, Wyd. Serwis Informacyjny. Narkomania, Nr 5/44, Warszawa 2008.
- [15] Smolski R., Smolski M., Stadtmüller E.H., Słownik encyklopedyczny. Edukacja Obywatelska, Wyd. Europa, Wrocław 1999.
- [16] Srogosz T., Ustawa o przeciwdziałaniu narkomanii. Komentarz, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2008.
- [17] Woronowicz B.T., Alkoholizm jest chorobą, Wyd. PARPA, Warszawa 1998.
- [18] Woronowicz B.T., Na zdrowie. Jak poradzić sobie z uzależnieniem od alkoholu, Wyd. Media Rodzina, Poznań 2008.
- [19] Zajączkowski K., Uzależnienia od substancji psychoaktywnych, Wydawnictwa Szkolnej Pedagogicznej, Warszawa 2003.
- [20] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Detoksykacja>.



Henryk Kromolowski

Katedra Regionalistyki i Zarządzania Ekorozwojem

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19 B, 42–200 Częstochowa

ZAGROŻENIA ZDROWOTNE SPOWODOWANE CYTOSTATYKAMI A BEZPIECZEŃSTWO ZDROWOTNE PRACOWNIKÓW I PACJENTÓW W PLACÓWKACH OPIEKI MEDYCZNEJ

Streszczenie. Osoby zatrudnione w sektorze ochrony zdrowia ze względu na charakter pracy, z racji wykonywanego zawodu są szczególną grupą eksponowaną na szereg czynników szkodliwych i niebezpiecznych znajdujących się w ich miejscu pracy, co oznacza zagrożenie dla ich zdrowia, a nawet życia oraz naraża ich na wypadki przy pracy i choroby zawodowe. Etiologia tych zagrożeń jest bezpośrednio związana z miejscem i specyfiką ich pracy.

W artykule, spośród zagrożeń towarzyszących personelowi medycznemu podczas ich codziennej pracy, przedstawione zostaną następstwa zdrowotne stosowania leków przeciwnowotworowych, potocznie zwanych cytostatykami. Leki cytostatyczne (inaczej: leki cytotoksyczne) to grupa substancji naturalnych i syntetycznych używanych w chemioterapii nowotworów, które działają toksycznie na komórki nowotworowe. W przypadku personelu, który ma długotrwały kontakt z nimi (tj. podczas ich rozpuszczania, podawania czy nawet pielęgnowania pacjentów poddanych terapii cytostatykami) mogą one stanowić poważne zagrożenie zdrowotne dla tychże pracowników.

Natomiast problematyka wymienionych zagrożeń zdrowia ujęta zostanie w kontekście zwiększenia poczucia bezpieczeństwa zdrowotnego pracowników ochrony zdrowia i leczonych pacjentów.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo zdrowotne, system ochrony zdrowia, zagrożenia chemiczne, personel medyczny, pacjent, leki cytostatyczne.

THREATS TO HEALTH CAUSED BY CYTOSTATIC DRUGS AND HEALTH SECURITY OF STAFF AND PATIENTS IN MEDICAL CARE FACILITIES

Abstract. Due to the type of their work and profession practised, people employed in the health protection sector are particularly exposed to a number of harmful and dangerous factors which exist in their workplace, posing a threat to the health and even life of medical personnel and putting them at risk of workplace accidents and occupational diseases. The etiology of those threats is directly connected with the workplace and specific nature of work of medical personnel.

This paper discusses, from among other threads to which medical personnel is exposed in their everyday work, the adverse health effects of handling antineoplastic agents popularly referred to as cytostatics. Cytostatic (or cytotoxic) drugs are natural and synthetic substances used in chemotherapy to treat cancer, having a toxic effect on neoplastic cells. Cytostatic drugs can constitute a serious threat to health of medical personnel, having prolonged contact with those agents (i.e. while dissolving and administering the drugs or even looking after the patients undergoing cytostatic treatment).

The aforesaid health threads are discussed with a view to increasing the feeling of health safety among healthcare personnel and patients.

Keywords: health safety, health protection system, chemical threads, medical personnel, patient, cytostatic drugs.

Wprowadzenie

W sektorze opieki zdrowotnej bezpieczeństwo zatrudnionych tam pracowników, jak i pacjentów stanowi istotną, priorytetową kwestię. Należy pamiętać, że pracownicy ochrony zdrowia stanowią bardzo specyficzną grupę zawodową, która z jednej strony musi roztaczać i demonstrować opiekę nad zdrowiem człowieka w bardzo szerokim i różnorodnym zakresie, z drugiej zaś strony nie może zapominać o tym, że podczas pełnienia tej opieki jest wystawiona oraz narażona na wiele niebezpieczeństw i zagrożeń. I dlatego, w przypadku pracowników medycznych, dla zapewnienia im bezpiecznych warunków pracy, niezbędna jest identyfikacja wszystkich czynników zagrożenia występujących na danym stanowisku pracy oraz przedstawiania działań zapobiegawczych i korygujących.

W szczególności pracownicy służby zdrowia narażeni są na:

- *zagrożenia biologiczne* – związane z zakażeniami wynikającymi z zakucia się igłą, skaleczeniach innym ostrym narzędziem, zanieczyszczeniach skóry lub błon śluzowych krwią lub innym materiałem biologicznym po-

tencjalnie zakaźnym pochodzącym od pacjenta czy też z kontaktem z chorobami zakaźnymi;

- *zagrożenia chemiczne* – związane z lekami stosowanymi w leczeniu nowotworów i materiałami radioaktywnymi;
- *zagrożenia fizyczne* – związane z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego oraz niejonizującego, poziomem hałasu, poślizgnięciami i upadkami;
- *zagrożenia ergonomiczne* – związane z długotrwałym stanem lub siedzeniem, a także powstałe podczas przemieszczania pacjenta (podnoszenie, przesuwanie) – co zwiększa ryzyko urazów układu mięśniowo-szkieletowego;
- *zagrożenia psychospołeczne* – obejmują: pracę zmianową, brak optymalnego czasu pracy, wielozadaniowość, czynniki powiązane ze stresem i wypaleniem zawodowym, nadużywanie środków odurzających.

Zagrożenie chemiczne, będące nieodłącznym elementem środowiska pracy personelu medycznego, to liczne związki chemiczne, m.in. wchodzące w skład środków odkażających i leków, działające drażniąco i o potencjalnym działaniu rakotwórczym, teratogennym lub mutagennym. Spośród tych ostatnich liczną grupę stanowią leki przeciwnowotworowe.

Niektóre zagrożenia chemiczne. Leki cytostatyczne

W chemioterapii nowotworów głównie stosowane są leki cytostatyczne. Ogólny mechanizm działania tych leków polega na powodowaniu zaburzeń w przebiegu cyklu komórkowego, co w efekcie prowadzi do zahamowania rozwoju komórek, jak i ostatecznie do ich śmierci.

Leki cytostatyczne należą do grupy leków przeciwnowotworowych o różnorodnym pochodzeniu oraz sposobach i mechanizmach działania – w dawkach dozowanych terapeutycznie blokują w różny sposób cykl komórkowy zapoczątkowując uruchamianie genetycznie zaprogramowane mechanizmy śmierci komórkowej, czyli indukując apoptozę¹; to grupa substancji naturalnych i syntetycznych, działająca toksycznie na komórki nowotworowe charakteryzujące się szybkimi podziałami. Leki te uszkadzają jednak także inne szybko dzielące się, zdrowe komórki (szpik kostny, błony śluzowe, komórki włosów), stąd częste są działania niepożądane, takie jak: anemia, nudności, wymioty czy łysienie.

¹ *Apoptoza* – naturalny proces zaprogramowanej śmierci komórki w organizmie wielokomórkowym. Dzięki temu mechanizmowi z organizmu usuwane są zużyte lub uszkodzone komórki – zob. T. Sessler, S. Healy, A. Samali, E. Szegezdi, *Structural determinants of DISC function: new insights into death receptor-mediated apoptosis signalling*, „Pharmacol Ther” 2013, 140(2), s. 186–199.

Leki cytostatyczne są to leki stosowane przede wszystkim w terapii nowotworów, transplantologii – do wywoływania immunosupresji (zapobiegają odrzuceniu przeszczepów), ale również w leczeniu niektórych chorób dermatologicznych i reumatologicznych o podłożu autoimmunologicznym, w których mamy do czynienia z bardzo ciężkim ich przebiegiem. Leki cytotoksyczne są środkami niewybiórczo niszczącymi chore komórki, stąd ich bardzo duża toksyczność dla całego organizmu.

Należy zaznaczyć, że podawanie pojedynczego cytostatyku w klinicznie tolerowanych dawkach nie jest w stanie spowodować wyleczenia, nawet w przypadkach wyjątkowo wrażliwych na chemioterapię. Stąd, podstawą współczesnej chemioterapii jest kojarzenie kilku leków cytostatycznych należących do różnych klas. Pojedynczy lek cytostatyczny może mieć za małą skuteczność, a nowotwór może stać się szybko odporny na daną substancję. Podanie kilku leków zmniejsza ryzyko rozwoju oporności na leczenie i prowadzi do wzmocnionego działania chemioterapeutycznego. Wzmocnione oddziaływanie cytostatyczne oznacza, że efekt kliniczny wynikający z łącznego zastosowania kilku leków jest większy, niż suma efektów działania każdego z nich pojedynczo, co wyraża się zwiększeniem ilości zniszczonych komórek nowotworowych².

Wzorcem, standardem i kanonem leczenia wielu chorób nowotworowych jest terapia skojarzona³. Opiera się ona na zasadzie zastosowania więcej niż jednej metody leczniczej, co umożliwia uzyskanie maksymalnego stopnia kontroli zarówno miejscowej, jak i ogólnej procesu chorobowego. Stosuje się ją do większości nowotworów złośliwych, daje bowiem najlepsze efekty i szanse na wyleczenie lub długotrwałą remisję (brak objawów choroby nowotworowej), czyli ma na celu spowolnienie, zahamowanie rozwoju nowotworu, a nawet całkowite jego wyleczenie. Na leczenie skojarzone składają się metody operacyjne, radioterapia oraz chemioterapia, farmakoterapia (czyli tzw. przeciwnowotworowe leczenie systemowe⁴). I tak operacja chirurgiczna lub radio-

² Zob. <https://www.zwrotnikraka.pl/cytostatyki-dzialanie-rodzaje/>.

³ *Terapia skojarzona* zawsze budzi większą nadzieję na pożądaną, finalny efekt terapii. Jednak nie wszyscy pacjenci mogą być zakwalifikowani do takiego leczenia z powodu jego agresywności. Zawsze konieczne jest wyważenie, czy toksyczne leczenie skojarzone może przynieść w danym przypadku pacjentowi szansę na wyleczenie, czy też może narazić go na ryzyko poważnych powikłań, które mogą stanowić większe zagrożenie dla jego zdrowia i życia niż sama choroba nowotworowa. Podjęta decyzja musi wynikać z przeprowadzonych, gruntownych badań diagnostycznych oraz opinii zespołu lekarzy, specjalizujących się w onkologii. Przy podejmowaniu decyzji konieczna jest analiza wszystkich przeciwwskazań bezwzględnych i względnych, jakie odnoszą się do chorego pacjenta.

⁴ *Przeciwnowotworowe leczenie systemowe* (inaczej: „układowe”) – polega na stosowaniu leków podawanych w taki sposób, by działały na cały organizm. Obecnie można wskazać trzy główne sposoby tego leczenia: chemioterapia, czyli leczenie cytotoksyczne (powodujące śmierć komórek); hormonoterapia, czyli celowe oddziaływanie na produkcję/działanie hormonów (rzadko wywołuje śmierć komórek, ale często powoduje zatrzymanie ich rozwoju); leczenie biologiczne, czyli wpływające na działanie układu odpornościowego i ukierunkowane na

terapia może doszczętnie zniszczyć pierwotne ognisko większości złośliwych guzów litych. Natomiast chemioterapia, jako metoda leczenia systemowego może walczyć z potencjalnym rozsiewem (mikroprzerzutami) komórek nowotworowych z pierwotnego ogniska.

Leki cytostatyczne są dość istotnym czynnikiem ryzyka zawodowego u pracowników służby zdrowia i pomimo, że dla wielu pacjentów oddziałów onkologicznych są zbawienne, to dla personelu medycznego stanowią poważne zagrożenie, gdyż z łatwością przenikają przez błony śluzowe i skórę, powodując liczne działania niepożądane. Należy podkreślić, że potencjalne szkodliwe skutki działania tej grupy leków są wieloaspektowe i szerokie, a także powodują odległe konsekwencje, gdyż efektowi cytostatycznemu, to znaczy niszczącemu komórki nowotworowe, może towarzyszyć wystąpienie dodatkowych następstw oraz efektów toksycznych, stwarzających potencjalne ryzyko zawodowe dla pracowników mających styczność z tymi substancjami.

Podstawowymi grupami zawodowymi, narażonymi na działanie leków cytostatycznych w procesie leczenia są: lekarze, pielęgniarki, farmaceuci, pracownicy laboratorium, salowi, personel pomocniczy, członkowie zespołów wyjazdowych pogotowia ratunkowego. Z kolei, rozszerzenie wskazań do podawania cytostatyków w połączeniu z rosnącą liczbą zachorowań na choroby nowotworowe powoduje zwiększenie ilości zużywanych leków, a tym samym populacji osób zawodowo na nie narażonych.

Zagrożenia zdrowotne spowodowane cytostatykami dla personelu medycznego

W literaturze przedmiotu⁵ można znaleźć wiele przykładów przeprowadzonych badań, mających na celu wykazanie zagrożeń dla personelu przez leki cytostatyczne, zwłaszcza jeśli pracuje on bez właściwych zabezpieczeń.

określone cele molekularne (np. szczególnie receptory na powierzchni komórek) – zob. <https://onkologia.mp.pl/leczenie/84482>.

⁵ Zob. więcej: J. Walusiak, E. Wągrowaska-Koski, C. Pałczyński, *Ocena skutków zdrowotnych zawodowej ekspozycji na cytostatyki u personelu medycznego w świetle obowiązującej profilaktyki: badanie przekrojowe*, „Medycyna Pracy” 2003, 54(3), s. 229–236; B. Świątkowska, *Zagrożenia zawodowe pracowników opieki zdrowotnej. Co wiemy i co możemy zrobić*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2010, 91(4), s. 522–529; A. Cieślicka, M. Gębka, M. Rząca, K. Kocka, A. Pietraszek, A. Bartoszek, M. Charzycka-Gula, *Następstwa zdrowotne pracy w narażeniu na leki cytostatyczne w grupie zawodowej pielęgniarek i pielęgniarzy*, „Journal of Education, Health and Sport” 2016, 6(9), s. 566–574; M. Jakubowski, *Monitoring biologiczny narażenia na czynniki toksyczne*, „Medycyna Pracy”, 2008, 59(3), s. 13–18; J. Walusiak, E. Wągrowaska-Koski, *Zasady postępowania przy stosowaniu leków cytostatycznych*, „Praca i Zdrowie”, 2008, nr 3, s. 38–40.

I tak, badania przeprowadzone wśród pielęgniarek i pielęgniarzy lubelskich oddziałów onkologii i chirurgii naczyniowej podających pacjentom i/lub przygotowujących leki cytostatyczne wykazały występowanie zagrożenia zdrowotnego, szczególnie zaobserwowano następujące objawy: nadmierne łzawienie, suchość spojówek, zaczerwienienie i swędzenie oczu, podrażnienie skóry, podrażnienie błon śluzowych, nudności/wymioty, nasilone wypadanie brwi, rzęs a nawet włosów czy też odczuwanie zaburzeń rytmu serca. Ponadto wykazano obecność leków chemioterapeutycznych w moczu aż u jednej trzeciej wszystkich badanych, którzy podawali chemioterapię.

Również zaobserwowano u tych pracowników zwiększone uczucie senności, zmęczenia, zmiany w morfologii, jak też zmiany w odczuwaniu smaków i zapachów⁶.

Należy zauważyć, że niektóre cytostatyki obecne w środowisku pracy są bardzo łatwo absorbowane przez nieuszkodzoną skórę, wnikają w lipidy warstwy podskórnej, skąd są wchłaniane do krwioobiegu. Manipulowanie lekami – otwieranie ampulek, przygotowywanie roztworów do iniekcji, odpowietrzanie strzykawek – może powodować przedostanie się leku do powietrza i wchłanianie w układzie oddechowym, a przypadkowe zanieczyszczenie skóry lekiem umożliwia wchłanianie również tą drogą. Donoszono także o możliwym wpływie kancerogennym narażenia zawodowego – opisano pojedyncze przypadki wystąpienia białaczki szpikowej i chłoniaka nieziarniczego u personelu medycznego a także występowanie zwiększonego ryzyka niepłodności wśród kobiet oraz samoistnych poronień i martwych urodzeń⁷.

Według obecnego stanu wiedzy niemożliwe jest ustalenie granicy bezpieczeństwa pracy z lekami cytostatycznymi. Uważa się, że każdy kontakt jest potencjalnie niebezpieczny, dlatego konieczne jest przestrzeganie zasad pracy z cytostatykami odpowiednich dla poszczególnych grup zawodowych. Personel powinien być świadomy ryzyka, aby racjonalnie je minimalizować. Możliwe jest to dzięki regularnie przeprowadzanym szkoleniom w zakresie bezpieczeństwa pracy z cytostatykami i opieki nad chorymi poddawanych chemioterapii.

Wszyscy są też zgodni co do tego, że produkcji, podawaniu leków cytostatycznych oraz opiece nad pacjentem poddawanych chemioterapii, musi bezwzględnie towarzyszyć przestrzeganie zasad higieny i bezpieczeństwa pracy oraz stosowania się do odrębnych szczegółowych przepisów prawnych obchodzenia się z cytostatykami.

⁶ Zob. <http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/3882>.

⁷ Por. B. Bilski, *Postępowanie personelu pielęgniarzkiego z lekami cytostatycznymi – wstępne wyniki badań*, „Medycyna Pracy” 2004, 55(3), s. 243–247.

Zagrożenia zdrowotne spowodowane cytostatykami dla pacjenta

Podawanie leków cytostatycznych wiąże się z częstym występowaniem objawów niepożądanych, a także istotnych zagrożeń zdrowotnych dla pacjenta. Powikłania te mogą wystąpić zarówno w trakcie leczenia chemioterapeutycznego, jak również w różnym czasie po jego zakończeniu. Między innymi, do takich zagrożeń zaliczają się wynacznienia cytostatyków, które prowadzą do powikłań zagrażających zdrowiu i w znacznym stopniu pogarszają sprawność i jakość życia pacjentów onkologicznych.

Wynacznienia cytostatyków to (...) „przypadkowe, niezamierzone przedostanie się leku poza naczynie żyłne do tkanek otaczających lub bezpośrednie nacieczenie tkanek poprzez błędne podanie leku, które może prowadzić do miejscowych stanów zapalnych, owrzodzeń, a także nawet martwicy. Odczyn miejscowe związane z wynacznieniem cytostatyków należą do jednych z najczęstszych objawów niepożądanych chemioterapii. Do wynacznienia dochodzi w od 0,1% do 6% wszystkich dożylnych iniekcji w chorobach nowotworowych. Nasilenie reakcji po wynacznieniu cytostatyku może mieć różny stopień – od niewielkiego zaczerwienienia, obrzęku i bólu do ciężkiego, nieodwracalnego owrzodzenia, które wymaga leczenia chirurgicznego”⁸.

Należy również pamiętać, iż stosowana chemia nie rozróżnia chorych komórek nowotworowych od zdrowych (np. znajdujących się w szpiku kostnym produkującym krwinki oraz w cebulkach włosów, skórze, paznokciach, błonie śluzowej jamy ustnej i przewodzie pokarmowym), co jest równoznaczne z niszczeniem wszystkich komórek leczonego pacjenta i pozostawianiem po sobie bardziej lub mniej trwałych zniszczeń organizmu. Działaniami niepożądanymi mogą być: anemia, obniżenie odporności (niekiedy zagrażające życiu), nudności, wymioty, owrzodzenia jamy ustnej i przełyku, wrzody żołądka i dwunastnicy, łysienie, wysuszenie skóry, zaburzenia snu, depresja, złe samopoczucie, stres emocjonalny, uczucie zmęczenia i osłabienie, niepłodność, uszkodzenie nerek, jak również niekiedy działanie embriotoksyczne⁹ i teratogenne¹⁰. Niektóre z tych objawów, przyjmowane i uznawane przez wielu pacjentów za bardzo uciążliwe, a także bolesne, nie zawsze są wyraźnie zauważalne dla otoczenia. Czasami na-

⁸ Zob. J. Bahyrycz, K. Pityński, A. Ludwin, I. Ludwin, M. Gawlik, *Aktualne zalecenia dotyczące profilaktyki i postępowania w przypadku wynacznienia cytostatyków*, „Przegląd Lekarski” 2012, 69(12), s. 1283–1286.

⁹ *Embriotoksyczność* – niepożądane działanie występujące po podaniu leku u kobiet w ciąży w okresie embrionalnym (do około 60 dnia ciąży), które prowadzi do powstania ciężkich uszkodzeń lub obumarcia zarodka.

¹⁰ *Teratogenność* (potworotwórczość) – powoduje wady (potworności) w rozwoju płodu. Działanie teratogenne to działanie toksyczne substancji na zarodek lub płód (śmierć zarodka, zaburzenia czynnościowe, opóźnienie rozwoju, przedwczesne urodzenie).

wet sam pacjent nie zgłasza ich swojemu lekarzowi i lekceważy ich wpływ na codzienne funkcjonowanie, zapominając o tym, że wiele z tych zwiastunów dolegliwości można skutecznie leczyć, poprzez oddziaływanie na czynniki je wywołujące. I tak np. udowodniono, że umiarkowany wysiłek fizyczny czy zastosowanie leków wspomagających hematopoezę, czyli proces tworzenia krwinek czerwonych, są bardzo skuteczne w walce z uczuciem zmęczenia i osłabienia u pacjentów cierpiących na chorobę nowotworową. W proces leczenia powinni być także zaangażowani członkowie rodziny, inne bliskie osoby czy opiekunowie.

Zakończenie

Pomimo że leki cytostatyczne, w rozumieniu terapeutyczno-leczniczym, dla większości pacjentów oddziałów onkologicznych są zbawienne, dla personelu medycznego stanowią poważne zagrożenie. Dlatego ważnym jest, aby pracownicy ochrony zdrowia zdawali sobie sprawę z tych zagrożeń, potrafili je identyfikować i stosowali profilaktykę.

Tak więc, personel mający kontakt z cytostatykami powinien liczyć się z tym, że bez odpowiedniej ochrony naraża na niebezpieczeństwo swoje życie i zdrowie, gdyż leki te stanowią potencjalne zagrożenie zdrowotne, które obejmuje wpływ kancerogeny, zaburzenia funkcji reprodukcyjnych, w tym zaburzeń płodności i występowania wad wrodzonych u potomstwa oraz efekty toksyczne pod postacią uszkodzenia wątroby, nerek i skóry oraz zwiększonej zapadalności na choroby krwi i układu krwiotwórczego.

Stąd też personelowi medycznemu podczas podawania leków cytostatycznych, celem zminimalizowania ich szkodliwego oddziaływania, zaleca się stosowanie kompletnego zestawu ochrony osobistej, tj.: używanie rękawic zabezpieczających, fartuchów ochronnych flizelinowych, masek na twarz, okularów ochronnych, nakryć głowy.

Z kolei, znając skutki uboczne stosowania poszczególnych chemioterapeutyków (cytostatyków) i chcąc jak najskuteczniej przeciwdziałać zagrożeniom zdrowotnym dla pacjenta, można zapobiegać większości tych powikłań, stosując optymalny sposób podawania leków, tym samym zmniejszając występowanie ich niepożądanych działań oraz w sposób adekwatny i trafny selekcjonować pacjentów do wdrażanych terapii.

Reasumując, przedstawione w artykule zagadnienia dotyczące omówionych zagrożeń zdrowia dla personelu placówek medycznych i leczonych pacjentów, mogą przyczynić się do ukierunkowania działań zmierzających do poprawy stanu zdrowia, funkcjonowania społecznego, jakości życia oraz zwiększenia poczucia bezpieczeństwa zdrowotnego tychże osób, w wymiarze indywidualnym, jak i społecznym.

Literatura

- [1] Bahyrycz J., Pityński K., Ludwin A., Ludwin I., Gawlik M., *Aktualne zalecenia dotyczące profilaktyki i postępowania w przypadku wynaczylenia cytostatyków*, „Przegląd Lekarski” 2012, 69(12).
- [2] Bilski B., *Postępowanie personelu pielęgniarstwa z lekami cytostatycznymi – wstępne wyniki badań*, „Medycyna Pracy” 2004, 55(3).
- [3] Cieślicka A., Gębka M., Rząca M., Kocka K., Pietraszek A., Bartoszek A., Charzycka-Gula M., *Następstwa zdrowotne pracy w narażeniu na leki cytostatyczne w grupie zawodowej pielęgniarek i pielęgniarzy*, „Journal of Education, Health and Sport” 2016, 6(9).
- [4] Jakubowski M., *Monitoring biologiczny narażenia na czynniki toksyczne*, „Medycyna Pracy”, 2008, 59(3).
- [5] Sessler T., Healy S., Samali A., Szegezdi E., *Structural determinants of DISC function: new insights into death receptor-mediated apoptosis signalling*, „Pharmacol Ther” 2013, 140(2),
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pharmthera.2013.06.009>
- [6] Świątkowska B., *Zagrożenia zawodowe pracowników opieki zdrowotnej. Co wiemy i co możemy zrobić*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2010, 91(4).
- [7] Walusiak J., Wągrowaska-Koski E., *Zasady postępowania przy stosowaniu leków cytostatycznych*, „Praca i Zdrowie”, 2008, nr 3.
- [8] Walusiak J., Wągrowaska-Koski E., Pałczyński C., *Ocena skutków zdrowotnych zawodowej ekspozycji na cytostatyki u personelu medycznego w świetle obowiązującej profilaktyki: badanie przekrojowe*, „Medycyna Pracy” 2003, 54(3).
- [9] <http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/3882>.
- [10] <https://onkologia.mp.pl/leczenie/84482>.
- [11] <https://www.zwrotnikraka.pl/cytostatyki-dzialanie-rodzaje/>.



Marcin Hibner

Polska Grupa Górnicza

ul. Powstańców 30, 40–039 Katowice

POLSKI INDEKS RYNKU WĘGLA

Streszczenie. Podstawowym nośnikiem energii w polskiej gospodarce jest węgiel kamienny. Ze względu na tak wysoki udział w bilansie energetycznym ważnym jest zagwarantowanie stabilnych i przewidywalnych cen tego surowca. Dlatego też dla rynku wewnętrznego Agencja Rozwoju Przemysłu S.A. i Towarowa Giełda Energii S.A. postanowiły utworzyć Polskie Indeksy Rynku Węgla Energetycznego PSCMI. W artykule omówiono indeksy dla węgla sprzedawanego na krajowym rynku dla energetyki (PSCMI 1) i ciepłownictwa (PSCMI 2). Omówiono również trendy cenowe i analizę zmian cen dla tych indeksów.

Słowa kluczowe: węgiel kamienny, ceny zbytu węgla energetycznego, energetyka zawodowa, ciepłownie zawodowe, polski indeks węgla energetycznego.

POLISH STEAM COAL MARKET INDEX

Abstract: Coal is the primary energy carrier in the Polish economy. Due to such a high share of the energy balance, it is important to guarantee stable and predictable prices of this raw material. Therefore, for the internal market, the Industrial Development Agency S.A. and Commodity Energy Exchange S.A. They decided to set up the Polish Index of PSCMI Energy Market. The indices for carbon sold on the domestic market for energy (PSCMI 1) and district heating (PSCMI 2) are discussed. Price trends and price developments for these indices are also discussed.

Keywords: coal, Polish Steam Coal Market Index, selling price of coal, power engineering, heating.

Wprowadzenie

Polska jest największym producentem i rynkiem zbytu dla węgla kamiennego spośród krajów Unii Europejskiej. W Europie, poza Polską jedynie Turcja ma tak wysoki udział węgla w bilansie energetycznym. W roku 2016 polskie kopalnie wydobyły 70,4 mln Mg węgla z czego 52,7 mln Mg stanowił węgiel wykorzystywany w celach energetycznych [3].

Węgiel energetyczny w Polsce jest produkowany, przede wszystkim, przez pozostające pod kontrolą skarbu państwa podmioty gospodarcze, którymi są (stan na dzień 1 marca 2017 roku):

- Polska Grupa Górnicza sp. z o.o. (5 kopalń),
- Katowicki Holding Węglowy S.A. (5 kopalń),
- Tauron S.A. Południowy Koncern Węglowy S.A. (2 kopalnie),
- LW Bogdanka S.A.

Oferują one na krajowy rynek i na eksport węgiel kamienny o szerokich parametrach oraz przeznaczeniu, zapewniając odbiorcom pełną możliwość najwłaściwszego wyboru.

Czołowi producenci dystrybuują węgiel samodzielnie oraz poprzez własne sieci dystrybucyjne - autoryzowanych sprzedawców. Jest to grupa podmiotów o ugruntowanej pozycji na rynkach lokalnych, spełniająca wymagania marketingowo-finansowe stawiane im przez producentów węgla. Bliższe informacje można znaleźć na stronach producentów.

Światowy rynek węgla energetycznego coraz częściej odchodzi od realizacji dostaw w wieloletnich kontraktach. Tego rodzaju tendencja prowadzi do dużej zmienności cen węgla. W związku z tym dla zakupów typu spot na rynkach zagranicznych utworzono wskaźniki (indeksy) cen węgla. Indeksy te tworzone są dla standaryzowanych grup węgla o określonej jakości. Wskaźniki przedstawiają handlową wartość węgla sprzedawanego/kupowanego.

W światowym obrocie węgla wzorcowym produktem, do którego odnosi się tworzone indeksy jest węgiel o parametrach:

- kaloryczność 25 MJ/kg,
- zawartość siarki (Si) poniżej 1%.

W handlu węglem na świecie, publikowanych jest wiele lokalnych i globalnych wskaźników i indeksów cenowych węgla, które informują o rynkowej i handlowej wartości tego surowca, o określonej jakości i sprecyzowanych warunkach dostawy. Uczestnicy polskiego rynku mogli dotąd jedynie korzystać z indeksów i wskaźników publikowanych na rynku europejskim, na przykład przez firmy McCloskey, Platts i Argus. Ich wykorzystanie było jednak utrudnione na polskim rynku, bo w praktyce są to tylko informacje o aktualnych trendach cenowych w Europie i na świecie.

Dzięki utworzeniu wskaźników cen węgla producenci, kupcy oraz analitycy otrzymali narzędzie, które spełnia funkcję informacyjną. Rynkowa cena odniesienia, wyznaczana z wykorzystaniem transparentnych algorytmów ułatwi podejmowanie decyzji handlowych uczestnikom rynku oraz umożliwi zarządzanie ryzykami finansowymi. W szczególności sektorowi energetycznemu i bankom, które wykorzystują w procesie inwestycyjnym kredytowanie długoterminowe.

Celem artykułu jest zaprezentowanie korzyści, jakie niesie wprowadzenie indeksów cenowych węgla dla rynku polskiego oraz pokazanie zasad ustalania cen indeksów wraz z analizą trendów cenowych w latach 2011–2016.

Polski Indeks Rynku Węgla

Polski Indeks Rynku Węgla Energetycznego (Polish Steam Coal Market Index – PSCMI) został powołany do życia przez Agencję Rozwoju Przemysłu S.A. i Towarową Giełdę Energii S.A. jako odpowiedź na potrzeby polskiego rynku węgla w zakresie wiarygodnych i uczciwych cen węgla energetycznego.

PSCMI jest to grupa wskaźników cen wzorcowego węgla energetycznego produkowanego przez krajowych producentów i sprzedawanego na krajowym rynku. Utworzono dwa wskaźniki PSCMI dla węgla na krajowym rynku [2]:

- energetycznym (Indeks PSCMI 1),
- ciepła (Indeks PSCMI 2).

Wyznaczanie wskaźników odbywa się w okresach miesięcznych na podstawie danych miesięcznych ex-post, które wyrażają cenę zbytu węgla kamiennego w warunkach jakościowych zoptymalizowanych do potrzeb odbiorców.

Mówiąc szczegółowo, Indeks PSCMI 1 obliczany jest w dwóch wariantach:

- masowym [PLN/t],
- energetycznym [PLN/GJ],

które odzwierciedlają poziom cen loco kopalni dla miałów energetycznych klasy 20–23 w sprzedaży energetyki zawodowej i przemysłowej.

Z bazy danych prowadzonych przez Agencję Rozwoju Przemysłu S.A. wykorzystywane są dane ex-post o miesięcznych wielkościach sprzedaży węgla (w tonach) z ceną zbytu węgla energetycznego loco kopalnia [2]:

- z puli danych wybierane są dane o transakcjach, które spełniają kryterium jakości węgla energetycznego dla danego indeksu,
- dla wyselekcjonowanych danych oblicza się średnią cenę ważoną wolumenem transakcji w [zł/t] oraz w [zł/GJ],
- dokonywana jest anonimizacja danych,
- możliwe jest obliczenie udziału dostaw miałów dla danego indeksu w całości dostaw miałów do odpowiedniej grupy odbiorców.

Do indeksu PSCMI 1:

- wybiera się tylko dane dotyczące mialów,
- wybiera się dane o sprzedaży energetyki zawodowej i przemysłowej,
- z tej puli danych wyklucza się te rekordy, które nie spełniają kryterium jakościowego klasy 20–23/1, czyli:
 - węgiel o zawartości siarki większej lub równej 1% [$S=1\%$],
 - węgiel o kaloryczności niższej od 20 MJ/kg [$Q<20\text{ MJ/kg}$],
 - węgiel o kaloryczności równej lub wyższej od 24 MJ/kg [$Q=24\text{ MJ/kg}$].

Dla wyselekcjonowanych w ten sposób rekordów spełniających kryterium jakościowe oblicza się średnią cenę [PLN/GJ], dzieląc cenę jednostkową w [PLN/tonę] przez odpowiednią kaloryczność [Q], dokonuje się sortowania danych w tych rekordach – np. wg. ilości lub cen – minimalizując w ten sposób możliwość identyfikacji danych jednostkowych. Oblicza się udział dostaw, spełniających kryterium jakościowe indeksu PSCMI 1 w całości dostaw mialów do energetyki zawodowej i przemysłowej [4].

Podobną definicję stworzyć można dla Indeksu PSCMI 2 [PLN/t, PLN/GJ], który odzwierciedla poziom cen loco kopalnia dla mialów energetycznych klasy 23–26/08 w sprzedaży do ciepłowni przemysłowych i komunalnych, innych odbiorców przemysłowych i pozostałych odbiorców krajowych.

Wyliczany z miesięcznych dostaw jako średnia ważona dla węgla spełniającego kryterium jakościowe:

- wartość opałowa $23=Q<27\text{ MJ/kg}$,
- zawartość siarki całkowitej $S<0,8\%$,

Miesięczna cena produktu jest ustalana jako średnia ważona z transakcji zrealizowanych na polskim rynku węgla energetycznego, zafakturowanych w danym miesiącu kalendarzowym.

Pozyskiwanie danych

Wskaźniki wyznaczane są w okresach miesięcznych na podstawie danych przetwarzanych przez Agencję Rozwoju Przemysłu S.A. oddział w Katowicach, pochodzących od krajowych producentów węgla kamiennego. Agencja pozyskuje dane w ramach Programu Badań Statystycznych Statystyki Publicznej „Górnictwo węgla kamiennego i brunatnego”, którego organem prowadzącym jest minister właściwy ds. energii.

Dane pozyskiwane w drodze badania statystycznego są chronione tajemnicą statystyczną i w związku z tym są zanonimizowane i przetwarzane w sposób chroniący tajemnicę handlową firm.

Przy ustalaniu wartości indeksu cenowego zachowane zostały następujące zasady [4]:

- Zasady określone w rozdz. 5 art. 38 ust. 2 ustawy z 29 czerwca 1995 r. o statystyce publicznej, określające, iż nie mogą być publikowane ani udostępniane uzyskane w badaniach statystycznych statystyki publicznej informacje statystyczne możliwe do powiązania i zidentyfikowania ich z konkretną osobą oraz dane indywidualne charakteryzujące wyniki ekonomiczne działalności podmiotów gospodarki narodowej prowadzących działalność gospodarczą, w szczególności, jeżeli na daną agregację składają się mniej niż trzy podmioty lub udział jednego podmiotu w określonym zestawieniu jest większy niż $\frac{3}{4}$ całości.
- Zapisy umowy zawartej pomiędzy Ministrem Gospodarki, a Agencją Rozwoju Przemysłu S.A. o prowadzeniu przez Agencję monitoringu i wykonywaniu zadań związanych z funkcjonowaniem górnictwa węgla kamiennego.

Polski Indeks Rynku Węgla Energetycznego jest znakiem prawnie zastrzeżonym, którego właścicielami są Agencja Rozwoju Przemysłu S.A. i Towarowa Giełda Energii S.A., będące wraz z Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie współwłaścicielami metodologii ich obliczania.

Polskie indeksy cenowe węgla energetycznego – fakty i oczekiwane korzyści płynące z utworzenia indeksów

Zaproponowane przez TGE S.A. i ARP S.A. indeksy cenowe węgla energetycznego, ze względu na metodykę tworzenia i algorytmy obliczeniowe, w tym wielkość wolumenu objętego każdym indeksem, będą znaczącym źródłem informacji o cenie węgla;

Indeksy podają zracjonalizowane i zalgorytmizowane informacje cenowe, co umożliwia oszacowanie i porównanie kosztów produkcji i zbytu węgla różnych producentów i dostawców, a tym samym daje możliwość wykazania przewagi konkurencyjnej;

Wprowadzenie na polski rynek krajowych indeksów cenowych pozwoli na porównywanie krajowych cen węgla z rynkami europejskimi i światowymi;

Dysponowanie wiarygodnymi danymi daje szansę podejmowania kluczowych decyzji taktycznych i strategicznych;

Producenci węgla, uwzględniając uwarunkowania rynku, mają możliwość bieżącej i długoterminowej kontroli kosztów wydobycia węgla oraz podejmowania stosownych decyzji, w tym strategicznych decyzji inwestycyjnych lub decyzji o przesunięciu wydobycia na inne ściany wydobywcze;

Indeksy ułatwią sprzedającym, jak i kupującym, zabezpieczenie ryzyka cen transakcji, ocenę ryzyka inwestycyjnego w obszarach związanych m.in.

z rozwojem kopalń i wytwarzaniem energii, ocenę ryzyka kredytowego przez pożyczkodawców i pożyczkobiorców;

Wiarygodny indeks cenowy daje możliwość stosowania w transakcjach długoterminowych ceny indeksowej, zmiennej w czasie, przeliczanej w oparciu o uzgodnione przez strony transakcji formuły, co zwiększy bezpieczeństwo finansowe realizowanej transakcji, zwiększając atrakcyjność rynku dla sprzedających i kupujących;

Korzystając z informacji indeksowych, producenci i odbiorcy posiadają możliwość bezpośredniego wpływu na cenę transakcyjną z uwzględnieniem sygnałów płynących z rynku, w tym w zakresie cen węgla importowanego;

Publikacja kolejnych indeksów cenowych węgla może ożywić rynek spot, na którym istnieją nadal duże rezerwy popytowe;

Można oczekiwać, że systematyczna publikacja indeksów cenowych węgla spowoduje wzrost zaufania do polskich producentów, a tym samym poczucia bezpieczeństwa przy zawieraniu transakcji, co jest niebagatelnym czynnikiem przy podejmowaniu decyzji;

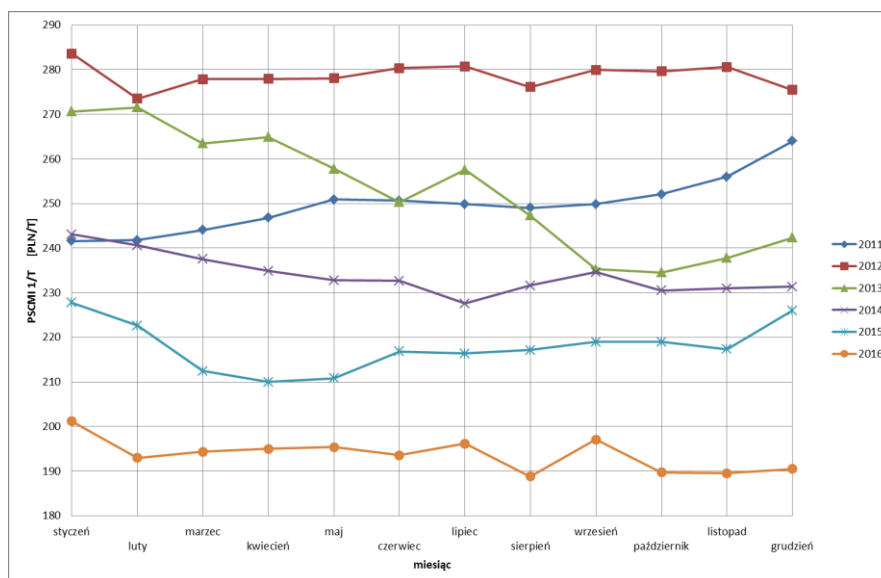
Analizy historycznych trendów cenowych mogą pomóc w podjęciu decyzji handlowych, co do wielkości posiadanych zapasów węgla np. poprzez działania promocyjne wobec wybranych segmentów popytowych [1, 2].

Analiza trendów cenowych

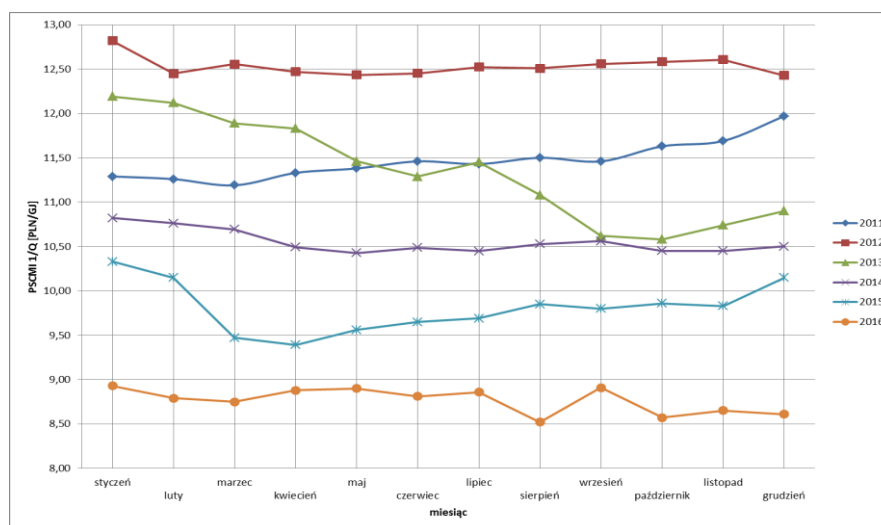
Od chwili prowadzenia indeksów cenowych, czyli od roku 2011 węgiel kamienny o parametrach objętych PSCMI 1 dla energetyki zawodowej i przemysłowej wykazywał trend wzrostu cen osiągając największe wartości w roku 2012 kształtujące się na poziomie 280 zł/T. Sprzedaż miałów o parametrach PSCMI 1 dla energetyki zawodowej i przemysłowej w roku 2011 wynosiła 23,1 mln T, a całkowita sprzedaż miałów do energetyki wyniosła 40,3 mln/T. Od momentu kryzysu na rynku węgla obserwowany jest trend spadkowy, przy czym największe spadki cenowe zaobserwowano w roku 2013. Rok 2016 charakteryzował się najniższymi cenami węgla w historii III RP. Sprzedaż miałów o parametrach PSCMI 1 dla energetyki zawodowej i przemysłowej w roku 2016 wynosiła 24,7 mln T, a całkowita sprzedaż miałów do energetyki wyniosła 42,6 mln/T.

Dynamika zmian

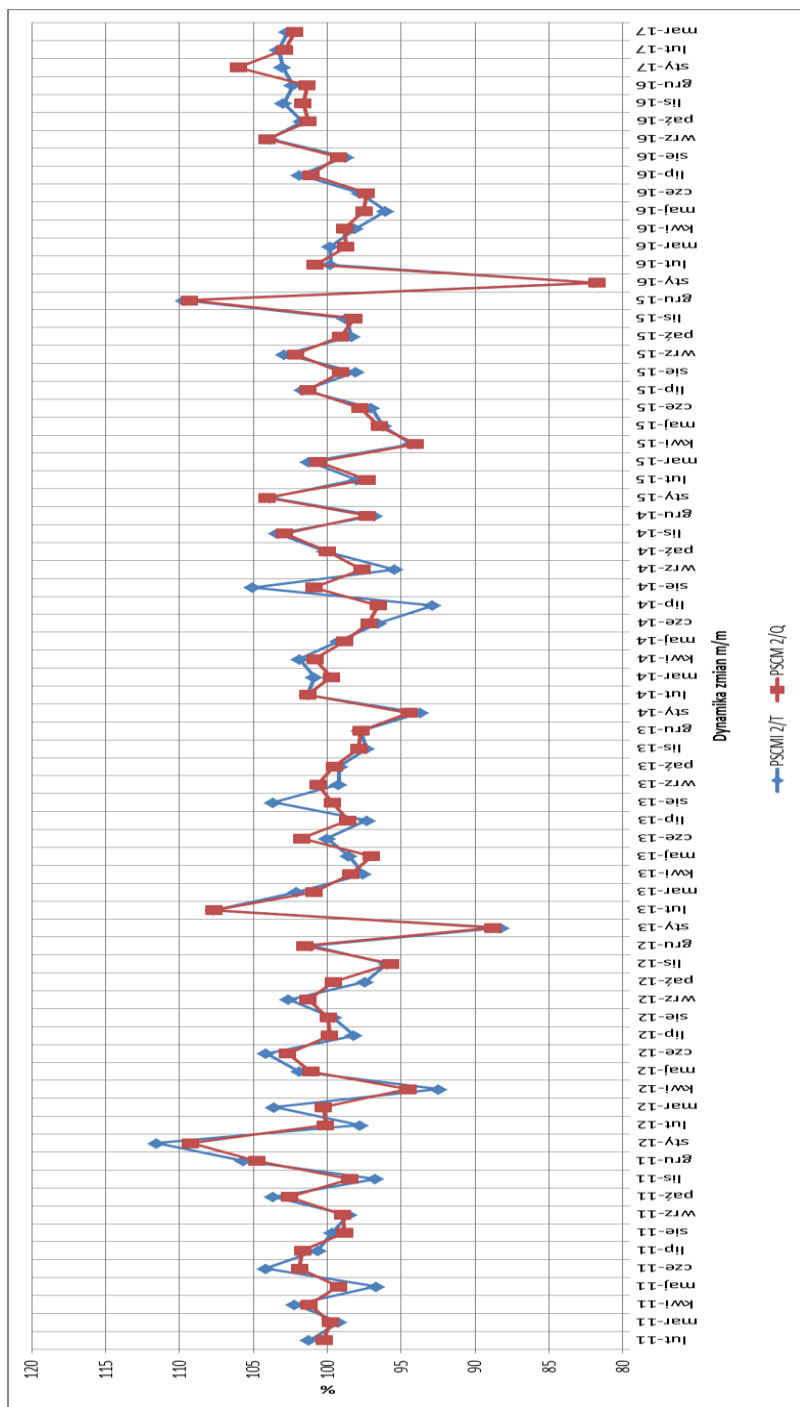
Porównanie dynamiki zmiennej indeksów węglowych na rynku w sprzedaży do ciepłowni przemysłowych i komunalnych przedstawiono na rys. 3.



Rys. 1. Indeks cen sortymentów miałowych węgla energetycznego w latach 2011–2013 dla PSCMI 1/T. Źródło: [3]



Rys. 2. Indeks cen sortymentów miałowych węgla energetycznego w latach 2011–2013 dla PSCMI 1/Q. Źródło: [3]



Rys. 3. Indeks cen sortymentów miałowych węgla energetycznego w latach 2011–2013 dla PSCMI 1/Q

Źródło: [3]

Zaobserwować można pewną powtarzalność w dynamice zmian, szczególnie w okresach przełomowych pomiędzy kolejnymi latami. Z grudnia na styczeń następują gwałtowne spadki cen węgla, następnie w dwóch kolejnych miesiącach następuje odwrócenie dynamiki. Miesiące kwiecień i maj charakteryzują się ponownie spadkową dynamiką zmian indeksów węglowych. Tym samym rynek sprzedaży węgla do ciepłowni przemysłowych i komunalnych charakteryzuje się dużą zmiennością. Ogromny wpływ wywiera klimat i warunki pogodowe panujące w okresie od listopada do maja każdego roku kalendarzowego.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono nowy indeks węglowy wprowadzony na rynek polskich transakcji węgla. Omówiono proces jego tworzenia oraz zasady wyceny poszczególnych indeksów węglowych. W drugiej części artykułu przeprowadzono analizę trendów cenowych indeksów PCMI dla lat 2011–2016, gdzie zaobserwowano stałe okresy wzrostów i spadków. Wprowadzenie indeksów na polski rynek węgla spełniło pokładane w nim oczekiwania, między innymi:

- porównywanie polskich cen węgla z zagranicznymi,
- wiarygodne dane pozwalają na podejmowanie strategicznych decyzji.

Dalszy rozwój indeksów węglowych w znaczący sposób powinien się przyczynić zarówno do ożywienia rynku spot w Polsce, jak i do wzrostu zaufania do polskich producentów węgla. Indeksy bowiem wprowadzają bezpieczeństwo i przewidywalność, a tym samym atrakcyjność rynku dla sprzedających i kupujących.

Literatura

- [1] Lorentz U., *Indeksy cen węgla energetycznego na rynkach spot – możliwość wykorzystania doświadczeń w konstrukcji indeksu dla rynku krajowego* [w:] *Polityka Energetyczna*, Kraków 2012, t. 15, z. 4, s. 241–253.
- [2] Olejniczak M., *Węglowy Indeks Cenowy: metodologia, rola, wykorzystanie, korzyści, rynkowe obowiązki informacyjne*, materiały pokonferencyjne z cyklu Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej, 2014.
- [3] <https://www.arp.pl/> (data dostępu: 08.06.2017).
- [4] <http://www.polskirynekwegla.pl/metodologia-obliczania>, (data dostępu: 08.06.2017).



**Karolina Grabowska¹, Jarosław Krzywański¹, Mariusz Basiak²,
Dawid Kręciwilk²**

¹*Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie,*

al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa

e-mail: k.grabowska@ajd.czyst.pl, j.krzywanski@ajd.czyst.pl

²*Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej,*

ul. Sabinowska 62/64, 42–200 Częstochowa,

e-mail: basiakm@cspsp.pl, kreciwilkd@cspsp.pl

WYMAGANIA PRAWNE OCHRONY PRZECIWWYBUCHOWEJ PRZY PRACY Z SUBSTANCJAMI CHEMICZNYMI

Streszczenie. Magazynowanie, przetwarzanie oraz wykorzystanie w przemysłowym procesie produkcyjnym niebezpiecznych substancji chemicznych wymusza na pracodawcach oraz zarządcach obiektów budowlanych przestrzeganie szeregu szczególnych wymagań techniczno-budowlanych oraz regulacji w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zatrudnionych pracowników. Niedostosowanie budynków do wymagań oraz niezachowanie szczególnej ostrożności przy pracy z substancjami chemicznymi mogą prowadzić do realnego zagrożenia wybuchowego, a w konsekwencji do zagrożenia życia ludzi oraz strat dla środowiska. Pierwszym etapem identyfikacji zagrożeń jest przeprowadzenie oceny zagrożenia wybuchem, której efektem jest wdrożenie przeciwwybuchowych środków technicznych oraz organizacyjnych, dostosowanych do poziomu zagrożenia. W pracy przedstawiono praktyczne aspekty zabezpieczenia obiektów budowlanych oraz procesów pracy na podstawie przepisów prawnych dotyczących ochrony przeciwwybuchowej.

Słowa kluczowe: ochrona przeciwwybuchowa, ocena zagrożenia wybuchem, rozporządzenie REACH, bezpieczeństwo chemiczne.

LAW REQUIREMENTS OF EXPLOSION PROOF PROTECTION AT WORKING WITH CHEMICAL SUBSTANCES

Abstract. Storage, processing and using of dangerous chemicals substances in the industrial production process requires from employers and buildings managers to compliance with a number of specific technical and building requirements as well as regulations regarding the safety and health protection of employees. Maladjustment of buildings to law requirements and lack of particular caution during work with chemicals substances may lead to a real explosive threat and as a consequence to exposure of human life and the environment. The first stage of the threats identifying is to carry out an explosion risk assessment, which of effect is the implementation of technical and organizational explosion-proofs, adjusted to the level of dangers. In the paper practical aspects of securing buildings and working processes based on the law requirements concerning of explosion protection are presented.

Keywords: explosion proof protection, explosion risk assessment, REACH directive, chemical safety.

Wstęp

Skuteczna organizacja ochrony przeciwwybuchowej w zakładzie pracy wymaga znajomości i wdrożenia obowiązujących regulacji prawnych w tym zakresie. Przepisy prawne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w atmosferze wybuchowej ściśle definiują rozwiązania techniczne i organizacyjne, które pracodawca zobowiązany jest wdrożyć w przypadku stwierdzenia zagrożenia. Jednak ten właśnie kluczowy etap identyfikacji zagrożeń wybuchowych jest źródłem wielu trudności, ponieważ wymaga posiadania specjalistycznej wiedzy o zjawiskach determinujących wybuch oraz o właściwościach poszczególnych materiałów.

W literaturze wybuch definiowany jest jako gwałtowna reakcja egzotermiczna, w wyniku której obserwujemy nagły przyrost ciśnienia i temperatury oraz emisję fal akustycznych i promieniowania [1, 2]. Źródłem zagrożeń wybuchowych w środowisku pracy mogą być palne pyły, opary palnych cieczy oraz gazy. Szczególnie niebezpieczne, a często ignorowane w zakładach pracy, są zalegające warstwy pyłów, które są produktem ubocznym wielu procesów technologicznych. Nagłe wzburzenie pyłów osiadłych, wywołane np. silnym wstrząsem, uderzeniem lub podmuchem, powoduje powstanie obłoków pyłu o znacznej koncentracji drobnych frakcji, które, napotykając bodziec energetyczny, stanowią przyczynę zapoczątkowania reakcji spalania kinetycznego. W takich przypadkach wybuch często przechodzi w eksplozję łańcuchową, wyzwalaając wtórne wybuchy pyłów osiadłych w bezpośrednim otoczeniu. Opary palnych cieczy

oraz gazy charakteryzują granice wybuchowości. Wybuch tych substancji może nastąpić w zakresie stężeń pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości, które określają odpowiednio najmniejsze i największe stężenie substancji palnej w mieszaninie z powietrzem, przy której, pod wpływem zewnętrznego bodźca energetycznego, nastąpi wybuch. Zakres wybuchowych stężeń charakteryzuje daną substancję [3]. Zgodnie z tabelą 1. wybuch par benzyny nastąpi tylko w granicach stężenia od 1,3% do 10,6% [4]. Natomiast acetylen jest jedną z substancji o bardzo szerokich granicach wybuchowości – od 2,4% do 83% [5]. Poniżej minimalnych wartości reakcja spalania nie zostanie zapoczątkowana. Istotnym czynnikiem warunkującym wystąpienie wybuchu jest również temperatura, przy której dana substancja uwalnia ilość par wystarczającą do zapalenia w wyniku kontaktu z zewnętrznym bodźcem energetycznym.

Tab. 1. Granice wybuchowości wybranych substancji [6]

Granice wybuchowości GW [% obj.]		
Substancja	Dolna - DGW	Górna - GGW
Butan	1,5	8,5
Cyjanowodór	5,6	41
Benzyna	1,3	10,6
Acetylen	2,4	83
Wodór	4	75
Metan	4,9	15,4
Benzyna ekstrakcyjna	1,1	1,5

Analizę zagrożenia wybuchowego należy również przeprowadzić pod kątem możliwych reakcji substancji, które przy odpowiednim przechowywaniu nie stanowią zagrożenia, ale jeżeli wejdą w reakcję z inną substancją mogą stworzyć warunki, w których nastąpi wybuch w wyniku samozapalenia wywołanego reakcją chemiczną [7]. Klasycznym przykładem takiego połączenia jest gwałtowna reakcja wody z metalami aktywnymi (sód, potas), w wyniku której powstaje mieszanina palnego wodoru wydzielającego się w reakcji z tlenem.

Złożony charakter zagrożeń wybuchowych wymaga przestrzegania szczegółowych obostrzeń prawnych, które obowiązują w całym cyklu „życia” substancji – od produkcji, przez magazynowanie i eksploatację, aż do bezpiecznych procedur utylizacji.

Wymagania prawne

Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach i ich mieszaninach (Dz.U. 2011 nr 63 poz. 322) kwalifikuje substancje o właściwościach wybuchowych do kategorii niebezpiecznych substancji i preparatów chemicznych [8]. Biorąc pod uwagę tę klasyfikację, pracodawca, który zidentyfikuje zagrożenie wybuchowe w zakładzie pracy, zobowiązany jest do sporządzenia rejestru substancji niebezpiecznych, realizując w ten sposób postanowienia art. 221 ustawy Kodeks Pracy z dnia 26 czerwca 1974 r. (tekst jedn.: Dz.U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94 z późn. zm.), który zabrania stosowania niebezpiecznych substancji bez posiadania aktualnego ich spisu [9].

Źródłem informacji dla pracodawców o właściwościach wykorzystywanych substancji chemicznych oraz charakterystyce zagrożeń są karty charakterystyki, które bezwzględnie muszą być dostarczone przez producenta lub dystrybutora danej substancji chemicznej, w języku urzędowym kraju, w którym preparat jest wprowadzany do obrotu [10]. Karta charakterystyki to również dokument, zawierający kluczowe dane potrzebne do przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego, wynikającego z ekspozycji pracowników na działanie substancji. Na tej podstawie pracodawca wdraża potrzebne środki ochrony zbiorowej oraz, jeżeli to konieczne, środków ochrony indywidualnej.

Rozpoznanie w zakładzie pracy zagrożenia wybuchowego zobowiązuje pracodawców do przeprowadzenia kompleksowej oceny zagrożenia wybuchem, zgodnie z zapisami Rozporządzenia Ministra spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109.poz. 719). Spełnienie powyższego obowiązku zgodnie z § 37 wymaga [11]:

- wskazania substancji niebezpiecznych,
- wskazania pomieszczeń zagrożonych wybuchem,
- wyznaczenia w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych odpowiednich stref zagrożenia wybuchem,
- graficznego oznakowania niebezpiecznych pomieszczeń oraz stref.

Pomieszczenie klasyfikujemy jako zagrożone wybuchem jeżeli przyrost ciśnienia w wyniku wybuchu zgromadzonych par lub gazów przekroczy 5 kPa. Zatem o określeniu pomieszczenia zadecyduje rodzaj i ilość zgromadzonej substancji, a wytyczne do obliczeń przyrostu ciśnienia stanowi załącznik do rozporządzenia [11].

Zlokalizowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem w budynku wymaga zastosowania dodatkowych rozwiązań technicznych oraz bezpieczeństwa konstrukcji, które zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422). Przed

wszystkim obecność pomieszczeń zagrożonych wybuchem w budynkach produkcyjno-magazynowych wymaga znacznego ograniczenia maksymalnej powierzchni stref pożarowych, zgodnie z rysunkiem 1. Ponadto takie pomieszczenia powinny być lokalizowane na najwyższej kondygnacji, z lekką konstrukcją pokrycia dachu, o masie nieprzekraczającej 75 kg/m^2 rzutu [12]. Przepisy rozporządzenia zobowiązują również do specjalnego wykonania systemu wentylacji, który musi być wyposażony w urządzenia automatycznie wstrzymujące pracę wentylatorów w przypadku wykrycia zagrożenia. W celu zapobiegania przypadkowemu mieszananiu usuwanych substancji, należy zapewnić oddzielne wyciągi dla każdego pomieszczenia zagrożonego wybuchem, a usytuowanie otworów powinno wynikać z analizy właściwości fizycznych wykorzystywanych substancji, np. gęstość [12].



Rodzaj stref pożarowych	Gęstość obciążenia ogniowego Q [MJ/m^2]	Dopuszczalna powierzchnia strefy pożarowej w m^2		
		w budynku o jednej kondygnacji nadziemnej (bez ograniczenia wysokości)	w budynku wielokondygnacyjnym	
			niskim i średniowysokim (N) i (SW)	wysokim i wysokościowym (W) i (WW)
1	2	3	4	5
Strefy pożarowe z pomieszczeniem zagrożonym wybuchem	$Q > 4\ 000$	1 000	*	*
	$2\ 000 < Q \leq 4\ 000$	2 000	*	*
	$1\ 000 < Q \leq 2\ 000$	4 000	1 000	*
	$500 < Q \leq 1\ 000$	6 000	2 000	500
	$Q \leq 500$	8 000	3 000	1 000
Strefy pożarowe pozostałe	$Q > 4\ 000$	2 000	1 000	*
	$2\ 000 < Q \leq 4\ 000$	4 000	2 000	*
	$1\ 000 < Q \leq 2\ 000$	8 000	4 000	1 000
	$500 < Q \leq 1\ 000$	15 000	8 000	2 500
	$Q \leq 500$	20 000	10 000	5 000

* Nie dopuszcza się takich przypadków.

Rys.1. Dopuszczalne powierzchnie stref pożarowych w budynkach produkcyjno-magazynowych PM (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422) [12]

Zaostrzone przepisy odnośnie do pomieszczeń zagrożonych wybuchem powodują, że właściciele lub zarządcy budynków, chcąc uniknąć ponoszenia kosztów związanych z dostosowaniem budynków do wymagań przepisów techniczno-budowlanych, rezygnują z wydzielania pomieszczeń w halach produkcyjnych. Wówczas zobowiązani są wyznaczyć strefy zagrożenia wybuchem, zgodnie z tabelą 2.

Tab. 2. Oznakowanie stref zagrożonych wybuchem zgodnie z normą PN-EN 1127-1:2011 [13]

Źródło atmosfery wybuchowej	Częstotliwość występowania atmosfery wybuchowej		
	występuje stale (utrzymuje się przez długi czas)	występuje sporadycznie (podczas normalnej pracy)	nie występuje podczas normalnej pracy, a jeżeli wystąpi, to utrzymuje się przez krótki czas
Pyły			
Gazy i pary palnych cieczy			

Techniczne metody zabezpieczenia przez wybuchem

Zainicjowanie wybuchu, wymaga jednoczesnego wystąpienia trzech czynników:

- stężenie substancji niebezpiecznej pomiędzy DGW a GGW,
- wystarczająco wysokie stężenie tlenu do utrzymania procesu spalania,
- zewnętrzny bodziec energetyczny o odpowiednim potencjale.

Jeżeli nie zostaną spełnione jednocześnie powyższe warunki, reakcja spalania, a w konsekwencji wybuch, nie nastąpi. Z tej zależności bezpośrednio wynikają również techniczne środki ochrony przed wybuchem:

- ograniczanie wystąpienia niebezpiecznych stężeń,
- inertyzacja,
- użycie sprzętu w wykonaniu przeciwwybuchowym Ex.

Wylimitowanie możliwości wystąpienia niebezpiecznych stężeń realizowane jest przez zastosowanie systemów detekcji gazowej. Takie urządzenia wykrywają wzrost stężenia substancji w powietrzu jeszcze znacznie poniżej DGW i automatycznie uruchamiają wentylowanie strefy zagrożenia. Rozwiązanie to zostało przedstawione na rysunku 2 dla zbiorników z gazem LPG w zakładzie przemysłowym.

Inertyzacja to kolejna metoda zapobiegania występowaniu atmosfer wybuchowych. Polega na utrzymywaniu bardzo niskiego stężenia tlenu. Tlen zastępuje się innym obojętnym gazem, np. azotem, co uniemożliwia zapoczątkowanie procesu spalania. Metoda przede wszystkim jest stosowana do ochrony procesów technologicznych z użyciem niebezpiecznych substancji w zamkniętych przestrzeniach, do których pracownik nie ma bezpośredniego dostępu [14].



Rys. 2. Zabezpieczenie systemem detekcji gazowej zbiorników z gazem LPG

Eksploatacja sprzętu w wykonaniu Ex stała się obowiązkiem prawnym w efekcie przeniesienia postanowień europejskich dyrektyw UE 94/9/WE i 99/92/WE (ATEX 95 i ATEX 137) do przepisów krajowych. Przepisy nakładają na producentów obowiązek zamieszczania jednolitego oznakowania urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym. Oznakowanie zawiera znaki Ex oraz kategorię, która wskazuje dozwolony zakres zastosowania urządzeń w strefach niebezpiecznych. Ta metoda ochrony przed wybuchem nie eliminuje możliwości wystąpienia niebezpiecznych stężeń, ale zabezpiecza przed możliwością wystąpienia iskier, które mogą zainicjować wybuch. Na rysunku 3 przedstawiono szafę przeznaczoną do przechowywania substancji niebezpiecznych, która jest wyposażona w system wentylacji mechanicznej w wykonaniu Ex. Szczelna obudowa wentylatora zapobiega występowaniu bodźców energetycznych.



Rys. 3. Szafa na odczynniki chemiczne z wentylatorem w wykonaniu Ex

Podsumowanie

Podstawą prawidłowego postępowania z materiałami niebezpiecznymi w zakładzie pracy jest znajomość właściwości fizycznych i chemicznych substancji, z którymi kontakt ma pracownik. Wykorzystywane substancje chemiczne w procesach technologicznych powinny być traktowane jako materiały, które mogą wytworzyć atmosferę wybuchową, podczas normalnej pracy, ale także podczas awarii lub w wyniku możliwej reakcji z inną substancją. Identyfikacja niebezpiecznych substancji odbywa się przede wszystkim na podstawie analizy kart charakterystyki posiadanych preparatów chemicznych i kolejno wymaga wdrożenia procedury oceny zagrożenia wybuchem w zakładzie pracy. Wyniki prawidłowo przeprowadzonej oceny stanowią wytyczne do wprowadzenia technicznych i organizacyjnych środków ochrony.

Literatura

- [1] Urbański T., Vasudeva S.K., *Explosions and Explosives: Fundamental Aspects*, „Journal of Scientific and Industrial Research”, 1981, vol. 40, s. 510–519.
- [2] PN-ISO 8421-1:1997 Ochrona przeciwpożarowa – Terminologia – Terminy ogólne i dotyczące zjawiska pożaru.
- [3] Atkins P., *Physical Chemistry*, Oxford University Press, Oxford 2014, s. 769–771.
- [4] Karta charakterystyki benzyny bezołowiowej, <http://www.orklen.pl> (data dostępu: 03.01.2018).
- [5] Karta charakterystyki acetyleny, <http://www.drweca.com.pl/AC.pdf> (data dostępu: 03.01.2018).
- [6] Sawicki T., *Wybuchy przestrzenne: „Bezpieczeństwo Pracy”*, 2005, vol. 11, s. 22–25.
- [7] Wilk S., Galas M., Cwenaar R., Bezpieczeństwo pracy na stanowiskach zagrożonych wybuchem gazu, „Wiertnictwo, Nafta, Gaz”, 2008, vol. 25 (2), s. 765–773.
- [8] Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach i ich mieszaninach (Dz.U. 2011 nr 63 poz. 322).
- [9] Ustawa Kodeks Pracy z dnia 26 czerwca 1974 r. (tekst jedn.: Dz.U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94 z późn. zm.).
- [10] Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z 18.12.2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów.

-
- [11] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109.poz. 719).
 - [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422).
 - [13] PN-EN 1127-1:2011 Atmosfery wybuchowe – Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka.
 - [14] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz.U. 2010 nr 138 poz. 931).



**Renata Musielińska¹, Jerzy Kwapuliński², Jolanta Kowol²,
Marek Asman³, Ewa Nogaj⁴, Anna Szady⁵**

¹*Zakład Biologii i Ochrony Środowiska
Instytut Chemii, Ochrony Środowiska i Biotechnologii
Akademia im. J. Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa
e-mail: r.musielinska@ajd.czyst.pl*

²*Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej w Sosnowcu
Katedra Toksykologii
ul. Jedności 8, 41–200 Sosnowiec.*

³*Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej w Sosnowcu
Zakład Parazytologii
ul. Jedności 8, 41–200 Sosnowiec.*

⁴*Wyższa Szkoła Medyczna
ul. Wojska Polskiego 92, 41–200 Sosnowiec.*

⁵*Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, Megrez Sp. z o.o.
ul. Edukacji 102, 43–100 Tychy*

ROLA ZJAWISKA WTÓRNEGO PYLENIA NA TERENIE SEMIREKREACYJNYM W NARAŻENIU LUDNOŚCI ZWIĄZKAMI NI, FE, CU I ZN

Streszczenie. Zawartość Ni, Fe, Cu, Zn w powietrzu, glebie i opadach w centrum Zawoi oznaczono metodą ICP-AES. Pobór imisji tych metali wykonano za pomocą pyłomierza stałego kierunkowego i ruchomego w sąsiedztwie ulicy i odległości 200 m od ulicy. Zjawisko wtórnego pylenia opisano za pomocą współczynników kontaminacji Endlera, współczynnika wtórnej emisji Stewarda, współczynnika wzbogacenia Endlera. Dodatkowy udział tego zjawiska i ogólną zawartość metali w przyziemnej warstwie powietrza określono według Szymczykiewicza. Stanowisko Markowe Szczawiny (Babia Góra) może być wykorzystane w badaniach prospektywnych jako układ odniesienia jakości powietrza. Na terenach semirekrecyjnych znaczący okresowy dodatkowy udział ma wtórna emisja pyłów. Współczynniki kontaminacji Endlera (dwie wersje) oraz Szymczykiewicza i Stewarda dobrze charakteryzują względną zmianę jakości

powietrza w sąsiedztwie powierzchni utwardzonych i w funkcji odległości od ruchliwej ulicy.

Słowa kluczowe: wtórna emisja, pyły zawieszone, metale ciężkie, powietrze, środowisko przyrodnicze, ekspozycja na nikiel, miedź, żelazo, cynk.

THE ROLE OF THE SECONDARY DUST EMISSION IN THE SEMIRECREATIONAL AREA IN THE EXPOSURE OF THE HUMAN POPULATION OF COMPOUNDS NI, FE, CU AND ZN

Abstract. The content of Ni, Fe, Cu, Zn in the air, soil and rainfall was determined by ICP-AES. The consumption of the imissions of these metals was performed using the fixed and moving direction dust meter in the vicinity of the street and at the distance 200m from the street. The phenomenon of the secondary dust emission was described using Endler's coefficients contamination, the Stewards coefficient of secondary emission and the Endler's enrichment factor. The additional part of this phenomenon and the overall content of metals in the ground layer of air was determined by Szymczykiewicz. The position Markowe Szczawiny (Babia Mountain) can be used in prospective studies as a reference air quality. In semirecreational areas the secondary dust emission has influence on the additional significant periodic. The coefficients of contamination of Endler's (two versions), Szymczykiewicz and Steward's feature relative change in the air quality in the vicinity of the surface hardened and in the distance function from the busy street.

Keywords: secondary emission, suspended dust, heavy metal, environment, exposure to Zn, Cu, Fe, Zn.

Wstęp

Poszukiwanie obszarów odniesienia do oceny zmian zawartości wybranych metali w środowisku przyrodniczym oraz stopnia degradacji środowiska przyrodniczego są stale aktualnymi zagadnieniami naukowymi [13]. Na wielkość i zasięg emisji dalekosięgającej ważny wpływ mają zmiany warunków klimatycznych (bezpośrednio poprzez zmianę wysokości dolnej warstwy mieszanina atmosfery). Położenie geograficzne i warunki fizjograficzne słusznie uzasadniają wybór obszaru przyległego do masywu Babiej Góry jako potencjalnego układu odniesienia dla ocen prospektywnych.

W okresach wietrznej pogody kompleksy leśne posiadają emisjochłonne właściwości i wpływają na zróżnicowanie składu ilościowego i jakościowego pyłu zawieszonego w przyziemnej warstwie powietrza, w glebie oraz w pyle

osiadłym na liściach roślin [13]. Dodatkowo udział w zanieczyszczeniu powietrza ma wtórna emisja w sąsiedztwie ruchliwej ulicy.

Ilości pyłu zawieszonego w powietrzu przy ulicy zmieniają się w granicach od 2,2 do 156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w porównaniu do zakresu 0,3–5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w odległości 200 m od tej ulicy [15].

Konieczność uwzględnienia zjawiska wtórnej emisji uzasadniają badania Kwapulińskiego, Pastuszki, Mirosławskiego [6–8, 16]. Zatem celem badań było określenie jakości powietrza w przyziemnej warstwie w Zawoi i na Babiej Górze jako potencjalnego obszaru odniesienia dla ocen środowiskowych.

Metodyka badań

Badania powietrza oraz emisję kierunkową (zgodną z przeciętną „różą wiatrów”) przeprowadzono w Zawoi (Beskid Żywiecki) na 3 stanowiskach pomiarowych przy przelotowej ulicy, w odległości 200 i 500 m od ulicy oraz przy ulicy i w pyłach osiadłych na liściach. Próbkę pobierane były na wysokości 1,5–2 m nad poziomem gruntu. Gleby z tych terenów pobierano w odległości 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 m od skraju lasu. Wszystkie próbki pobrano w 2016 roku.

Pył zawieszony pobierano za pomocą aspiratora powietrza Staplex na sączkach, w ciągu 1 godziny o ściśle określonej masie, przy średnim przepływie powietrza wynoszącym 22 [Nm^3/h]. Opad całkowity pobierano za pomocą pyłomierza ruchomego, a opad kierunkowy za pomocą pyłomierza kierunkowego.

Próbki gleby i pyłu zawieszonego traktowano 5 cm^3 HNO_3 (V), aż do momentu uzyskania klarownego roztworu. Poboru prób dokonywano za pomocą aspiratora powietrza AP 700 w ciągu 1 godziny. Opad pyłu pobierano za pomocą pyłomierza kierunkowego do słoika szklanego z zawartością 100 ml wody redestylowanej. Roztwór przesączało na sączkach bibułowych typu Whatman 1, które po suszeniu i zważeniu spopielano w piecu muflowym w temperaturze 400°C i poddano mineralizacji na mokro w 10 cm^3 65% HNO_3 (V), odparowano, zakwaszono 2 cm^3 65% HNO_3 (V), dodano 20 cm^3 wody redestylowanej.

Zagadnienie zjawiska wtórnego pylenia jako potencjalnego dodatkowego źródła obecności badanych metali w powietrzu opisano za pomocą następujących współczynników [10]:

Zjawisko wtórnego pylenia opisano za pomocą:

1. Współczynnika wtórnej emisji K według Stewarda [18] z powierzchni utwardzonych, równy ilorazowi zawartości pyłu zawieszonego [mg/m^3] w powietrzu do zawartości pyłu osiadłego na powierzchni liści i krzewów (liście traktowane były jako adsorber pyłów na poziomie oddychania człowieka) [mg/m^3];

2. Współczynnika wzbogacenia U według Endlera [2] określający udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu przyziemnej warstwy powietrza;

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%$$

U – oznacza udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu przypowierzchniowych warstw powietrza, wyrażony w [%];

m_1 – masa danego metalu zawarta w 1 gramie pyłu zawieszonego w punkcie przy ulicy, wyrażona w [μg];

m_2 – masa danego metalu zawarta w 1 gramie pyłu zawieszonego w powietrzu w punkcie będącym poza zasięgiem oddziaływania wtórnego pylenia, wyrażona w [μg] (200 m od ulicy),

3. Dodatkowa masa danego metalu w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza M według Szymkiewicza [19]:

$$M = U \cdot X_g$$

M – dodatkowy udział danego pierwiastka w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza w sąsiedztwie powierzchni utwardzonych; [μg]

U – udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu przypowierzchniowych warstw powietrza, wyrażony w [%];

X_g – średnia geometryczna zawartość poszczególnych pierwiastków w sąsiedztwie ulicy, [$\mu\text{g/g}$],

4. Współczynnika kontaminacji E według Endlera [3], jako iloraz zawartości metalu w pyłe zawieszonym przy ulicy ($\mu\text{g/m}^3$) i zawartości metalu w pyłe zawieszonym w funkcji odniesienia [$\mu\text{g/m}^3$].

Wyniki i ich omówienie

Obszar semirekreacyjny Zawoi (Beskid Wysoki) i Babiej Góry jest oddalony o ok. 150 km w linii prostej od centrum przemysłowego Górnego Śląska (Katowice, Chorzów, Zabrze, Gliwice). Na tym obszarze w centrum Zawoi w kwietniu i listopadzie w przyziemnej warstwie powietrza ilości pyłu zawieszonego zmieniają się w granicach odpowiednio 4,31–14 $\mu\text{g/m}^3$ oraz 0,4–1,81 $\mu\text{g/m}^3$. Zawartość związków wybranych pierwiastków w powietrzu w sąsiedztwie ruchliwej ulicy w porównaniu do powietrza na Babiej Górze są 37-krotnie większe dla Fe, niklu – 34-krotnie, Cu 2,8 razy, Zn 4,9 razy, a ilość pyłu zawieszonego 4,3 razy, zob. Tab. 1.

Te ilości związków wybranych metali w sąsiedztwie wpływu emisji samochodowej są większe w porównaniu do obowiązujących w Polsce wytycznych normatywnych. Ilustracją są przekroczenia w powietrzu maksymalnych zawartości Ni o 368%, Cu o 160%, pyłu zawieszonego o 600%. W funkcji odległości od drogi (200 m w porównaniu do Babiej Góry przekroczenia są rzędu: Fe 26 razy i 7 razy, Zn 1,2 i 5 razy, a Ni i Cu bez względu na odległość wartości ilorazu były podobne 1,5 dla Ni i 2,3 dla Cu.

Tabela 1. Współczynniki ekotoksykologiczne charakteryzujące zjawisko wtórnego pylenia

Parametr Współczynnik	Miesiąc	Przy ulicy wzgl. odl. 200m				W odległości 200m względem Babiej Góry			
		Fe	Ni	Cu	Zn	Fe	Ni	Cu	Zn
Współczynnik Steward'a [14]	Forma rozpuszczalna	0,21	0,34	0,31	0,10	0,2	0,3	0,2	0,8
	Form nierozpuszczalna	1,0	0,5	1,2	0,3	1,2	0,7	0,2	0,7
Współczynnik wzbogacenia Endler'a [1], [%]	Kwiecień	70,0	68,0	50,0	73,0	10,7	27,5	0,9	5,1
	Listopad	45,0	35,0	92,0	72,0	13,8	14,2	0,3	2,4
Dodatkowy udział U, [µg] wg. Szynkiewiczza [15]	Kwiecień	85400	2019	800	17400	2700	672	400	48100
	Listopad	30110	360	1200	17800	17100	228	0,2	46030
Kontaminacja powietrza przy ulicy i w odległości 200m względem Babiej Góry, [%], Endler [2]	Kwiecień	10,9	28,0	0,9	6,0	5,8	3,0	1,0	4,7
	Listopad	14,0	14,0	0,3	2,5	32,0	22,0	2,1	1,5

Wpływ permanentny wtórnej emisji z powierzchni utwardzonych, emisji spalin, niskiej emisji gospodarstw mieszkaniowych sprawia, że ilości sedymentacyjne na liściach maksymalnie badanych związków metali były rzędu: Ni 4300 $\mu\text{g/g}$, Fe – 2700 $\mu\text{g/g}$, Cu – 6800 $\mu\text{g/g}$, Zn – 3600 $\mu\text{g/g}$. Te ilości są dużo mniejsze od ilości obserwowanych w kompleksach leśnych na Górnym Śląsku [5, 12, 14, 17]. Dla porównania charakterystyki jakości powietrza w powyższych warunkach wpływu wyróżnionych emisji zasadne jest podanie zawartości metali w powietrzu na Babiej Górze wyrażone w $\mu\text{g/m}^3$ oraz $\mu\text{g/g}$, zob. Tab. 2.

Tabela 2. Zawartość Fe, Ni, Cu, Zn w pyłe zawieszonym w powietrzu - Babia Góra [$\mu\text{g/m}^3$, $\mu\text{g/g}$].

Miesiąc		Me ⁺ⁿ	Fe	Ni	Cu	Zn
Marzec n=36	$\mu\text{g/m}^3$		0,11-0,53 0,37±0,30	0,02-0,06 0,03±0,02	0,17-0,32 0,22±0,10	0,60-0,80 0,69±0,10
	v		32%	65%	36%	8%
	$\mu\text{g/g}$		290-1700 2000±130	3002-950 450±180	548-1956 845±140	850-1970 700±200
Listopad n=58	$\mu\text{g/m}^3$		0,05-0,13 0,09±0,02	0,06-0,09 0,05±0,02	0,20-1,25 0,64±0,50	1,10-2,30 1,50±0,50
	v		26%	26%	52%	36%
	$\mu\text{g/g}$		157-550 240±120	130-662 320±133	308-758 450±158	630-800 730±100

Objaśnienia: v – współczynnik zmienności (%).

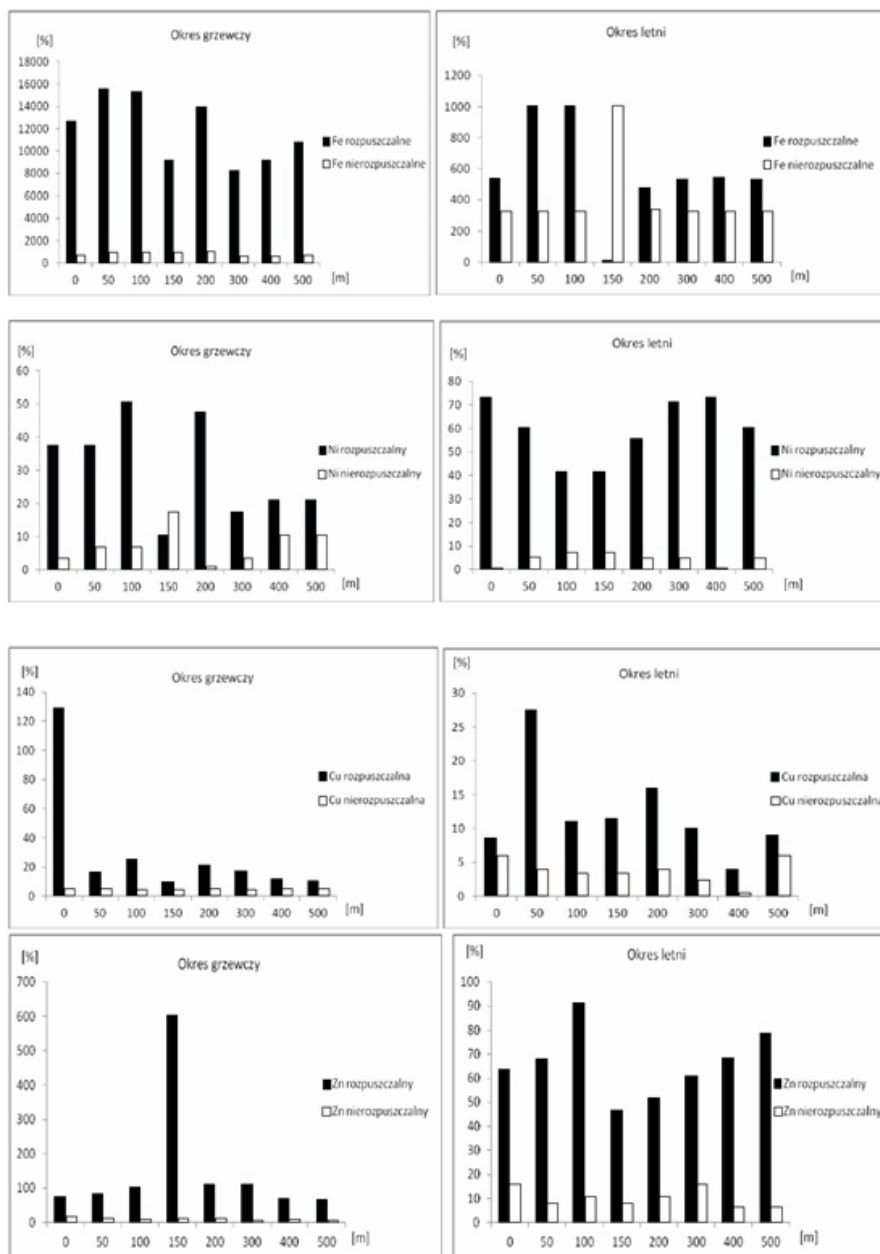
Explanations: : v – the coefficient of variation (%).

Podkreślić należy, że zmienność występowania metali jest mała, a mianowicie: Fe i Ni rzędu 26%, Cu – 52%, Zn – 36% , zob. Tab. 2. Zawartość poszczególnych metali w pyłe zawieszonym rzędu 2000 $\mu\text{g/g}$ – Fe, 450 $\mu\text{g/g}$ – Ni, 845 $\mu\text{g/g}$ – Cu, 700 $\mu\text{g/g}$ – Zn sprawia, że w marcu stężenie ich w powietrzu wynosiło kolejno Fe – 0,37 $\mu\text{g/m}^3$, Ni – 0,03 $\mu\text{g/m}^3$, Cu – 0,22 $\mu\text{g/m}^3$, Zn – 0,69 $\mu\text{g/m}^3$. W listopadzie zawartości w powietrzu w przyziemnej warstwie powietrza były istotnie inne, wyższe: Fe – 0,90 $\mu\text{g/m}^3$, Ni – 0,30 $\mu\text{g/m}^3$, Cu – 1,32 $\mu\text{g/m}^3$, Zn – 1,78 $\mu\text{g/m}^3$. Intoksykacja wybranych elementów środowiska przyrodniczego przebiega różnie. Na przykładzie występowania metali w glebie w okresie grzewczym i letnim widać, że prawdopodobnie warunki anemologiczne (kierunek i prędkość wiatru) różnicują ostateczne rozmieszczenie związków

ków wybranych metali w glebie w funkcji odległości od drogi. Z kolei udział form nierozpuszczalnych Fe i Ni, Cu i Zn w funkcji odległości utrzymuje się na podobnym poziomie w okresie grzewczym i letnim. Udział form rozpuszczalnych badanych metali każdorazowo jest większy; ma to istotne znaczenie dla mobilności ich jonów w przekroju gleby, a ostatecznie do podziemnych organów roślin, zob. Rys. 1.

Rolę zjawiska wtórnego pylenia w porównaniu do przeciętnej emisji w wyższych partiach Babiej Góry ilustrują wyniki zawartości Fe, Cu, Ni, Zn w pyłe zawieszonym w listopadzie i kwietniu, zob. Tab. 1–2. Skutki środowiskowej i wtórnej emisji w pierwszej kolejności dobrze charakteryzuje współczynnik Stewarda [18]. Widać wyraźnie, iż dodatkowy udział rozpuszczalnych związków badanych pierwiastków w wyniku sedymentacji jest rzędu Fe – 21–34% przy ulicy, a w odległości 200 m od 20% (Fe) – 80% (Zn). Nie jest dla autorów zaskoczeniem, że udział form nierozpuszczalnych jest dużo większy. Badania specjacyjne pyłu zawieszonego wyraźnie ten fakt potwierdzają. W sąsiedztwie ulicy dodatkowy ich udział w największym stopniu dotyczy Fe – 1005%, Cu – 120%, a w odległości 200 m wartości te dla Fe i Zn wynoszą 120% i 70%. Wyraźnie zmalał udział nierozpuszczalnych związków miedzi od 505% przy ulicy do 20% w odległości 200 m. Tendencje zmian wielkości udziału dodatkowych ilości związków poszczególnych pierwiastków potwierdza współczynnik wzbogacenia Endlera [2]. Wartość współczynnika wzbogacenia Cu dla powietrza na Babiej Górze wynosi 0,9%, Zn – 5,15%, Fe – 10,7% i Ni – 27,5%. W listopadzie kontaminacja powietrza tymi pierwiastkami w odległości 200 m wynosiła kolejno Fe – 13,8%, Ni – 14,2%, Cu – 0,3%, Zn – 2,4%. W rezultacie, dodatkowa konkretna ilość poszczególnych pierwiastków migrująca do przyziemnej warstwy powietrza przy ulicy w marcu wynosiła kolejno 85400 µg Fe, 2019 µg Ni, 800 µg Cu, 17400 µg Zn. W odległości 200 m udział dodatkowej masy emitowanych pyłów jest znacznie mniejszy, z wyjątkiem prawie 2,9 razy większej ilości związków cynku.

Wyniki obliczone dla listopada potwierdzają rolę związków wybranych metali w strukturze mineralnej pyłu zawieszonego w wyniku wtórnej emisji w sąsiedztwie ulicy. Środowiskowe znaczenie wtórnej emisji podkreślają współczynniki kontaminacji Endlera [3] ustalone dla dwóch okresów czasowych (marzec – listopad) w sąsiedztwie ulicy i w odległości 200 m jeśli je porównać do wtórnej emisji pyłów na Babiej Górze. W sąsiedztwie ulicy ilości związków, które dodatkowo zwiększają środowiskowe tło zanieczyszczeń powietrza jest większe, a mianowicie Fe ok. 11–14 razy, Ni 28 i 14 razy, Cu nieznacznie (0,3–0,9) i Zn 6 i 2,5 razy. Natomiast powietrze w odległości 200 m od ulicy, w porównaniu do jakości powietrza na Babiej Górze, jest zanieczyszczone w mniejszym stopniu w porównaniu do ulicy. Nowe środowiskowe tło występowania metali jest większe wobec powietrza na Babiej Górze odpowiednio: 5,8–32 razy dla Fe, 3–22 razy dla Ni, 1–2 razy dla Cu, 1,5–4,7 razy Zn.



Rys. 1. Udział form rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych w glebie w okresie grzewczym i w sezonie letnim w funkcji odległości

Podsumowując, warto przypomnieć że pyły drogowe składają się z różnych związków pochodzących z emisji spalanych materiałów pędnych, ścierania się nawierzchni asfaltowej, zużywania opon, klocków hamulcowych czy środków przeciwstukowych dodawanych do paliwa [1]. Z danych literaturowych [4] jasno wynika, że materiał pochodzący ze ścierania się nawierzchni asfaltowych może wzbogacać pyły PM10. W Wielkiej Brytanii pył powstający w trakcie eksploatacji dróg i opon samochodowych powodował emisję do środowiska w ilości $5,3 \cdot 10^7$ kg (dane za rok 1996), w Niemczech była to emisja w przedziale od 55 do $657 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-1}$, natomiast w Japonii $2,8 \cdot 10^8$ kg (dane za rok 2001) [20]. Przeprowadzone badania w wybranych miastach Polski wskazują wyraźnie na udział zjawiska wtórnego pylenia w narażeniu dzieci na związki metali ciężkich. Przykładowo, w województwie śląskim ustalone współczynniki wtórnej emisji Stewarda wynosiły odpowiednio: 3,8% w Katowicach, do 4,0% w Bytomiu i około 0,3% w Bielsku-Białej. Kontaminacja środowiska przyrodniczego związkami metali jako efekt zjawiska wtórnego pylenia dla większości miast w Polsce przedstawia się następująco: np. dla Pb w granicach od 21 do 34%, dla Cu – 45% w Gliwicach oraz do 60% w Zagłębiu, Ni w granicach od 93 do 99% [11]. Przykładem miast o największym udziale wtórnej emisji np. związkami niklu w sąsiedztwie ruchliwych ulic należą: Tychy, Katowice, Zabrze, Gliwice oraz Rybnik. Częstochowa, Bielsko-Biała oraz obszar Zagłębia Dąbrowskiego wyróżniają się mniejszym udziałem tego metalu w pyłe. Stopień wzbogacenia przyziemnej warstwy powietrza jako efekt zjawiska wtórnego pylenia wynosił w przypadku Ni – dla Częstochowy 23%, a w Tychach – do 50% [9].

Przytoczone przykłady wyraźnie wskazują na rolę wtórnego pylenia w narażeniu ludności na związki metali ciężkich. W związku z tym, istnieje potrzeba by zagadnienie to ciągle monitorować za pomocą współczynników: kontaminacji i wzbogacenia Endlera oraz współczynnika wtórnej emisji Stewarda, ponieważ współczynniki te bardzo dobrze charakteryzują zmieniającą się jakość powietrza.

Wnioski

Zjawisko wtórnej emisji pyłów na terenach semirekreacyjnych stanowi poważne dodatkowe źródło zanieczyszczenia powietrza.

Środowiskowe tło występowania Fe, Cu, Ni, Zn w zasięgu oddziaływania zjawiska wtórnego pylenia jest wielokrotnie większe niż na Babiej Górze.

Dodatkowe narażenie związkami badanych metali mieszkańców Zawoi i analogicznie z innych miejscowości semirekreacyjnych dobrze odwzorowują wartości współczynników charakteryzujących wtórne pylenie.

System współczynników kontaminacji Endlera (dwie wersje) oraz Szymczykiewicza i Stewarda stanowią dobrą podstawę do oceny bezpieczeństwa ludności narażonej na zjawisko wtórnego pylenia.

Literatura

- [1] Adachi K., Tainosho Y., *Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust*, „Environment International”, 2004, vol. 30(8), s. 1009–1017, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2004.04.004>
- [2] Endler Z., Markiewicz K., Michalczyk J., *Zawartość metali ciężkich w liściach, kwiatach i owocach bzu czarnego*, „Wiadomości Zielarskie”, 1989, vol. 2, s. 5–6.
- [3] Endler Z., Markiewicz K., Michalczyk J., *Wpływ spalin pojazdów na kumulację toksycznych metali w liściach i owocach głogu*, „Herba Polonica”, 1987, vol. 4, s. 254–260.
- [4] Kupiainen K., Tervahattu H., Raisanen M., *Experimental studies about the impact of traction sand on urban road dust composition*, „The Science of the Total Environment”, 2003, vol. 308, s. 175–184, DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00674-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00674-5)
- [5] Kwapuliński J., Cyganek M., Mirosławski J., Czomperlik B., *Zagadnienia współwystępowania metali w środowisku leśnym*, „Gaz Woda Techn. Sanit.”, 1992, vol. 66(2), s. 26–30.
- [6] Kwapuliński J., Mirosławski J., *Charakterystyka fizyczno-chemicznego zjawiska wtórnego pylenia w otoczeniu ulicy*, „Ochrona Powietrza”, 1990, vol. 5, s. 97–101.
- [7] Kwapuliński J., Paśluszko J., *Koncentracja metali ciężkich w powietrzu w pobliżu dróg silnie zapyłonych*, „Gaz Woda Techn. Sanit.”, 1986, vol. 1, s. 17–20.
- [8] Kwapuliński J., Paśluszko J., *Application the mass balance equation in the estimation of Be and Ra concentration in the lower atmosphere*, „Sci. Total Environ.”, 1983, vol. 26, s. 203–207.
- [9] Kwapuliński J., Suflita M., Brewczyński P.Z., Bebek M., Babula M., Królak E., Szady B., Nogaj E., Rabsztyn E., Mitko K., Musielińska R., Krakowiak E., *Wtórna emisja pyłów a kumulacja Ni w migdałkach gardłowych dzieci zamieszkałych w miastach województwa śląskiego*, „Med. Środow.”, 2012, vol. 15(4), s. 55–62.
- [10] Kwapuliński J., Suflita M., Królak E., Bebek M., Babula M., Mitko K., Nogaj E., Musielińska R., *Znaczenie wtórnej emisji pyłów w miastach dla kumulacji Ni w migdałkach gardłowych*, „Ekologia i Technika”, 2012, vol. 20(2), s. 107–114.
- [11] Kwapuliński J., Suflita M., Nogaj E., Brewczyński P.Z., Kowol J., Brodziak-Dopierała B., Kuźniewski K., *Ocena narażenia dzieci na wtórną emisję niklu, ołowiu i miedzi pochodzenia środowiskowego*, „Med. Środow.”, 2012, vol. 15(4), s. 45–54.

- [12] Kwapuliński J., Wiechuła D., Kowal J., Mirosławski J., *Współwystępowanie metali w ekosystemie leśnym na przykładzie lasów woj. śląskiego*, „Problemy Ekologii”, 2002, vol. 6(4), s. 161–166.
- [13] Mirosławski J., Cyganek M., Czomperlik B., Szywała A., Kwapuliński J., *Ocena emisjochłonnej funkcji lasu w aspekcie zagrożenia toksycznymi metalami ciężkimi*, „Sylwan”, 1992, vol. 5, s. 11–18.
- [14] Mirosławski J., Cyganek M., Czomperlik B., Szywała A., *Skutki zjawiska wtórnego pylenia lasu zanieczyszczonego toksycznymi metalami*, „Sylwan”, 1992, vol. 6, s. 100–106.
- [15] Mirosławski J., Wiechuła D., Kwapuliński J., Sottysiak G., *Udział leśnej emisji obszarowej w występowaniu metali w przyziemnej warstwie powietrza*, „Ochrona Powietrza i Probl. Odpadów”, 2002, vol. 36(3), s. 98–102.
- [16] Pastuszko J., Kwapuliński J., *Wpływ emisji pyłu z dróg na zmianę niektórych parametrów środowiska*, „Ochrona Powietrza”, 1986, vol. 2, s. 29–32.
- [17] Sarosiek J., Mirosawski J., Kwapuliński J., Paukzto A., Wiechuła D., Mansar A., *Współwystępowanie Me^{+ne} w pyłe zdeponowanym w liściach drzew w Beskidzie Zachodnim*, „Prace Bot.”, 1997, vol. 72, s. 49–62.
- [18] Stewart K., *Surface Contamination* [in:] B.R., Fish (ed.) Proc. of a Symp. Healt at Gatlinburg, Pergamon Press, Oxford 1967, s. 63–74.
- [19] Szymczykiewicz K., *Toksykologia pyłów*, IMP Sosnowiec 1988.
- [20] Yongming H., Peixuan D., Junji C., Posmentier E.S., *Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China*, „The Science of the Total Environment”, 2006, vol. 355, s.176–186, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.02.026>



Renata Musielińska¹, Jerzy Kwapuliński², Jolanta Kowol², Marek Asman³

¹*Zakład Biologii i Ochrony Środowiska*

Instytut Chemii, Ochrony Środowiska i Biotechnologii

Akademia im. J. Długosza w Częstochowie

al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa

e-mail: r.musielinska@ajd.czyst.pl

²*Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej w Sosnowcu

Katedra Toksykologii

ul. Jedności 8, 41–200 Sosnowiec

³*Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach*

Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej w Sosnowcu

Zakład Parazytologii

ul. Jedności 8, 41–200 Sosnowiec

KONTAMINACJA W PRZYZIEMNEJ WARSTWIE POWIETRZA W ZAWOI W ASPEKTCIE POSZUKIWANIA OBSZARÓW ODNIESIENIA

Streszczenie. Badania przeprowadzono w obszarze administracyjnym Nadleśnictwa Zawoja. Jako układ odniesienia wytypowano schronisko na Babiej Górze (Markowe Szczawiny). Zawartość Ni, Fe, Cu, Zn oznaczono metodą ICP-AES. Pobór imisji tych metali wykonano za pomocą pyłomierza stałego kierunkowego i ruchomego w sąsiedztwie ulicy i odległości 200 m od ulicy. Zjawisko wtórnego pylenia opisano za pomocą współczynników kontaminacji Endlera, współczynnika wtórnej emisji Stewarda, współczynnika wzbogacenia Endlera. Dodatkowy udział tego zjawiska i ogólną zawartość metali w przyziemnej warstwie powietrza określono według Szymczykiewicza. Stanowisko Markowe Szczawiny (Babia Góra) może być wykorzystane w badaniach prospektywnych jako układ odniesienia jakości powietrza. Na terenach semirekreacyjnych znaczący okresowy dodatkowy udział ma wtórna emisja pyłów. Współczynniki kontaminacji Endlera (dwie wersje) oraz Szymczykiewicza i Stewarda dobrze charakteryzują względną zmianę jakości powietrza w sąsiedztwie powierzchni utwardzonych i w funkcji odległości od ruchliwej ulicy.

Słowa kluczowe: Wtórna emisja, pyły zawieszane, metale ciężkie, powietrze, środowisko przyrodnicze, ekspozycja na nikiel, miedź, żelazo, cynk.

THE CONTAMINATION IN THE GROUND LAYER OF AIR IN ZAWOJA IN TERMS OF THE SEARCH FOR REFERENCE AREAS

Abstract. The studies were conducted in the area of the Zawoja Forest District. As a frame of reference the hostel in Babia Mountain (Markowe Szczawiny) was chosen. The content of Ni, Fe, Cu, Zn was determined by ICP-AES. The consumption of the imissions of these metals was performed using the fixed and moving direction dust meter in the vicinity of the street and at the distance 200m from the street. The phenomenon of the secondary dust emission was described using Endler's coefficients contamination, the Steward's coefficient of secondary emission and the Endler's enrichment factor. The additional part of this phenomenon and the overall content of metals in the ground layer of air was determined by Szymczykiewicz. The position Markowe Szczawiny (Babia Mountain) can be used in prospective studies as a reference air quality. In semirecreational areas the secondary dust emission has influence on the additional significant periodic. The coefficients of contamination of Endler's (two versions), Szymczykiewicz and Steward's feature relative change in the air quality in the vicinity of the surface hardened and in the distance function from the busy street.

Keywords: Secondary emission, suspended dust, heavy metal, environment, exposure to Zn, Cu, Fe, Zn.

Wprowadzenie

Wymogi bezpieczeństwa w zakresie narażenia ludności na związki toksycznych metali wymagają podjęcia badań nad zjawiskiem wtórnego pylenia. Temat ten był dotychczas analizowany w piśmiennictwie tylko jako zjawisko fizyczno-chemiczne, a pominięty był aspekt ekotoksykologiczny. Przeprowadzone badania opisują szkodliwy wpływ zjawiska wtórnego pylenia na ludzi i zwierzęta w oparciu o zestaw współczynników, które pozwalają ocenić i porównać wpływ tego zjawiska na otoczenie. W związku z powyższym dla ocen prognostycznych narażenia ludności konieczne jest poszukiwanie obszarów, w których wtórna emisja pochodzi równolegle z emisji samochodowej i emisji pyłów gleby o określonej charakterystyce geochemicznej. Ten wymóg spełnia obszar administracyjny gminy Zawoja.

Degradacja środowiska przyrodniczego powodowana nadmierną obecnością metali to wciąż aktualny problem. Zasadne zatem staje się poszukiwanie terenów mogących stać się obszarami odniesienia. W przeprowadzonych badaniach, potencjalnym układem odniesienia dla ocen prospektywnych poprzez położenie geograficzne oraz warunki fizjograficzne stał się teren przyległy do masywu Babiej Góry.

Obecne tam kompleksy leśne posiadają emisjochłonne właściwości, przez co w okresach wietrznej pogody wpływają na zróżnicowanie składu ilościowego i jakościowego pyłu zawieszzonego w przyziemnej warstwie powietrza, w glebie oraz w pyłe osiadłym na liściach roślin [9]. Ten proces jest modyfikowany wpływem wtórnej emisji w sąsiedztwie ruchliwej ulicy [11].

Wpływ dalekosięgającej emisji związków wybranych metali w odróżnieniu do lokalnej niskiej emisji ocenia się na podstawie wyników z programów monitorujących skład chemiczny powietrza na terenach semirekreacyjnych położonych przynajmniej 100 km od zespołu emitorów punktowych np.: elektrowni. Celowa jest zatem organizacja badań na takim obszarze semirekreacyjnym, która uwzględni analizę zawartości charakterystycznych pierwiastków w pyłe zawieszonym dla rozważanej emisji, w opadzie całkowitym zgodnie z „różą wiatrów”. Jak podają Kwapuliński, Pastuszko i Mirosławski [4–6, 12] należy także ocenić lokalną rolę wtórnej emisji gleby lub emisji samochodowej za pomocą wyników zawartości w tych elementach środowiska przyrodniczego, pozyskiwanych w funkcji odległości od drogi lub lasu z uwagi na jego emisjochłonne właściwości [4–6, 12]. Celem badań było określenie jakości powietrza w przyziemnej warstwie w Zawoi jako potencjalnego obszaru odniesienia dla ocen środowiskowych.

Metodyka badań

Badania powietrza w Zawoi (Beskid Żywiecki) przeprowadzono na 3 stanowiskach pomiarowych przy przelotowej ulicy, w odległości 200 i 500 m od ulicy oraz przy ulicy i w pyłach osiadłych na liściach w latach 2014–2016. Próbkę pobierano na wysokości 1,5–2 m nad poziomem gruntu. Gleby z tych terenów pobierano w odległości 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 m od skraju lasu.

Pył zawieszony pobierano za pomocą aspiratora powietrza Staplex na kondycjonowanych sączkach, o ściśle określonej masie w ciągu 30 minut, przy średnim przepływie powietrza wynoszącym 22 [Nm³/h]. Jako punkt odniesienia wybrano schronisko pod Babią Górą na Markowych Szczawinach (1725 m n.p.m.). Na tym stanowisku pobierano próby pyłu zawieszzonego i zdeponowanego na liściach drzew. Ponadto przedmiotem badań był opad całkowity pobierany za pomocą pyłomierza ruchomego, a opad kierunkowy za pomocą pyłomierza kierunkowego.

Próbki gleby i pyłu zawieszzonego o znanej masie po wysuszeniu pod lampami promiennikowymi, traktowano 5 cm³ HNO₃ (V), spektralnie czystym (Merck, Niemcy). Poboru pyłu dokonywano za pomocą aspiratora powietrza AP 700 w ciągu 1 godziny z wydajnością 8 dm³/min z zastosowaniem sepa-

ratorów poszczególnych frakcji pyłu. Pyły z emisji kierunkowej pobierano za pomocą pyłomierza kierunkowego do słoika szklanego z zawartością 100 ml wody redestylowanej.

Do oznaczenia metali w analizach została wykorzystana metoda indukcyjnie sprzężonej plazmy (ICP-AES), za pomocą aparatu firmy SOLAR 2000, zgodnie z instrukcją fabryczną.

Do obliczeń uwzględniono 6 pomiarów wykonanych dla 3 próbek danej próby, wykorzystując średnią arytmetyczną tych oznaczeń, którym towarzyszyło odchylenie standardowe w granicach 2,5–3% wartości oznaczanej.

Stopień odzysku związków badanych metali wahał się w granicach od 98% – Cu do 104% – Zn.

Zagadnienie zjawiska wtórnego pylenia jako potencjalnego dodatkowego źródła obecności badanych metali w powietrzu opisano za pomocą następujących współczynników [7]:

Zjawisko wtórnego pylenia opisano za pomocą:

- współczynnika wtórnej emisji K według Stewarda [14]
- współczynnika wzbogacenia U według Endlera [1]
- dodatkowej masy danego metalu w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza M według Szymkiewicza [15]
- współczynnika kontaminacji E według Endlera [2]

Wyniki i ich omówienie

Na badanym obszarze wyniki interpretowano w porównaniu do danych uzyskanych dla powietrza na Babiej Górze. Punkt ten przyjęto jako spełniający kryteria tła środowiskowego (duża różnica wysokości i odległość rzędu 5 km w odniesieniu do centrum obszaru administracyjnego i fizjografii Zawoi). W przyziemnej warstwie powietrza przykładowo ilość pyłu zawieszzonego od 4,31 do 14,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w kwietniu, w listopadzie zmieniały się w granicach od 0,4 do 1,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Okazało się, że w okolicy drogi w Zawoi zawartość związków Fe w porównaniu do Babiej Góry są 37-krotnie większe, niklu 34-krotnie, miedzi 2,87 razy, cynku 4,85 razy, a ilość pyłu zawieszzonego w powietrzu 4,26 razy większe. Obserwowane zawartości metali w sąsiedztwie głównej, ruchliwej ulicy w Zawoi mogą przekraczać wartości normatywne dla powietrza (Tab. 1).

Przykładowo maksymalne zawartości związków Ni są odpowiednio wyższe o 368% lub 759%, Cu o 175%, a pyłu zawieszzonego o 609%.

Tabela. 1. Zawartość metali w powietrzu na terenie Zawoi, [$\mu\text{g/g}$] (2014–2016)

Metal	Miesiąc							
	Październik		Listopad		Marzec		Maj	
	m_1	m_2	m_1	m_2	m_1	m_2	m_1	m_2
Fe	10865	8899	674.5	374	1240	374	541	533
Ni	21	14	10	6.5	30.5	10	73	60
Cu	19	6	12	1	16	8	8.5	4
Zn	104.5	5.95	2325	655	2385	651	91	78

Objaśnienia: m_1 - przy ulicy; m_2 - poza zasięgiem oddziaływania (500 m od ulicy)
 Explanations: m_1 – at the street; m_2 – out of reach of influence (500 m from the street)

Z uwagi na obecność dużej emisji ze spalania węgla w gospodarstwach domowych zmieniającej się sezonowo zasadne jest porównanie wyników zawartości Me^{+ne} wyrażonych w $\mu\text{g/m}^3$. Wówczas zawartość metali w sąsiedztwie przelotowej ulicy w Zawoi i w odległości 200 m w porównaniu do ilości obserwowanych w powietrzu na Babiej Górze są wyższe odpowiednio Fe 26,1 razy i 6,98 razy, Zn 1,10 razy i 4,93 razy, a Ni i Cu bez względu na odległość wartości ilorazu były podobne: 1,52 dla Ni i 2,30 dla Cu.

Dlatego w pyłe zdeponowanym na liściach w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej była różna w zależności od gatunku drzew i stanowiła o dodatkowych ilościach związków metali w przyziemnej warstwie powietrza jako efekt oddziaływania lasu na środowisko przyrodnicze w lasach Beskidu Zachodniego. Są to ilości duże i porównywalne z uzyskanymi wynikami Sarosieka i wsp. [13].

Ilości bezpośrednio biodostępnych form metali w pyłe osiadłym były następujące:

Ni: 1–4297 $\mu\text{g/g}$, Cu: 1–6758 $\mu\text{g/g}$, Zn: 143–3605 $\mu\text{g/g}$, Fe: 24–2738 $\mu\text{g/g}$.

Te zawartości mocno odbiegają, jako mniejsze, od ilości obserwowanych w kompleksach leśnych na Górnym Śląsku [3, 8].

Zarówno w pyłach osiadłym w obszarze Babiej Góry, jak i w kompleksach leśnych na terenie Śląska większe znaczenie ekotoksykologiczne w oddziaływaniu zjawiska wtórnego pylenia lasu posiadają formy rozpuszczalne związków badanych metali w pyłe zdeponowanym na liściach drzew [9–10].

Zasadniczym argumentem za przyjęciem obszaru leśnego Babiej Góry jako układu odniesienia jest bardzo mały współczynnik zmienności występowania badanych metali w przyziemnej warstwie powietrza $\mu\text{g}/\text{m}^3$, który wynosił w okresie wiosny kolejno: Fe–32%, Ni–65%, Cu–36%, Zn–8%, a w okresie jesieni Fe i Ni–26%, Cu–52%, Zn–36% (Tab. 2).

Tabela 2. Zawartość Fe, Ni, Cu, Zn w pyłe zawieszonym w powietrzu – Babia Góra [$\mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu\text{g}/\text{g}$] (2014–2016).

Me^{+n}		Fe	Ni	Cu	Zn
Miesiąc					
Kwiecień n=33	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,11-0,53 0,37±0,3	0,02-0,06 0,03±0,02	0,17-0,32 0,22±0,10	0,60-0,80 0,69±0,10
	v	32%	65%	36%	8%
	$\mu\text{g}/\text{g}$	289,90-1700,00 2000,00±135,00	3002,00-950,00 450,30±180,00	548,10-1945,00 845,00±140,00	850,00-1968,00 1198,00±198,00
Listopad n=48	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,05-0,13 0,09±0,02	0,06-0,09 0,05±0,02	0,20-1,25 0,64±0,50	1,10-2,30 1,50±0,50
	v	26%	26%	52%	36%
	$\mu\text{g}/\text{g}$	157,00-550,00 245,10±120,00	130,00-662,00 300,0±133,00	298,00-758,00 451,00±157,10	635,0-833,00 732,0±102,00

Objaśnienia: v – współczynnik zmienności (%).

Explanations: : v – the coefficient of variation (%).

Podsumowując interpretację uzyskanych wyników, można uznać, że obecność związków Fe, Ni, Cu, Zn w przyziemnej warstwie powietrza w głównej mierze jest udziałem wtórnej emisji pyłów pochodzących ze spalania paliw w samochodach oraz z niskiej emisji gospodarstw domowych.

Zatem w następnej kolejności podjęto się oceny około toksykologicznej zjawiska wtórnego pylenia wokół przelotowej ruchliwej ulicy w Zawoi. W sąsiedztwie ulicy sedymentują większe ilości pyłów, które w warunkach podmuchów towarzyszących przejeżdżającym samochodom oraz wietrznej pogody ponownie są wywiewane do przyziemnej warstwy atmosfery (0–500m) (Tab. 3).

Tabela 3. Zmiana współczynnika wzbogacenia przyziemnej warstwy powietrza w układzie (ulica-200 m od drogi) [%] wg Endlera [1] (2014–2016)

Miesiąc \ Me ⁺ⁿ	Fe	Ni	Cu	Zn
Marzec	69,8	67,2	50,0	72,2
Maj	1,5	17,8	52,9	14,3
Październik	18,0	33,3	68,4	94,3
Listopad	44,6	35,0	91,7	71,8

Okazało się, że dodatkowy wzrost zawartości związków wybranych metali jest znaczący w marcu i listopadzie: Fe o 69 i 45%, Ni o 50 i 35 %, Cu o 50 i 91%, Zn o 71 i 72%. Wyraźnie zaznacza się rola okresu grzewczego. Z kolei przyziemna warstwa powietrza wzbogaca się związkami miedzi o 68% i Zn 95% w październiku, a w okresie letnim jonami miedzi o ok. 53%, a jonami cynku o 14%. To sprawia, w świetle koncepcji Szymczykiewicza [15], że dodatkowy bardzo duży udział, w wyniku zjawiska wtórnego pylenia, poszczególnych pierwiastków w powietrzu przy ulicy waha się w granicach dla Fe od 811 do 86750 µg, Ni od 699 do 2049 µg, Cu od 800–1299 µg, Zn od 130–17338 µg.

Dodatkowe udziały są zdecydowanie mniejsze w powietrzu w odległości 200 m (Tab. 4).

Tabela 4. Dodatkowa masa danego metalu w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza w sąsiedztwie ulicy wg Szymczykiewicza [15], [µg] (2014–2016)

Miesiąc	Przy ulicy				W odległości 200 m od ulicy			
	Fe	Ni	Cu	Zn	Fe	Ni	Cu	Zn
Marzec	86750,0	2049,6	800,0	173389,5	2610,2	672,0	400,0	47327,7
Maj	811,5	1299,4	449,6	130,1	799,5	1032,0	212,0	1115,4
Październik	19557,0	699,3	1299,6	9851,2	160182,0	466,2	410,4	559,3
Listopad	30105,0	350,0	1100,4	166935,0	16680,4	227,5	92,0	47029,0

Najwyższa zawartość związków żelaza jest około 5-krotnie mniejsza, Ni ok. 2 razy, Cu ok. 400 razy i Zn ok. 4 razy.

Kolejnym parametrem opisującym rolę ekotoksykologiczną zjawiska wtórnego pylenia w sąsiedztwie ruchliwych ulic jest współczynnik wtórnej emisji (Tab. 5).

Tabela 5. Współczynnik wtórnej emisji metali wg Stewarda [14] w Zawoi w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w pyłe zawieszonym (2014–2016)

Me ⁺ⁿ	Przy ulicy		W odległości 200m od ulicy	
	Rozpuszczalne	Nierozpuszczalne	Rozpuszczalne	Nierozpuszczalne
Fe	0,210	1,010	0,180	1,150
Ni	0,340	0,470	0,300	0,620
Cu	0,310	1,100	0,230	0,130
Zn	0,107	0,265	0,770	0,720

Ten parametr mówi, o ile permanentny wpływ wtórnej emisji w porównaniu do emisji środowiskowej jest większy. Zgodnie z interpretacją Stewarda brak wpływu ma miejsce jeśli współczynnik ten jest mniejszy lub równy zero. Dla środowiska przyrodniczego ważne są w prognozowaniu skutków wartości charakteryzujące formę rozpuszczalną i nierozpuszczalną w emitowanym pyłe zawieszonym.

Podobną interpretację ma współczynnik kontaminacji pyłu zawieszonego w porównaniu do odległych wytypowanych w badaniach układów odniesienia, w naszym przypadku schronisko na Markowych Szczawinach (Babia Góra). W przypadku oznaczanych pierwiastków (Fe, Ni, Cu, Zn) kontaminacja powietrza w centrum Zawoi jest większa. W kwietniu ok. 11-krotnie większa w przypadku żelaza, 27-krotnie dla Cu, 5-krotnie dla Zn. W listopadzie wartości dla Fe, Ni są rzędu 14, a Zn 2,4.

Najmniejszą rolę w kontaminacji powietrza przy ulicy odgrywa miedź, wartości są mniejsze od zera.

Inną wersją współczynnika kontaminacji [14] są obliczenia dla relacji ilości pyłu zawieszonego do pyłu osiadłego (Tab. 6).

Tabela 6. Porównanie współczynnika kontaminacji powietrza wg Endlera [1] na Babiej Górze oraz w odległości 200 m od ulicy (2014–2016)

Me ⁺ⁿ	Babia Góra		W odległości 200m od ulicy	
	Kwiecień	Listopad	Kwiecień	Listopad
Fe	0,50	0,06	5,71	30,00
Ni	0,97	0,56	2,50	21,70
Cu	1,48	1,36	1,02	2,02
Zn	6,33	8,30	4,25	1,43

Uzyskane dane także ilustrują negatywną rolę dodatkowych ilości związków oznaczanych pierwiastków na jakość środowiska przyrodniczego w okolicy Markowych Szczawin. Wartości tego parametru są istotnie mniejsze ($p \leq 0,005$) w porównaniu do sytuacji przy ulicy w centrum Zawoi ekspozycja środowiska przyrodniczego jest porównywalna na obu stanowiskach ze strony związków Zn u podnóża Babiej Góry 6,3 i 8,3 wobec 5,0 i 2,4 w centrum (Tab. 1).

Podobnie związki miedzi więcej intoksykują środowisko przyrodnicze i tak: na Babiej Górze 1,48 i 1,36 wobec 0,87 i 0,27 w Centrum. Znaczących wzrostów należy oczekiwać ze strony udziału masowego związków żelaza – 10,7–13,5 i niklu – (27,5 i 14,2) w obszarze ulicy w centrum.

W porównaniu do jakości powietrza na Markowych Szczawinach (Babia Góra) w odległości 200 m od ulicy jest ono ze względu na związki żelaza gorsze 5,7–30 razy, Ni 2,5–24 razy. Związki Zn występują w przyziemnej warstwie powietrza przy ulicy i w odległości 200 m na podobnym poziomie, a mianowicie w kwietniu 4,2 i w listopadzie 1,43 (Tab. 6), oraz w odległości 200 m w kwietniu 1,0 i w listopadzie 1,4 wobec stanowiska na Babiej Górze. Udział wtórny związków Cu w zanieczyszczeniu powietrza charakteryzują odpowiednie wartości 1,02 i 2,02 (200 m) i 1,48 i 1,36 (ulica). Oznacza to, że stopień oddziaływania wtórnej emisji maleje z odległością już w obszarze środowiska przyrodniczego w odległości 200 m od ulicy.

Ostatecznie, rozpatrując układ powietrze przy ulicy i w odległości 200 m od tejże ulicy przekonujemy się na przykładzie współczynnika Endlera [2], iż w ciągu roku jakość powietrza w warstwie przyziemnej jest gorsza niż w odległości 200 m ze względu na obecność związków metali w tym: Fe 18,0–69,8 razy, Ni 17,8–67,2 razy, Cu 50–91,7 razy, Zn 11,43–94,3 razy.

Wnioski

Stanowisko Markowe Szczawiny (Babia Góra) może być wykorzystane w badaniach prospektywnych jako układ odniesienia jakości powietrza.

Na terenach semirekreacyjnych znaczący okresowy dodatkowy udział w zanieczyszczeniu przyziemnej warstwy powietrza ma wtórna emisja pyłów.

Współczynniki kontaminacji Endlera (dwie wersje) oraz Szymczykiewicza i Stewarda dobrze charakteryzują względną zmianę jakości powietrza w sąsiedztwie powierzchni utwardzonych i w funkcji odległości od ruchliwej ulicy.

Literatura

- [1] Endler Z., Markiewicz K., Michalczyk J., Zawartość metali ciężkich w liściach, kwiatach i owocach bzu czarnego, „Wiadomości Zielarskie”, 1989, vol. 2, s. 5–6.
- [2] Endler Z., Markiewicz K., Michalczyk J., Wpływ spalin pojazdów na kumulację toksycznych metali w liściach i owocach głogu, „Herba Polonica”, 1987, vol. 4, s. 254–260.
- [3] Kwapuliński J., Cyganek M., Mirosławski J., Czomperlik B., Zagadnienia współwystępowania metali w środowisku leśnym, „Gaz Woda Techn. Sanit.”, 1992, vol. 66(2), s. 26–30.
- [4] Kwapuliński J., Mirosławski J., Charakterystyka fizyczno-chemicznego zjawiska wtórnego pylenia w otoczeniu ulicy, „Ochrona Powietrza”, 1990, vol. 5, s. 97–101.
- [5] Kwapuliński J., Pasłuszko J., Koncentracja metali ciężkich w powietrzu w pobliżu dróg silnie zapyłonych, „Gaz Woda Techn. Sanit.”, 1986, vol. 1, s. 17–20.
- [6] Kwapuliński J., Pastuszko J., Application the mass balance equation in the estimation of Be and Ra concentration in the lower atmosphere, „Sci. Total Environ.”, 1983, vol. 26, s. 203–207.
- [7] Kwapuliński J., Suflita M., Królak E., Bebek M., Babula M., Mitko K., Nogaj E., Musielińska R., Znaczenie wtórnej emisji pyłów w miastach dla kumulacji Ni w migdałkach gardłowych, „Ekologia i Technika”, 2012, vol. 20(2), s. 107–114.
- [8] Kwapuliński J., Wiechuła D., Kowal J., Mirosławski J., Współwystępowanie metali w ekosystemie leśnym na przykładzie lasów woj. śląskiego, „Problemy Ekologii”, 2002, vol. 6(4), s. 161–166.
- [9] Mirosławski J., Cyganek M., Czomperlik B., Szywała A., Kwapuliński J., Ocena emisjochłonnej funkcji lasu w aspekcie zagrożenia toksycznymi metalami ciężkimi, „Sylvan”, 1992, vol. 5, s. 11–18.

-
- [10] Mirosławski J., Cyganek M., Czumperlik B., Szywała A., Skutki zjawiska wtórnego pylenia lasu zanieczyszczonego toksycznymi metalami, „Sylwan”, 1992, vol. 6, s. 100–106.
- [11] Mirosławski J., Wiechuła D., Kwapuliński J., Sołtysiak G., Udział leśnej emisji obszarowej w występowaniu metali w przyziemnej warstwie powietrza, „Ochrona Powietrza i Probl. Odpadów”, 2002, vol. 36(3), s. 98–102.
- [12] Pastuszko J., Kwapuliński J., Wpływ emisji pyłu z dróg na zmianę niektórych parametrów środowiska, „Ochrona Powietrza”, 1986, vol. 2, s. 29–32.
- [13] Sarosiek J., Mirosławski J., Kwapuliński J., Paukzto A., Wiechuła D., Mansar A., Współwystępowanie Me^{+ne} w pyłe zdeponowanym w liściach drzew w Beskidzie Zachodnim, „Prace Bot.”, 1997, vol. 72, s. 49–62.
- [14] Stewart K., Surface Contamination [in:] B.R., Fish (ed.) Proc. of a Symp. Health at Gatlinburg, Pergamon Press, Oxford 1967, s. 63–74.
- [15] Szymczykiewicz K., Toksykologia pyłów, IMP Sosnowiec 1988.



Magdalena Kocyba

Katedra Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

e-mail: kocyba.magdalena@wip.pcz.pl

BEZPIECZEŃSTWO EKOLOGICZNE UŻYTKOWANIA WYBRANYCH URZĄDZEŃ GRZEWCZYCH MAŁEJ MOCY

Streszczenie. W artykule została poruszona tematyka bezpieczeństwa eksploatacji wybranych urządzeń grzewczych małej mocy w Polsce. W części teoretycznej przedstawiono klasyfikację kotłów grzewczych pod względem ich przeznaczenia oraz praktycznego zastosowania w gospodarstwach domowych. Dla wybranego kotła grzewczego klasy V opalanego gazem ziemnym dokonano pomiarów stężenia wybranych składników spalin. Przedstawiona została również tematyka niskiej emisji.

Słowa kluczowe: kotły grzewcze, bezpieczeństwo, spalanie.

ECOLOGICAL SAFETY OF USING SELECTED LOW-POWER HEATING DEVICES

Abstract. The article deals with the safety of operation of selected low-power heating devices in Poland. The theoretical part presents the classification of boilers in terms of their purpose and practical use in households. For the selected V-class boiler fired with natural gas, the concentration of selected exhaust components was measured. The topic of low emissions was also presented.

Keywords: heating boilers, safety, combustion.

Klasyfikacja kotłów grzewczych małej mocy

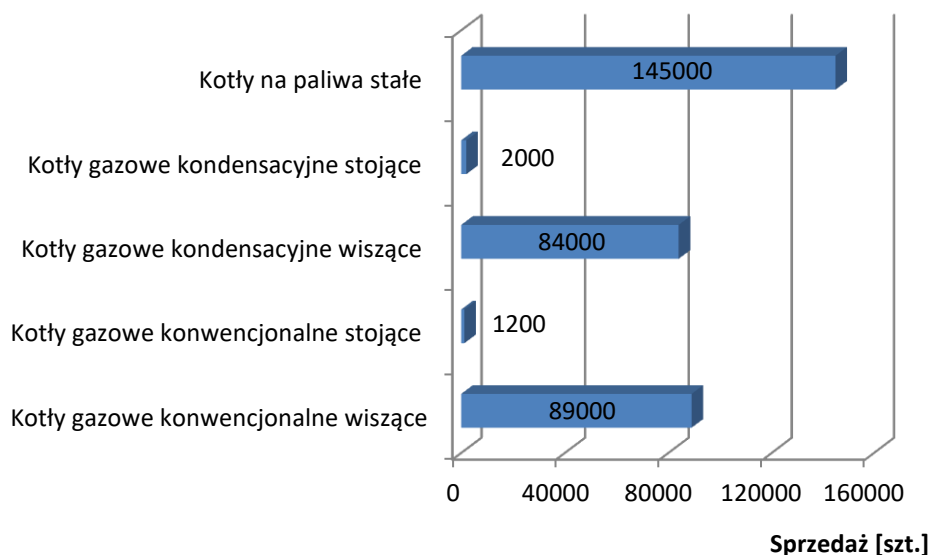
Podstawowymi kryteriami podziału kotłów grzewczych są: rodzaj materiału, jakiego użyto do ich wykonania, w szczególności chodzi o powierzchnię grzewczą, rodzaj spalanego w kotle paliwa oraz ciśnienie i temperatura czynnika ciepłonośnego. Pod względem materiału, z jakiego zostały wykonane wyróżnić można kotły stalowe i żeliwne. Biorąc pod uwagę rodzaj spalanego w nim paliwa, wyróżnia się kotły koksowe lub węglowe, gazowe i olejowe oraz kotły na biomasę. Ze względu na ich główne przeznaczenie kotły można podzielić na produkujące ciepło na potrzeby ogrzewania – są to tzw. kotły jednofunkcyjne oraz kotły przeznaczone jednocześnie do ogrzewania budynku, ciepłej wody, technologii i wentylacji – tzw. kotły wielofunkcyjne. Kolejnym ważnym kryterium podziału są parametry czynnika ciepłonośnego: kotły niskotemperaturowe (do 100°C), średnitemperaturowe (100°C–115°C) i wysokotemperaturowe (powyżej 115°C) oraz kotły parowe niskoprężne i wysokoprężne. Ostatni podział, jaki można wyróżnić, to podział ze względu na moc kotła: kotły małej mocy są to układy generujące do 50 kW ciepła, kotły średnie od 50 do 500 kW, zaś kotły duże powyżej 500 kW ciepła. Podstawowym i najważniejszym parametrem podziału kotłów jest rodzaj materiału, z jakiego kościół został wykonany i rodzaj paliwa w nim spalanego [1–4].

Stan i sprzedaż kotłów w Polsce

Obecnie na terenie Polski, w indywidualnych gospodarstwach domowych przeważają w dużej mierze kotły opalane paliwami stałymi. Są to urządzenia o niskiej sprawności i stosunkowo dużej emisji substancji szkodliwych do atmosfery. Polska cały czas dąży do redukcji urządzeń tego typu z gospodarstw domowych. Prowadzone są różnego rodzaju kampanie informacyjne. Polska prowadzi szeroko rozwiniętą politykę rozwoju ekonomicznego i ekologicznego. Z tego tytułu prowadzone są dofinansowania do zakupu kotłów centralnego ogrzewania, spełniających unijne normy dot. emisji substancji szkodliwych i niebezpiecznych [5].

W roku 2015 sprzedaż kotłów do ogrzewnictwa indywidualnego rozkładała się jak na Rys. 1.

Jak można zauważyć na Rys. 1 w Polsce dominuje sprzedaż kotłów na paliwo stałe, które najczęściej nie spełniają żadnych norm ekologicznych. Kampanie proekologiczne i różnego rodzaju akcje uświadamiające powinny być prowadzone w kierunku zwiększenia sprzedaży kotłów opalanych gazem.



Rys. 1. Rodzaje kotłów sprzedanych w roku 2015 na terenie Polski dla ogrzewnictwa indywidualnego [6]

Należy zastanowić się, co można zrobić, aby zwiększyć popularność kotłów gazowych zarówno konwencjonalnych, jak i kondensacyjnych, aby wzrosła ich sprzedaż w porównaniu z kotłami na paliwo stałe – w szczególności tych pozaklasowych.

Niska emisja

W polskim ustawodawstwie Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska reguluje dwa zjawiska emisję i tzw. niską emisję. Emisja to działanie wywołujące przeniesienie jakiegoś elementu układu do jego otoczenia, który pierwotnie się tam nie znajdował. Przeniesienie to powoduje zmiany jego pierwotnego stanu. W odniesieniu do środowiska jest to jego stan wynikający z wprowadzenia do wody, powietrza oraz gruntu substancji ciekłych, stałych albo gazowych, dodatkowo różnego rodzaju energii w ilościach, które poprzez swoją obecność mogą wywołać zmiany lub negatywny wpływ na zdrowy stan przyrody, ludzi, gleby, klimatu i wodę. Zjawisko takie określa się mianem zanieczyszczenia środowiska [7, 8].

W sytuacji zanieczyszczenia powietrza substancja wprowadzona do niego może pochodzić również ze źródeł naturalnych, takich jak: parowanie oceanów i mórz, oraz erupcje wulkanów. Istnieją również źródła antropogeniczne, czyli

związane z działalnością człowieka. Zanieczyszczenia powietrza pochodzące ze wszystkich źródeł są najniebezpieczniejszymi ze względu na swoją mobilność, dzięki czemu są zdolne do skażenia wszystkich terenów i kontynentów na całej kuli ziemskiej. Głównymi i zarazem globalnymi źródłami zanieczyszczeń powietrza są: przemysł ciężki i energetyczny, zakłady produkcji przemysłowej, organizacje komunalno-bytowe oraz wszechobecny transport [9].

Bezpieczeństwo eksploatacji kotłów gazowych małej mocy

W gazowych kotłach centralnego ogrzewania czynnikiem palnym jest gaz ziemny wysokometanowy (pochodzenia naturalnego). Jak sama nazwa wskazuje jego głównym czynnikiem palnym jest metan (stężenie dochodzi do 90% objętości mieszanki palnej). Metan jest gazem bezwonny, bezbarwny, lżejszym od powietrza. Dla celów eksploatacyjno-grzewczych jest nawaniany, aby zminimalizować ryzyko wybuchu [1, 4].

Drugim rodzajem gazu, którego używa się w kotłach gazowych jest mieszanina płynnego propanu, butanu i innych węglowodorów (LPG, ang. Liquefied Petroleum Gas). Paliwo to otrzymywane jest z mokrego gazu ziemnego lub tzw. gazów rafineryjnych. LPG występuje w gazowej postaci w normalnych warunkach atmosferycznych, jednak gdy ciśnienie zostaje zwiększone (do ok. 2,6 MPa) staje się płynem [2, 3].

Do ogrzewania gospodarstw domowych wykorzystuje się głównie mieszaninę propanu z małą domieszką butanu i pozostałych składników. Gazy w postaci płynnej charakteryzują się zdolnością przechodzenia z fazy gazowej do ciekłej i odwrotnie [1, 2].

Z uwagi na fakt, że propan w temperaturze niższej niż 0°C jest gazem o ciśnieniu ok. 4 bar, a butan w tych samych warunkach otoczenia jest cieczą, zawartość butanu w mieszaninie jest bardzo niska, gdyż, w przypadku znajdowania się zbiorników z mieszaniną na wolnym powietrzu w warunkach zimowych, mieszanina znajdowałaby się w fazie ciekłej i jej spalanie byłoby znacząco utrudnione. To powodowałoby spalanie samego propanu, i z czasem ciśnienie w układzie spalania zostałoby obniżone, co zaburzyłoby prawidłowe działanie reduktora i palnika kotłowego [2, 3].

Metodyka badań

Badania emisji zanieczyszczeń powietrza do atmosfery oraz badania pod kątem bezpieczeństwa użytkowania wybranych kotłów zostały przeprowadzone w jednej z polskich firm. Pomiary były przeprowadzane dla gazu G20. Zakres nastawy dla zawartości O₂ w powietrzu wynosił kolejno:

- dla mocy dolnej zakres % O₂ w spalinach w zakresie 5,0 do 5,5,
- dla mocy górnej zakres % O₂ w spalinach w zakresie 3,8 do 4,3.

Zakres nastawy zawartości O₂ dla dolnej i górnej mocy kotła o wartościach zaprezentowanych powyżej, jest zalecanym zakresem przez producenta, dla tego typu kotła podczas pracy z gazem G20 [10].

Badania były wykonywane na wylocie czopuchu badanego kotła.

Naścienny kocioł gazowy kondensacyjny o mocy 24/28 kW – ogólna charakterystyka

Kocioł gazowy kondensacyjny jest kotłem o dużej sprawności ogrzewania jak również niskiej emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Urządzenie jest wyposażone w temperaturowe zabezpieczenie przed uruchomieniem kotła bez wystarczającej ilości wody w obiegu. Ustawienia fabryczne kotła, po przekroczeniu temperatury 110°C wyłączają kocioł, aby wychłodził się do poziomu temperatury bezpiecznej – pozwalającej na dalszą pracę kotła. Urządzenie jest wyposażone w systemy zabezpieczeń, aby użytkowanie kotła było proste oraz bezpieczne [11].

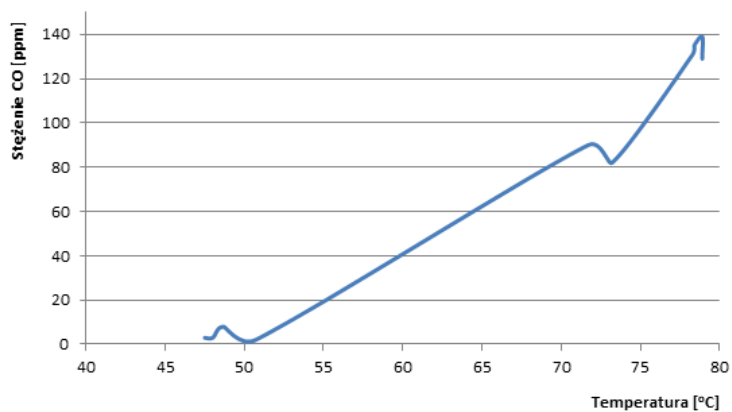
Producent deklaruje sprawność kotła na poziomie bliskim 100% przy obciążeniu 30% urządzenia. Klasa energetyczna wybranego kotła odpowiada klasie „A” zarówno dla instalacji centralnego ogrzewania, jak również dla instalacji ciepłej wody użytkowej. W omawianym urządzeniu można spalać różne rodzaje paliw gazowych.

Wybrany kocioł posiada jeden z najnowszych zespołów gazowo-powietrznych, które pozwalają na uzyskanie tak wysokiej sprawności kotła.

Wyniki badań

Po przeprowadzonych badaniach otrzymano wyniki, które zostały umieszczone na rysunkach 2–4 oraz w tabeli 1.

Na Rys. 2–4 przedstawiono zależności wzrostu stężenia CO₂, CO i NO_x wraz ze wzrostem temperatury. Na ich podstawie można zauważyć, że ich zawartość w spalinach jest mocno skorelowana ze sobą, w zależności od temperatury.



Rys. 2. Stężenie CO w badanym kotle [Opracowanie własne]

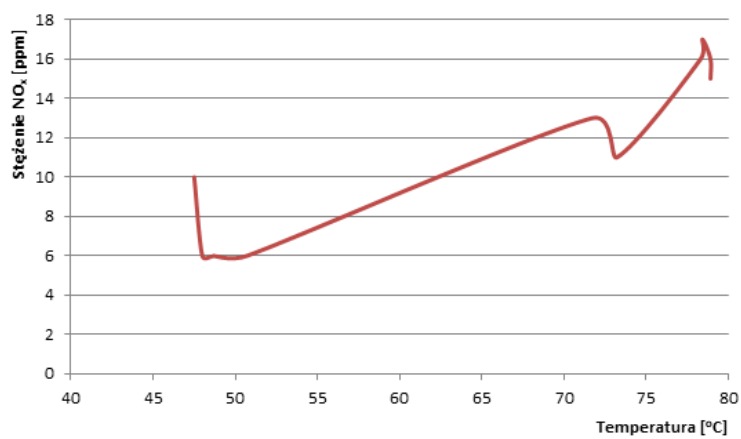
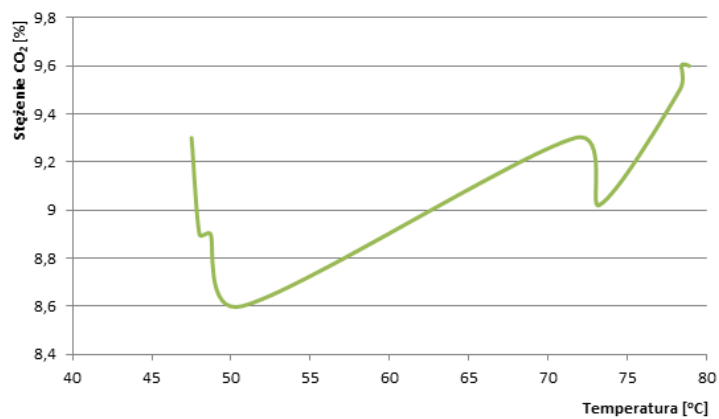
Rys. 3. Stężenie NO_x w badanym kotle [Opracowanie własne]Rys. 4. Stężenie CO₂ w badanym kotle [Opracowanie własne]

Tabela 1. Wyniki pomiarów w badanym kotle [Opracowanie własne]

Parametr	Rodzaj kotła									
	Naścienny kocioł gazowy kondensacyjny - 24-28 kW									
Nr pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Temperatura spalin [°C]	47,5	48,0	48,7	50,7	71,7	73,2	78,3	78,4	78,9	79,9
Zawartość CO [ppm]	3	3	8	2	90	82	131	135	139	129
Zawartość NO _x [ppm]	10	6	6	6	13	11	16	17	16	15
Zawartość O ₂ [%]	4,3	5,1	5,1	5,5	4,3	4,4	3,9	3,8	3,8	3,8
Zawartość CO ₂ [%]	9,3	8,9	8,9	8,6	9,3	9,02	9,5	9,6	9,6	9,6
Lambda	1,26	1,32	1,32	1,36	1,26	1,27	1,23	1,22	1,22	1,21

Lambda – stosunek nadmiaru powietrza

NO_x – suma NO + NO₂

Analiza błęd pomiarowego

Błędy pomiarowe wniesione podczas badań eksperymentalnych obejmowały błędy systematyczne, wynikające z konstrukcji aparatury, jak również metodyki pomiarowej.

Analizę błęd pomiarowego dla zmierzonych za pomocą analizatora MRU NOVA H8 stężeń: CO, NO_x i CO₂ wykonano na podstawie pracy Telejko [12] i zestawiono w tabeli nr 2.

Tabela 2. Wartości błęd bezwzględnych stężenia dla całego zakresu pomiarowego [Opracowanie własne]

Zawartość CO [ppm]	Wartość błęd bezwzględnych w dolnym i górnym zakresie pomiaru dla zawartości CO	Zawartość NO _x [ppm]	Wartość błęd bezwzględnych w dolnym i górnym zakresie pomiaru dla zawartości NO _x	Zawartość CO ₂ [%]	Wartość błęd bezwzględnych w dolnym i górnym zakresie pomiaru dla zawartości CO ₂
2	± 25 ppm	6	± 2ppm	8,6	± 0,2 %
3		6		8,9	
3		6		8,9	
8		10		9,02	
82		11		9,3	
90		13		9,3	
129		15		9,5	
131		16		9,6	
135		16		9,6	
139		17		9,6	

Analiza wyników

Na podstawie przeprowadzonych badań (tabela 1) można wnioskować, że wraz ze wzrostem temperatury wzrasta stężenie CO, NO_x w wydzielanych gazach, w badanym kotle.

Na podstawie rysunków 3 i 4 można łatwo zauważyć, że stężenie NO_x i stężenie CO₂ są wyraźnie ze sobą skorelowane w zależności od temperatury spalin.

Stężenie CO (Rys. 2) w spalinach badanego kotła rośnie gwałtownie wraz ze wzrostem temperatury. Wzrost zawartości pozostałych substancji, tj. NO_x i CO₂ nie jest tak znaczny.

Zawartość CO₂ (Rys. 4) we wszystkich dokonanych pomiarach wahała się i wzrastała w bardzo małym przedziale w porównaniu do pozostałych związków. Obecność CO₂ świadczy o całkowitym i prawidłowym procesie spalania.

Wzrost stężenia CO w wydzielanych spalinach może świadczyć o procesie spalania z niedomiarem tlenu, co skutkuje spadkiem efektywności kotła oraz wydzielaniem dużej ilości substancji szkodliwych dla otoczenia.

Podsumowanie

Analizując otrzymane wyniki badań, można zauważyć, że wraz ze wzrostem temperatury wzrasta stężenie oraz zawartość w spalinach takich związków, jak CO, CO₂ oraz NO_x. Na podstawie otrzymanych wyników można łatwo zauważyć, że stężenie NO_x i stężenie CO₂ są wyraźnie ze sobą skorelowane w zależności od temperatury spalin. Stężenie CO w spalinach rośnie bardzo gwałtownie, wzrost zawartości pozostałych substancji, tj. NO_x i CO₂ nie jest tak znaczny.

Uzyskane stężenie CO w spalinach podczas przeprowadzonych badań, podczas nieszczelności przewodu kominowego może powodować ból głowy, przy ekspozycji przez 2–3 godziny. Długotrwałe narażenie na niewielkie stężenia CO są znacznie bardziej niebezpieczne dla organizmu ludzkiego. Aby jak najbardziej zwiększyć bezpieczeństwo użytkownika kotła grzewczego małej mocy, zaleca się montaż tzw. detektora czadu, który jest w stanie wykryć szkodliwe stężenie niebezpiecznego gazu w pomieszczeniu.

Technika grzewcza zmieniała się na przestrzeni lat. Kotły oraz technologia, jakie były dostępne w poprzednim stuleciu, różnią się diametralnie od współczesnych. Obecnie głównym kryterium wyboru kotłów ogrzewania centralnego lub ciepłej wody użytkowej jest ich sprawność oraz bezpieczeństwo użytkowania. W poprzednim stuleciu w dużej mierze ze względu na panujący ustrój, głównymi kryteriami była cena oraz moc.

Obecnie poziom bezpieczeństwa użytkowania kotłów małej mocy, jaki oferują światowi producenci, jest na zadowalającym poziomie. Jednak samo zmechanizowanie i skomputeryzowanie wybranych urządzeń nie zapewni nam stuprocentowego bezpieczeństwa. Nasz sposób obchodzenia się z obecnie dostępnymi rozwiązaniami ma bardzo duży wpływ na to, jaki poziom bezpieczeństwa jesteśmy w stanie sobie zapewnić. To, czy będą przestrzegane zalecenia i warunki użytkowania danego sprzętu, wyznaczone przez producenta, ma realny wpływ na nasze bezpieczeństwo, zdrowie i życie. Dlatego podczas użytkowania kotłów małej mocy powinny być bezwzględnie zachowane poniższe zasady i zalecenia:

- zlecać naprawę, konserwację, serwisowanie wyłącznie wyspecjalizowanym fachowcom, z potwierdzonymi kwalifikacjami i uprawnieniami do naprawy wybranych urządzeń grzewczych;
- należy sprawdzać szczelność instalacji kominowej, aby nie doszło do sytuacji, w której spaliny przedostają się do pomieszczeń mieszkalnych, co może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia. W przypadku wystąpienia takiej nieszczelności należy ją niezwłocznie usunąć;
- w przypadku zlokalizowania nieszczelności układu podającego paliwo w kotłach gazowych należy niezwłocznie odciąć jego dopływ głównym zaworem zamykającym. Następnie, w miarę możliwości, zabezpieczyć nieszczelność, a w razie potrzeby wezwać wyspecjalizowanych fachowców;
- aby mieć pewność, że instalacja kominowa jest szczelna zaleca się montaż systemu wykrywającego obecność CO i CO₂ w pomieszczeniach i kotłowni.

Stosując się do powyższych zaleceń i reguł postępowania, można maksymalnie zwiększyć bezpieczeństwo podczas eksploatacji wybranych urządzeń małej mocy. Zaproponowane systemy są w stanie zwiększyć bezpieczeństwo podczas eksploatacji urządzeń grzewczych.

Literatura

- [1] Mizielińska K., i Olszak J., Gazowe i olejowe źródła ciepła małej mocy. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2005.
- [2] Zaborowska E., Projektowanie kotłowni wodnych na paliwa ciekłe i gazowe. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2015.
- [3] Nantka M., Ogrzewnictwo i ciepłownictwo Tom I. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2013.
- [4] Koczyk H., Antoniewicz B., Basińska M., Górka A., i Makowska-Hess R., Ogrzewnictwo praktyczna, projektowanie, montaż, certyfikacja energetyczna, eksploatacja. Poznań, 2009.

- [5] <http://czysteogrzewanie.pl/kociol/rodzaje-kotlow-weglowych/> (Data dostępu: 10.10.2017), .
- [6] <http://instalreporter.pl/ogolna/ile-i-jakich-kotlow-pomp-ciepla-sprzedano-w-2015-w-polsce/> (Data dostępu: 10.10.2017), .
- [7] Graboś A., Żymankowska-Kumon S., Sadlok J., i Sadlok R., *Przeciwdziałanie niskiej emisji na terenach zwartej zabudowy mieszkalnej*. Bochnia, 2014.
- [8] Polskiej R., *Dziennik ustaw*, nr 47, s. 1–10, 2013.
- [9] <http://misja-emisja.pl/knowledgebase/niska-emisja-polsce-stan-mozliwosci/> (Data dostępu: 17.05.2017), .
- [10] *Instrukcja instalowania, obsługi i konserwacji - Naścienne kotły kondensacyjne MCR3 Plus*, s. 88, 2016.
- [11] <http://dedietrich.pl/produkty/technika-dla-domu/gazowe-wiszące-kotły-kondensacyjne/mcr3-plus-2428mi-3035mi/> (Data dostępu: 08.06.2017), .
- [12] Telejko T., *Wstęp do metod opracowania wyników pomiarów z przykładami*. Kraków: Skrypty uczelniane AGH, 1999.



Jacek Łukasz Wilk-Jakubowski

Politechnika Świętokrzyska

Wydział Elektrotechniki Automatyki i Informatyki

Katedra Systemów Informatycznych

Zakład Informatyki

al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25–314 Kielce

WYBRANE ASPEKTY BADAŃ SYMULACYJNYCH STRAT W RZECZYWISTYCH ŁĄCZACH SATELITARNYCH

Streszczenie. Na konkurencyjność oraz innowacyjność gospodarki światowej wpływa stan zaawansowania technologii TIK. Jednym z rozwiązań podnoszenia jakości świadczonych usług jest dążenie do optymalizacji współczesnych systemów łączności satelitarnej. Z punktu widzenia ich pracy, w celu zapewnienia zadowalającej pracy łącza satelitarnego konieczna jest odpowiednia moc nadajnika. W praktyce moc ta uzależniona jest od wielu czynników, jak chociażby: współrzędne geograficzne miejsca odbioru, ukształtowanie terenu, częstotliwość, lokalizacja anteny (ustawienie anteny), tłumienie sygnału w wolnej przestrzeni, wymagany poziom dostępności łącza. Czynniki te składają się na bilans energetyczny łącza satelitarnego, który uzależniony jest ponadto od parametrów technicznych systemu (zwłaszcza: apertury anteny, sprawności anteny oraz całkowitych strat w łączy). W artykule przeanalizowano wpływ całkowitych strat w łączy w zakresie 0,1–0,7 dB na jakość odbioru mikrofalowego sygnału satelitarnego w obszarze Kielc (z uwzględnieniem szumów interferencyjnych), co pozwala przedstawić wpływ tych strat na odbiór sygnału w skrajnie niekorzystnych warunkach.

Słowa kluczowe: parametry anteny, model matematyczny, modelowanie obliczeniowe, pomiar strat, straty całkowite w łączy, niezawodność systemu teleinformatycznego, propagacja fal radiowych, tłumienie sygnału.

SELECTED ASPECTS OF SIMULATION STUDIES OF COUPLING LOSSES IN THE ACTUAL SATELLITE LINKS

Abstract. To ensure satisfactory operation of satellite links in the direction of the satellite-to-earth is essential to get an adequate power of the transmitter. In practice, this

power depends on many factors such as: geographical coordinates, terrain, frequency, antenna aperture, antenna efficiency, coupling loss, the signal attenuation in space – in the atmosphere, the required level of availability of bandwidth, etc. Moreover in order to ensure a correct balance, properly conducted link budget requires consideration of extreme weather conditions (precipitation etc.). It is necessary to determine the required transmitter power (or antenna performance) as a function of many factors. The article analyzes the impact of the coupling loss on the receiving satellite signal and presents the results of modeling of these losses in the actual satellite links.

Keywords: antenna parameters, mathematical model, computational modeling, loss measurement, coupling losses, telematic system reliability, radiowave propagation, signal attenuation.

Wprowadzenie

Przez całkowite straty w łączy rozumie się wyrażone w dB tłumienie sygnału odbiorczego, spowodowane obecnością falowodu i polaryzatorów. O ile typowe wartości całkowitych strat w łączy nie przekraczają 0,3 dB, w artykule przedstawiono oryginalne wyniki prac ukazujące ekstremalny wpływ tych strat (do 0,7 dB) na jakość odbioru mikrofalowego sygnału satelitarnego. Wyniki te można zatem wykorzystać do określenia bilansu łączy (ang. *link budget*), który stanowi równanie niezbędne do wyznaczenia potrzebnej mocy nadajnika (lub parametrów anteny) w funkcji wielu czynników wpływających na jakość odbioru sygnału satelitarnego, przy skrajnie dużym tłumieniu sygnału w falowodzie i polaryzatorach.

W prawidłowo przeprowadzonym bilansie istnieje potrzeba uwzględnienia ekstremalnych warunków pogodowych (zachmurzenie, opady atmosferyczne itp.), które przekładają się na eksploatację i niezawodność satelitarnych sieci teleinformatycznych (jakość linii radiowej oprócz niezawodności systemu opisuje również wierność transmisji) [3, 5, 6, 18, 22]. Poprzez niezawodność systemu definiuje się procent czasu w skali roku lub najgorszego miesiąca, w trakcie którego realizowany jest przekaz z zadaną wiernością transmisji, z określeniem przedziału czasu, kiedy wartości te mogą zostać przekroczone [44] (Tab. 1). Podczas pracy systemów cyfrowych mamy do czynienia z efektem progowym. W praktyce zmniejszenie stosunku *CNR* poniżej 1–2 dB od wartości progowej, może być w przypadku systemów telewizyjnych przyczyną czasowego zamrożenia obrazu, deformacji dźwięku lub całkowitego załamania transmisji (zanik obrazu i dźwięku) [44].

Tab. 1. Wpływ średniorocznej dostępności systemu na przestój w odbiorze sygnału

Dostępność systemu (średnia w roku) [%]	Dostępność systemu (najgorszy miesiąc) [%]	Przestój godzinowy w roku [h]	Przestój godzinowy w najgorszym miesiącu [h]
99,99	99,948	0,877	0,379
99,90	99,615	8,766	2,809
99,80	99,297	17,532	5,134
99,70	99,000	26,298	7,305
99,60	98,716	35,064	9,382
99,50	98,440	43,830	11,393
99,40	98,172	52,596	13,351
99,30	97,910	61,362	15,267
99,20	97,653	70,128	17,148
99,10	97,399	78,894	18,998
99,00	97,150	87,660	20,822

W celu zamodelowania wpływu całkowitych strat w łączu na jakość odbioru mikrofalowego sygnału satelitarnego posłużono się modelem matematycznym systemu czwartej klasy dostępności, który pozwala na oszacowanie parametrów jakościowych odbieranych sygnałów radiowych. Średnia dostępność sygnału w ciągu roku wynosi 99,99% (przestój godzinowy 0,877 godz.), co pozwala uzyskać dostępność w najgorszym miesiącu na poziomie 99,948% (przestój godzinowy 0,379 godz.). Dodatkowo, aby otrzymać rzetelne wyniki, podczas modelowania wzięto pod uwagę towarzyszące propagacji fal radiowych szumy interferencyjne od sąsiednich systemów łączności, które nieodczownie występują podczas normalnej pracy systemów radiokomunikacji satelitarnej. Można wykorzystać do tego celu wiele narzędzi, ważne by zachować zgodność z obowiązującymi standardami międzynarodowymi.

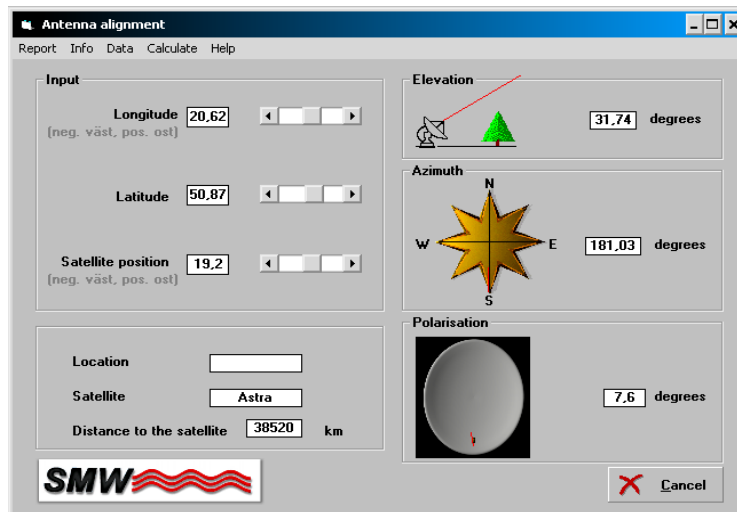
Ponieważ celem niniejszego artykułu jest analiza wpływu całkowitych strat w łączu na jakość odbioru mikrofalowego sygnału satelitarnego, ze względu na ograniczoną objętość, w artykule zrezygnowano z zamieszczenia wzorów, skupiając się przede wszystkim na szczegółowym przedstawieniu założeń oraz analizie wyników. W związku z powyższym pozostałe parametry wpływające na odbiór (w tym położenie, straty wynikające z niedokładności ustawienia an-

teny, apertura anteny, sprawność anteny) przyjęto za niezmiennie. Typowe wartości tych parametrów zostały określone w dalszej części artykułu.

Cel badań oraz lokalizacja stanowiska pomiarowego

Niezbędnym elementem podczas modelowania zjawisk jest wybranie parametrów miejsca lokalizacji odbioru sygnałów satelitarnych – długość i szerokość geograficzna oraz wysokość położenia nad poziomem morza. Wiąże się to bezpośrednio z „widocznością” sygnału satelitarnego. W tym celu wybrano miasto Kielce (50,87N, 20,62E), zakładając średnią wysokość 300 m n.p.m. Kąt polaryzacji dla miasta Kielce do odbioru sygnałów z satelity Astra 1KR (19,2E) wynosi 7,6°. Do analizy wpływu całkowitych strat w łączu na jakość odbioru mikrofalowego sygnału satelitarnego posłużono się sygnałem o częstotliwości 10,773 GHz o polaryzacji liniowej poziomej (dane satelity: EIRP = 51 dBW, pasmo 26 MHz).

W celu wyznaczenia właściwego położenia anteny można posłużyć się mapami topograficznymi lub też skorzystać ze specjalistycznego oprogramowania, jak chociażby SMW Link (Rys. 1).



Rys. 1. Wyznaczenie kąta polaryzacji dla miasta Kielce z użyciem oprogramowania SMW Link

Wyniki przedstawiono dla miasta Kielce. Wybór ten nie był przypadkowy. Niegdyś w miejscowości Psary-Kąty zlokalizowane było największe w Europie Środkowo-Wschodniej centrum usług satelitarnych. Intensywność opadów w Kielcach uznaje się za reprezentatywną dla całej Polski [44–47, 51]. Obszar

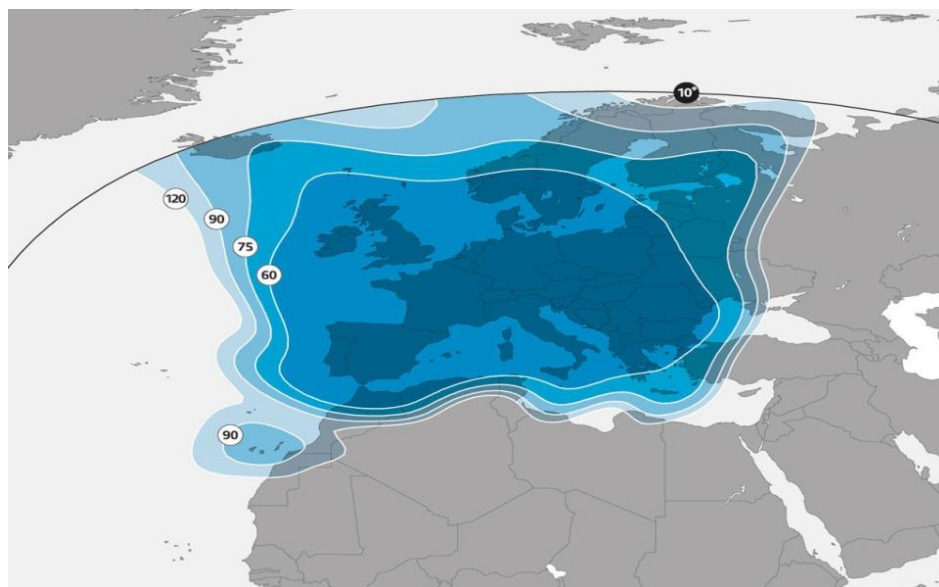
ten objęto badaniami w ramach Europejskiego Projektu Badawczego ICT COST Action IC0802 “Propagation tools and data for integrated Telecommunication, Navigation and Earth Observation systems”, które przeprowadzono m.in. na Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach [50]. Przedmiotem badań była analiza wpływu parametrów urządzeń nadawczo-odbiorczych stosowanych w torze transmisyjnym, jak również ekstremalnych warunków klimatyczno-atmosferycznych – na jakość odbioru sygnałów satelitarnych [29, 30, 48, 49]. Celem projektu ICT COST Action IC0802 jest budowa niezawodnej, koherentnej, globalnej „sieci przyszłości” GIN, umożliwiającej wielodrogową, bezpieczną komunikację w przypadku wystąpienia niekorzystnych zjawisk (np. nadmiernego tłumienia, strat w łączu), w tym klęsk żywiołowych [19–20]. Warto podkreślić, że podobne badania są obecnie przedmiotem nieustannych wysiłków naukowych w wielu ośrodkach akademickich i badawczych na całym świecie (m.in. DLR, ESA/ESTEC, ONERA, EUTELSAT, GMV Aerospace and Defence). Współpraca ekspertów zajmujących się propagacją fal radiowych oraz teledetekcją (z użyciem eksperymentalnych danych klimatycznych) zmierzająca zatem w kierunku wymiernych korzyści dla społeczeństwa [7–9].

Całościowo uzyskane wyniki mogą być w przyszłości wykorzystywane przez inżynierów łączności satelitarnej w celu projektowania nowych systemów łączności, które pozwalają na znaczną poprawę jakości świadczonych usług QoS (ang. Quality of Service) również metodą transmultipleksacji sygnałów. Badania takie prowadzone są obecnie na Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach [17]. Do celów analizy degradacji sygnału można wykorzystać metodę Monte-Carlo [52].

Teledetekcja umożliwia obecnie modelowanie deszczu przy użyciu technik GIS. Ostatnio wiele badań skupia się na deszczu jako jednym z najważniejszych czynników klimatycznych [10–16]. Wykorzystanie bazy danych klimatycznych z 40 lat, udostępnionej przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie, pozwala uzyskać informacje niezbędne do określenia niezawodności systemu. Na tej podstawie można wyznaczyć parametry statystyczne dla danej lokalizacji geograficznej. Z drugiej strony wykorzystanie teledetekcji jest przydatne do określenia szacunkowych prognoz poziomu opadów deszczu.

Uwarunkowania techniczne odbioru

Ponieważ w polskich lokalizacjach geograficznych zaleca się stosowanie anten o średnicy co najmniej 60 cm (Rys. 2), do analiz wykorzystano antenę o sprawności 74% (dane katalogowe) oraz średnicy talerza parabolicznego 80 cm.



Rys. 2. Minimalna wymagana wielkość anteny [cm] do odbioru sygnałów z satelity Astra 1KR [1]

Zgodnie z założeniami konstrukcja anteny powinna pozwolić na ustawienie osi głównej wiązki w kierunku orbity geostacjonarnej z maksymalnym błędem równym błędowi wycelowania, przyczyniającym się do spadku zysku anteny o 1 dB dla dowolnej częstotliwości (dla każdego kąta azymutu i elewacji). Precyzja wykonania powierzchni reflektora ma wpływ na jakość odbioru sygnałów (maksymalny błąd nie powinien przekraczać wartości 0,5 mm dla pasma 12 GHz) [4]. Straty wynikające z niedokładności ustawienia anteny, jak również współczynnik szumów konwertera LNB założono na poziomie 0,3 dB.

W rzeczywistych systemach radiokomunikacji satelitarnej degradacja sygnału wynikać może przede wszystkim z tłumienia sygnału mikrofalowego w hydrometeorach, wzrostu szumu spowodowanego wystąpieniem opadów deszczu czy absorpcji fal radiowych w gazach atmosferycznych (wchodzących w skład atmosfery) [25, 40–41]. Ponieważ w kroplach wody indukują się prądy przesunięcia (kropelki wody w zakresie mikrofalowym mają charakter półprzewodzący), fale radiowe mogą ulegać rozpraszaniu [34–35, 41]. W praktyce tłumienie spowodowane wystąpieniem opadów deszczu wzrasta wraz ze zwiększeniem częstotliwości propagowanej fali radiowej [51]. Im dłuższy odcinek trasy propagacji fali radiowej w deszczu oraz im intensywniejsze opady, tym większa jest degradacja sygnału [47]. Na podstawie szeregu badań udowodniono, że fale radiowe o polaryzacji poziomej są bardziej tłumione od fal o polaryzacji pionowej ze względu na fakt, że krople deszczu mają kształt spłaszczonej sferoidy [47]. Do analiz założono model tłumienia deszczu zgodny z ITU-R [26, 39].

Na rozchodzenie się fal radiowych wpływa zatem bieżąca sytuacja klimatyczno-atmosferyczna, przy czym skala pozioma uwarunkowań występujących w atmosferze sięga długości 40075,014 km (czyli obwodu Ziemi), zaś skala pionowa zjawisk – ok. 10 km (czyli lokalnej wysokości troposfery) [29]. Odbiór mikrofalowych sygnałów satelitarnych pogarszają naturalne źródła szumów, jak np.: wyładowania burzowe, szum jonizacyjny oraz uzależniony od intensywności absorpcji molekularnej szum termiczny. Do innych czynników należą dodatkowo: rozbieżność energii wiązki wypromieniowanej w postaci fali radiowej, tłumienie fal radiowych wskutek depolaryzacji przez hydrometeory, zaniki spowodowane scyntylacjami oraz zjawiskami wielodrogowości, a także zakłócenia emitowane przez ośrodki absorbujące [5]. W konsekwencji szum radiowy (szum nieba) jako wielkość addytywna stanowi sumę emisji ze wszystkich sztucznych oraz naturalnych źródeł szumów (zarówno o podłożu ziemskim, jak i pozaziemskim), przyczyniając się do całościowej degradacji sygnału satelitarnego [38]. Informacje na temat warunków propagacji, a także oddziaływania sztucznych oraz naturalnych źródeł szumów (o podłożu ziemskim oraz pozaziemskim) autor zamieścił w: [29–31, 45–47, 51].

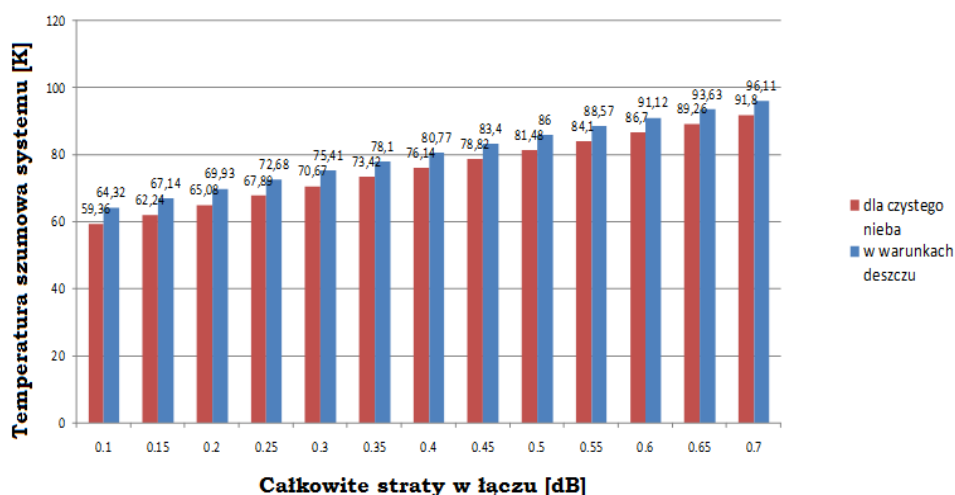
Nadrzędnym celem inżynierów łączności satelitarnej jest dążenie do zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej wewnętrznej (dot. danego systemu), jak i zewnętrznej, poprzez zgodne współistnienie określonych podsystemów i systemów w czasie i przestrzeni. Ponieważ szумы interferencyjne pomiędzy poszczególnymi wiązkami anten uznawane są za znaczące źródło zakłóceń w wielowiązkowych systemach satelitarnych (efekt interferencji przejawia się wzrostem szumu cieplnego), w prezentowanym modelu uwzględniono wpływ systemów zakłócających o parametrach: EIRP = 51 dBW, w paśmie 26 MHz i 33 MHz, w wyniku czego powstały zakłócenia interferencyjne. Bardzo często w wielowiązkowych systemach satelitarnych szum interferencji stanowi aż 40% całego szumu [4, 53]. Do celów analizy przyjęto wartość współczynników interferencyjnych (wyrażających odpowiednio stosunek sumarycznej mocy sąsiednich sygnałów nakładających się na dany kanał w stosunku do mocy fali nośnej tego kanału oraz stosunek całkowitej mocy sygnałów interferujących spolaryzowanych krzyżowo do mocy fali nośnej) na poziomie 100 dB.Hz (typowe wartości wynoszą od 100 do 115 dB.Hz).

Analiza wyników

Analiza otrzymanych wyników dla prezentowanego modelu propagacyjnego pozwala zauważyć prawidłowość, że całkowite straty w łączy wpływają na temperaturę szumową systemu, moc fali nośnej na wyjściu konwertera LNB oraz współczynnik przydatności G/T stacji odbiorczej. Ponieważ całkowite straty

w łączy nie mają wpływu na tłumienie atmosferyczne oraz tłumienie w wolnej przestrzeni, wartości tych strat pozostają niezmiennie.

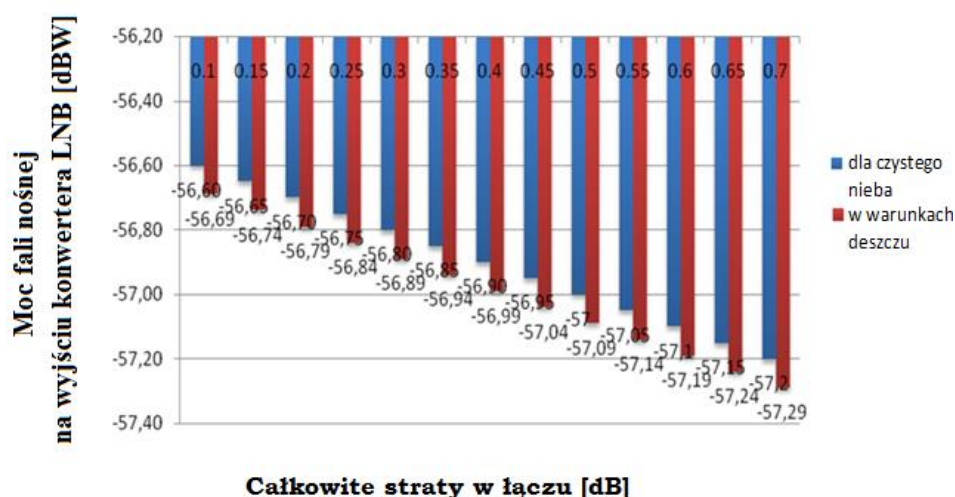
Parametr ten w znaczny sposób oddziałuje na szумы systemowe. Zwiększając całkowite straty w łączy co 0,5 dB, w warunkach opadów deszczu, jak również czystego nieba uzyskano wyniki zaprezentowane na Rys. 3. Jak wynika z przeprowadzonych analiz temperatura szumowa systemu jest liniowo zależna od całkowitych strat w łączy – wraz z ich wzrostem obserwuje się wzrost temperatury szumowej. Minimalna wartość temperatury szumowej dla całkowitych strat w łączy nieprzekraczających 0,1 dB wynosi 59,36 K w warunkach bezdeszczowych oraz 64,32 K w przypadku wystąpienia opadów deszczu (wzrost o 4,96 K). Maksymalną wartość temperatury szumowej odnotowano dla całkowitych strat w łączy 0,7 dB na poziomie 91,8 K w warunkach bezdeszczowych oraz 96,11 K w przypadku wystąpienia opadów deszczu (wzrost o 4,31 K). Pozwala to przedstawić wpływ całkowitych strat w łączy w zakresie 0,1–0,7 dB na temperaturę szumową systemu. Zależnie od warunków meteorologicznych (pogoda deszczowa lub bezdeszczowa) otrzymuje się różnicę na poziomie 31,79 K lub 32,44 K. Ponieważ na szумы systemowe oddziałują przede wszystkim odbierane przez antenę odbiorczą szумы atmosferyczne [23, 29, 31], temperatura szumowa systemu jest większa w warunkach deszczu niż w warunkach czystego nieba.



Rys. 3. Wpływ całkowitych strat w łączy [dB] na temperaturę szumową systemu [K] dla czystego nieba oraz w warunkach opadów deszczu

Innym parametrem zależnym od całkowitych strat w łączy jest moc fali nośnej na wyjściu konwertera LNB [dBW] (Rys. 4). Przy stratach całkowitych w łączy nieprzekraczających 0,1 dB wartość mocy fali nośnej na wyjściu kon-

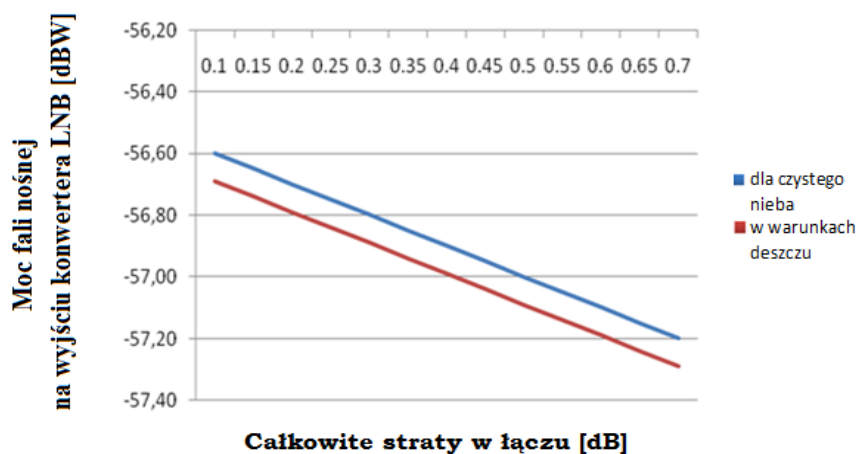
wertera LNB nie przekracza $-56,60$ dBW w warunkach bezdeszczowych oraz $-56,69$ dBW w przypadku wystąpienia opadów deszczu. Zależnie od sytuacji atmosferycznej (pogoda deszczowa lub bezdeszczowa) przy stratach całkowitych w łączy $0,1$ dB notuje się różnicę na poziomie $0,09$ dBW. Wzrost całkowitego tłumienia do poziomu $0,7$ dB przekłada się na spadek mocy fali nośnej na wyjściu konwertera LNB do poziomu $-57,2$ dBW w warunkach bezdeszczowych oraz $-57,29$ dBW w przypadku wystąpienia opadów deszczu. Zależnie od warunków meteorologicznych (pogoda deszczowa lub bezdeszczowa) przy stratach całkowitych w łączy $0,7$ dB otrzymuje się różnicę na poziomie $0,09$ dBW.



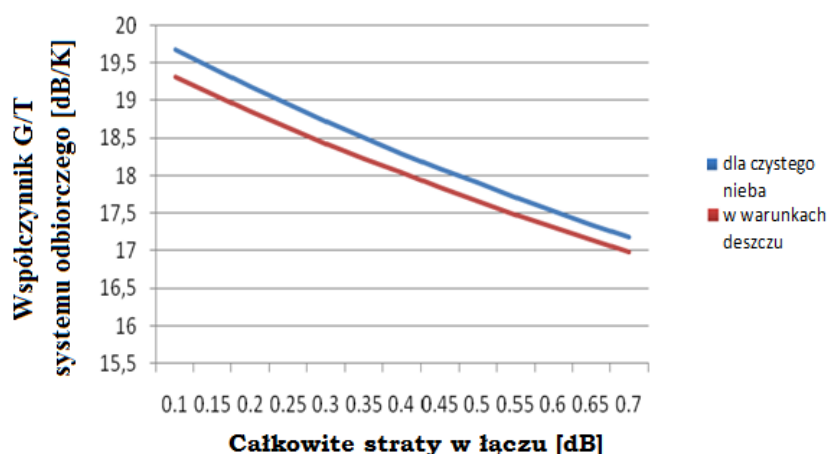
Rys. 4. Wpływ całkowitych strat w łączy [dB] na moc fali nośnej na wyjściu konwertera LNB [dBW] dla czystego nieba oraz w warunkach opadów deszczu

Jak wcześniej stwierdzono, w warunkach opadów deszczu mikrofalowy sygnał satelitalny jest bardziej tłumiony niż podczas pogody bezdeszczowej (Rys. 4). Jak wynika z Rys. 5 moc fali nośnej na wyjściu konwertera LNB jest liniowo zależna od całkowitych strat w łączy. Jej wartość w zakresie prezentowanego modelu przedstawiono na Rys. 4.

Ponieważ podstawowym czynnikiem oceny systemu odbiorczego jest jego zysk odniesiony do temperatury szumowej (współczynnik przydatności G/T systemu odbiorczego), na Rys. 6. przedstawiono wyniki modelowania wpływu całkowitych strat w łączy [dB] na współczynnik G/T systemu odbiorczego [dB/K], uzyskane w warunkach bezdeszczowych, jak również podczas opadów deszczu.



Rys. 5. Zależność liniowa wpływu całkowitych strat w łączy [dB] na moc fali nośnej na wyjściu konwertera LNB [dBW] dla czystego nieba oraz w warunkach opadów deszczu



Rys. 6. Wpływ całkowitych strat w łączy [dB] na współczynnik G/T systemu odbiorczego [dB/K] dla czystego nieba oraz w warunkach opadów deszczu

Wraz ze wzrostem całkowitych strat w łączy stopniowo pogarsza się zależny od komponentów systemu współczynnik G/T. Konsekwencją tego faktu jest spadek jakości odbieranych sygnałów mikrofalowych. Przy stratach całkowitych w łączy do 0,1 dB wartość współczynnika przydatności G/T systemu nie przekracza 19,67 dB/K w warunkach bezdeszczowych oraz 19,32 dB/K w przypadku wystąpienia opadów deszczu. Zależnie od bieżącej sytuacji meteorologicznej (pogoda bezdeszczowa lub deszczowa) przy stratach całkowitych w łączy 0,1 dB notuje się różnicę na poziomie 0,35 dB/K. Wzrost całkowitego

tłumienia do 0,7 dB przekłada się na spadek współczynnika przydatności G/T systemu odbiorczego do poziomu 17,18 dB/K w warunkach bezdeszczowych oraz 16,98 dB/K w przypadku wystąpienia opadów deszczu. Zależnie od warunków meteorologicznych (pogoda bezdeszczowa lub deszczowa) przy stratach całkowitych w łączu 0,7 dB otrzymuje się różnicę na poziomie 0,2 dB/K.

Podsumowanie

Celem badań była analiza wpływu całkowitych strat w łączu (z uwzględnieniem parametrów technicznych anteny) na jakość odbioru sygnału mikrofalowego w obszarze Kielc na przykładzie systemu satelitarnego. W praktyce głównym źródłem zakłóceń sygnałów są zaniki opadowe – wywołane absorpcją oraz rozpraszaniem energii fal radiowych w opadach atmosferycznych, zaniki interferencyjne, zaniki mocy i zaniki dyfrakcyjne – spowodowane nietypowym ugięciem fali radiowej lub prowadzeniem jej w dukcie oraz propagacja wielodrogowa. Czynniki te przyczyniają się do wzrostu tłumienia sygnału w atmosferze ziemskiej. W przypadku systemów satelitarnych duży poziom zakłóceń wprowadzają również inne systemy łączności, linie radiowe, zakłócenia radarowe pojawiające się w równych odstępach czasu. Przyczyną mogą być także wzmacniacze mocy pracujące blisko punktu nasycenia. W konsekwencji niepożądane warunki pogodowe, jak również uwarunkowania panujące w atmosferze ziemskiej (absorpcja molekularna) mogą przyczynić się do zerwania łączności na skutek chwilowego lub całkowitego zaniku sygnału (spadku jego amplitudy). O ile na sytuację klimatyczno-atmosferyczną nie można wpłynąć, o tyle odpowiedni dobór urządzeń wchodzących w skład systemu odbiorczego może spowodować niezawodne działanie systemu również w przypadku wystąpienia niekorzystnych warunków pogodowych. Istnieje zatem potrzeba prowadzenia tego typu badań o charakterze optymalizacyjnym [2, 21, 24, 27, 28, 36]. W ramach projektu europejskiego COST IC0802 badania na temat wpływu określonych parametrów technicznych urządzeń na jakość odbioru sygnałów radiowych przeprowadzono również w Polsce, co pozwoliło przeanalizować wpływ czynników atmosferycznych na niezawodność systemów satelitarnych w tej części Europy. W praktyce zmniejszenie stosunku *CNR* poniżej 1–2 dB od wartości progowej, może być przyczyną czasowego zamrożenia obrazu, deformacji dźwięku lub całkowitego załamania transmisji (zanik obrazu i dźwięku). W bilansie łącza (jako równaniu niezbędnym do określenia mocy w funkcji wielu pozostałych czynników) istnieje zatem potrzeba uwzględnienia nie tylko bieżącej sytuacji klimatyczno-atmosferycznej, ale również parametrów technicznych urządzeń, w tym całkowitych strat w łączu (tłumienia wprowadzonego przez falowody i polaryzatory) [2, 24, 42].

Podczas modelowania wpływu całkowitych strat w łączu na temperaturę szumową systemu, moc fali nośnej na wyjściu konwertera LNB oraz współczynnik przydatności G/T stacji odbiorczej, wartość tłumienia zmieniano w zakresie od 0,1 do 0,7 dB co 0,5 dB. Wraz ze zwiększeniem strat zaobserwowano wzrost temperatury szumowej systemu w zakresie od 59,36 K do 91,8 K w warunkach czystego nieba oraz od 64,32 K do 96,11 K w przypadku wystąpienia opadów deszczu (zgodnie z modelem deszczu rekomendowanym przez ITU-R do tego typu analiz). Na moc fali nośnej oprócz strat wynikających z niedokładności ustawienia anteny (założonych na poziomie 0,3 dB) wpływają również całkowite straty w łączu. Moc fali nośnej na wyjściu konwertera LNB wraz ze zwiększeniem tłumienia od 0,1 dB do 0,7 dB zmienia się w zakresie od -56,69 dBW do -57,29 dBW w przypadku wystąpienia opadów deszczu oraz od -56,60 dBW do -57,20 dBW w przypadku pogody bezdeszczowej.

Całościowe wyniki badań otrzymane w ramach projektu COST IC0802 mogą zostać wykorzystane do optymalizacji istniejących już łącz telekomunikacyjnych, poprawy jakości odbioru sygnałów radiowych, a w przyszłości – projektowania nowych systemów, pozwalających na znaczną poprawę jakości i wiarygodności przesyłanych informacji. Ponadto zaprezentowane wyniki umożliwiają prognozowanie wpływu całkowitych strat w łączu na odbiór mikrofalowych sygnałów satelitarnych poprzez podanie progowej wartości tłumienia dla danego prawdopodobieństwa wystąpienia opadów deszczu oraz wymaganej dostępności (niezawodności) systemu telekomunikacyjnego [44]. Zebranie danych może umożliwić zatem uzyskanie „zapasu sygnałowego”, który pozwoli zredukować oddziaływanie niekorzystnych warunków pogodowych, w tym również zminimalizować ryzyko utraty sygnału satelitarnego.

Bazując na otrzymanych charakterystykach, w sposób przedstawiony m.in. w [32, 51], można wyznaczyć krzywe ilustrujące wpływ całkowitych strat w łączu na odbiór sygnałów radiowych. Wyniki analiz mogą być przydatne podczas łączenia wielu niezależnych sygnałów w jeden wielodostępowy sygnał transmitowany łączem satelitarnym metodą transmultipleksacji sygnałów, co w dalszej perspektywie może przełożyć się na rozwój współczesnych technologii ICT, w tym również sieci satelitarnych [17, 33, 37, 43].

Literatura

- [1] Astra 1KR – footprints. Available online: <https://www.ses.com/network/satellites/335> (date of access: 10.03.2018).
- [2] Baghsiahi H., Wang K., Kandulski W., Pitwon R., Selviah D., Optical waveguide end facet roughness and optical coupling loss, [in:] *Journal of Lightwave Technology*, 31(16), 2013, p. 2659–2668. Available online: DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/JLT.2013.2271952>

-
- [3] Benarroch A., García-del-Pino P., García-Rubia J.M., Riera J.M., Derivation of rain attenuation from experimental measurements of drop size and velocity distributions, [in:] COST IC0802 (MCM3). Available online: http://www.tesa.prd.fr/cost/input_documents.pdf (date of access: 10.03.2018).
- [4] Bogucki J., Anteny łączności satelitarnej, [in:] *Bezpieczeństwo pracy*, 6, 2001, p. 6–10.
- [5] Bogucki J., Trasy nachylone w zakresie fal milimetrowych, [in:] *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*, 3/4, 2003, p. 66–92.
- [6] Boulanger X., Castanet L., Jeannin N., Lacoste F., Study and modelling of tropospheric attenuation for land mobile satellite system operating at Ku and Ka band, [in:] COST IC0802 (MCM2). Available online: http://www.tesa.prd.fr/cost/input_documents.pdf (date of access: 11.03.2018).
- [7] Cetin M., Adiguzel F., Kaya O., Sahap A., Mapping of bioclimatic comfort for potential planning using GIS in Aydin, [in:] *Environment, Development and Sustainability*, 2016, in press, p. 1-15. Available online: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10668-016-9885-5>
- [8] Cetin M., Consideration of permeable pavement in Landscape Architecture, [in:] *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(1), 2015, p. 385–392. Available online: <https://docs.google.com/a/jepe-journal.info/viewer?a=v&pid=sites&srcid=amVwZS1qb3VybmFsLmluZm98amVwZS1qb3VybmFsGd4OjNmY2FkYzYzN2Y1MWNlYjM>
- [9] Cetin M., Determination of bioclimatic comfort areas in landscape planning: A case study of Cide Coastline, [in:] *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(9), 2016, p. 800–804.
- [10] Cetin M., Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City, [in:] *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(10), 2015, p. 640. Available online: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-4861-3>
- [11] Cetin M., Evaluation of the sustainable tourism potential of a protected area for landscape planning: a case study of the ancient city of Pompeipolis in Kastamonu, [in:] *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(6), 2015, p. 490–495. Available online: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2015.1081651?src=recsys&journalCode=tsdw20>
- [12] Cetin M., Sevik H., Assessing potential areas of ecotourism through a case study in Ilgaz Mountain National Park, ed. L. Butowski, InTech, Rijeka 2016. Available online: <http://www.intechopen.com/books/tourism-from-empirical-research-towards-practical-application/assessing-potential-areas-of-ecotourism-through-a-case-study-in-ilgaz-mountain-national-park> (date of access: 13.03.2018).
- [13] Cetin M., Sevik H., Evaluating the recreation potential of Ilgaz Mountain National Park in Turkey, [in:] *Environmental Monitoring and Assessment*,

- 188(1), 2015, p. 52. Available online: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-5064-7>
- [14] Cetin M., Sustainability of urban coastal area management: a case study on Cide, [in:] *Journal of Sustainable Forestry*, 35(7), 2016, p. 527–541, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2016.1228072>
- [15] Cetin M., Topay M., Kaya L. G., Yilmaz B., Efficiency of bioclimatic comfort in landscape planning process: case of Kutahya, [in:] *Turkish Journal of Forestry*, 1(1), 2010, p. 83–95.
- [16] Cetin M., Using GIS analysis to assess urban green space in terms of accessibility: case study in Kutahya, [in:] *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(5), 2015, p. 420–424. DOI: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13504509.2015.1061066>
- [17] Ciosmak J., Algorytm wyznaczania nieseparowalnych dwuwymiarowych zespołów filtrów dla potrzeb systemów transmultipleksacji, [in:] *Przegląd Elektrotechniczny*, 87(11), 2011, p. 217–220.
- [18] Ciosmak J., Wilk J., Badanie wpływu mżawki na odbiór mikrofalowych sygnałów satelitarnych, [in:] *Logistyka*, 6, 2014, p. 11108–11116. Available online: http://czasopismo.logistyka.pl/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=291&Itemid=79
- [19] European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research – COST, Final evaluation Report: Propagation Tools and Data for Integrated Telecommunication, Navigation and Earth Observation Systems. Available online: http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/ICT/Action_IC0802/final_report/final_report-IC0802.pdf (date of access: 12.03.2018).
- [20] European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research – COST, Memorandum of Understanding for the implementation of a European Concerted Research Action designated as COST Action IC0802: Propagation tools and data for integrated Telecommunication, Navigation and Earth Observation systems. Available online: http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/ICT/Action_IC0802/mou/IC0802-e.pdf (date of access: 12.03.2018).
- [21] Heiser D. A., Keyser R. B., Microwave measurements for antenna random maintenance and replacement, [in:] *IEEE Conference Publications. Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics*, 1, 1998, p. 501–506, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ANTEM.1998.7861713>
- [22] Ho Ch., Katak A., Slobin S., Morabito D., Atmospheric attenuation and noise temperature effects, [in:] *The Interplanetary Network Progress Report*, 42-168, 2007, p. 1–22.
- [23] Ho Ch., Katak A., Slobin S., Asmar S., Solar brightness temperature and corresponding antenna noise temperature at microwave frequencies, [in:] *The Interplanetary Network Progress Report*, 42-175, 2008, p. 1–11.

- [24] Huo X., Li D., Han X., Wang J., Effects of structural and environmental parameters on the coupling loss of leaky rectangular waveguide in tunnel, [in:] Antennas & Propagation Conference (LAPC), 2015, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/LAPC.2015.7366022>
- [25] Ippolito L. J., Satellite communications. Systems engineering. Atmospheric effects, satellite link design and system performance, John Wiley & Sons, Chichester 2008.
- [26] ITU-R, Radio Regulations. Edition of 2017. Available online: <http://www.itu.int/en/publications/ITU-R/Pages/default.aspx> (date of access: 15.03.2018).
- [27] Loska A., Scenario modeling exploitation decision-making process in technical network systems, [in:] Eksploatacja I Niezawodność – Maintenance and Reliability, 19(2), 2017, p. 268–278, DOI: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2017.2.15>
- [28] Lozano A., Tulino A. M., Capacity of multiple-transmit multiple-receive antenna architectures, [in:] IEEE Transactions on Information Theory, 48(12), 2002, p. 3117–3128, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIT.2002.805084>
- [29] Marciniak M., Wilk J., Czynniki tłumienia fal radiowych w atmosferze ziemskiej, [in:] Logistyka, 4, 2015, p. 6578–6588.
- [30] Marciniak M., Wilk J., Relationship between the quality coefficients signal and rainfall intensity, [in:] TRANSCOM 2015. 11-th European conference of young researchers and scientists, 3, 2015, p. 94–98.
- [31] Marciniak M., Wilk J., Wpływ szumów na propagację fal radiowych, [in:] Logistyka, 4, 2015, p. 6589–6597.
- [32] Marek M., Wykorzystanie ekonometrycznego modelu klasycznej funkcji regresji liniowej do przeprowadzenia analiz ilościowych w naukach ekonomicznych, [in:] Rola informatyki w naukach ekonomicznych i społecznych. Innowacje i implikacje interdyscyplinarne. The role of informatics in economic and social sciences. Innovations and interdisciplinary implications, ed. T. Grabiński, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Handlowej im. B. Markowskiego w Kielcach, Kielce 2013.
- [33] Mohseni M., Zhang R., Cioffi J. M., Optimized transmission for fading multiple-access and broadcast channels with multiple antennas, [in:] IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 24(8), 2006, p. 1627–1639, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/JSAC.2006.879407>
- [34] Natrov D. M., Marciniak M., Sauleau R., Nosich A. I., Effect of Periodicity in the Resonant Scattering of Light by Finite Sparse Configurations of Many Silver Nanowires, [in:] Plasmonics, 9(2), 2014, p. 389–407.
- [35] Nosich A. I., Marciniak M., Zinenko T. L., Accurate Analysis of Light Scattering and Absorption by an Infinite Flat Grating of Thin Silver Nanostrips in Free Space Using the Method of Analytical Regularization,

- [in:] IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 19(3), 2013, p. 1–8.
- [36] Pardo E., Kapolka M., Kováč J., Šouc J., Grilli F., Piqué A., Three-Dimensional Modeling and Measurement of Coupling AC Loss in Soldered Tapes and Striated Coated Conductors, [in:] IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 26(3), 2016,
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TASC.2016.2523758>
- [37] Pilch R., Reliability evaluation of networks with imperfect and repairable links and nodes, [in:] Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, 19(1), 2017, p. 19–25,
DOI: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2017.1.3>
- [38] Rec. P. 372-10, Radio noise, ITU-R, Genewa 2009.
- [39] Rec. P. 837-6, Characteristics of precipitation for propagation modeling. Radio noise, ITU-R, Genewa 2012.
- [40] Roddy D., Satellite communications, McGraw-Hill, New York 2001.
- [41] Szóstka J., Fale i anteny, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
- [42] Weitzen J. A., Effects of polarization coupling loss mechanism on design of meteor scatter antennas for short- and long-range communication, [in:] Radio Science, 24(4), 1989, p. 549–557,
DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/RS024i004p00549>
- [43] Wilk-Jakubowski G., Wpływ technologii informatyczno-komunikacyjnych na funkcjonowanie współczesnych społeczeństw, [in:] Rola informatyki w naukach ekonomicznych i społecznych. Innowacje i implikacje interdyscyplinarne. The role of informatics in economic and social sciences. Innovations and interdisciplinary implications, ed. T. Grabiński, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Handlowej im. B. Markowskiego w Kielcach, Kielce 2011.
- [44] Wilk-Jakubowski J., Badanie niezawodności satelitarnych systemów teleinformatycznych w warunkach propagacji w atmosferze ziemskiej, [in:] TTS. Technika transportu szynowego, 12, 2016, p. 364–367.
- [45] Wilk-Jakubowski J., Ocena wpływu źródeł szumów naturalnych na propagację fal radiowych, [in:] Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 12, 2016, p. 1450–1453.
- [46] Wilk-Jakubowski J., Wpływ warunków klimatyczno-atmosferycznych na mechanizm propagacji fal radiowych w atmosferze ziemskiej, [in:] TTS. Technika transportu szynowego, 12, 2016, p. 266–268.
- [47] Wilk J. Ł., The impact of radiowave polarization, frequency and rain intensity on the satellite signal reception in the area of Kielce city, [in:] TRANSCOM 2013. 10-th European Conference of Young Research and Scientific Workers, 3, 2013, p. 94–98.

-
- [48] Wilk J. Ł., The influence of the antenna aperture on the quality of a satellite signal, [in:] XII International PhD Workshop OWD 2010, 28, 2010, p. 335–341.
- [49] Wilk J. Ł., The influence of the dish efficiency on the quality of a satellite signal, [in:] TRANSCOM 2011. 9-th European Conference of Young Research and Scientific Workers, 3, 2011, p. 253–256.
- [50] Wilk J., Współpraca naukowa w ramach Projektu Europejskiego COST IC0802, [in:] Wschód i Zachód w wymiarze globalnym. Doświadczenia z przeszłości a perspektywy na przyszłość, 1st ed., (red.) R. Brzoza, M. Miłek, G. Wilk-Jakubowski, Wydawnictwo Stowarzyszenia Współpracy Polska-Wschód. Oddział Świętokrzyski, Kielce 2012.
- [51] Wilk J., Total signal degradation due to rain precipitation in the troposphere in the area of Kielce city, [in:] Scientific Journal. Telecommunications and Electronics, 17(262), 2013, p. 5–16.
- [52] Yang H., Xu G., Fan X., A reliability analysis method of cloud theory – Monte Carlo based on performance degradation data, [in:] Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, 17(3), 2015, p. 435–442, DOI: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2015.3.15>
- [53] Zieliński R. J., Satelitarne sieci teleinformatyczne, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2009.



Gabriela Hajduga, Agnieszka Generowicz

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska

Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska

ul. Warszawska 24, 31–155 Kraków

OCENA WYBRANYCH ELEMENTÓW REALIZACJI DYREKTYWY ŚCIEKOWEJ ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO

Streszczenie. Polska, w momencie przystąpienia do Unii Europejskiej, zobowiązała się do spełnienia wymagań, stawianych w Dyrektywie z dnia 21 maja 1991 r. (91/271/ EWG) dotyczącej oczyszczania ścieków komunalnych. Dyrektywa zakładała podjęcie wspólnych działań mających poprawić jakość wód w UE tak, aby ich zanieczyszczenia w jednym z państw członkowskich nie wpływały na pogorszenie jakości wód w pozostałych państwach. Polska do końca 2015 r. miała osiągnąć odpowiedni poziom oczyszczania ścieków oraz rozbudować system ich zbierania w taki sposób, aby niemal każdy mieszkaniec miał do niego dostęp lub wyposażył się w ekologiczną oczyszczalnię ścieków. W artykule przeanalizowano stopień realizacji wymogów dyrektywy na dzień 31.12.2014 r., kiedy wiadomo było, iż Polska ich nie spełni. Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK), zakładał, że wdrażanie dyrektywy 91/271/EWG odbywać się będzie zgodnie z art. 5.4, ze względu na zaliczenie całego obszaru Polski do tzw. obszaru wrażliwego, tj. wymagającego ograniczenia zrzutów związków azotu i fosforu (zapewnienie 75% redukcji) oraz zanieczyszczeń biodegradowalnych. Alternatywą mógł być art. 5.2, który wymagał zapewnienia oczyszczania ścieków z podwyższonym standardem usuwania biogenów w aglomeracjach powyżej 10 000 RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców). Dlatego też analiza warunków wdrażania tej dyrektywy stanowić będzie cel niniejszego opracowania. Koszty rozbudowy infrastruktury wodno-ściekowej, są bardzo duże i często znacząco przekraczają możliwości budżetowe gmin. Dzięki przystąpieniu do UE Polska uzyskała możliwość otrzymania dofinansowania. Z tego względu, poszczególne Przedsiębiorstwa Wodociągowo-Kanalizacyjne mogły się starać o dofinansowanie na tego typu projekty w ramach Europejskich Funduszy Rozwoju Regionalnego (EFRR) oraz Funduszy Spójności (FS) i organizowanych w ich ramach programów operacyjnych np. EFRR Infrastruktura i Środowisko. W artykule, przedstawiono zestawienie największych inwestycji, które korzystały ze środków UE.

Województwo małopolskie może stanowić dobry przykład wdrażania dyrektywy. W momencie przystąpienia Polski do UE prawie 48% jego mieszkańców korzystało z sieci kanalizacyjnej, co plasowało je na 14 miejscu w stosunku do innych województw.

W ciągu 10 lat wprowadzania wymogów Dyrektywy, wielkość ta wzrosła do 59,8% czyli o około 500 tys. mieszkańców i jest ona niższa o około 9% w stosunku do całego kraju (68,7%).

Słowa kluczowe: dyrektywa UE, oczyszczanie ścieków, kanalizacja, równoważna liczba mieszkańców (RLM).

EVALUATION OF SELECTED ELEMENTS OF THE SEWAGE DIRECTIVE IMPLEMENTATION, WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE MAŁOPOLSKA PROVINCE

Abstract. Poland, at the time of accession to the European Union, undertook to meet the requirements set out in the Directive of 21 May 1991 (91/271 / EEC) concerning urban wastewater treatment. The directive assumed joint actions aimed at improving the quality of water in the EU, so that their pollution in one of the Member States would not affect the deterioration of water quality in other countries. Until the end of 2015, Poland was to achieve an appropriate level of wastewater treatment and to expand the collection system in such a way that almost every inhabitant would have access to it or equipped itself with an ecological wastewater treatment plant. The article analyses the degree of implementation of the directive requirements as at December 31, 2014, when it was known that Poland would not meet them. The National Program for Municipal Sewage Treatment (KPOŚK), assumed that the implementation of Directive 91/271 / EEC will take place in accordance with art. 5.4, due to the inclusion of the entire area of Poland in the so-called sensitive area, i.e. requiring the restriction of nitrogen and phosphorus compound discharges (ensuring a 75% reduction) and biodegradable contaminants. An alternative could be art. 5.2, which required providing wastewater treatment with an increased standard of biogen removal in agglomerations above 10,000 PE. Therefore, the analysis of the conditions for the implementation of this directive will be the aim of this study. The costs of developing the water and sewage infrastructure are very large and often significantly exceed the budget possibilities of municipalities. Thanks to joining the EU, Poland obtained the possibility of receiving co-financing. For this reason, individual Water and Sewage Enterprises could apply for co-financing for this type of projects under the European Regional Development Funds (ERDF) and Cohesion Funds (CF) and operational programs organized within them, eg Infrastructure and Environment. The article presents a list of the largest investments that have benefited from EU funds.

The Lesser Poland Voivodeship may be a good example of the implementation of the Directive. At the time of Poland's accession to the EU, almost 48% of its residents used the sewage system, which placed them in the 14th place compared to other voivodships. Within 10 years of introducing the requirements of the Directive, this amount increased to 59.8%, ie by about 500,000 inhabitants and it is lower by about 9% in relation to the whole country (68.7%).

Keywords: European Union, sewerage, RLM, sewage treatment, directive.

Wprowadzenie

Rada Wspólnoty Europejskiej, już w rezolucji z 1988 r. w sprawie ochrony Morza Północnego oraz pozostałych wód Wspólnoty, zwróciła się do Komisji Europejskiej o przedstawienie propozycji niezbędnych działań w zakresie oczyszczania ścieków komunalnych. Zanieczyszczenia wód wynikające z niedostatecznego poziomu ich oczyszczania w jednym z państw członkowskich, mogą wpływać na jakość pozostałych wód. W związku z tym niezbędne jest podjęcie działań na poziomie wszystkich państw członkowskich. Opracowano w tym celu i opublikowano Dyrektywę (z dnia 21 maja 1991 r. - 91/271/EWG) dotyczącą oczyszczania ścieków komunalnych, w tym: systemów ich odprowadzania (lub kanalizacji) i oczyszczalni ścieków. Dotyczy ona również odprowadzania ścieków z niektórych sektorów przemysłu w zależności od równoważnej liczby mieszkańców (RLM) rozpatrywanej aglomeracji [1-5].

Polska, podpisując w 2004 r. Traktat Akcesyjny, stała się pełnoprawnym członkiem Unii Europejskiej, a więc zobowiązała się do spełnienia wymagań, stawianych w ww. dyrektywie wszystkim państwom członkowskim. W oryginalnym zapisie dyrektywy, wymagania musiały zostać spełnione do 31 grudnia 2005 r., jednak w rozmowach przedakcesyjnych, wynegocjowano dostosowawcze okresy przejściowe na dopełnienie zobowiązań do końca 2015 r. Zgodnie z zapisami dyrektywy, Polska została również zobligowana do opracowania krajowego programu jej wykonania. Z tego względu, już w grudniu 2003 r. Ministerstwo Środowiska przygotowało Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK), za którego realizację odpowiedzialny jest Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej. Program ten pozwala na zidentyfikowanie faktycznych potrzeb w zakresie uporządkowania gospodarki ściekowej Polski oraz na uszeregowanie ich realizacji w taki sposób, aby wywiązać się ze zobowiązań traktatowych [7]. Założono w nim, że wdrażanie dyrektywy 91/271/EWG odbywać się będzie zgodnie z art. 5.4, ze względu na zaliczenie całego obszaru Polski do tzw. obszaru wrażliwego, tj. wymagającego ograniczenia zrzutów związków azotu i fosforu (zapewnienie 75% redukcji) oraz zanieczyszczeń biodegradowalnych. Założenia te będą spełnione, gdy w grupie oczyszczalni o $2000 \leq \text{RLM} < 15\ 000$ stosowane będzie konwencjonalne biologiczne oczyszczanie ścieków, a w przypadku $\text{RLM} \geq 15\ 000$ pogłębione usuwanie azotu i fosforu ogólnego. Alternatywą mógł być art. 5.2, który wymagał zapewnienia oczyszczania ścieków z podwyższonym standardem usuwania biogenów w aglomeracjach powyżej 10 000 RLM. Ponadto, Polska musi zapewnić wyposażenie wszystkich aglomeracji o $\text{RLM} \geq 2000$ w systemy zbierania ścieków komunalnych na poziomie 100% [1, 6, 9, 10].

Krajowy Program Oczyszczania Ścieków

Krajowy Program Oczyszczania Ścieków (KPOŚK), zgodnie z prawem, powinien być aktualizowany minimum raz na cztery lata. Na chwilę obecną istnieją jego 4 aktualizacje (tabela 1).

Tabela 1. Zakres i planowane koszty realizacji KPOŚK i jego kolejnych aktualizacji (źródło: opracowanie własne na podstawie KZGW)

	KPOŚK	I Aktualizacja KPOŚK	II Aktualizacja KPOŚK	III Aktualizacja KPOŚK	IV Aktualizacja KPOŚK
Rok zatwierdzenia	2003	2005	2010	2011	2015
Liczba aglomeracji o RLM \geq 2000	1378	1577	1635 Zał 1: 1313 Zał 2: 322 Zał 3: 104	Nie dotyczy	1492 w tym: PI: 161 PII: 8 PII: 385 PIV: 450 PP: 488
Liczba oczyszczalni ścieków wymagająca budowy, rozbudowy lub modernizacji [szt.]	1163	1734	Zał 1: 746 Zał 2: 333 Zał 3: b.d.		Łącznie: 1088 Po 2015 r.: 742
Długość sieci wymagająca budowy lub modernizacji [km]	21 000	37 000	Zał 1: 33 524 Zał 2: 11 735 Zał 3: brak danych		Łącznie: 24 746,6 Po 2015 r.: 19 417,4
Nakłady finansowe na budowę, rozbudowę lub modernizację oczyszczalni ścieków [mld zł]	11	10,6	Zał 1: 11,4 Zał 2: 12,4 Zał 3: brak danych		10,28
Nakłady finansowe na budowę, lub modernizację sieci kanalizacyjną [mld zł]	24	32	Zał 1: 19,2 Zał 2: 4,5 Zał 3: brak danych		18,17

Pierwotnie przyjęta jego wersja, obejmowała 1378 aglomeracji o RLM \geq 2000 i przewidywała budowę około 21 tys. km sieci kanalizacji sanitarnej, przy prognozowanych nakładach na realizację całego programu na poziomie 35 mld złotych. Pierwsza aktualizacja, powstała w 2005 r. i miała weryfikować i aktualizować

wać potrzeby ujęte w Programie. Przewidywała ona prawie 200 aglomeracji więcej, w porównaniu z pierwotnymi założeniami, co wiązało się ze zwiększoną długością sieci oraz kosztami w wysokości 42,6 mld złotych. Na pięć lat przed wygaśnięciem terminów zawartych w Traktacie Akcesyjnym, przeprowadzono ponownie aktualizację Programu. Całkowita liczba aglomeracji wzrosła jednak nie tak drastycznie, jak przy pierwszej poprawce. Ze względu na zbliżającą się graniczną datę 31 grudnia 2015 r., w poprawce tej zdecydowano się na podział aglomeracji w dwóch załącznikach. W pierwszym wskazano 1313 aglomeracji o RLM ≥ 2000 priorytetowych do wypełnienia wymogów Traktatu. Łączna RLM dla nich stanowiła 97% całkowitego RLM programu. Drugi załącznik zawierał 322 aglomeracje niestanowiące priorytetu. Ich całkowita liczba wynosiła 3% całkowitego RLM Programu. Stworzono również załącznik 3, zawierający 104 nowo wyznaczone aglomeracje, niespełniające warunków, aby znaleźć się w którymś z wcześniejszych wymogów pozwalających je zakwalifikować do wcześniejszych dwóch załączników. Koszty realizacji inwestycji z pierwszego załącznika oszacowano na 31,9 mld złotych. Przewidywano również, że realizacja Programu według drugiej aktualizacji zapewni do końca 2015 r. obsługę systemami kanalizacji oraz oczyszczalniami ścieków ok. 29 mln mieszkańców Polski, w tym blisko 100% ludności miejskiej i około 60% ludności wiejskiej. W ramach trzeciej aktualizacji w 2011 r. przeprowadzono analizę stanu zaawansowania realizacji inwestycji oraz przyczyn ich opóźnień. Wyznaczono więc nowe terminy ich ukończenia. Dotyczyły one 122 aglomeracji o RLM $> 15\ 000$ oraz 4 $< 15\ 000$ zgodnie z załącznikami drugiej poprawki Programu [7, 8, 16]. Pozostałe dane w stosunku do poprzedniej wersji nie uległy zmianie. Ostatnia z aktualizacji pojawiła się w październiku 2015 r. Już we wstępie podano informacje o nieobowiązaniu w pełni w narzuconym terminie wymagań Dyrektywy. Przeprowadzenie aktualizacji projektu było niezbędne ze względu na konieczność weryfikacji i zmiany założeń wdrażania Dyrektywy, których przyczyny zaprezentowane zostały w kolejnym rozdziale. W ramach czwartej poprawki dokonano analizy zakresu spełnienia przez poszczególne aglomeracje warunków Dyrektywy. Ta wersja Programu obejmowała 1492 aglomeracje o ładunku stanowiącym 41,4% całości RLM kraju. Wszystkie inwestycje zostały podzielone na cztery priorytety, w zależności od planowanego zakończenia robót oraz ich zakresu. Pierwszy z nich uwzględniał aglomeracje, które ze względu na zmiany w polskim prawie wymagały dodatkowych inwestycji w zakresie oczyszczania ścieków, które zostaną zakończone do 31.12.2015 r. Drugi zestawiał aglomeracje, które do końca 2015 r. planują zakończyć budowę oczyszczalni ścieków oraz zapewnią odpowiednie wyposażenie w sieć kanalizacyjną. Kolejny priorytet dotyczył aglomeracji, które zdążą spełnić warunki Dyrektywy w zakresie jakości i wydajności oczyszczalni ścieków oraz zagwarantują wyposażenie w sieć kanalizacyjną co najmniej na poziomie 95% oraz 98%, odpowiednio dla aglomeracji o RLM $< 100\ 000$ oraz RLM $\leq 100\ 000$. Zmniejszenie poziomu skanalizowania

w stosunku do poprzednio wymaganych 100% zostało ustalone przez przedstawicieli Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej i Ministerstwa Środowiska z przedstawicielami Komisji Europejskiej. Ostatni z priorytetów to zbiór aglomeracji, które będą kontynuować prace nad wymogami Dyrektywy po 31.12.2015 r. W czwartej aktualizacji pojawił się również załącznik z aglomeracjami poza priorytetem, które nie spełniają warunków Dyrektywy, ale planują podejmowanie w tym kierunku działań inwestycyjnych po 31.12.2015 r. Niestety, najwięcej, bo aż 63 % aglomeracji zakwalifikowano do priorytetu IV lub znalazło się poza nim [7, 8, 10, 19, 16].

Problemy przy wdrażaniu dyrektywy

Polska, przez niespełna 7 lat od momentu wstąpienia do Unii Europejskiej i podpisania traktatu akcesyjnego, wprowadzała Dyrektywę zgodnie z paragrafem 5.4. Dotyczy on konieczności zredukowania w ściekach po procesach oczyszczania, ładunku azotu ogólnego i fosforu ogólnego o 75% w stosunku do sumarycznej ilości ścieków dopływających do oczyszczalni z terenu całego kraju. Z tego względu, w latach 2004–2010 planowano i prowadzono w Polsce działania polegające na bardziej rygorystycznym oczyszczaniu nieczystości z oczyszczalni o wielkości powyżej 15 000 RLM. Dopiero w kwietniu 2011 r. Komisja Europejska oficjalnie zwróciła Polsce uwagę na błędy w transpozycji Dyrektywy do polskiego prawa. Powinna bowiem wdrażać wymagania art. 5.2. Dyrektywy, który wskazuje, że ścieki ze wszystkich aglomeracji o RLM >10 000 powinny być poddawane bardziej zaawansowanemu oczyszczaniu biogenów. Pozwoliłoby to Polsce na korzystanie z zapisanych w traktacie terminów przejściowych i spełnienie wymagań do końca 2015 r. Tymczasem decyzja o wdrażaniu zapisów art. 5.4, bardziej korzystnego pod względem technicznym i ekonomicznym wykluczała korzystanie z terminów przejściowych. W ten sposób, już w momencie akcesji do UE, Polska powinna spełnić wszystkie wymagania wspomnianej Dyrektywy [9, 12]. Pomiędzy trzecią a czwartą aktualizacją KPOŚK, po spotkaniu przedstawicieli Generalnej Dyrekcji ds. Środowiska Komisji Europejskiej z przedstawicielami polskiego Ministerstwa Środowiska powstał „Master Plan dla wydrażania dyrektywy Rady 91/271/EWG”. Jego celem było przedstawienie sposobu spełnienia wymogów Dyrektywy, po wprowadzeniu niezbędnych zmian w polskim prawodawstwie [1, 3, 4]. Ponieważ art. 5.2 dotyczy aglomeracji o określonym wskaźniku RLM, o wartości granicznej 10 000, obligował on do tego, żeby wszystkie oczyszczalnie ścieków, bez względu na wielkość, na terenie danej aglomeracji, posiadały technologię podwyższonego usuwania biogenów. Konieczność wprowadzenia tak znaczących zmian w bardzo krótkim czasie spowodowała intensyfikację prac umożliwiających określenie właściwej wielkości aglomeracji, a także zmian w prawie pozwalających na rozpoczęcie aplikacji postanowień Dyrektywy zgodnie z art. 5.2. Weryfikacja wyznaczonych granic

oraz wielkości RLM dotyczyła ponad 1500 aglomeracji. Oprócz wymagań dotyczących bezpośrednio oczyszczalni ścieków konieczne było spełnienie przez aglomerację wymogów w zakresie wyposażenia w systemy zbierania ścieków komunalnych. W związku z tym, aglomeracje ujęte w KPOŚK powinny osiągnąć prawie 100% RLM obsługi systemami kanalizacji sanitarnej. Komisja Europejska pozwoliła na tego typu zmiany i ustalono nowy stopień skanalizowania dla aglomeracji o $RLM < 100\ 000$ na poziomie 95% oraz 98% dla $RLM \leq 100\ 000$ [2, 6]. Dodatkowo, podczas prac nad czwartą aktualizacją Programu, która rozpoczęła się już w 2011 r., zidentyfikowano nieprawidłowości, co do ustalania wielkości RLM aglomeracji (gminy nie były w stanie określić, na jakiej podstawie wyliczały jego wartość) oraz ich granic. Skutkiem takich działań był kilkakrotnie zaniżany wskaźnik koncentracji (długości) sieci, który zdefiniowano w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2004 r., jako stosunek przewidywanej do obsługi przez planowaną do budowy sieć kanalizacyjną liczby mieszkańców aglomeracji do długości tej sieci do oczyszczalni ścieków albo do końcowego punktu zrzutu ścieków komunalnych. Efektem takich błędów była zawyżona długość przewidywanych do budowy nowych odcinków sieci kanalizacji sanitarnej, tj. uwzględnianie terenów, na których nie był spełniony warunek wielkości wskaźnika, poprzez zaliczanie obszarów o rozproszonej zabudowie do granic aglomeracji. Według Rozporządzeniem Ministra Środowiska, przy wyznaczaniu granic aglomeracji należy uwzględniać koszty i możliwości techniczne realizacji sieci kanalizacji sanitarnej z doprowadzeniem do oczyszczalni ścieków albo końcowego punktu zrzutu ścieków. Ponadto wskaźnik koncentracji, w zależności od lokalizacji aglomeracji, nie może być niższy od 90 lub 120 mieszkańców na 1 km sieci [11, 13, 17].

Dofinansowania

Polska, przystępując do Unii, oprócz Dyrektywy tzw. „ściekowej” musi spełnić wymogi Ramowej Dyrektywy Wodnej. Wprowadzane w prawie polskim zmiany dotyczyły spełniania wymogów obu tych aktów jednocześnie lub zazębiając się. W ustawie Prawo Wodne [18] wprowadzono zasadę odnośnie do jednoczesnego rozwiązania problemu zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia oraz usunięcia nieczystości. Koszty związane z takimi inwestycjami są bardzo duże i często znacząco przekraczają możliwości budżetowe gmin. Dzięki przystąpieniu do UE Polska uzyskała możliwość otrzymania dofinansowania. Z tego względu, poszczególne Przedsiębiorstwa Wodociągowo-Kanalizacyjne, gmin czy województw mogły się starać o dofinansowanie na tego typu projekty w ramach Europejskich Funduszy Rozwoju Regionalnego (EFRR) oraz Funduszy Spójności (FS) i organizowanych w ich ramach programów operacyjnych np. Infrastruktura i Środowisko. Zostały zakończone dwie edycje tych dotacji, tj. na lata 2004–2006 oraz 2007–2014, a aktualnie trwa trzecia ich edycja, na lata 2014–2020. Dzięki

Mapie Dotacji UE, można na bieżąco śledzić, które projekty otrzymały dofinansowanie. W ramach pierwszej edycji z EFRR środki na realizację inwestycji otrzymało 2320 beneficjentów, z czego około 1000 (43%) dotyczyło realizacji systemów wodociągowo-kanalizacyjnych. Łączna kwota przeznaczona na ten cel to prawie 2 mld złotych (1,6 mld). Z kolei w ramach Funduszy Spójności zrealizowano 86 inwestycji, w tym około 80 (93%) z zakresu gospodarki wodno-ściekowej, na kwotę prawie 11 mld złotych. W drugiej edycji programu w ramach EFRR ogólna liczba dotacji wzrosła zaledwie o około 116 beneficjentów, przy jednoczesnym spadku o około 40 projektów, w zakresie gospodarki wodno-ściekowej. Kwota, która została przeznaczona na ich realizację, zwiększyła się ponad dwukrotnie, przekraczając 3,3 mld złotych. Z Funduszy Spójności była znacznie większa zarówno ogólna liczba beneficjentów (555), jak i z zakresu gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej - 480 beneficjentów (tabela 2). Zwiększyła się również o około 2% łączna wysokość dofinansowania tych projektów [2, 13, 14].

Tabela 2. Dofinansowania ze Środków Unii Europejskiej dla Polski (źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy Dotacji UE)

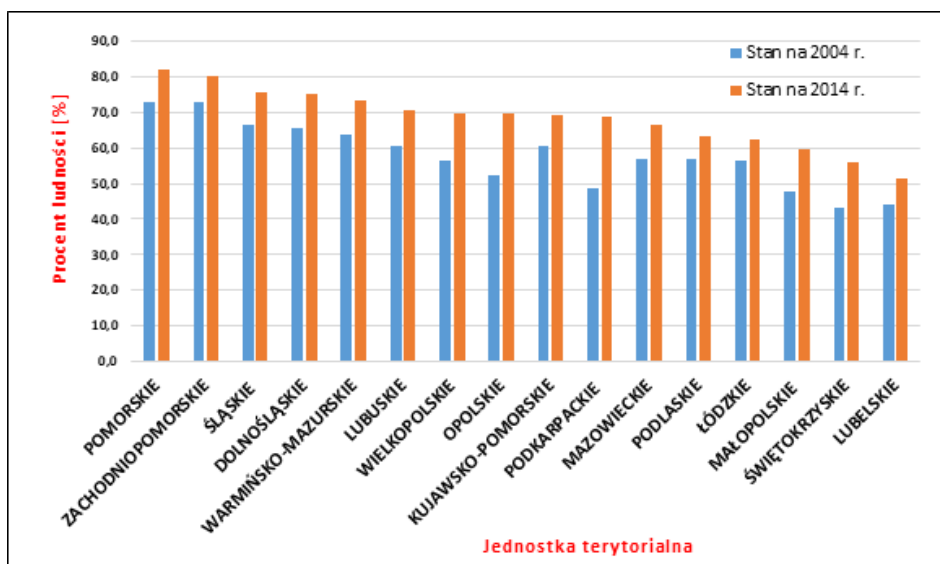
Edycja	Nazwa Funduszu	Łączna liczba projektów	Projekty z zakresu gospodarki wod- kan	Łączna wysokość dofinansowania [zł]	Przykład największego projektu	Kwota dofinansowania projektu [zł]
2004-2006	EFRR	2320	ok.1000	1 654 656 552	Modernizacja i rozbudowa oczyszczalni ścieków wraz z rozbudową kanalizacji sanitarnej w Kościerzynie.	24994163
	FS	86	ok. 80	10 947 561 424	Zaopatrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków w Warszawie - faza III.	956300266
2007-2014	EFRR	2436	ok. 700	3 360 114 827	Przyspieszenie rozwoju społeczno-gospodarczego i \ poprawa stanu środowiska naturalnego w gminie Głinojeck dzięki rozbudowie systemu wodociągów i kanalizacji.	45690700

Edycja	Nazwa Funduszu	Łączna liczba projektów	Projekty z zakresu gospodarki wod- kan	Łączna wysokość dofinansowania [zł]	Przykład największego projektu	Kwota dofinansowania projektu [zł]
2007-2014	FS	641	ok. 600	11 258 007 073	Zaopatrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków w Warszawie – faza IV Oczyszczanie ścieków na Żywieczie – faza II	884304160

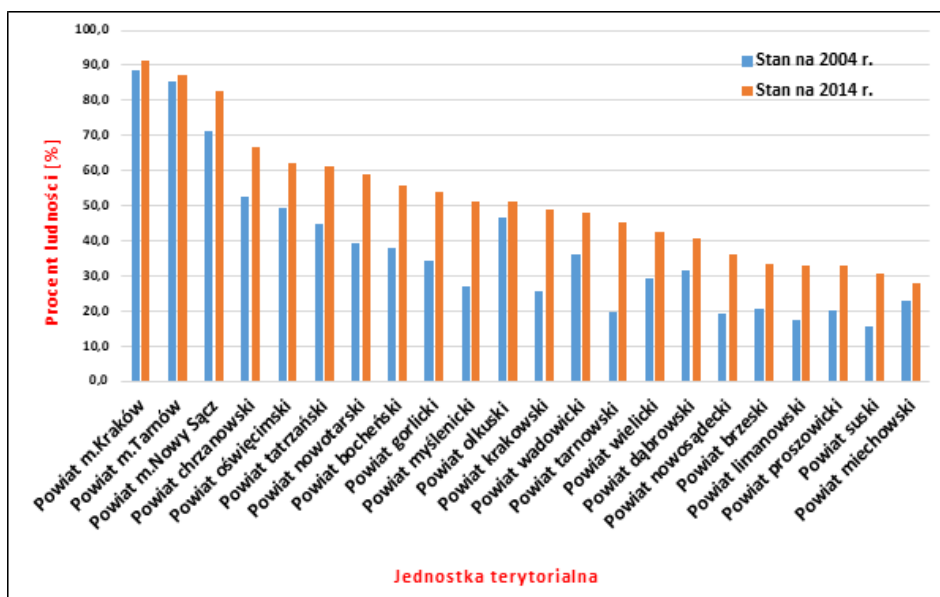
Wdrażanie dyrektywy w województwie małopolskim, na tle innych województw

Zarówno Główny Urząd Statystyczny (GUS), jak i Wojewódzkie Urzędy Statystyczne prowadzą corocznie aktualizowaną bazę danych na temat infrastruktury komunalnej i ochrony środowiska, według podziału terytorialnego kraju. Dzięki temu możliwe jest porównanie poszczególnych województw, a także ich ocena na tle Polski. W pierwszej kolejności oceniono procent ludności korzystającej z sieci kanalizacji w roku 2004 oraz 2014 (Rys. 1).

W momencie przystąpienia Polski do UE prawie 48% mieszkańców województwa małopolskiego korzystało z sieci kanalizacyjnej, co plasowało je na 14 miejscu w stosunku do innych województw. W ciągu 10 lat wprowadzania wymogów Dyrektywy, wielkość ta wzrosła do 59,8% czyli o około 500 tys. mieszkańców i jest ona niższa o około 9% w stosunku do całego kraju (68,7%). W przypadku wewnętrznej struktury województwa, które składa się z 22 powiatów, w tym 3 miast na prawach powiatu (Kraków, Tarnów oraz Nowy Sącz), najlepsza sytuacja jest w mieście Krakowie, gdzie aż 91,5% mieszkańców ma dostęp do sieci kanalizacyjnej (Rys. 2). Odwrotna sytuacja jest w powiecie miechowskim (zaledwie 28%).

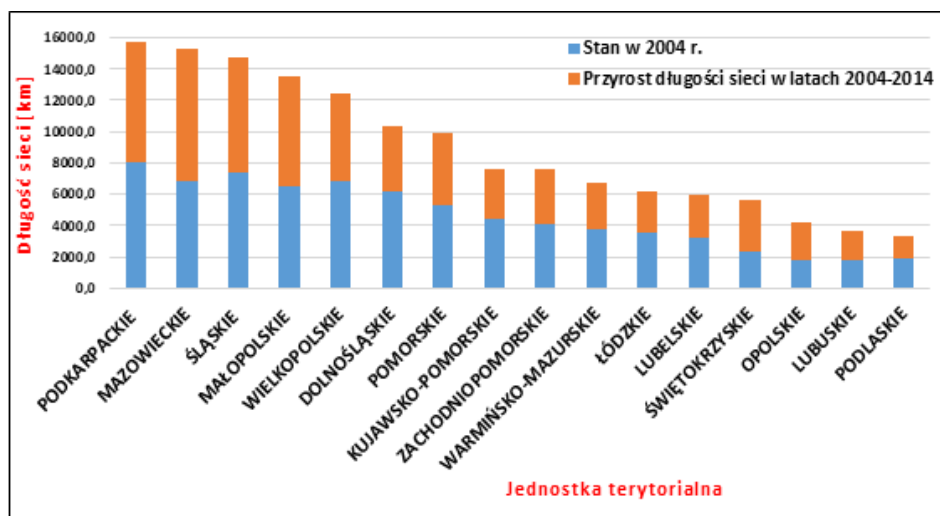


Rys. 1. Procentowa liczba ludności korzystająca z sieci kanalizacyjnej w poszczególnych województwach wyrażona w % (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS)



Rys. 2. Procentowa liczba ludności korzystająca z sieci kanalizacyjnej w poszczególnych powiatach województwa małopolskiego (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS).

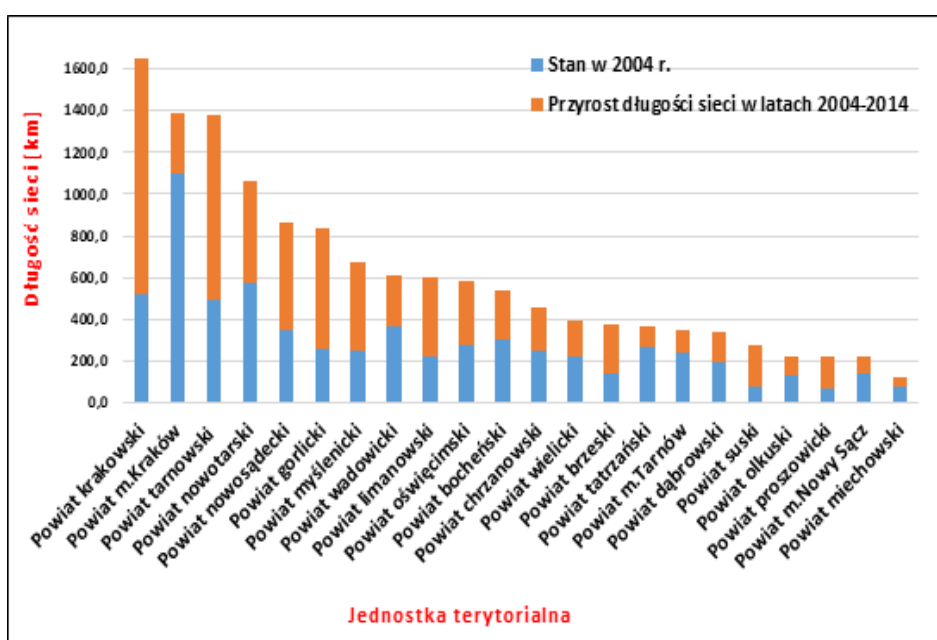
W przypadku analizowania wartości ilości ludności z dostępem do sieci w odniesieniu do jej długości (Rys. 3), to jednostką terytorialną o najdłuższej sieci kanalizacyjnej, zarówno w roku 2004, jak i 2014, jest województwo podkarpackie. W nim dostęp do kanalizacji ma prawie 69% mieszkańców, co daje mu 10 miejsce wśród województw. Dysproporcja między długością sieci a liczbą obsługiwanych przez nią mieszkańców może zależeć od ukształtowania terenu województwa i bardziej rozproszonej zabudowy. Pod tym względem województwo małopolskie znajduje się na trzecim miejscu, z długością sieci 13,5 tys. km, która obsługuje 59,8% mieszkańców. Najkrótsza sieć występuje w województwie podlaskim, gdzie do tej pory wybudowano zaledwie 3 tys. km sieci kanalizacyjnej, jednak dostęp do kanalizacji ma 63% mieszkańców. Ze względu na fakt, iż długość sieci mierzona w kilometrach nie w pełni oddaje poziom zaawansowania prac, wprowadzono na potrzeby analizy pojęcie współczynnika przyrostu tej długości sieci. Reprezentuje on stosunek długości sieci w 2014 roku do jej długości w roku 2004. Największą jego wartość osiągnęło województwo świętokrzyskie (2,44) z przyrostem 3,3 tys. km sieci. Pod tym względem województwo małopolskie, zajmuje czwartą pozycję przy współczynniku 2,08 i przyrostem długości sieci 7 tys. km. Ostatnią pozycję zajmuje województwo podlaskie ze współczynnikiem 1,77 (1,5 tys. km).



Rys. 3. Przyrost długości sieci kanalizacyjnej w poszczególnych województwach (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS)

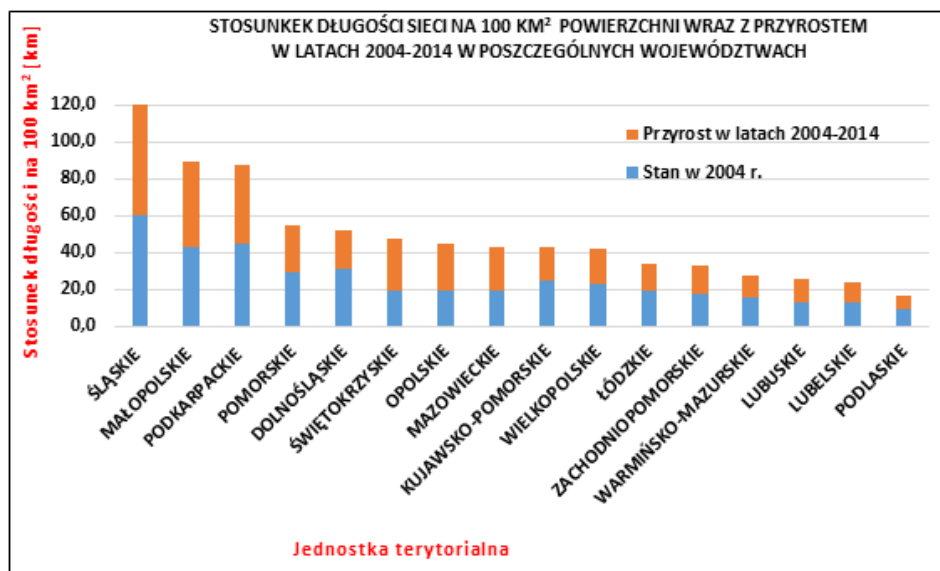
Analizując wewnętrzną strukturę województwa małopolskiego (Rys. 4), najdłuższa sieć kanalizacyjna jest w powiecie – krakowskim (ponad 1,6 tys. km), z której korzysta 48,8% mieszkańców. Najgorsza sytuacja jest w powiecie mie-

chowskim, gdzie długość sieci ma 125 km. Największy współczynnik przyrostu długości sieci występuje w powiecie suskim i wynosi 3,53 (194,3 km), co pozwoliło na dwukrotny wzrost udziału liczby ludności korzystającej z kanalizacji. Najmniejszy współczynnik określono dla miasta Kraków (1,27), jednak już w 2004 roku umożliwiło to 88,7% mieszkańcom dostęp do kanalizacji. W latach 2004–2014 poprzez dobudowanie 291,2 km sieci udział ten wzrósł do 91,5%.



Rys. 4. Przyrost długości sieci kanalizacyjnej w poszczególnych powiatach województwa małopolskiego (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS)

W przypadku nasycenia siecią kanalizacyjną, największe jej zagęszczenie na 100 km² ma województwo śląskie (prawie 120 km), a najmniejsze (16,5 km) województwo podlaskie (Rys. 5). Pod względem samej powierzchni, pierwsze z nich należy do jednego z najmniejszych (14 miejsce), natomiast drugie, jest od niego ponad 1,5 krotnie większe i plasuje się na 6 miejscu w Polsce. W województwie małopolskim długość sieci kanalizacyjnej na 100 km² wynosi 89 km, co daje mu drugie miejsce w kraju, jednak podobnie jak województwo śląskie posiada ono jedną z mniejszych powierzchni (12 miejsce w kraju).



Rys. 5. Zmiany stosunku długości sieci na 100 km² powierzchni wraz z jego przyrostem długości w poszczególnych województwach (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS)

Dane z lat 2004 i 2014 na temat nasycenia siecią kanalizacyjną pozwoliły na wyznaczenie za pomocą średniookresowego indeksu łańcuchowego wskaźnika dynamiki (wzór 1) i średniego tempa zmian badanych elementów (wzór 2) [6, 15].

$$\bar{t} = \sqrt[n-1]{\frac{y_1}{y_0} \cdot \frac{y_2}{y_1} \cdot \frac{y_3}{y_2} \cdot \dots \cdot \frac{y_n}{y_{n-1}}}$$

$$\bar{T} = (\bar{t} - 1) \cdot 100 [\%]$$

gdzie: \bar{t} – bezjednostkowy średniookresowy indeks łańcuchowy wskaźnika dynamiki; y_i – długość sieci kanalizacyjnej na 100 km² w danym roku [km]; \bar{T} – średnie tempo zmian badanych elementów [%].

Z przeprowadzonych obliczeń wynika (Tabela 3), iż największe średnie tempo nasycenia siecią kanalizacyjną miało miejsce w województwie świętokrzyskim 9,3%, natomiast najmniejsze w województwie dolnośląskim – 5,2%. Województwo małopolskie pod tym względem zajmuje trzecią pozycję ze średnim wzrostem 7,6% rocznie. Wszystkie omawiane województwa przewyższyły w skali roku wartość wyznaczoną dla kraju równą 6,8%.

Tabela 3. Zestawienie średniego tempa zmian w nasyceniu siecią kanalizacyjną w województwach (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS)

Jednostka terytorialna	Średnie tempo zmian	Jednostka terytorialna	Średnie tempo zmian
	$\frac{[\%]}{\text{rok}}$		$\frac{[\%]}{\text{rok}}$
Polska	6,8	lubuskie	7,3
łódzkie	5,8	wielkopolskie	6,2
mazowieckie	8,5	zachodniopomorskie	6,4
małopolskie	7,6	dolnośląskie	5,2
śląskie	7,1	opolskie	8,9
lubelskie	6,4	kujawsko-pomorskie	5,6
podkarpackie	6,9	pomorskie	6,4
podlaskie	5,9	warmińsko-mazurskie	6,1
świętokrzyskie	9,3		

W analizowanym województwie małopolskim największym nasyceniem sieci kanalizacyjnej charakteryzują się trzy miasta na prawach powiatu, przy niewielkiej przewadze Tarnowa, w którym zanotowano największy wzrost nasycenia w rozpatrywanych latach (Rys. 6). Najmniejsze nasycenie oraz jego wzrost, podobnie jak w przypadku udziału ludności korzystającej z kanalizacji, jak i długości sieci, cechuje powiat miechowski. Dla powiatów wyznaczono także za pomocą wzorów 1 oraz 2 średnie tempo wzrostu (Tabela 4). Pod tym względem, najlepsze wyniki osiągnął powiat suski, a najgorsze miasto Kraków.

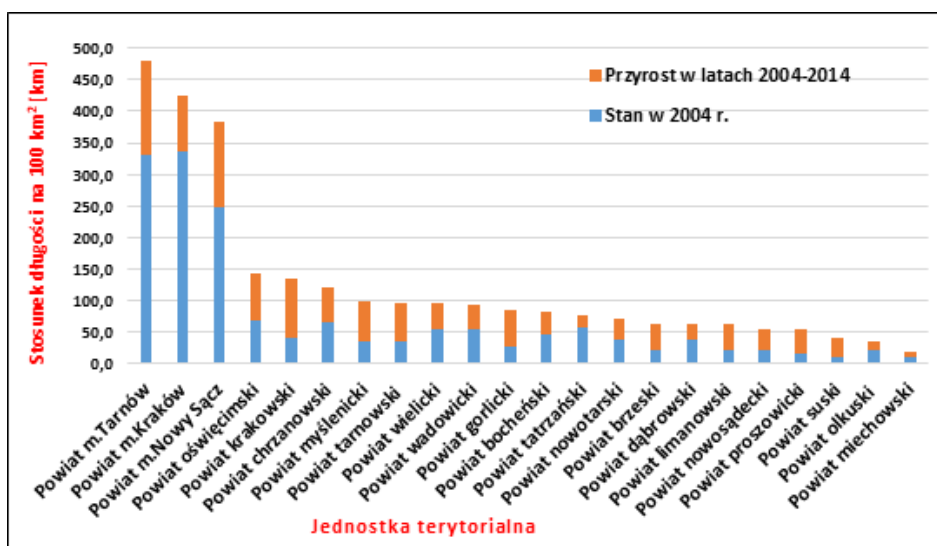
Rys. 6. Zmiany stosunku długości sieci na 100 km² powierzchni wraz z przyrostem długości w poszczególnych powiatach województwa małopolskiego (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS)

Tabela 4. Zestawienie średniego tempa zmian w nasyceniu siecią kanalizacyjną w powiatach województwa małopolskiego (źródło: opracowanie własne na podstawie GUS)

Jednostka terytorialna	Średnie tempo zmian	Jednostka terytorialna	Średnie tempo zmian
	$\left[\frac{[\%]}{\text{rok}}\right]$		$\left[\frac{[\%]}{\text{rok}}\right]$
Powiat suski	13,5	Powiat chrzanowski	6,4
Powiat gorlicki	12,6	Powiat bocheński	6,1
Powiat proszowicki	12,4	Powiat wielicki	5,8
Powiat krakowski	12,3	Powiat olkuski	5,6
Powiat tarnowski	10,9	Powiat dąbrowski	5,5
Powiat brzeski	10,7	Powiat wadowicki	5,4
Powiat myślenicki	10,6	Powiat miechowski	5,3
Powiat limanowski	10,6	Powiat m. Nowy Sącz	4,4
Powiat nowosądecki	9,5	Powiat m. Tarnów	3,8
Powiat oświęcimski	7,8	Powiat tatrzański	3,1
Powiat nowotarski	6,4	Powiat m. Kraków	2,4

W przypadku dofinansowań, również inwestycje z miejscowości woj. małopolskiego zostały beneficjentami funduszy europejskich zarówno w latach 2004–2006, jak i 2007–2014. W pierwszej edycji, w ramach EFRR, na 1000 dofinansowanych projektów z zakresu gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej, 57 z nich przypadło w woj. małopolskim na łączną kwotę powyżej 200 mln złotych. Gdyby dofinansowaną liczbę projektów podzielić przez całkowitą liczbę województw okazałoby się, że Małopolska jest poniżej średniej. Uzyskane fundusze stanowią jednak aż 13% całkowitej kwoty dofinansowania dla Polski i są one ponad dwukrotnie większe niż w przypadku równego dzielenia funduszy na każde z województw. Inwestycją o jednym z największych dofinansowań był projekt „Ochrona wód rzek Orawy na obszarze Natura 2000, poprzez budowę kanalizacji w Podwilku, Chyżnem i Trstenie”. Został on dofinansowany kwotą prawie 12 mln złotych, co stanowiło 60% całości kosztów. W ramach edycji dofinansowań z Europejskiego Funduszu Spójności na lata 2004–2006 w analizowanym województwie zrealizowano 7 projektów z 77 (9%) z zakresu gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej na kwotę prawie 670 milionów złotych, co stanowi około 6% budżetu przeznaczanego na całą Polskę oraz ponad trzykrotnie więcej niż w przypadku Funduszy Rozwoju Regionalnego. Przykładowym projektem realizowanym w ramach Funduszu Spójności, który charakteryzuje się bardzo wysokim dofinansowaniem, jest „Oczyszczalnia ścieków - Płaszów II w Krakowie” (prawie 250 mln złotych),

czyli około 35% całości dofinansowań w województwa małopolskiego oraz 64% wartości projektu.

W latach 2007–2014 województwo małopolskie również mogło liczyć na dofinansowania ze środków UE. W ramach EFRR na ok. 720 projektów z zakresu gospodarki wodno-ściekowej, 55 pochodziło z województwa małopolskiego na kwotę ponad 222 mln złotych, co stanowiło odpowiednio 8% projektów i 6% ogółu dofinansowań. Projektem o jednym z największych dofinansowań była „Poprawa środowiska naturalnego poprzez budowę infrastruktury komunalnej w gminach pogranicza polsko-słowackiego – Lipnica Wielka (PL) oraz Stefanov (SK)” o wysokości dofinansowania prawie 10 mln złotych, co stanowiło 84% kwoty niezbędnej do realizacji projektu. Europejski Fundusz Spójności, w latach 2007–2014 przeznaczył około 1,5 mld złotych na realizację 58 projektów w województwie, co daje 10% ogółu realizowanych w tym zakresie projektów w kraju. Kwota ta jest ponad 6 krotnie większa od budżetu w ramach EFRR, 2 krotnie więcej niż przy równym podziale budżetu wśród województw i stanowi 12% kwoty dofinansowań przeznaczonych dla Polski. Jednym z największych zrealizowanych projektów był projekt „Czysta woda dla Krakowa – uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej na terenie Gminy Myślenice”, który dofinansowano kwotą 167 mln złotych, czyli 11% całości dofinansowań dla województwa [5, 13, 14, 20, 21].

Wnioski końcowe

Dane Banku Lokalnego GUS, które zostały zaprezentowane w artykule pokazują, iż stan skanalizowania i ogólnego rozwoju gospodarki ściekowej, ulega corocznej poprawie. Jednak tempo realizacji niezbędnych przedsięwzięć jest zbyt wolne i już w czwartej poprawce KPOSK wskazano, iż wymogi stawiane Polsce w Dyrektywie ściekowej, nie będą spełnione. Według danych GUS, po 2014 roku zaledwie 68% ludności kraju posiada dostęp i korzysta z sieci kanalizacyjnej. Województwo małopolskie nie osiąga nawet tej wartości (59,8%) plasując się dopiero na 14 miejscu wśród wszystkich województw. Mając na uwadze wymagania i zapisy Dyrektywy, można przyjąć, że praktycznie każdy mieszkaniec powinien mieć dostęp do sieci kanalizacyjnej. Wskazuje to tym samym stopień zaległości. Opóźnienia w zakresie gospodarki ściekowej związane są nie tylko z ogromem środków, jakie one pochłaniają, a na które gminy nie mogą sobie pozwolić, ale i faktem, iż dopiero w 2011 roku Komisja Europejska zwróciła Polsce uwagę na złą implementację przepisów do polskiego prawa. Mimo iż od 2004 r. nasz kraj może liczyć na dotacje ze środków Unii Europejskiej, to jednak duży zakres prac w zakresie gospodarki wodno-ściekowej, a także konieczność wypełnienia innych przepisów UE sprawiają, że nie mogą one być w całości pokrywane na realizację Dyrektywy ściekowej.

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, przedstawia corocznie raport na temat stanu środowiska. W raporcie za rok 2014 można znaleźć informację, że również do końca 2015 r. należało zakończyć Plan Gospodarowania Wodami w Dorzeczach zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną. Nakazuje ona, by wody powierzchniowe osiągnęły w kwalifikacji stan „dobry”, natomiast wyniki klasyfikacji wykazują, że ponad 51% monitorowanych wód w Małopolsce nie spełnia tych kryteriów, przy czym 22% wód jest znacznie gorszej jakości. W Raporcie WIOŚ, jako jedną z przyczyn zaistniałego stanu podano niski procent ludności obsługiwanej przez sieć kanalizacyjną, a co się z tym wiąże, obsługiwanych przez oczyszczalnie ścieków (Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska 2006; Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska 2005). Niedopełnienie wymogów Dyrektywy ściekowej ma wpływ na wywiązanie się z innych zobowiązań wobec Unii Europejskiej, dlatego Polsce grożą bardzo wysokie kary za kolejne opóźnienia. Przykładami krajów, które w taki sposób zostały ukarane są Luksemburg oraz Grecja. Ta ostatnia została ukarana dwukrotnie: w 2007 oraz 2015 roku [20, 21].

Literatura

- [1] Bahadori A., *Wastewater Sewer Systems, Waste Management in the Chemical and Petroleum Industries*, Wiley Online Library, 2013.
- [2] Błażejowski R., *Indywidualne systemy sanitacyjne a wody podziemne*. Gospodarka Wodna, t. 10, 1995, p. 238–240.
- [3] Błażejowski R., *Aktualny status przydomowych oczyszczalni ścieków i perspektywy ich rozwoju*, Wodociągi – Kanalizacja, t. 1, 2005.
- [4] Dyrektywa Rady 91/271/EWG z dnia 21 maja 1991 r. dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych z późniejszymi zmianami.
- [5] Józwiakowski K., *Przydomowe oczyszczalnie ścieków na terenach wiejskich*. Inżynier budownictwa, t. 10, 2012, p. 57–60.
- [6] Józwiakowski K., Pytka, A. Marzec, M., Gizińska, M., Dąbek, J. Głaz, B. Sławińska, A., *Rozwój infrastruktury wodno-ściekowej w województwie lubelskim w latach 2000-2011*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. PAN Oddział w Krakowie. Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, t. 3/I/2012, p. 73–86.
- [7] Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, *Aktualizacja Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych- AKPOSK*, 2010, Warszawa.
- [8] Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, *Master Plan dla wdrażania dyrektywy Rady 91/271/EWG*, 2015, Warszawa.

-
- [9] Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, *Projekt Aktualizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych 2015-AKPOŚK*, 2015, Warszawa.
- [10] Kulczak A., *Aglomeracje vs Dyrektywa ściekowa – odliczanie czas zacząć*, Tractebel Engineering S.A, 2014.
- [11] Mapa dotacji Unii Europejskiej - www.mapadotacji.gov.pl (data dostępu: 01.09.2016 r.).
- [12] Mucha Z., Mikosz J., 2009 – *Racjonalne stosowanie małych oczyszczalni ścieków zgodnie z kryteriami zrównoważonego rozwoju*. Czasopismo Techniczne, t. 2-Ś, 2009, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- [13] Piasecki A., *Rozwój gospodarki wodno-ściekowej w Bydgoszczy*, Logistyka, t. 4, 2013.
- [14] Piasecki A., *Rozwój infrastruktury wodno-kanalizacyjnej w gminach powiatu tucholskiego i świeckiego*, Logistyka, t. 4, 2013a.
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2014 r. *W sprawie sposobu wyznaczania obszaru i granic aglomeracji*.
- [16] Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H., D., *Wastewater engineering Treatment and Reuse*, Metcalf & Eddy, Inc., 1991
- [17] Trybunał Sprawiedliwości Unii Europejskiej 2015 – Komunikat prasowy nr 126/15. Luksemburg.
- [18] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 – *Prawo wodne* (Dz. U. 2017, poz. 1566),
- [19] Waritha M. A., Kennedy K., Reitsma R., *Use of sanitary sewers as wastewater pre-treatment systems*, Waste Management 18 (4), 1998, 235–247, DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X\(98\)00023-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X(98)00023-3)
- [20] Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, *Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2005 roku*, 2006, Kraków.
- [21] Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, *Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2014 roku*, 2015 Kraków.



Gabriela Hajduga, Jarosław Bajer

Cracow University of Technology

Faculty of Environmental Engineering

Institute of Water Supply and Environmental Protection

24 Warszawska Street, 31–155 Cracow

ANALYSIS OF FAILURE OF THE WATER NETWORK FOR A SMALL COMMUNITIES IN THE YEARS 2007–2012

Abstract. Water losses and failure of a water supply network is one of the main problems of each Municipal Water District not only in Poland but in the whole world. Water losses, have not only economic consequences, but also ecological. The analysis made and shown in the article concerns of water losses and failure of water supply network operated by The Municipal Water Supply and Sewage Disposal Company in Brzesko in 2007–2012.

Keywords: failure of water supply network, water losses, reliability index of the network.

ANALIZA AWARYJNOŚCI SIECI WODOCIĄGOWEJ MAŁEJ JEDNOSTKI OSADNICZEJ W LATACH 2007–2012

Streszczenie. Straty wody oraz awaryjność sieci wodociągowej należą do głównych problemów eksploatacyjnych Systemów Zbiorowego Zaopatrzenia w Wodę dla każdego przedsiębiorstwa nie tylko w Polsce, ale i w innych krajach świata. W pracy dokonano analizy strat wody oraz awaryjności sieci wodociągowej eksploatowanej przez Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (RPWiK) w Brzesku na przestrzeni lat 2007–2012.

Słowa kluczowe: awaryjność sieci wodociągowej, straty wody, wskaźniki niezawodności sieci.

Introduction

Every management unit of water supply network is obligated not only to provide their customers required amount of potable water any time of the day and with proper pressure but also to do it at the best price. The units are able to fulfill the requirements through proper management of the network. The main

problems which interfere with proper work of the water supply network and which are faced by all water companies are water losses and failures of the network. Both these problems are important not only for economic and sanitary reasons but environmental also. In reference to cost, they might not be high but noticeable for the single customers. It is also important that water losses contributes to increasing water deficit and infiltration of water through cracks can be a cause of building disasters.

The water losses reduction would be resulting in increased profits for the exploiting company of the network, which is caused, for example, by the reduced costs of water treatment process or lower consumption of electricity used for pumping water [1, 3, 6, 10].

Characteristic of water supply system of considered area

Municipal Water Supply and Sewage Disposal Company provides potable water for three contiguous communities located in southern Poland, in Lesser Poland Voivodeship i.e. Brzesko, Dębno and Wojnicz. The population of the considered area is about 63 thousands citizens [2, 10]. The area is supplied from single Surface water intake located on Dunajec River in Isep Village. Collected water is treated in Water Treatment Plant in Łukanowice and its productivity is 11 200 cubic metres per day. In 2012, the length of the water supply network was 400 km, and potable water was delivered to 37 800 customers. Sales of water covers a total of 9 379 collection points for water in the city Brzesko 1 728, and for the community Brzesko 3 046 2 618 municipalities Debno, municipalities Wojnicz 1987 [10, 13].

Due to the topography there was a need to built pumping station and 22 hydrophore stations. Thanks to that, water can be delivered to customers which are located in the highest places. Moreover water is also accumulated in four water tanks located in Okocim, Jasień, ŁysaGóra and Jadowniki which support the work of the water supply system due to irregular water demand throughout the day [6, 13].

Data from Central Statistical Office of Poland allowed to characterize the structure and value of water consumption in 2007-2012 of the biggest recipient of potable water – city of Brzesko. Total consumption in each of considered year is shown in table 1 and figure 1. The highest value of water consumption was in 2007, and the lowest in 2012 (about 13 % lower). Considering the structure of water consumption, 50,2% of produced water was sold for households, 27,6% for industry, 22 energetics, and 0,2% for other purposes [6, 10, 13].

Table 1. Water consumption level in 2007–2012 in Brzesko

YEAR	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CONSUMPTION LEVEL [m ³]	1072178	983481	948856	1000602	947000	954900

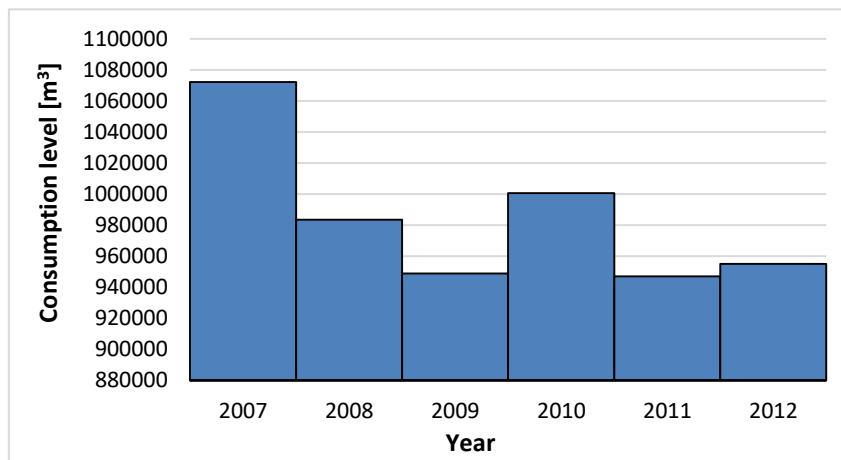


Fig. 1. Water consumption level in 2007–2012 in Brzesko

Data and methods

The indicators recommended by IWA for international comparisons

To evaluate the level of water losses in water supply networks, should designate values of indicators based on annual water balance of the Company. For the analysis the indicators recommended by The Water Association were used. Their values were determined on the basis of such data as (table 2 and table 3) [11, 12]:

- amount of water collected from the intake V_{UJ} ,
- amount of water crammed into the water supply network V_{DS} ,
- amount of water used by the Company V_{TS} ,
- amount of sold water (invoiced) V_{SP} ,
- length of the water supply network L_{M+R} ,
- length of the water supply network including the length of water supply lines L_{M+R+PW} ,
- number of water service lines per kilometer of water supply network $M+R$,

- number of the water service lines L_{PW} ,
- length of the water service lines PW,
- average pressure in the water supply network (operating pressure) p .

Table 2. Summary balance of water production by the Company in the years 2007–2012

YEAR	$V_{DS} \left[\frac{m^3}{year} \right]$	$V_{DS} \left[\frac{m^3}{year} \right]$	$V_{TS} \left[\frac{m^3}{year} \right]$	$V_{SP} \left[\frac{m^3}{year} \right]$
2007	2 875 700	2 834 300	41 400	1 884 600
2008	2 710 800	2 671 700	39 100	1 818 000
2009	2 844 000	2 766 000	78 000	1 782 200
2010	2 882 200	2 814 700	67 500	1 880 800
2011	2 747 500	2 693 100	54 400	1 818 900
2012	2 954 500	2 893 800	60 700	1 884 700

Table 3. Data for the calculation 2007–2012

YEAR	$\frac{M+R}{[\frac{piece}{km}]}$	L_{M+R} [km]	L_{PW} [piece]	PW [km]	p [$\frac{water}{column}$] meter
2007	24	388,9	9379	303,5	45
2008	24	400,2	9691	3150	45
2009	25	403,3	9939	323,4	45
2010	25	410,5	10131	329,6	45
2011	24	429,9	10379	337,7	45
2012	24	452,5	10662	346,9	45

Based on data collected in table 2 one and equation 1 it was possible to determine the value of water losses (V_{STR}) for each of considered year. The value is calculated as a difference between amount of water collected from the intake, water used by the Company and sold water (invoiced). The level of water losses. Water losses in the years 2007-2012 are showing the range of 32 to 36% of the volume of water sold. The Results of calculation was presented in table 4 and on figure 2 figure 2 presents a comparison of sold water and water losses [3, 4].

$$V_{STR} = V_{UJ} - V_{TS} - V_{Sp} \quad (1)$$

Table 4. Value of water losses in 2007–2012 in Brzesko

YEAR	$V_{STR} \left[\frac{m^3}{year} \right]$
2007	949 700
2008	853 700
2009	983 800
2010	933 900
2011	874 200
2012	1 009 100

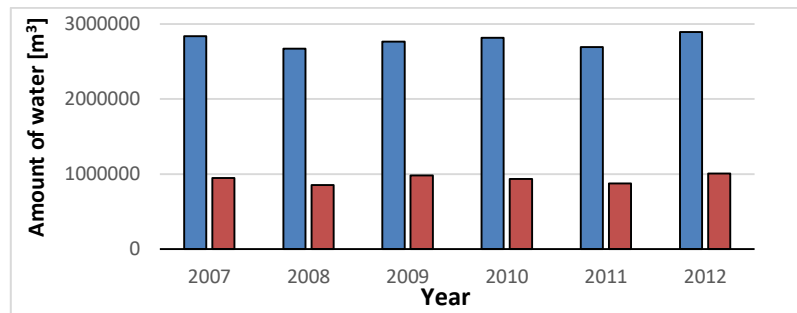


Fig. 2. Comparison of the amount of water sold and water losses in Brzesko in 2007-2012

Percentage indicator of water losses WSW – determines the amount of water losses relative to the volume of water crammed into the network [11, 12]

$$WSW = \frac{V_{STR}}{V_{DS}} \cdot 100\% \quad (2)$$

where:

WSW – percentage indicator of water losses [%],

V_{STR} – value of water losses $\left[\frac{m^3}{year} \right]$

V_{DS} – amount of water crammed into the water supply network $\left[\frac{m^3}{year} \right]$,

LM – number of residents [Mk].

Real Loss Basic RLB - there are two versions of this indicator. Before choosing the right one, should determine the daily amount of actual water losses using water balance and requires knowledge of the number of water service lines. The Equation of formula 3 is used, if the number of connections per kilometer network is less than 20, while the tracer of formula 4 is greater than or equal to 20 [11, 12].

The indicator RLB_1 – determines the volume of water is wasted for every kilometer network, including the length of the water service lines.

The indicator RLB_2 – determines the volume of water is wasted for every water service line.

$$RLB_1 = \frac{V_{STR}}{(M+R) \cdot 365} \quad (3)$$

$$RLB_2 = \frac{V_{STR}}{L_{pw} \cdot 365} \quad (4)$$

where:

RLB_1 – Real Loss Basic $\left[\frac{m^3}{d \cdot km} \right]$,

RLB_2 – Real Loss Basic $\left[\frac{dm^3}{d \cdot piece} \right]$,

V_{STR} – value of water losses $\left[\frac{m^3}{year} \right]$,

$M + R$ – number of water service lines per kilometer of water supply network $\left[\frac{piece}{km} \right]$.

L_{pw} – number of water service lines [piece].

Non-Revenue Water Basic $NRWB$ – determines how much of the water crammed into the network does not bring income [10, 11, 12]

$$NRWB = \frac{V_{DS} - V_{SP}}{V_{DS}} \cdot 100\% \quad (5)$$

where:

$NRWB$ – Non-Revenue Water Basic [%],

V_{SP} – amount of sold water (invoiced) $\left[\frac{m^3}{year} \right]$.

Unavoidable Annual Real Losses $UARL$ -The indicator determines the level of inevitable water losses. These losses can be difficult to identify, or the cost of repairing their causes too large. Determination of the value of this indicator can be very difficult, but research conducted by the IWA, on a large number of water supply networks, have given positive results. To determine the value of the indicator is essential knowledge [5, 7, 9]:

- the inevitable leaks in the lines of main and distribution network,
- the inevitable leaks at water service lines to the border of the property,
- the inevitable leaks at water lines from the border of the property,

$$U_{ARL} = [18 \cdot L_{M+R} + 25 \cdot PW + 0,8 \cdot L_{PW}] \cdot 365 \cdot p \quad (6)$$

where:

U_{ARL} – unavoidable annual real losses $\left[\frac{m^3}{year}\right]$,

L_{M+R} – length of the water supply network $[km]$,

PW – length of the water service lines $[km]$,

p – average pressure in the water supply network $[water\ column\ meter]$,

L_{pw} – number of water service lines.

Infrastructure Leakage Index ILI - index recommended by IWA to set main goals on the reduction of water losses. It determines how many times the actual losses are greater than the losses inevitable. It also allows to make an indirect assessment of the technical condition of the water supply network. Criteria for evaluation of the ILI index developed by the IWA, WBI Banding System and AWWA are presented in the table 5 [7, 9].

$$ILI = \frac{V_{STR}}{U_{ARL}} \quad (7)$$

where:

ILI – Infrastructure Leakage Index [-],

U_{ARL} – indicator of inevitable water losses $\left[\frac{m^3}{year}\right]$,

V_{STR} – value of water losses $\left[\frac{m^3}{year}\right]$.

Table 5. Categories of Infrastructure Leakage Index [7, 9]

Range and categories of ILI according to IWA	ILI Categories	Range of ILI according to WBI Banding System		Range of ILI according to AWWA
		Developing countries	Developed countries	
$ILI \leq 1,5$ very good condition	Very good condition	$ILI \leq 4,0$	$ILI \leq 2,0$	$ILI \leq 3,0$
$1,5 < ILI \leq 2,0$ good condition				
$2,0 < ILI \leq 2,5$ average condition	Good condition	$4,0 < ILI \leq 8,0$	$2,0 < ILI \leq 4,0$	$3,0 < ILI \leq 5,0$
$2,5 < ILI \leq 3,0$ Poor condition	Poor condition	$8,0 < ILI \leq 16,0$	$4,0 < ILI \leq 8,0$	$5,0 < ILI \leq 8,0$
$3,0 < ILI \leq 3,5$ Very poor condition				
$ILI > 3,5$ Inadmissible condition	Inadmissible condition	$ILI > 16,0$	$ILI > 8,0$	$ILI > 8,0$

Unit indicators of water losses

Determination of unit indicators allowed to obtain a detailed picture of the state of water supply system. In the article four indicators were calculated using data from Table 1. In all cases the reference unit was single day, and also in the first two, also a single network user (Mk) and in the last two, kilometer operated network. The working ratio analysis was performed according to the recommendations of Cancer and Tunia and indicators were used, such as [11, 12]:

- **unit volume of water crammed into the network $q_{wt\ddagger}$** – this indicator shows how much crammed into the network, falls on a single customer during one day.

$$q_{wt\ddagger} = \frac{V_{DS} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad (8)$$

where:

$q_{wt\ddagger}$ – unit volume of water crammed into the network $\left[\frac{dm^3}{Mk \cdot d}\right]$,

V_{DS} – amount of water crammed into the water supply network $\left[\frac{m^3}{year}\right]$,

LM – number of residents $[Mk]$.

- **unit volume of a non-profit water q_{nd}** – allows to determine the volume of a non-profit water falls on each customer per day

$$q_{nd} = \frac{(V_{DS} - V_{SP}) \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad (9)$$

where:

q_{nd} – unit volume of a non-profit water $\left[\frac{dm^3}{Mk \cdot d}\right]$,

V_{SP} – amount of sold water $\left[\frac{m^3}{year}\right]$.

- **unit indicator of hydraulic load of water supply network q_o** – allows to determine the volume of water falls on per kilometer of water supply network per day

$$q_o = \frac{V_{DS}}{L_{M+R} \cdot 365} \quad (10)$$

where:

q_o – unit indicator of hydraulic load of water supply network $\left[\frac{dm^3}{km \cdot d}\right]$,

L_{M+R} – length of the water supply network $[km]$.

- **unit indicator of water loss for the entire length of the water supply network** q_{strL} - allows to determine the volume of water lost per kilometer network per day.

$$q_{strL} = \frac{V'_{STR}}{L_{M+R+PW} \cdot 365} \quad (11)$$

where:

q_{strL} – unit indicator of hydraulic load of water supply network $\left[\frac{dm^3}{km \cdot d}\right]$,

V'_{STR} – actual water losses $\left[\frac{m^3}{year}\right]$; $V'_{STR} = V_{STR} - UARL$,

L_{M+R+PW} – length of the water supply network including the length of water supply lines $[km]$.

Calculation results

The results of the calculations for indicators recommended by IWA are presented in table 6 and the figures 3–8, and for unit indicators of water loss, in Table 7 and figures 9–12.

Table 6. Calculation results of the indicators recommended by IWA

YEAR	WSW [%]	NRWB [%]	RLB ₁ $\left[\frac{m^3}{d \cdot km}\right]$	RLB ₂ $\left[\frac{dm^3}{d \cdot piece}\right]$	UARL $\left[\frac{m^3}{year}\right]$	ILI [-]
2007	34	33,5	6,7	277,4	362843,03	2,6
2008	32	32	5,8	241,3	375005,75	2,3
2009	36	35,6	6,7	271,2	382630,23	2,6
2010	33	33,2	6,2	252,6	389844,09	2,4
2011	32	32,5	5,6	230,8	402,148,06	2,2
2012	35	34,9	6,1	259,3	416326,12	2,4

Table 7. Calculation results of the Unit indicators of water losses

YEAR	$q_{wtl} \left[\frac{dm^3}{Mk \cdot d} \right]$	$q_{nd} \left[\frac{dm^3}{Mk \cdot d} \right]$	$q_o \left[\frac{dm^3}{km \cdot d} \right]$	$q_{strL} \left[\frac{dm^3}{km \cdot d} \right]$
2007	142,3	47,7	19,97	3,76
2008	132,9	42,5	18,29	3,27
2009	136,7	48,6	18,79	3,71
2010	136,3	45,2	18,79	3,46
2011	130,1	42,2	17,16	3,12
2012	139,7	48,7	17,52	3,46

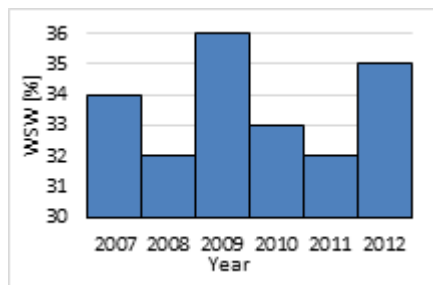


Fig. 3. Graphical representation of the results of calculations for the WSW indicator of considered water supply network in 2007–2012

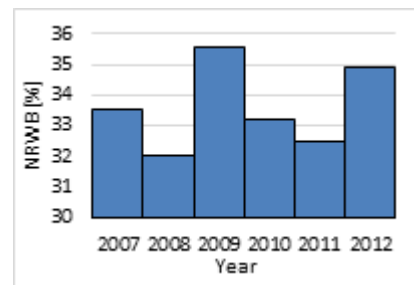
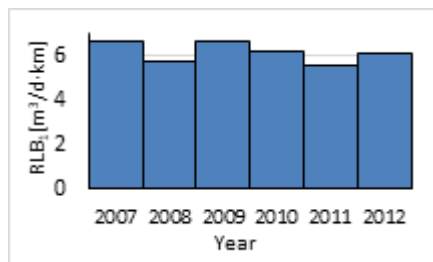
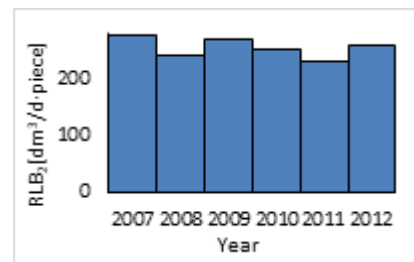


Fig. 4. Graphical representation of the results of calculations for the NRWB indicator of considered water supply network in 2007–2012

Fig. 5. Graphical representation of the results of calculations for the RLB₁ indicator of considered water supply network in 2007–2012Fig. 6. Graphical representation of the results of calculations for the RLB₂ indicator of considered water supply network in 2007–2012

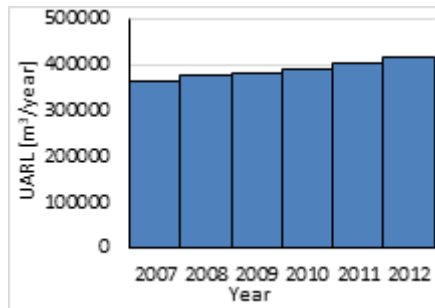


Fig. 7. Graphical representation of the results of calculations for the UARL indicator of considered water supply network in 2007–2012

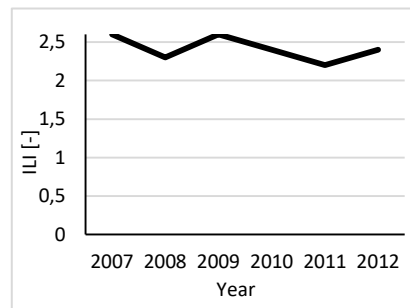


Fig. 8. Graphical representation of the results of calculations for the ILI indicator of considered water supply network in 2007–2012

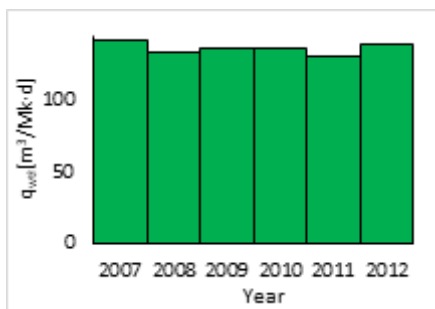


Fig. 9. Graphical representation of the results of calculations for the unit volume of water crammed into the in 2007–2012

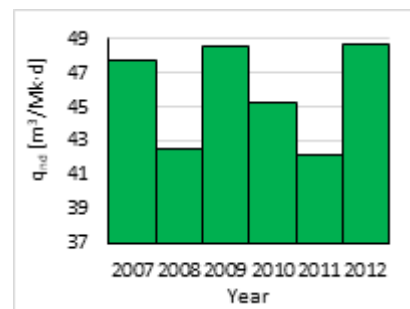


Fig. 10. Graphical representation of the results of calculations for the unit volume of a non-profit water of considered water supply network in 2007–2012

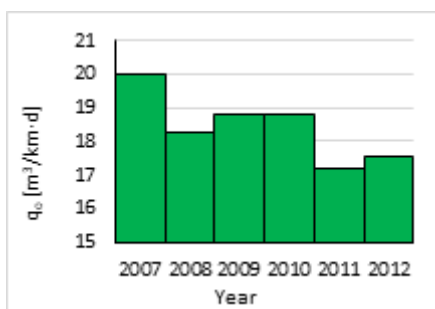


Fig. 11. Graphical representation of the results of calculations for the unit indicator of hydraulic load of water supply network in 2007–2012

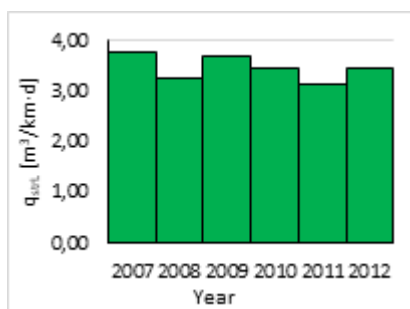


Fig. 12. Graphical representation of the results of calculations for the unit indicator of water loss for the entire length of the water supply network in 2007–2012

Conclusions

Analyzing the changes of the WSW indicator, it's noticeable that in the analyzed period of time, it was not isolated the dominant trend. The indicator values first are rising, and then decrease. The highest value was achieved in 2009, and the lowest in 2008. The average value is 34%. Changes in the value of WSW index was shown in figure 3.

Due to the fact that the number of water supply service lines per 1 km of the network is equal at least 20, it was justified to perform the calculation using the formula 4, however, for illustrative purposes, this ratio also was determined using the formula 3. Values of the RLB_1 indicator during considered period, was in the range of from $5.6 \frac{m^3}{d \cdot km}$ to $6.7 \frac{m^3}{d \cdot km}$ (table 6), and in this case there is also no clear trend changes (figure 5). The highest value, the indicator reached 2007 and 2009, and the lowest in 2011, the average value was $6.1 \frac{m^3}{d \cdot km}$. The values of the Real Loss Basic indicator RLB_2 (figure 6), allowed to draw a conclusion that, in terms of one water service line, during considered period, the losses do not changed in a significant way. The difference between the lowest value ($230.8 \frac{dm^3}{d \cdot piece}$ in 2007) and the highest ($277.4 \frac{dm^3}{d \cdot piece}$ in 2011) reached 17%. The values of the indicators point to a good technical condition of the network.

The Non-Revenue Water Basic indicator reaches the most noticeable fluctuations in results (figure 4), even though, the difference between the highest value appearing in 2009, equal to 35.6, the lowest of the year 2009 is just 3.6%. For the considered water supply system, the average value of the index is higher than the average obtained for Denmark, Hungary, France and Finland, while lower for Norway and comparable with Italy, Portugal and the United States [5, 8].

Considering the results of the UARL indicator (figure 7) it clearly can be stated that there is a growing trend. In 2012, the level of inevitable losses increased by 14% compared to 2007. This is mainly due to the still ingrowing length of the network, and thus, the length and the number of water supply service lines. After determining the value of the inevitable losses, it is possible to designate the so-called actual water losses, or loss V_{str} , depreciate losses inevitable. After including changes, water losses reach 17–20%. In developed countries, this figure reaches 10% [11]

The average value of ILI indicator (figure 8) for considered water supply network was 2.4, in turn, the values that occurred most frequently are 2.6 and 2.4. Analyzing the values obtained by these two duplicate values, according to the IWA criteria IWA, the water supply networks condition is poor (value 2.6) or medium (value 2.4). According to the AWWA criteria, in both cases, the con-

dition can be considered as very good. On the other hand, the criteria of WBI Banding System, on the assumption that Poland is a developed country, in both cases, the network status can be assessed as good, while when we define it as a developing country – very good. For example, the average value of the ILI indicator in South Africa is 4.97, the United States and Canada – 4.27, 2.44 in the UK and Australia 2.3 thus the average value obtained for Brzesko, it ranks high [9].

The unit indicator of water loss for the entire length of the water supply network in considered period of time remained on the same level, which is a positive phenomenon especially in view of the slowly expansion of water supply network. It is necessary to introduce national standards in this field.

The analysis has provided important information on the state of the water supply network, but in order to assess the direction of development in this subject, should use a longer period of time. At 6 years of research, there could not be seen a trend in the received values.

References

- [1] Bergel T., Pawełek J., Straty wody w systemach wodociągowych – charakterystyka wielkości, wykrywanie i ograniczanie, III Konferencja Naukowo-Techniczna „Błękitny San” Dubiecko, 21–22 Kwietnia 2006.
- [2] Central Statistical Office of Poland Information Portal.
- [3] Dighade R. R., Kadu M. R., Pande A.M., Challenges in Water Loss Management of Water Distribution Systems in Developing Countries, International Journal of Innovative in Science, Engineering and Technology, Vol3, Issue, 2014.
- [4] Dohnalik P., Straty i przecieki wody w sieciach wodociągowych według standardów międzynarodowych i doświadczeń własnych, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Nr 10, 2013.
- [5] EPA 816-D-09-001, Review draft control and mitigation of drinking water losses in distribution systems, 11, 2009.
- [6] Hajduga G., Koncepcja modernizacji układu zasilania w wodę Miasta Brzeska, Praca Dyplomowa, Kraków, 2012.
- [7] Hamilton S, McKenzie R., Seage C., A Review of Performance Indicators of Real Losses from Water Supply Systems.
- [8] Jalalkamali A, Eftekhari M., Estimating Water Losses in Water Distribution Networks Using a Hybrid of GA Neuro-Fuzzy Models, World Applied Sciences Journal, No. 18(4), 2012, 528–537.
- [9] McKenzie R., Saego C., Assessment of Real Losses in Potable Water Distribution System: Some Recent Developments, Water Science and Technology: Water Supply, 2005.

- [10] Pakuła S., Analiza awaryjności i strat wody na sieci wodociągowej miasta Brzeska w latach 2007–2012, Praca Dyplompowa, Kraków, 2013.
- [11] Rak J., Trojnar D., Analiza i ocena strat wody w wodociągu Łącuta, *Jurnal of Civil Engineering, Environment and Architecture*, T. XXXI z 61 (1/14), 2014, 245–256.
- [12] Rak J., Trojnar D., Analiza i ocena strat wody w wodociągu Rzeszowa, *Wodociągi i Kanalizacja*, Politechnika Rzeszowska.
- [13] Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Brzesku sp. z o.o.



Krzysztof Gawkowski

Katedra Bezpieczeństwa Wewnętrznego

Uczelnia Techniczno-Handlowa im. H. Chodkowskiej w Warszawie

ul. Jutrzenki 135, 02–231 Warszawa

e-mail: krzysztof.gawkowski@uth.edu.pl

WPŁYWY NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH NA ZDROWIE I JAKOŚĆ ŻYCIA CZŁOWIEKA

Streszczenie. Wpływ nowoczesnych technologii na życie człowieka od setek lat jest stałym elementem rozwoju cywilizacji. Od wielu dziesięcioleci innowacyjne technologie stają się katalizatorem zmian i pozwalają na jeszcze szybszy rozwój. Człowiek i maszyna zaczynają żyć w pewnej symbiozie, a im gęstsza jest sieć połączeń między ludźmi i urządzeniami, tym łatwiejsze staje się życie, ale i zagrożeń jest zdecydowanie więcej. Kreując zapotrzebowanie na nowoczesność, musimy jednak pamiętać, że rozwój nie może być bezrefleksyjny, a technologia niesie wraz z postępem zarówno aspekty pozytywne, jak i negatywne dla ludzkiego życia oraz zdrowia. Bezpieczeństwo musi być priorytetem dla każdej z gałęzi rozwoju, a kluczem do spokojnego życia w nowoczesnym świecie powinno być wprowadzenie światowych regulacji prawnych, które wyprzedzą zagrożenia i zabezpieczą człowieka przed konsekwencjami niekontrolowanego rozwoju technologicznego.

Słowa kluczowe: rozwój, nowe technologie, cyberprzestrzeń, zdrowie, bezpieczeństwo.

INFLUENCE OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES ON HEALTH AND QUALITY OF HUMAN LIFE

Abstract. The influence of modern technologies on human life for hundreds of years is a constant element of the development of civilization. For many decades, innovative technologies have been a catalyst for change and allow for even faster development. Man and machine begin to live in a certain symbiosis, and the denser is the network of connections between people and devices, the easier life becomes and the risks are much more. Creating the demand for modernity, however, we must remember that development can not be unreflective, and technology brings with it both positive and negative

aspects, for human life and health. Security must be a priority for each branch of development, and the key to a peaceful life in the modern world should be the introduction of global legal regulations that will overtake the threat and protect people from the consequences of uncontrolled technological development.

Keywords: development, new technologies, cyberspace, health, security.

Wstęp

W ciągu ostatnich lat szybki rozwój nowoczesnych technologii spowodował, że, z jednej strony życie stało się o wiele prostsze, z drugiej jednak narażone jest na nieznane niebezpieczeństwa, które czyhają na każdym rogu otaczającej nas cyberprzestrzeni. Nowe technologie wpływają na codzienne życie miliardów obywateli, poprawiają funkcjonowanie biznesu, wzmacniają prawa podstawowe i rozbudzają interakcje społeczne. Otwarta i wolna cyberprzestrzeń usuwa bariery już nie tylko między obywatelami i społecznościami, ale często całymi państwami. Rozwój technologiczny ma bardzo duży wpływ na wszystkie aspekty funkcjonowania społeczeństwa i jednocześnie pozwala na wymianę informacji oraz pomysłów w skali całego globu.

Szybki rozwój nie może być jednak bezrefleksyjny. Kreacji nowoczesnych technologii towarzyszyć powinna szeroka dyskusja o wpływie rozwoju technologicznego na bezpieczne życie człowieka i jakość środowiska naturalnego. W dosłownym znaczeniu bezpieczeństwo oznacza brak zagrożeń i poczucie pewności, ale podobnie jak wiele innych kategorii teoretycznych w naukach społecznych, nie posiada jednej, spójnej definicji¹. Może zatem obejmować ono zjawiska fizyczne, ale postrzegane jest zarówno w perspektywie człowieka, jak i środowiska naturalnego. Rozwój nowoczesnych technologii i ich wpływ na zdrowie człowieka bez wątpienia w wielu ujęciach traktowany jest zatem jako potrzeba pierwotna, elementarna i naczelna. W klasycznej teorii potrzeb, znanej jako piramida Masłowa, bezpieczeństwo zajmuje nadrzędne miejsce, obok najważniejszych potrzeb fizjologicznych². Biorąc pod uwagę strukturę klasyfikacji bezpieczeństwa, jednym z fundamentalnych jego aspektów jest bezpieczeństwo zdrowotne i cyberbezpieczeństwo.

Cyfrowa rewolucja w życiu człowieka

Rozbudowa potencjału technologicznego wydaje się być praktycznie nieograniczona. Sektor, w którym wykorzystanie nowoczesnych technologii dziś

¹ K. Malak, *Bezpieczeństwo jako kategoria i zjawisko społeczne*, „Piotrkowskie Zeszyty Międzynarodowe”, 2007, nr 2, s. 91–95.

² A. Maslow, *A Theory of Human Motivation*, „Psychological Review” 1943, s. 370–396.

daje realną poprawę bezpieczeństwa człowieka jest branża zdrowotna. Obecnie jest już możliwe zamontowanie w domu czujników sprawdzających codzienne życie, a dzięki zastosowaniu technologii bezprzewodowego systemu monitorowania zdrowia pacjenta możliwe staje się jego wstępne diagnozowanie nawet w domu. Często zbierane są też dane medyczne poprzez czujniki znajdujące się np. w zegarku, przyklejane do powierzchni ciała lub wszczepiony chip. Zastosowanie takiego innowacyjnego i zarazem zdalnego systemu monitorowania parametrów życiowych człowieka, z wykorzystaniem medycznego sprzętu pomiarowego i transmisji danych, daje szansę na przekazanie lekarzowi zebranych danych w czasie rzeczywistym i bardzo szybką reakcją zwrotną³. Zmienia się również diametralnie sieć telefonii mobilnej, a konsumenci posługujący się smartfonami czy tabletami otrzymują interesujące ich informacje na temat zdrowej żywności czy dostępności lekarzy w dowolnym momencie. Nowoczesne narzędzia informatyczne wykorzystywane są także w administracji samorządowej i obecne są we wdrażaniu koncepcji inteligentnych miast, pozwalając między innymi minimalizować problemy zanieczyszczeń powietrza⁴.

Rewolucja cyfrowa odbywa się na naszych oczach i kluczowym elementem musi być odpowiednie jej dostosowanie do potrzeb człowieka. Cyfryzacja, jak podaje *Oxford English Dictionary*⁵, to adaptacja i wzrost wykorzystywania technologii cyfrowych lub komputerowych przez organizacje, sektory gospodarcze i kraje. Przynosi ona zarówno osobom prywatnym, jak i firmom wspomniane wcześniej wymierne korzyści, ale wiąże się również z różnorodnymi zagrożeniami. Najogólniej można je podzielić na: zagrożenia zdrowia (psychicznego i fizycznego) związane z użytkowaniem komputera i internetu, zagrożenia związane z uzależnieniami, zagrożenia społeczno-wychowawcze (obejmujące m.in. niebezpieczeństwa grożące dzieciom i młodzieży) i zagrożenia związane z szeroko pojętą cyberprzestępczością (z cyberterroryzmem łącznie) oraz rozmaitymi nadużyciami⁶.

Do pierwszej z wymienionych grup zagrożeń zaliczyć można problemy zdrowotne wynikające z wielogodzinnego użytkowania komputera, np. problemy ze wzrokiem, słuchem, układem kostno-mięśniowym, schorzenia kciuka czy

³ M. M. Baig, H. Gholam Hosseini, *Wireless remote patient monitoring in older adults. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 35th Annual International Conference of the IEEE, Osaka, Japan 2013, s. 2429

⁴ K. Gawkowski., *Administracja samorządowa w teorii i praktyce*. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń, 2017, s. 218–219

⁵ J. Pieriegud, *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa - wymiar globalny, europejski i krajowy* [w:] J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa. Szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych*, Instytut Badań nad Gospodarką – Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk 2016, s. 12.

⁶ J. Lizut (red.), *Zagrożenia cyberprzestrzeni. Kompleksowy program dla pracowników służb społecznych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Janusza Korczaka, Warszawa 2014, s. 27–28.

nadgarstka. Często występują również alergie, zagrożenia ciąży, następstwa szkodliwego napromieniowania czy padaczka ekranowa⁷. Zalicza się do niej jednak również znacznie poważniejsze niebezpieczeństwa, np. tak zwaną cyfrową demencję⁸, a także inspirowane lub spowodowane przez innych użytkowników sieci samookaleczenia⁹ i samobójstwa¹⁰ młodych ludzi. Według M. Spitzera, niemieckiego neurobiologa i autora publikacji *Cyfrowa demencja*, korzystanie z mediów elektronicznych przyczynia się do negatywnych zmian w ludzkim mózgu i, co za tym idzie, obniżenia sprawności umysłowej, np. zdolności uczenia się i zapamiętywania oraz koncentracji. Przewaga uczestniczenia w życiu społecznym za pośrednictwem mediów (internet, telefon) bywa też przyczyną jednego z nowych zjawisk autodestrukcyjnych – tzw. hikikomori – polegającej na unikaniu bezpośredniego kontaktu z innymi ludźmi, co może wiązać się z nieopuszczaniem pokoju czy mieszkania przez całe dni, tygodnie, miesiące, a nawet lata. Hikikomori niejednokrotnie bywa też zapowiedzią samobójstwa, a innymi powodami, dla których ludzie dokonują samookaleczeń lub odbierają sobie życie bywa naśladownictwo osób opisanych w sieci, namera grupy użytkowników określonych forów internetowych czy prześladowanie za pomocą narzędzi internetowych.

Kolejną grupę zagrożeń stanowią wszelkie niebezpieczne uzależnienia związane z wykorzystaniem nowoczesnych mediów. Chodzi tu zarówno o uzależnienia fizyczne, np. od różnego rodzaju substancji psychoaktywnych (narkotyki, leki, dopalacze, sterydy, napoje energetyzujące itp.), które można kupić przez internet¹¹, i o których istnieniu oraz działaniu można się dowiedzieć, korzystając z zasobów informacyjnych sieci, jak i o uzależnienia psychiczne (np. uzależnienia od komputera i internetu czyli infoholizm¹², uzależnienie od gier komputerowych¹³). Do podstawowych uzależnień internetowych oprócz

⁷ M. Kopczeński, I. Dudziuk, *Zagrożenia, jakie niesie korzystanie z cyberprzestrzeni*, mit.weii.tu.koszalin.pl/ (dostęp: 25.11.2017).

⁸ Ł. Tomczyk, *Cyfrowa demencja oraz inne formy e-zagrożeń jako nowe następstwa nieprawidłowego użytkowania nowych mediów* [w:] Andrzejewska A., Bednarek J. (red.) *Zagrożenia cyberprzestrzeni i świata wirtualnego*, Difin, Warszawa, 2014, s. 77–84.

⁹ A. Andrzejewska, *Samobójstwa z inspiracji sieci* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 121–136.

¹⁰ P. Deputowski, *Internetowe kluby samobójców w świetle badań* [w:] A. Andrzejewska, J. Bednarek, S. Ćmiel (red.) *Człowiek w świecie rzeczywistym i wirtualnym. Wybrane patologie społeczno-wychowawcze w cyberprzestrzeni*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej, Józefów 2013, ss. 235–250.

¹¹ A. Andrzejewska, *Internet źródłem informacji o substancjach odurzających i dopingujących* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 185–202.

¹² A. Andrzejewska, J. Bednarek, *Uzależnienie od gier komputerowych* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., ss. 203–214.

¹³ A. Andrzejewska, J. Bednarek, *Infoholizm* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 215–231; D. Kołomyjski, *Fenomen zabijania w grach komputerowych* [w:] *Człowiek w świecie...*, op. cit., s. 251–264.

tradycyjnego uzależnienia komputerowego (czyli wewnętrznego przymusu spędzania czasu przy komputerze, powodującego nie tylko osłabienie relacji międzyludzkich, ale też często problemy ze snem, a nawet depresje, agresję, stany lękowe itp.) zalicza się również uzależnienie od sieci internetowej, a więc przymus bycia *online*, przymus pobierania informacji (*information overload*), socjomanię internetową (*cyberrelationship addiction*) i erotomanię internetową (*cybersexual addiction*).

Do podstawowych zagrożeń społecznych, wychowawczych i moralnych zaliczyć należy przede wszystkim wszelkie rodzaje cyberprzemocy¹⁴ (np. flaming, cyberstalking¹⁵, dyskredytacja czy podszywanie się pod inną osobę), ale też łatwy dostęp do nielegalnych stron internetowych związanych z przemocą¹⁶, seksem (cyberpornografia, cyberpedofilia, prostytutka w sieci, seksting itp.), hazardem, nielegalną adopcją, handlem ludźmi i organami¹⁷ czy stron rozmaitych sekt¹⁸ i subkultur. Cyberagresji sprzyja anonimowość w sieci i powszechność mediów umożliwiającą jednocześnie powielanie ataków agresji przez kolejne osoby – np. rozpowszechniające i komentujące niezależnie od siebie zamieszczone przez tzw. hejtera, zdjęcie¹⁹. Najczęściej spotykane formy cyberagresji to wyzwiska i wulgaryzmy, poniżanie i ośmieszanie, zastraszanie i szantażowanie. Cyberagresja dotyczyć może znajomych użytkownika sieci, ale też może być skierowana na osoby zupełnie nieznanne, na celebrytów, czy osoby pokrzywdzone w jakiś sposób (a więc „słabsze”).

Z przeprowadzonego w 2010 roku badania „Modern Technology Usage and Internet Safety”²⁰ wynika m.in., że prawie połowa badanych dzieci i nastolatków uważa, iż Internet nie stanowi dla nich zagrożenia, choć ponad 40% przyznaje, że spotkało się z nieprzyjemnym materiałem pornograficznym dostępnym bez żadnych ostrzeżeń, niemal tyle samo spośród nich spotkało się z materiałami zawierającymi przemoc, ponad 20% było ofiarami cyberbullyingu, niemal 20% otrzymało propozycje seksualne od osób dorosłych i tyle samo odbierało niepokojące telefony i smsy. I choć podkreśla się, że wpływ pornografii na psychikę ludzką zależy na ogół od wieku, konstrukcji psychicznej, rodzaju materiałów, z którym się styka, to jednak na osoby bardzo młode wpływ ten jest na ogół bardzo negatywny²¹, a czasem wręcz destrukcyjny. Z przeprowadzonych

¹⁴ V. Lubkina, G. Marzano, *Cyberprzemoc* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 85–98.

¹⁵ A. Andrzejewska, *Stalking* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 171–181.

¹⁶ K. Bakalarczyk-Burakowska, *Specyfika zabijania pod wpływem mediów* [w:] *Człowiek w świecie...*, op. cit., s. 215–234.

¹⁷ M. Cendrowski, *Współczesne uwarunkowania handlu ludźmi* [w:] *Człowiek w świecie...*, op. cit., s. 87–114.

¹⁸ A. Andrzejewska, J. Bednarek, *Sekty* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 163–170.

¹⁹ B. Kałdon, *Cyberprzestrzeń jako zagrożenie dla człowieka XXI wieku*, „Seminare” 2016, nr 2.

²⁰ V. Lubkina, G. Marzano, *Cyberprzemoc* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit.

²¹ A. Andrzejewska, J. Bednarek, *Pornografia* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 149–156.

w Polsce badań „Dziecko w sieci”²² wynikało, że 87% dzieci podało obcemu swój adres e-mail (81% zrobiło to wielokrotnie), 64% numer telefonu (43% wielokrotnie), 42% adres zamieszkania (19% wielokrotnie), a 44% przesłało obcemu swoje zdjęcie (34% wielokrotnie). Ponadto 22% dzieci nie poinformowało nikogo o spotkaniach z osobami poznanymi przez internet. Młodzi ludzie nie zdają też sobie często sprawy z konsekwencji sekstingu – nie myślą o tym, że nawet te zrobione dla żartu nagie zdjęcia lub filmy mogą zostać skradzione, rozpowszechnione czy wykorzystane niezgodnie z prawem²³.

Niepokojące są również wyniki badania „Nastolatki 3.0”, przeprowadzonego przez NASK w 2016 roku. W badaniu można przeczytać, że „najczęstszymi, obserwowanymi przez młodzież negatywnymi zjawiskami, są: wyzywanie ich znajomych (59,7% deklaruje, że się z tym zetknęła) oraz poniżanie ich i ośmieszanie (58,1%). Rozpowszechnianie kompromitujących materiałów na temat swoich znajomych zauważyło 33,3% badanych. Jednocześnie straszenie znajomych zaobserwowało 34,2% badanych osób, a ich szantażowanie za pośrednictwem internetu aż 24,4%. Dość częste są także próby podszywania się pod inne osoby. Takie obserwacje deklaruje 40,5% badanych. Osób, które same doświadczyły powyższych konsekwencji jest wprawdzie mniej, ale ich liczba jest nadal zatrważająca”²⁴.

Najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupę zagrożeń stanowią nielegalne i noszące znamiona przestępczości działania związane z komputerami i siecią teleinformatyczną. Mogą one dotyczyć indywidualnych użytkowników, podmiotów gospodarczych i innych instytucji, wspólnot narodowych, państwowych, militarnych, gospodarczych itd. Najogólniej działania te można podzielić na dwa rodzaje, czyli dokonane przy użyciu komputera, za pomocą internetu, sieci teleinformatycznych²⁵ itp. oraz oddziałujące na komputery, sieci teleinformatyczne itp.

Na tym podziale opiera się m.in. jedna z pierwszych znanych definicji przestępczości komputerowej, wskazująca, iż jest nią „każde przestępcze działanie, w którym komputer stanowi albo narzędzie albo przedmiot zamachu”, a także współczesna definicja cyberprzestępczości, wg której cyberprzestępczość to „czyny przestępcze dokonane przy użyciu sieci łączności elektronicznej i systemów informatycznych lub skierowane przeciwko takim sieciom

²² A. Andrzejewska, J. Bednarek, *Pedofilia w sieci* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 141–148.

²³ A. Andrzejewska, J. Bednarek, *Seksting* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 157–162.

²⁴ *Nastolatki w internecie: smartfony, komunikacja i cyberprzemoc*, <https://www.nask.pl/pl/aktualnosci/wydarzenia/wydarzenia-2016/432,Nastolatki-w-internecie-smartfony-komunikacja-i-cyberprzemoc.html> (dostęp: 27.11.2017).

²⁵ Ł. Tomczyk, *Zagrożenia dla urządzeń mobilnych* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 281–286.

i systemom”²⁶. Dokonując analizy wpływu nowoczesnych technologii na życie i zdrowie człowieka, można posłużyć się też innym podziałem zagrożeń, różniąc pośród nich zagrożenia dla prywatności i zagrożenia dla własności.

Do zagrożeń prywatności zaliczyć należy wycieki danych osobowych z prywatnych baz danych, instytucji i urzędów, kradzieże informacji, zdjęć i dokumentów z komputerów czy telefonów osób prywatnych i instytucji, udostępnianie przez użytkowników sieci teleinformatycznych zdjęć, filmów czy informacji (prawdziwych lub fałszywych, a czasem krzywdzących i ośmieszających) o innych osobach²⁷ oraz kradzieże tożsamości czy umieszczenie danych żyjącej osoby na dedykowanym jej profilu w wirtualnej nekropolii²⁸. Najczęściej spotykanymi zagrożeniami dla własności są: nieuprawnione korzystanie z dorobku intelektualnego innej osoby, kradzieże i oszustwa dokonywane za pomocą operacji elektronicznych (np. *phishing*, *pharming*, *skimming*, *vishing*²⁹, *fraudy bankowe*³⁰), niszczenie danych i sprzętu elektronicznego przy pomocy złośliwego oprogramowania (np. wirusy, konie trojańskie, bomby logiczne, *malware*), komputerowy sabotaż. Osiem milionów Polaków wg danych z 2015 roku padło ofiarą cyberprzestępców³¹, zaś koszty związane z nieuczciwą działalnością tych ostatnich wyniosły w naszym kraju blisko dziesięć miliardów złotych. W tym samym raporcie podano, że jedynie 28% Polaków używa podstawowych programów zabezpieczających na smartfonach, 31% dzieli się z innymi swoimi hasłami dostępu do mediów społecznościowych, a 21% polskich rodziców pozwala swoim dzieciom korzystać ze swoich służbowych urządzeń.

Cyberprzestrzeń i nowoczesność

Klasyfikując zagrożenia wynikające z rozwoju nowoczesnych technologii należy dodać także cyberterrorizm, cyberszpiegostwo, uszkodzenia systemów zabezpieczeń sieci energetycznych³² (które coraz częściej są atakowane przez cyberprzestępców), gazowych itp. oraz elektronicznych systemów sterowania różnymi urządzeniami (samolotami, systemami regulacji ruchu ulicznego,

²⁶ M. Siwicki, *Podział i definicja cyberprzestępstw*, „Prokuratura i Prawo” 2012, nr 7–8.

²⁷ M. Bochenek, P. Bisialski, M. Różycka, A. Rywczyńska, K. Silicki, A. Wrońska, *Zagrożenia dla prywatności* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 267–272.

²⁸ W. Duranowski, A. Durasiewicz, *Cmentarze danych* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 287–293.

²⁹ M. Bochenek, P. Bisialski, M. Różycka, A. Rywczyńska, K. Silicki, A. Wrońska, *Zagrożenia dla pieniędzy* [w:] *Zagrożenia cyberprzestrzeni...*, op. cit., s. 233–248.

³⁰ M. Staszczuk, *Nieuprawnione transakcje bankowe jako przejaw cyberprzestępczości*, „Finanse i Prawo Finansowe. Journal of Finance and Financial Law” 2015, vol. II, no. 1.

³¹ Ibidem.

³² J. Malko, H. Wojciechowski, *Sektor energetyczny i cyberbezpieczeństwo*, „Nowa Energia” 2015, nr 1.

śluzami itd.). W pewnych sytuacjach zagrożeniem tego typu może stać się nawet system sterujący elementami wyposażenia tzw. inteligentnych domów. „Przestępca może się dowiedzieć, gdzie jesteś, kiedy wrócisz do domu i wejść [...] bez wyłamywania drzwi – ostrzegają eksperci IT. To wszystko jest możliwe, kiedy systemy, dzięki którym nasz dom jest inteligentny, nie są właściwie zabezpieczone. [...] Poszczególne domowe urządzenia mogą stać się wrotami, przez które przestępcy przenikną do systemu informatycznego, dokonując kradzieży.”³³ Nawet telewizory czy samochody mogą stanowić zagrożenie dla właścicieli (np. w inteligentnych telewizorach wykryto złośliwą aplikację wykorzystującą lukę w zabezpieczeniach używanego systemu operacyjnego).

Zagrożenia występujące w cyberprzestrzeni można podzielić jeszcze w inny sposób – na takie, których źródłem jest technika (np. awarie sprzętu, zasilania itp.) i takie, których źródłem są ludzie. Do drugiej z tych grup zalicza się nie tylko zagrożenia spowodowane przez ludzkie błędy (wynikające np. z nieświadomości użytkowników lub lekceważenia obowiązków przez personel przedsiębiorstw i instytucji), ale wiele rodzajów działań, wynikających z najróżniejszych motywacji i mających różny stopień zasięgu i szkodliwości.

Cyberterroryzm stanowi w XXI wieku jedno z najpoważniejszych zagrożeń bezpieczeństwa współczesnych państw oraz życia i zdrowia obywateli. Związek między rozwojem systemów teleinformatycznych i zmianami w sposobach działania terrorystów zauważono już w latach 90. XX wieku³⁴. Od tej pory nowe technologie i internet wielokrotnie były wykorzystywane przez grupy terrorystyczne, zarówno te duże i znane, jak i te zupełnie niewielkie. Prowadzone w sieci teleinformatycznej wrogie działania przeciw Izraelowi podczas konfliktu w 2000 roku zostały nawet przez Palestyńczyków określone mianem „elektronicznego dżihadu”. Głośny był również elektroniczny konflikt pomiędzy USA i Chinami z 2001 roku. W 2002 roku amerykańskie służby specjalne odkryły w komputerze członka Al-Kaidy dane świadczące o tym, że interesował się on amerykańskimi cyfrowymi systemami kontroli, a także narzędzia mogące służyć do przeprowadzenia ataku na te systemy. Rozproszeni po całym świecie agenci Al-Kaidy przyznają też, że byli szkoleni do przeprowadzania cyberataków na ważne elementy infrastruktury. Jeden z najgłośniejszych aktów cyberterroryzmu miał miejsce w Estonii w 2007 roku – zaatakowano na ogromną skalę obiekty infrastruktury krytycznej tego kraju. Zdaniem ówczesnego premiera Estonii testowano nowy model wojny cybernetycznej i był to pierwszy wypadek tak zmasowanego ataku na niepodległe państwo.

Oprócz ataków powodujących zakłócenia sieci teleinformatycznych

³³ *O tym właściciele inteligentnych domów powinni pamiętać*, <http://innogy.forbes.pl/inteligentne-domy-zagrozenia,artykuly,202279,1,1.html> (dostęp: 27.11.2017).

³⁴ N. Noga, *Cyberterroryzm – groźba realna*, Internetowy Biuletyn Instytutu Studiów nad Terroryzmem „e-Terroryzm.pl” 2013, listopad.

w sektorach o wysokim stopniu wrażliwości cyberterrorystyki mogą się również posłużyć dezinformacją, trollingiem, wrogą propagandą, zakłócaniem realizacji ważnych zadań administracji publicznej i wykorzystać luki technologiczne dające możliwość ataku na infrastrukturę krytyczną, która ma olbrzymie znaczenie dla zdrowia człowieka³⁵. Sięgając do polskiej definicji ustawy o zarządzaniu kryzysowym, przez infrastrukturę krytyczną rozumie się „systemy oraz wchodzące w ich skład powiązane ze sobą funkcjonalne obiekty, w tym obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców”. Cyberzagrożenia związane z nowoczesnymi technologiami mogą zatem objąć systemy zaopatrzenia w wodę i żywność, ochronę zdrowia, zaopatrzenie w paliwa i energię, transport i komunikację, sieci teleinformatyczne czy magazyny służące do przechowywania i składowania materiałów promieniotwórczych i chemicznych, w tym rurociągi z niebezpiecznymi substancjami³⁶.

Organizacje terrorystyczne posługujące się nowoczesnymi technologiami, które mają olbrzymi wpływ na życie i zdrowie człowieka można podzielić na trzy rodzaje. Używające nowych technik do prowadzenia tradycyjnej działalności (z Internetu korzystają np. jedynie w celu komunikowania się, zbierania informacji czy środków). Używające starych technik do nowej działalności (np. niszczą systemy informatyczne za pomocą siły fizycznej). Używające nowych technik do nowych działań (np. atakują w cyberprzestrzeni systemy informatyczne)³⁷.

Mamy też do czynienia z trzema poziomami zagrożenia cyberterroryzmem³⁸:

- *simple-unstructured* – czyli dokonywaniem nieskomplikowanych włamań, za pomocą narzędzi skonstruowanych przez pojedyncze osoby, do indywidualnych systemów informacyjnych,
- *advanced-structured* – czyli dokonywaniem bardziej skomplikowanych ataków na złożone systemy i sieci komputerowe, przez cyberterrorystów mających możliwość analizy, modyfikacji swoich narzędzi, uczenia się nowych metod atakowania,
- *complex-coordinated* – czyli dokonywaniem skoordynowanych ataków na zintegrowane systemy obronne w celu ich totalnej destrukcji, przez

³⁵ K. Liedel, P. Piasecka, *Cyberbezpieczeństwo. Piąte pole walki. Diagnoza i rekomendacje*, broni.slawkomorowski.org/wp.../Raport.-Cyberbezpieczeństwo-Piáte-pole-walki.pdf (dostęp: 26.11.2017).

³⁶ T. Małyś, *Informatyczna infrastruktura krytyczna i jej ochrona prawna*, Internetowy Biuletyn Instytutu Studiów nad Terroryzmem „e-Terroryzm.pl” 2013, listopad.

³⁷ N. Noga, *Podmioty i motywy działań w cyberprzestrzeni*, Internetowy Biuletyn Instytutu Studiów nad Terroryzmem „e-Terroryzm.pl” listopad, 2013

³⁸ *Ibidem*.

cyberprzestępców dysponujących skomplikowanymi narzędziami i mającymi możliwość analizowania, samodoskonalenia i szkolenia się oraz kontrolowania i dowodzenia.

W rankingu największych zagrożeń USA (wg FBI) cyberterroryzm zajmuje trzecie miejsce, po ataku nuklearnym i broni masowego rażenia³⁹. Nowoczesne narzędzia informatyczne umożliwiają bowiem oddziaływanie na systemy komputerowe (cywilne i wojskowe) przeciwnika i są w stanie nie tylko zakłócić, ale też uniemożliwić ich działanie. Niezwykle ważnym elementem w dziedzinie wykrywania i ścigania cyberterrorystów jest zatem współpraca międzynarodowa. W czasach, gdy technologie informacyjno-komunikacyjne stanowią jeden z najważniejszych elementów rozwoju pamiętać należy, że od daleko posuniętej kooperacji państw i rządów zależy, czy nowoczesne technologie będą człowiekowi służyć, czy przeciwko niemu zostaną wykorzystane.

Wnioski

Rozwój nowoczesnych technologii otwiera wiele możliwości i stanowi podstawę złożonych systemów, które napędzają gospodarkę w takich kluczowych sektorach jak: finanse, opieka zdrowotna, energetyka i transport. Wiele modeli biznesowych opiera się na innowacyjności, rozwoju technologicznym i sprawnym funkcjonowaniu systemów informatycznych. Przerwanie ich lub brak dostępu do już poznanych zasobów bez wątpienia negatywnie wpłynęły na ludzkie życie i doprowadził do start rządu miliardów dolarów.

Sięgając do danych Center for Strategic and International Studies (CSIS)⁴⁰, dowiadujemy się, że każdego roku działania cyberprzestępców powodują w skali światowej straty w wysokości ok. pół biliona dolarów. Codziennie atakowanych jest pięćset tysięcy stron internetowych i generuje się ponad trzydzieści mld maili o charakterze spamu. Dodatkowo warto podkreślić, że odnotowuje się kilkaset istotnych włamań do systemów teleinformatycznych, i w sumie szacuje się, że skradzionych w ostatnich latach mogło być prawie pięćset mln tożsamości⁴¹. Takie dane muszą budzić zaniepokojenie, bo oznaczają, że nowe technologie to nie tylko radość, ale smutek, często okraszony utratą zdrowia, a nawet życia.

Rozumiejąc, jaki wpływ dla ludzi mają nowe drogi rozwoju technologicznego, pamiętać należy, że każda zaawansowana technologia może być niebezpieczna. Podłączone do Internetu maszyny są zdolne do tworzenia ponad

³⁹ N. Noga, *Cyberterroryzm – nowe oblicze terroryzmu*, Internetowy Biuletyn Instytutu Studiów nad Terroryzmem „e-Terroryzm.pl” listopad, 2013

⁴⁰ <https://www.csis.org/analysis>

⁴¹ Internet Security Threat Report, Symantec, Mountain View, USA, 2016

2,5 tryliona bajtów dziennie. Chcąc w sposób policzalny określić jaka jest to wielkość, wystarczy wyobrazić sobie, że 90% danych na świecie zostało stworzonych w ciągu ostatnich dwóch lat. Ważne jest zatem, aby postęp szedł w parze z zaufaniem oraz z zapewnieniem obywatelom odpowiednich gwarancji dla ich życia i zdrowia.

Największą rolę w budowaniu wzajemnego zaufania obywatela do wykorzystywania w codziennym życiu nowych technologii mają struktury państwa. Każda osoba korzystająca z zasobów nowoczesności musi być świadoma zagrożeń, jakie mogą ją spotkać lub sama może je stworzyć, gdy w nieodpowiedzialny sposób będzie z nich korzystała. Zachowanie w sieci jednostki ma wpływ na bezpieczeństwo pozostałych użytkowników, a bez zaufania obywateli do budowanego systemu, nie jest możliwa wzajemna spójna kooperacja. Rozwój technologii będzie zapewniał bezpieczeństwo w sektorze publicznym, jak i prywatnym, jedynie w przypadkach, jeśli rządy poszczególnych państw poruszaną tematykę docenią i obejmą odpowiednim nadzorem oraz pomocą.

Literatura

- [1] Andrzejewska A., Bednarek J., *Zagrożenia cyberprzestrzeni i świata wirtualnego*, Difin, Warszawa, 2014.
- [2] Baig M. M., Gholam Hosseini H., *Wireless remote patient monitoring in older adults, Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 35th Annual International Conference of the IEEE, Osaka, Japan, 2013*.
- [3] Bakalarczyk-Burakowska K., *Specyfika zabijania pod wpływem mediów* [w:] Andrzejewska A., Bednarek J., Ćmiel S. (red.), *Człowiek w świecie rzeczywistym i wirtualnym. Wybrane patologie społeczno-wychowawcze w cyberprzestrzeni*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej, Józefów, 2013.
- [4] Bochenek M., Bisiański P., Różycka M., Rywczyńska A., Silicki K., Wrońska A., *Zagrożenia dla pieniędzy* [w:] Andrzejewska A., Bednarek J. (red.), *Zagrożenia cyberprzestrzeni i świata wirtualnego*, Difin, Warszawa, 2014.
- [5] Brzeziński M., *Kategoria bezpieczeństwa*, [w:] Sulowski S., Brzeziński M. (red.), *Bezpieczeństwo wewnętrzne państwa. Wybrane zagadnienia*, Warszawa, 2009.
- [6] Cendrowski M., *Współczesne uwarunkowania handlu ludźmi* [w:] A. Andrzejewska, J. Bednarek, S. Ćmiel (red.) *Człowiek w świecie rzeczywistym i wirtualnym. Wybrane patologie społeczno-wychowawcze w cyberprzestrzeni*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej, Józefów, 2013.

- [7] Concise Oxford English Dictionary, Oxford University Press, Oxford, 2011.
- [8] Deputowski P., *Internetowe kluby samobójców w świetle badań* [w:] Andrzejewska A., Bednarek J., Ćmiel S. (red.), *Człowiek w świecie rzeczywistym i wirtualnym. Wybrane patologie społeczno-wychowawcze w cyberprzestrzeni*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej, Józefów, 2013.
- [9] Duranowski W., Durasiewicz A., *Cmentarze danych* [w:] Andrzejewska A., Bednarek J. (red.), *Zagrożenia cyberprzestrzeni i świata wirtualnego*, Difin, Warszawa, 2014.
- [10] Gawkowski K., *Administracja samorządowa w teorii i praktyce*. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń, 2017.
- [11] Kopczewski M., Dudziuk I., *Zagrożenia jakie niesie korzystanie z cyberprzestrzeni*, mit.weii.tu.koszalin.pl/ (dostęp: 25.11.2017).
- [12] Kałdon B., *Cyberprzestrzeń jako zagrożenie dla człowieka XXI wieku*, „Seminare” 2016, nr 2.
- [13] Lizut J. (red.), *Zagrożenia cyberprzestrzeni. Kompleksowy program dla pracowników służb społecznych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Janusza Korczaka, Warszawa, 2014.
- [14] Liedel K., Piasecka P., *Cyberbezpieczeństwo. Piąte pole walki. Diagnoza i rekomendacje*, bronislawkomorowski.org/wp.../Raport.-Cyberbezpieczeństwo-Piąte-pole-walki.pdf (dostęp: 26.11.2017).
- [15] Lubkina V., Marzano G., *Cyberprzemoc* [w:] Andrzejewska A., Bednarek J. (red.), *Zagrożenia cyberprzestrzeni i świata wirtualnego*, Difin, Warszawa, 2014.
- [16] Malak K., *Bezpieczeństwo jako kategoria i zjawisko społeczne*, „Piotrkowskie Zeszyty Międzynarodowe”, 2007, nr 2.
- [17] Malko J., Wojciechowski H., *Sektor energetyczny i cyberbezpieczeństwo*, „Nowa Energia”, 2015, nr 1.
- [18] Małysa T., *Informatyczna infrastruktura krytyczna i jej ochrona prawna*, Internetowy Biuletyn Instytutu Studiów nad Terroryzmem „e-Terroryzm.pl” listopad 2013.
- [19] Maslow A., *A Theory of Human Motivation*, „Psychological Review”, lipiec 1943, DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/h0054346>
- [20] Noga N., *Cyberterroryzm – groźba realna*, Internetowy Biuletyn Instytutu Studiów nad Terroryzmem „e-Terroryzm.pl” listopad 2013.
- [21] Pieriegud J., *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa - wymiar globalny, europejski i krajowy* [w:] Gajewski J., Paprocki W., Pieriegud J. (red.), *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa. Szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych*, Instytut Badań nad Gospodarką - Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk 2016.

-
- [22] Siwicki M., *Podział i definicja cyberprzestępstw*, „Prokuratura i Prawo” 2012, nr 7–8.
- [23] Staszczuk M., *Nieuprawnione transakcje bankowe jako przejaw cyberprzestępczości*, „Finanse i Prawo Finansowe - Journal of Finance and Financial Law” 2015, vol. II, no. 1.
- [24] Spitzer M., *Cyfrowa demencja*, Dobra Literatura, Słupsk, 2013.
- [25] Tomczyk Ł., *Cyfrowa demencja oraz inne formy e-zagrożeń jako nowe następstwa nieprawidłowego użytkowania nowych mediów* [w:] Andrzejewska A., Bednarek J. (red.) *Zagrożenia cyberprzestrzeni i świata wirtualnego*, Difin, Warszawa, 2014.
- [26] Internet Security Threat Report, Symantec, Mountain View, USA, 2016
- [27] *Nastolatki w internecie: smartfony, komunikacja i cyberprzemoc*, <https://www.nask.pl/pl/aktualnosci/wydarzenia/wydarzenia-2016/432>, *Nastolatki-w-internecie-smartfony-komunikacja-i-cyberprzemoc.html* (dostęp: 27.11.2017).
- [28] *O tym właściciele inteligentnych domów powinni pamiętać*, <http://innogy.forbes.pl/inteligentne-domy-zagrozenia,artykuly,202279,1,1.html> (dostęp: 27.11.2017).
- [29] <https://www.csis.org/analysis>.



Roman Szostek¹, Karol Szostek²

¹*Politechnika Rzeszowska*

Katedra Metod Ilościowych

al. Powstańców Warszawy 12, 35–959 Rzeszów

e-mail: rszostek@prz.edu.pl

²*Politechnika Rzeszowska*

Zakład Mechaniki Płynów i Aerodynamiki

al. Powstańców Warszawy 12, 35–959 Rzeszów

e-mail: kszostek@prz.edu.pl

TRANSFORMACJE CZASU ORAZ WSPÓLRZĘDNYCH POŁOŻENIA W KINEMATYKACH Z UNIWERSALNYM UKŁADEM ODNIESIENIA

Streszczenie. W artykule wyprowadzona została cała klasa transformacji czasu i położenia. Transformacje te zostały wyprowadzone na podstawie analizy eksperymentu Michelsona-Morleya oraz jego udoskonalonej wersji, czyli eksperymentu Kennedy’ego-Thorndike’a. Na podstawie każdej z tych transformacji można wyprowadzić inną kinematykę ciał. W ten sposób wykazaliśmy, że Szczególna Teoria Względności nie jest jedyną teorią wyjaśniającą wyniki eksperymentów ze światłem. Istnieje całe kontinuum teorii kinematyki ciał, które prawidłowo wyjaśniają eksperyment Michelsona-Morleya oraz inne eksperymenty, w których mierzona jest prędkość światła.

Na podstawie wyprowadzonych transformacji wyprowadzamy ogólny wzór na prędkość światła w próżni mierzoną w dowolnym inercjalnym układzie odniesienia. Wyjaśniamy, dlaczego eksperymenty Michelsona-Morleya oraz Kennedy’ego-Thorndike’a nie mogły wykryć eteru. Przedstawiamy i dyskutujemy trzy przykłady konkretnych transformacji. Na koniec wyjaśniamy zjawisko anizotropii mikrofalowego promieniowania tła przy pomocy przedstawionej teorii.

Wyprowadzoną w tej pracy teorię nazwaliśmy Szczególną Teorią Eteru - z dowolnym skróceniem poprzecznym. Cały artykuł zawiera tylko oryginalne badania prowadzone przez jego autorów [13].

Słowa kluczowe: kinematyka ciał, uniwersalny układ odniesienia, transformacja czasu i położenia, jednokierunkowa prędkość światła, anizotropia mikrofalowego promieniowania ciał

TRANSFORMATIONS OF TIME AND POSITION COORDINATES IN KINEMATICS WITH A UNIVERSAL REFERENCE SYSTEM

Abstract. In the article, the whole class of time and position transformations was derived. These transformations were derived based on the analysis of the Michelson-Morley experiment and its improved version, that is the Kennedy-Thorndike experiment. It is possible to derive a different kinematics of bodies based on each of these transformations. In this way, we demonstrated that the Special Theory of Relativity is not the only theory explaining the results of experiments with light. There is the whole continuum of the theories of kinematics of bodies which correctly explain the Michelson-Morley experiment and other experiments in which the velocity of light is measured.

Based on the derived transformations, we derive the general formula for the velocity of light in vacuum measured in any inertial reference system. We explain why the Michelson-Morley and Kennedy-Thorndike experiments could not detect the ether. We present and discuss three examples of specific transformations. Finally, we explain the phenomenon of anisotropy of the cosmic microwave background radiation by means of the presented theory.

The theory derived in this work is called the Special Theory of Ether - with any transverse contraction. The entire article contains only original research conducted by its authors, which in English were published in the article [13].

Keywords: kinematics of bodies, universal frame of reference, transformation of time and position, one-way speed of light, anisotropy of cosmic microwave background.

Wstęp

Teoretyczną podstawą, na której opiera się mechanika jest kinematyka oraz dynamika ciał. W zastosowaniach praktycznych powszechnie stosowana jest kinematyka klasyczna oparta na transformacji Galileusza, ponieważ ona wystarczająco dobrze opisuje rzeczywiste procesy dla małych prędkości. Jednak rozwój techniki pozwala na konstruowanie systemów, do których modelowania nie wystarcza kinematyka klasyczna, ponieważ w systemach tych występują duże prędkości. Takimi systemami są systemy nawigacji satelitarnej, np. GPS (Global Positioning System). W systemie tym satelity poruszają się względem Ziemi z prędkościami około 3,88 km/s. Przy takich prędkościach uwidacznia się efekt relatywistyczny dylatacji czasu, czyli na satelitach GPS czas mierzony zegarami atomowymi upływa inaczej niż na powierzchni Ziemi. Dlatego zegary GPS muszą być ciągle synchronizowane do czasu mierzonego w stacjach naziemnych. Synchronizacja zegarów na satelitach GPS jest bardzo ważna dla prawidłowego działania systemu. Niedokładność zegara na satelicie GPS na

poziomie 10 ns ($10 \cdot 10^{-9}$ sekundy) powoduje błędy w ustaleniu pozycji odbiornika na poziomie 3 m .

Zjawisko dylatacji czasu wyjaśnia się na podstawie Szczególnej Teorii Względności oraz Ogólnej Teorii Względności. Według Szczególnej Teorii Względności, wpływ czasu zależy od względnego ruchu zegarów. Według Ogólnej Teorii Względności, wpływ czasu zależy od natężenia pola grawitacyjnego. Według tych teorii, wpływ czasu na zegarach GPS jest wypadkową tych dwóch efektów.

W niniejszym artykule wyprowadziliśmy nową teorię, którą nazwaliśmy Szczególną Teorią Eteru ze skróceniem poprzecznym. Teoria ta także wyjaśnia zjawisko dylatacji, ale w inny sposób niż Szczególna Teoria Względności oraz Ogólna Teoria Względności. Według Szczególnej Teorii Eteru, dylatacja czasu jest spowodowana ruchem zegara względem fizycznie wyróżnionego uniwersalnego układu odniesienia (universal frame of reference – UFR, eter).

We współczesnej fizyce powszechnie uważa się, że eksperymenty Michelsona-Morleya [3] oraz Kennedy’ego-Thorndike’a [1] udowodniły, że prędkość światła jest absolutnie stała, oraz że nie istnieje uniwersalny układ odniesienia nazywany eterem. Na podstawie analizy tych eksperymentów wyprowadzona została transformacja Lorentza, na której opiera się Szczególna Teoria Względności. Obecnie uważa się, że Szczególna Teoria Względności jest jedyną teorią kinematyki ciał, która prawidłowo wyjaśnia eksperyment Michelsona-Morleya oraz wszystkie inne eksperymenty, w których mierzona jest prędkość światła.

W rozważaniach, które doprowadziły do Szczególnej Teorii Względności założono, że wszystkie układy inercjalne są równoważne, oraz że dla każdego obserwatora prędkość światła ma stałą wartość. Jednak założenia te nie mają ścisłego uzasadnienia eksperymentalnego. Założenie, że wszystkie układy inercjalne są równoważne przyjęto dlatego, że nie umiano wyjaśnić eksperymentu Michelsona-Morleya przy pomocy teorii z uniwersalnym układem odniesienia. W tym artykule pokazujemy, jak to zrobić, a także, że takich teorii jest nieskończenie wiele. Okazuje się także, że nigdy dokładnie nie zmierzono jednokierunkowej (chwilowej) prędkości światła. Analiza licznych eksperymentów pod tym kątem została wykonana w pracy [14]. We wszystkich pomiarach prędkości światła mierzono jedynie średnią prędkość światła przebywającego drogę po trajektorii zamkniętej. Aby zmierzyć prędkość światła musiało ono wrócić do urządzenia pomiarowego (właśnie ze względu na dylatację czasu). W najprostszym przypadku światło było wysyłane do zwierciadła i z powrotem, tak jak zrobili to w swoich eksperymentach Armand Fizeau w roku 1849 oraz Jean Foucault w roku 1850. Tak samo jest w eksperymentach Michelsona-Morleya oraz Kennedy’ego-Thorndike’a, w których po odbiciu od zwierciadeł strumienie światła wracają do punktu wyjścia. Z eksperymentów tych wynika, że średnia prędkość światła przebywającego drogę tam i z powrotem jest stała, a nie że stała jest jednokierunkowa (chwilowa) prędkość światła.

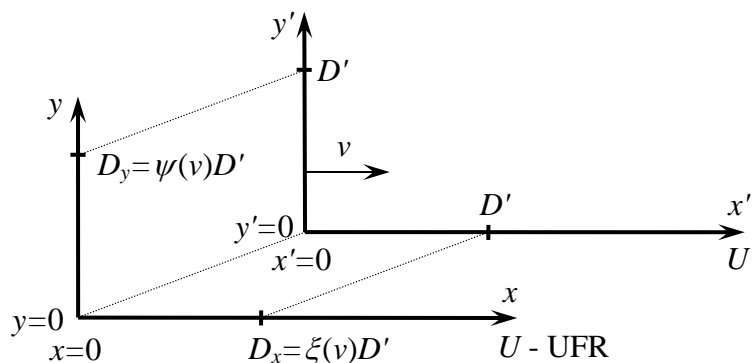
Analizę eksperymentu Michelsona-Morleya oraz Kennedy'ego-Thorndike'a przeprowadziliśmy przy innych założeniach niż zrobiono to w Szczególnej Teorii Względności.

Założenia kinematyki ciał

Przyjmujemy następujące założenia:

- I. Istnieje układ odniesienia, względem którego prędkość światła w próżni ma tę samą wartość w każdym kierunku. Nazywamy go uniwersalnym układem odniesienia lub eterem.
- II. Średnia prędkość światła na drodze tam i z powrotem jest dla każdego obserwatora niezależna od kierunku propagacji tego światła. Wynika to z eksperymentu Michelsona-Morleya.
- III. Średnia prędkość światła na drodze tam i z powrotem nie zależy od prędkości obserwatora względem uniwersalnego układu odniesienia. Wynika to z eksperymentu Kennedy'ego-Thorndike'a.
- IV. W kierunku prostopadłym do kierunku prędkości ciała względem eteru następuje $\psi(v)$ -krotne jego skrócenie, gdzie $\psi(v) > 0$ jest funkcją skrócenia poprzecznego zależną od prędkości v ciała względem eteru.
- V. Transformacja pomiędzy uniwersalnym układem odniesienia oraz układem inercyjnym jest liniowa.

W pracach [8–12] wyprowadziliśmy kinematykę i dynamikę ciał dla powyższych założeń, ale tylko dla przypadku, gdy $\psi(v) = 1$. W tej pracy przedstawiamy kinematykę z dowolnym skróceniem poprzecznym, w której założenie IV zostało uogólnione i funkcja $\psi(v) > 0$ może mieć bardziej złożoną postać (Rys. 1).



Rys. 1. Znaczenie parametru skrócenia poprzecznego $\psi(v)$ i podłużnego $\xi(v)$

Długość prostopadła do osi x oraz x' widziana z układu U' jako D' jest widziana z układu U jako $\psi(v)D'$. Jeżeli $\psi(v) = 1$, wtedy nie następuje skrócenie poprzeczne, czyli wszystkie długości prostopadłe do prędkości v , układu inercyjnego U' względem eteru U , mają taką samą wartość dla obserwatora z układu inercyjnego U' oraz dla obserwatora z eteru U .

Długość równoległa do osi x oraz x' widziana z układu U' jako D' jest widziana z układu U jako $\xi(v)D'$. Później okaże się, że dla przyjętych założeń funkcja skrócenia podłużnego $\xi(v)$ jest zależna od funkcji skrócenia poprzecznego $\psi(v)$ oraz prędkości v . Dlatego nie przyjmujemy żadnych założeń dla skrócenia podłużnego.

Jeżeli prędkość $v = 0$, wtedy pomiary z układu U' muszą być identyczne jak z układu U . Zachodzi wtedy $D' = D_y = \psi(0)D'$. Na tej podstawie otrzymujemy ważną własność funkcji skrócenia poprzecznego

$$\psi(0) = 1 \quad (1)$$

Czas i droga przepływu światła w eterze

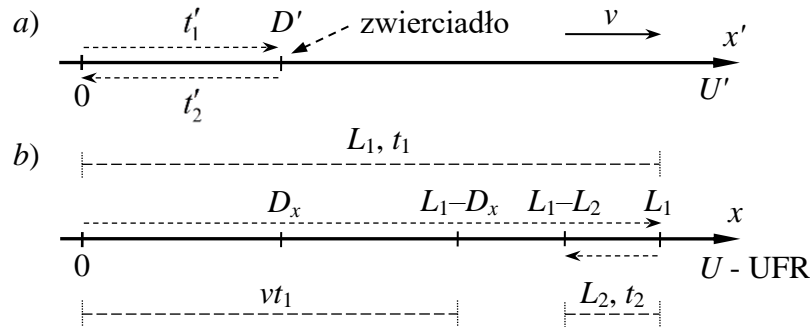
Rozpatrzmy układ inercjalny U' , który porusza się względem układu U związanego z eterem z prędkością v (Rys. 2). W układzie U' znajduje się zwierciadło w odległości D' od początku układu. Światło w eterze przemieszcza się ze stałą prędkością c . Gdy początki układów pokrywają się, z punktu $x' = 0$ w czasie $t = 0$, wysyłany jest strumień światła w kierunku zwierciadła. Po dotarciu do zwierciadła, światło odbija się i porusza w eterze w przeciwnym kierunku z prędkością o ujemnej wartości, czyli $-c$.

Przyjmujemy następujące oznaczenia dla obserwatora z eteru: t_1 jest czasem przepływu światła do zwierciadła, t_2 jest czasem powrotu światła do punktu wyjścia. L_1 oraz L_2 są drogami, jakie pokonało światło w eterze w jednym i w drugim kierunku.

Gdy światło zmierza w kierunku zwierciadła, wtedy zwierciadło ucieka przed nim z prędkością v . Gdy światło po odbiciu się od zwierciadła wraca do punktu $x' = 0$, wtedy ten punkt wybiega mu naprzeciw z prędkością v . Dla obserwatora z układu U odległość D' równoległa do wektora prędkości v jest widziana jako D_x . Otrzymujemy

$$L_1 = D_x + v \cdot t_1, \quad L_2 = D_x - v \cdot t_2 \quad (2)$$

$$t_1 = \frac{L_1}{c} = \frac{D_x + v \cdot t_1}{c}, \quad t_2 = \frac{L_2}{c} = \frac{D_x - v \cdot t_2}{c} \quad (3)$$



Rys. 2. Czas i droga przepływu światła do zwierciadła oraz z powrotem: a) droga światła widziana z układu inercyjnego U' , b) droga światła widziana z eteru

Zależności (3) należy rozwiązać ze względu na t_1 oraz t_2 . Otrzymujemy wówczas czas oraz drogę przepływu w eterze.

$$t_1 = \frac{D_x}{c - v}, \quad t_2 = \frac{D_x}{c + v} \quad (4)$$

$$L_1 = c \cdot t_1 = D_x \frac{c}{c - v}, \quad L_2 = c \cdot t_2 = D_x \frac{c}{c + v} \quad (5)$$

Geometryczne wyprowadzenie ogólnej transformacji

W rozdziale zostały wyprowadzone metodą geometryczną transformacje układ-eter. Została wykonana kompletna analiza geometryczna eksperymentu Michelsona-Morleya, która uwzględnia przepływ światła prostopadły oraz równoległy do kierunku ruchu układu U' .

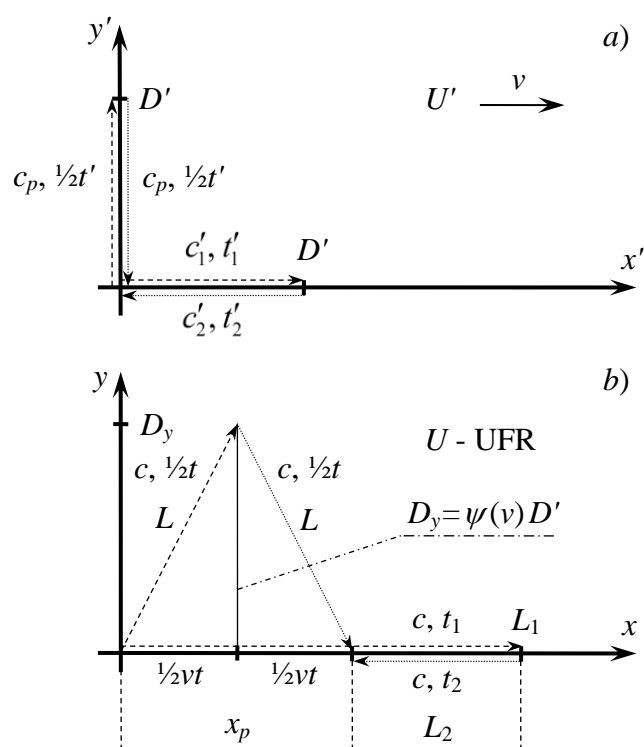
Przyjmujemy założenia od I do V wymienione we wstępie.

Na Rys. 3 przedstawiono dwa układy. Układ U spoczywa w eterze, natomiast układ U' porusza się względem eteru ze stałą prędkością v . Osie x oraz x' leżą na jednej prostej. W chwili, gdy początki układów pokrywały się, zegary były zsynchronizowane i zerowane w obydwu układach. Zegary w układzie U związanym z eterem są synchronizowane metodą wewnętrzną, czyli na podstawie odległości zegarów oraz znanej prędkości światła, która w układzie U jest stała. Zegary w układzie U' są synchronizowane metodą zewnętrzną w taki sposób, że jeżeli zegar układu U wskazuje czas $t = 0$, wtedy znajdujący się obok niego zegar układu U' także jest zerowany, czyli $t' = 0$.

W układzie U' przeprowadzony jest eksperyment pomiaru prędkości światła w próżni prostopadle oraz równoległe do kierunku ruchu układu U'

względem eteru. W każdym z tych kierunków światło przebywa drogę do zwierciadła i z powrotem. Na Rys. 3 w części a) zaprezentowano drogi przeływu światła widziane przez obserwatora z układu U' , natomiast w części b) widziane przez obserwatora z układu U .

Przez c_p oznaczamy średnią prędkość światła w układzie U'



Rys. 3. Drogi dwóch strumieni światła: a) widziane przez obserwatora z układu U' , b) widziane przez obserwatora z układu U (eter)

Zwierciadła są związane z układem U' i umieszczone w odległości D' od początku układu współrzędnych. Jedno zwierciadło znajduje się na osi x' , drugie na osi y' .

Zgodnie z założeniem IV odległość D' w układzie U' prostopadła do prędkości v ma dla obserwatora z eteru U wartość (skrócenie poprzeczne)

$$D_y = \psi(v)D' \tag{6}$$

Czas przeływu światła w układzie U , wzdłuż osi x , do zwierciadła oznaczamy przez t_1 . Czas przeływu z powrotem oznaczamy przez t_2 .

Czas przepływu światła w układzie U' , wzdłuż osi x' , do zwierciadła oznaczamy przez t'_1 . Czas przepływu z powrotem oznaczamy przez t'_2 .

Łączny czas oznaczamy odpowiednio jako t oraz t' ($t = t_1 + t_2$ oraz $t' = t'_1 + t'_2$).

Obydwa strumienie światła wracają do punktu wyjścia w tym samym czasie, zarówno w układzie U , jak i układzie U' . Wynika to z założenia II oraz z ustawienia zwierciadeł w tej samej odległości D' od punktu emisji światła.

Strumień światła, poruszający się równolegle do osi y' , z punktu widzenia układu U porusza się po ramionach trójkąta. Ponieważ prędkość światła w układzie U jest stała (założenie I), dlatego trójkąt ten jest równoramienny. Długość jego ramienia oznaczamy przez L . Ze względu na stałą prędkość światła w układzie U , czas przepływu wzdłuż każdego ramienia jest taki sam i wynosi $\frac{1}{2}t$.

W układzie U , strumień światła biegnący równolegle do osi x w kierunku zwierciadła pokonuje odległość L_1 w czasie t_1 . W drodze powrotnej pokonuje odległość L_2 w czasie t_2 . Odległości te są różne ze względu na ruch w eterze zwierciadła i punktu, z którego wysłano światła.

Jeżeli dopuścimy, że średnia prędkość światła c_p w układzie U' , jest jakąś funkcją prędkości światła c w układzie U zależną od prędkości v , wówczas

$$c_p(v) = f(v)c \quad (7)$$

Ze względu na założenie III mamy, że $f(v_1) = f(v_2)$. Ponieważ $f(0) = 1$, zatem $f(v) = 1$ dla każdej prędkości v . Wynika stąd, że średnia prędkość światła w układzie inercyjnym jest równa jednokierunkowej prędkości światła w eterze, czyli

$$c_p = c \quad (8)$$

Dla obserwatora z eteru U zachodzi

$$c = \frac{2L}{t} = \frac{L_1 + L_2}{t_1 + t_2} \quad (9)$$

Dla obserwatora z układu inercyjnego U' po uwzględnieniu (8) zachodzi

$$c = c_p = \frac{2D'}{t'_1 + t'_2} = \frac{2D'}{t'} \quad (10)$$

Z równania (9) można wyznaczyć drogę L , natomiast z równania (10) można wyznaczyć drogę D' . Otrzymujemy

$$L = \frac{ct}{2}; \quad D' = \frac{ct'}{2} \quad (11)$$

Prędkość układu U' względem absolutnego układu odniesienia U oznaczono przez v . Ponieważ x_p jest to droga, jaką układ U' przebędzie w czasie t przepływu światła, stąd

$$v = \frac{x_p}{t}; \quad x_p = vt \quad (12)$$

Korzystając z geometrii pokazanej na rysunku 3 oraz (6) i (12), można drogę L wyrazić jako

$$L = \sqrt{(x_p/2)^2 + D_y^2} = \sqrt{(vt/2)^2 + (\psi(v)D')^2} \quad (13)$$

Równanie (13) po podniesieniu do kwadratu i uwzględnieniu zależności (11) ma postać

$$(ct/2)^2 = (vt/2)^2 + (\psi(v)ct'/2)^2 \quad (14)$$

Po uporządkowaniu otrzymujemy

$$t^2(c^2 - v^2) = (\psi(v)ct')^2 \quad (15)$$

$$t = t' \frac{\psi(v)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{dla} \quad x' = 0 \quad (16)$$

W powyższej zależności występują tylko czasy t oraz t' , które dotyczą pełnego przepływu światła do zwierciadła i z powrotem. Należy zwrócić uwagę na to, że są to czasy mierzone w punkcie $x' = 0$. Ponieważ długość D' można dobrać tak, aby czas przepływu światła był dowolny, dlatego zależność (16) jest prawdziwa dla dowolnego czasu t' oraz odpowiadającego mu czasu t .

Długość D' związana z układem U' równoległa do osi x jest z punktu widzenia układu U widziana jako D_x . Równania (5) wyrażają drogi przepływu światła w układzie U w obu kierunkach wzdłuż osi x'

$$L_1 = ct_1 = D_x \frac{c}{c - v}; \quad L_2 = ct_2 = D_x \frac{c}{c + v} \quad (17)$$

Z równań (17) można wyznaczyć sumę i różnicę dróg L_1 oraz L_2 , jakie światło przebyło w eterze

$$\begin{aligned} L_1 + L_2 &= D_x \frac{c}{c - v} + D_x \frac{c}{c + v} = 2D_x \frac{1}{1 - (v/c)^2}, \\ L_1 - L_2 &= D_x \frac{c}{c - v} - D_x \frac{c}{c + v} = 2D_x \frac{v}{c} \cdot \frac{1}{1 - (v/c)^2} \end{aligned} \quad (18)$$

Z drugiego równania można wyznaczyć drogę, jaką układ U' pokonał w połowie czasu przepływu światła $\frac{1}{2}t$, czyli

$$\frac{x_p}{2} = \frac{vt}{2} = \frac{L_1 - L_2}{2} = D_x \frac{v}{c} \cdot \frac{1}{1 - (v/c)^2} \quad (19)$$

Ponieważ przyjęto, że w układzie U (eterze), prędkość światła c jest stała (założenie I), dlatego obie drogi, jakie pokonuje światło $2L$ oraz $L_1 + L_2$ są takie same

$$2L = L_1 + L_2 \quad (20)$$

Po podstawieniu (13) oraz pierwszego równania (18) otrzymamy

$$2\sqrt{(vt/2)^2 + (\psi(v)D')^2} = 2D_x \frac{1}{1 - (v/c)^2} \quad (21)$$

Po skróceniu przez 2 i podniesieniu do kwadratu oraz uwzględnieniu (19) otrzymamy

$$\left(D_x \frac{v}{c} \cdot \frac{1}{1 - (v/c)^2} \right)^2 + \psi^2(v)D'^2 = D_x^2 \left(\frac{1}{1 - (v/c)^2} \right)^2 \quad (22)$$

Czyli

$$\psi^2(v)D'^2 = D_x^2 \left(\frac{1}{1 - (v/c)^2} \right)^2 (1 - (v/c)^2) \quad (23)$$

$$D' = D_x \left(\frac{1}{1 - (v/c)^2} \right) \frac{\sqrt{1 - (v/c)^2}}{\psi(v)} = D_x \frac{1}{\psi(v)\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (24)$$

Otrzymujemy zależność na skrócenie długości w postaci (skrócenie wzdłużne)

$$D_x = \xi(v)D' = \psi(v)\sqrt{1 - (v/c)^2} D' \quad (25)$$

W powyższej zależności występują długości D_x oraz D' , które są odległościami między zwierciadłami oraz punktem emisji światła. Ponieważ długość D' można dobrać dowolnie, dlatego zależność (25) jest prawdziwa dla dowolnych wartości D' .

Po wstawieniu (16) do (12) uzyskamy

$$x_p = vt' \frac{\psi(v)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{dla} \quad x' = 0 \quad (26)$$

Przyjmujemy, że transformacja z inercjalnego układu U' do eteru U jest liniowa (założenie V). Jeśli do transformacji czasu i położenia (16), (26) dodać czynniki liniowe zależne od x' , wówczas uzyskamy transformację z niewiadomymi współczynnikami a, b

$$\begin{aligned} t &= t' \frac{\psi(v)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} + ax' \\ x &= vt' \frac{\psi(v)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} + bx' \end{aligned} \quad (27)$$

Transformacja (27) powinna obowiązywać dla dowolnego czasu oraz położenia. W szczególnym przypadku obowiązuje w chwili synchronizacji zegarów, czyli, gdy $t = t' = 0$ dla punktu o współrzędnych D' w układzie U' . W związku z tym wstawiamy do transformacji (27) $t = t' = 0$, $x' = D'$ oraz $x = D_x$. W tym momencie została zastosowana synchronizacja zewnętrzna zegarów w układzie U' na podstawie zegarów w eterze. Po uwzględnieniu (25) otrzymujemy

$$\begin{aligned} 0 &= aD' \\ \psi(v)\sqrt{1 - (v/c)^2} D' &= bD' \end{aligned} \quad (28)$$

Stąd otrzymamy współczynniki a oraz b

$$\begin{aligned} a &= 0 \\ b &= \psi(v)\sqrt{1 - (v/c)^2} \end{aligned} \quad (29)$$

Ostatecznie po wstawieniu (29) do (27) ogólna postać transformacji z dowolnego inercjalnego układu U' do układu U związanego z eterem, przyjmie postać

$$\begin{cases} t = \frac{\psi(v)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} t' \\ x = \frac{\psi(v)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} vt' + \psi(v)\sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot x' \\ y = \psi(v)y' \\ z = \psi(v)z' \end{cases} \quad (30)$$

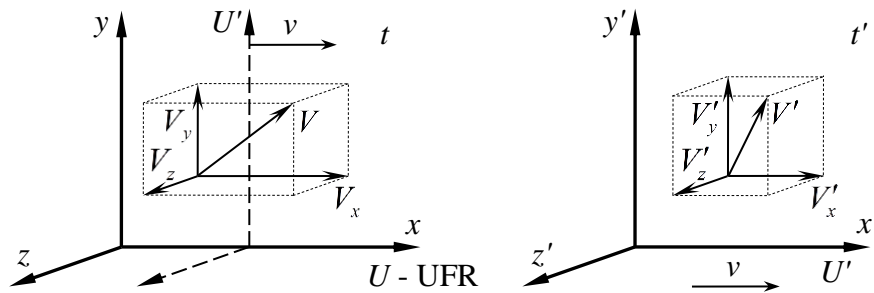
Po przekształceniu otrzymamy ogólną postać transformacji odwrotnej, czyli transformację z układu U związanego z eterem, do układu inercyjnego U'

$$\begin{cases} t' = \frac{\sqrt{1-(v/c)^2}}{\psi(v)} t \\ x' = \frac{1}{\psi(v)\sqrt{1-(v/c)^2}} (-vt + x) \\ y' = \frac{y}{\psi(v)} \\ z' = \frac{z}{\psi(v)} \end{cases} \quad (31)$$

Wyznaczone transformacje (30) oraz (31) są zgodne z eksperymentami Michelsona-Morleya oraz Kennedy'ego-Thorndike'a. Poniżej wykażemy, że z powyższych transformacji wynika, iż pomiar prędkości światła w próżni, przy pomocy stosowanych dotychczas metod, zawsze będzie dawał średnią wartość równą c . Tak się dzieje pomimo tego, że prędkość światła ma różną wartość w różnych kierunkach.

Transformacja prędkości

Osie układu inercyjnego U' oraz układu U związanego z eterem ustalono tak, aby były do siebie równoległe (Rys. 4). Układ inercyjny porusza się z prędkością v równoległe do osi x oraz x' .



Rys. 4. Ruch widziany z eteru i układu inercyjnego

Różniczki z transformacji (31) mają postać

$$\left\{ \begin{array}{l} dt' = \frac{\sqrt{1-(v/c)^2}}{\psi(v)} dt \\ dx' = \frac{1}{\psi(v)\sqrt{1-(v/c)^2}}(-vdt + dx) \\ dy' = \frac{1}{\psi(v)} dy \\ dz' = \frac{1}{\psi(v)} dz \end{array} \right. \quad (32)$$

Z eteru U oraz układu inercyjnego U' obserwowane jest poruszające się ciało. Ma ono w eterze prędkość V natomiast w układzie inercyjnym ma prędkość V' . Składowe tych prędkości zostały przedstawione na Rys. 4. Prędkość ciała w układzie eteru U można zapisać w postaci

$$V_x = \frac{dx}{dt}, \quad V_y = \frac{dy}{dt}, \quad V_z = \frac{dz}{dt} \quad (33)$$

Prędkość ciała w układzie inercyjnym U' można zapisać w postaci

$$V'_x = \frac{dx'}{dt'}, \quad V'_y = \frac{dy'}{dt'}, \quad V'_z = \frac{dz'}{dt'} \quad (34)$$

Do równań (34) wstawiamy różniczki (32). Otrzymujemy

$$\left\{ \begin{array}{l} V'_x = \frac{\frac{1}{\psi(v)\sqrt{1-(v/c)^2}}(-vdt + dx)}{\frac{\sqrt{1-(v/c)^2}}{\psi(v)} dt} \\ V'_y = \frac{\frac{1}{\psi(v)} \frac{dy}{\sqrt{1-(v/c)^2}}}{\frac{\psi(v)}{\sqrt{1-(v/c)^2}} dt} \\ V'_z = \frac{\frac{1}{\psi(v)} \frac{dz}{\sqrt{1-(v/c)^2}}}{\frac{\psi(v)}{\sqrt{1-(v/c)^2}} dt} \end{array} \right. \quad (35)$$

Czyli

$$\begin{cases} V'_x = \frac{-v}{1-(v/c)^2} + \frac{1}{1-(v/c)^2} \frac{dx}{dt} \\ V'_y = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \frac{dy}{dt} \\ V'_z = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \frac{dz}{dt} \end{cases} \quad (36)$$

Na podstawie (33) otrzymujemy szukaną transformację prędkości

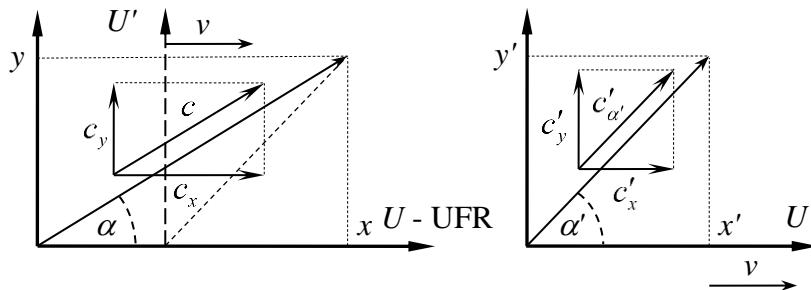
$$\begin{cases} V'_x = \frac{V_x - v}{1-(v/c)^2} \\ V'_y = \frac{V_y}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \\ V'_z = \frac{V_z}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \end{cases} \quad (37)$$

Interesujące jest to, że otrzymana transformacja prędkości nie zależy od funkcji skrócenia poprzecznego $\psi(v)$.

Prędkość światła w próżni dla ruchomego obserwatora

W ogólnym przypadku przepływ światła odbywa się po drogach przedstawionych na Rys. 5. Osie układów współrzędnych są ustawione tak, aby

$$c_z = c'_z = 0 \quad (38)$$



Rys. 5. Przepływ światła pod dowolnym kątem

Zgodnie z rysunkiem, na podstawie twierdzenia Pitagorasa otrzymujemy

$$c_{\alpha'}'^2 = c_x'^2 + c_y'^2 \quad (39)$$

$$c^2 = c_x^2 + c_y^2 \quad (40)$$

Zachodzi także

$$\cos \alpha' = \frac{c_x'}{c_{\alpha'}'} \quad (41)$$

Gdy $V_x = c_x$ oraz $V_x' = c_x'$, wtedy, zgodnie z (37), zachodzi

$$c_x' = \frac{c_x - v}{1 - (v/c)^2} \quad (42)$$

$$c_y' = \frac{c_y}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (43)$$

Pierwsza zależność na prędkość światła

Po wstawieniu do (39) zależności (42) oraz (43) otrzymujemy

$$c_{\alpha'}'^2 = \left(\frac{c_x - v}{1 - (v/c)^2} \right)^2 + \left(\frac{c_y}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right)^2 \quad (44)$$

$$c_{\alpha'}'^2 = c^4 \frac{(c_x - v)^2}{(c^2 - v^2)^2} + c^2 \frac{c_y^2}{c^2 - v^2} \quad (45)$$

$$c_{\alpha'}'^2 = \frac{c^2}{(c^2 - v^2)^2} [c^2 (c_x - v)^2 + (c^2 - v^2) c_y^2] \quad (46)$$

Po uwzględnieniu (40) otrzymujemy

$$c_{\alpha'}'^2 = \frac{c^2}{(c^2 - v^2)^2} [c^2 (c_x^2 - 2vc_x + v^2) + (c^2 - v^2)(c^2 - c_x^2)] \quad (47)$$

$$c_{\alpha'}'^2 = \frac{c^2}{(c^2 - v^2)^2} (c^2 c_x^2 - 2vc^2 c_x + v^2 c^2 + c^4 - c^2 c_x^2 - v^2 c^2 + v^2 c_x^2) \quad (48)$$

$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2}{(c^2 - v^2)^2} (-2vc^2 c_x + c^4 + v^2 c_x^2) \quad (49)$$

$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2}{(c^2 - v^2)^2} (c^2 - vc_x)^2 \quad (50)$$

Na tej podstawie otrzymujemy pierwszą zależność na prędkość światła w układzie inercyjnym, wyrażoną od c_x

$$c'_{\alpha'} = \frac{c}{c^2 - v^2} (c^2 - vc_x) \quad (51)$$

Druga zależność na prędkość światła

Na podstawie (42) otrzymujemy

$$c_x = v + (1 - (v/c)^2) c'_x = v + \frac{c^2 - v^2}{c^2} c'_x \quad (52)$$

Po wstawieniu do (51) otrzymujemy

$$c'_{\alpha'} = \frac{c}{c^2 - v^2} \left[c^2 - v \left(v + \frac{c^2 - v^2}{c^2} c'_x \right) \right] \quad (53)$$

$$c'_{\alpha'} = \frac{c}{c^2 - v^2} \left[c^2 - v^2 - v \frac{c^2 - v^2}{c^2} c'_x \right] \quad (54)$$

$$c'_{\alpha'} = c - \frac{vc'_x}{c} \quad (55)$$

Na tej podstawie otrzymujemy drugą zależność na prędkość światła w układzie inercyjnym, wyrażoną od c'_x

$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2 - vc'_x}{c} \quad (56)$$

Trzecia zależność na prędkość światła

Na podstawie (56) otrzymujemy

$$cc'_{\alpha'} = c^2 - vc'_x \quad (57)$$

$$cc'_{\alpha'} + vc'_x = c^2 \quad (58)$$

$$1 = \frac{c^2}{cc'_{\alpha'} + vc'_x} \quad (59)$$

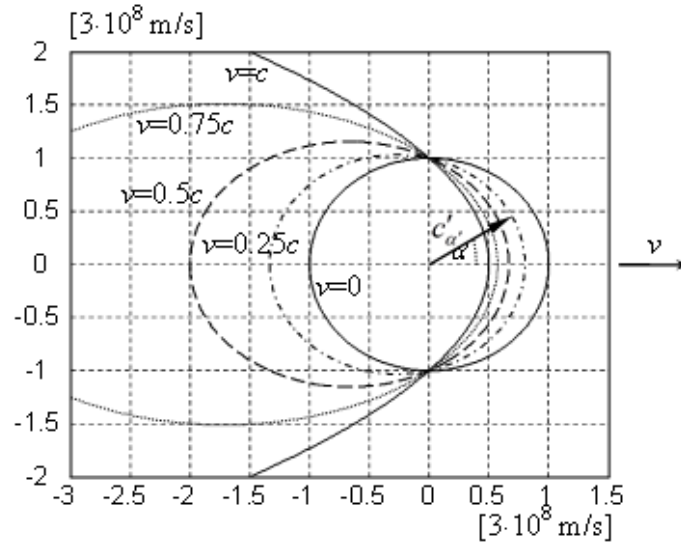
$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2 c'_{\alpha'}}{cc'_{\alpha'} + vc'_x} \quad (60)$$

$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2}{c + v \frac{c'_x}{c'_{\alpha'}}} \quad (61)$$

Z tego równania na podstawie (41) otrzymujemy trzecią zależność na prędkość światła w układzie inercyjnym, wyrażoną od α' (rysunek 6)

$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2}{c + v \cos \alpha'} \quad (62)$$

Wzór ten jest identyczny jak wzór (377) wyprowadzony metodą geometryczną w pracy [8]. Interesujące jest to, że prędkość światła w próżni nie zależy od funkcji skrócenia poprzecznego $\psi(v)$. Wynika z tego, że nie można wyznaczyć tej funkcji na podstawie eksperymentu pomiaru jednokierunkowej prędkości światła.



Rys. 6. Prędkość światła $c'_{\alpha'}$ w układzie inercyjnym dla $v = 0, 0.25c, 0.5c, 0.75c, c$.

Wyznamy teraz średnią prędkość światła, które w dowolnym układzie inercyjnym przebywa drogę o długości L' , odbija się od zwierciadła i wraca tą samą drogą do punktu wyjścia. Jeżeli t'_1 jest czasem, jakiego światło potrzebuje na przebycie drogi L' w jedną stronę, natomiast t'_2 jest czasem, jakiego światło potrzebuje na przebycie tej samej drogi w drugą stronę, wtedy średnia prędkość światła na drodze tam i z powrotem wynosi

$$c'_{sr} = \frac{2L'}{t'_1 + t'_2} = \frac{2L'}{\frac{L'}{c + v \cos \alpha'} + \frac{L'}{c + v \cos(\pi - \alpha')}} \quad (63)$$

$$c'_{sr} = \frac{2}{\frac{c + v \cos \alpha'}{c^2} + \frac{c - v \cos \alpha'}{c^2}} = \frac{2}{\frac{2c}{c^2}} = c \quad (64)$$

Wynika z tego, że średnia prędkość światła jest stała i równa jest prędkości światła c widzianej z eteru. Ta średnia prędkość nie zależy od kąta α' ani od prędkości v . Z tego powodu obracanie ramion interferometru w eksperymentach Michelsona-Morleya oraz Kennedy'ego-Thorndike'a nie wpływa na prążki interferencyjne. Właśnie dlatego eksperymenty te nie mogły wykryć eteru.

W pracy [8] wyprowadzony został metodą geometryczną wzór, ogólniejszy niż (62), na prędkość światła poruszającego się w ośrodku materialnym nieruchomym względem obserwatora o postaci (c_s jest średnią prędkością światła na drodze tam i z powrotem w tym ośrodku materialnym)

$$c'_{sa'} = \frac{c^2 c_s}{c^2 + c_s v \cos \alpha'} \quad (65)$$

Przykłady Szczególnych Teorii Eteru

Poniżej przedstawione są trzy przykłady transformacji eter-układ uzyskane dla trzech różnych funkcji $\psi(v)$. Każda taka transformacja zawiera pełną informację na temat kinematyki ciał i może być podstawą do wyprowadzenia odrębnej teorii kinematyki ciał. W ramach każdej z tych kinematyk możliwe jest wyprowadzenie licznych dynamik ciał w sposób analogiczny do pokazanego w pracy [8]. Aby wyprowadzić dynamikę, konieczne jest przyjęcie dodatkowego założenia.

Funkcja skrócenia poprzecznego $\psi(v)$ musi spełniać zależność (1) oraz przyjmować wartości nieujemne.

Szczególna Teoria Eteru bez skrócenia poprzecznego

W najprostszym przypadku można przyjąć, że dla każdej wartości prędkości v

$$\psi(v) = 1 \quad (66)$$

Wtedy transformacja (30) przyjmuje postać

$$\begin{cases} t = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} t' \\ x = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} vt' + \sqrt{1-(v/c)^2} \cdot x' \\ y = y' \\ z = z' \end{cases} \quad (67)$$

Dla takiej transformacji otrzymuje się kinematykę oraz dynamikę ciał, które zostały wyprowadzone w pracy [8]. W tym przypadku Szczególnej Teorii Eteru nie występuje skrócenie poprzeczne. Szczególna Teoria Eteru wyprowadzona na podstawie transformacji (67) ma ścisły związek ze Szczególną Teorią Względności Einsteina. Zostało to wykazane w pracy [8].

Transformacja (67) była już wyprowadzona inną metodą w artykułach [2] oraz [4]. W tamtych artykułach autorzy otrzymali taką transformację z transformacji Lorentza dzięki synchronizacji zegarów w inercjalnych układach odniesienia metodą zewnętrzną. Transformacja uzyskana w pracach [2] oraz [4] jest inaczej zapisaną transformacją Lorentza po zmianie sposobu mierzenia czasu w inercjalnym układzie odniesienia, dlatego transformacji tej przypisano własności Szczególnej Teorii Względności. Transformacja (67) ma inne fizyczne znaczenie niż transformacja Lorentza, ponieważ według teorii przedstawionej w tym artykule możliwe jest wyznaczenie prędkości względem uniwersalnego układu odniesienia przy pomocy lokalnego pomiaru. Czyli uniwersalny układ odniesienia jest realny, i nie jest dowolnie wybranym układem inercjalnym.

Szczególna Teoria Eteru z absolutnym czasem

Jeżeli przyjmiemy, że

$$\psi(v) = \sqrt{1-(v/c)^2} \leq 1 \quad (68)$$

wtedy transformacja (30) przyjmuje postać

$$\begin{cases} t = t' \\ x = vt' + (1 - (v/c)^2) x' \\ y = \sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot y' \\ z = \sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot z' \end{cases} \quad (69)$$

Na podstawie tej transformacji można wyprowadzić STE z absolutnym czasem. Jest bardzo interesujące, że jest możliwa teoria z absolutnym czasem, która spełnia warunki eksperymentów Michelsona-Morleya oraz Kennedy'ego-Thorndike'a.

Szczególna Teoria Eteru bez skrócenia podłużnego

Jeżeli przyjmiemy, że

$$\psi(v) = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \geq 1 \quad (70)$$

wtedy transformacja (30) przyjmuje postać

$$\begin{cases} t = \frac{1}{1 - (v/c)^2} t' \\ x = \frac{1}{1 - (v/c)^2} vt' + x' = vt + x' \\ y = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} y' \\ z = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} z' \end{cases} \quad (71)$$

Dla takiej transformacji otrzymuje się kinematykę, w której nie występuje skrócenie podłużne (w kierunku równoległym do prędkości v oraz osi x). Jednocześnie występuje wydłużenie poprzeczne (w kierunku prostopadłym do prędkości v).

Anizotropia mikrofalowego promieniowania tła

Światło jest szczególnym przypadkiem promieniowania elektromagnetycznego, jednak powyższe rozważania dotyczą nie tylko światła, ale każdego promieniowania elektromagnetycznego.

Przestrzeń kosmiczna wypełniona jest kosmicznym mikrofalowym promieniowaniem tła. Liczne badania na ten temat zostały omówione w wykładzie noblowskim [5-7]. Dokładne pomiary tego promieniowania wykonały satelity COBE, WMAP oraz Planck. Widmo tego promieniowania jest takie jak widmo promieniowania ciała doskonale czarnego o temperaturze

$$\bar{T}_\nu = 2.726 \pm 0.010 \text{ K} \quad (72)$$

Mikrofalowe promieniowanie tła jest promieniowaniem elektromagnetycznym o maksymalnym natężeniu dla częstotliwości około 300 GHz. Posiada ono szeroki zakres częstotliwości, ale ponieważ ma rozkład jak promieniowanie ciała doskonale czarnego, dlatego do jego opisu wystarczy podać jeden parametr, jakim jest odpowiednia temperatura ciała doskonale czarnego.

Promieniowanie tła posiada niejednorodność (anizotropię) z amplitudą

$$\Delta T_\nu = 3.358 \pm 0.017 \text{ mK} \quad (73)$$

Najmniejszą temperaturę promieniowanie tła ma w pobliżu gwiazdozbioru Wodnika, natomiast największą temperaturę w pobliżu gwiazdozbioru Lwa. Czyli, z perspektywy Układu Słonecznego, po jednej stronie Wszechświat jest nieco cieplejszy, natomiast po drugiej stronie jest nieco chłodniejszy.

Zgodnie z wszystkimi obecnie uznawanymi teoriami, przestrzeń jest jednorodna (wszystkie punkty przestrzeni są równoprawne) i izotropowa (wszystkie kierunki w przestrzeni są równoprawne) oraz wszystkie inercjalne układy odniesienia są równoważne. Przy takich założeniach, jeżeli mikrofalowe promieniowanie tła miałyby być wytwarzane przez obiekty znajdujące się w kosmosie, wtedy to promieniowanie docierające do Ziemi powinno być takie samo z każdego kierunku. Ponieważ tak nie jest, dlatego anizotropia mikrofalowego promieniowania tła wymaga w ramach obowiązujących teorii specjalnego wytłumaczenia.

W pracy [5-7] przedstawione zostało wyjaśnienie anizotropii mikrofalowego promieniowania tła, które odwołuje się do teorii Wielkiego Wybuchu. Promieniowanie to miało powstać w początkowym okresie ewolucji Wszechświata, gdy nagle cała materia stała się przezroczysta. Wtedy uwolniło się promieniowanie, które dzisiaj obserwujemy jako mikrofalowe promieniowanie tła. Promieniowanie to jest jednorodne w układzie inercjalnym, w którym powstało. Według tej koncepcji anizotropia mikrofalowego promieniowania tła jest spowodowana efektem Dopplera dla obserwatora poruszającego się względem układu odniesienia, w którym to promieniowanie powstało. Przy takim tłumaczeniu tego zjawiska wszystkie układy inercjalne pozostają fizycznie równoważne. Jednak takie tłumaczenie wymaga przyjęcia wielu założeń, których nie można zweryfikować eksperymentalnie. Na przykład konieczne jest założenie, że cała

materia we wszechświecie była nieruchoma względem jednego inercjalnego układu odniesienia w chwili, gdy stawała się przezroczysta.

W ramach przedstawionej w tej pracy teorii można wytłumaczyć anizotropię kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła w sposób bardzo naturalny. Wiadomo, że mikrofalowe promieniowanie tła jest bardzo przenikliwe przez materię wypełniająca przestrzeń kosmiczną, dlatego, jeżeli jego źródła są rozproszone w jednorodnej przestrzeni, to w długim okresie istnienia wszechświata nagromadziło się ono równomiernie w całej przestrzeni. Dlatego można przyjąć, że mikrofalowe promieniowanie tła jest jednorodne w uniwersalnym układzie odniesienia, w którym rozchodzi się światło. Według naszej koncepcji anizotropia jest spowodowana efektem Dopplera widzianym przez obserwatora poruszającego się względem uniwersalnego układu odniesienia, w którym rozprzestrzenia się światło. W tym modelu, dla obserwatora ruchomego względem uniwersalnego układu odniesienia promieniowanie tła nie jest jednorodne pomimo tego, że przestrzeń jest jednorodna. Takie wyjaśnienie tego zjawiska może być weryfikowane eksperymentalnie, gdyż nie odwołuje się do teorii Wielkiego Wybuchu. Anizotropia mikrofalowego promieniowania tła jest bardzo silnym argumentem na rzecz istnienia układu odniesienia, w którym rozchodzi się światło.

Na podstawie anizotropii mikrofalowego promieniowania tła można wyznaczyć prędkość, z jaką Układ Słoneczny porusza się względem eteru. W tym celu przeanalizujemy anizotropię mikrofalowego promieniowania tła na podstawie jednej z spośród wszystkich możliwych kinematyk ciał. Wykorzystamy kinematykę bez skrócenia poprzecznego opisaną transformacjami (67). Przyjmujemy, że mikrofalowe promieniowanie tła jest jednorodne w układzie eteru. Przyjmujemy, że odpowiada ono temperaturze T_0 ciała doskonale czarnego. W pracy [8] pokazano, że na podstawie transformacji (67) można wyprowadzić wzór na efekt Dopplera z eteru do układu inercjalnego, taki sam jaki występuje w Szczególnej Teorii Względności, czyli

$$f_v = f_0 \frac{c - v \cos \alpha_E}{\sqrt{c^2 - v^2}} \quad \text{dla} \quad \alpha_E \in (0 \div \pi) \quad (74)$$

gdzie f_0 jest częstotliwością światła względem eteru, natomiast f_v jest częstotliwością tego światła względem układu inercjalnego poruszającego się z prędkością v . Kąt α_E jest kątem pomiędzy wektorem prędkości v oraz wektorem prędkości światła. Kąt α_E jest widziany z eteru.

Dla $\alpha_E = 0$ wzór (74) sprowadza się do postaci

$$f_v^{\min} = f_0 \sqrt{\frac{(c - v)^2}{(c + v)(c - v)}} = f_0 \sqrt{\frac{c - v}{c + v}} \quad \text{dla} \quad \alpha_E = 0 \quad (75)$$

Dla $\alpha_E = \pi$ wzór (74) sprowadza się do postaci

$$f_v^{\max} = f_0 \sqrt{\frac{(c+v)^2}{(c+v)(c-v)}} = f_0 \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \quad \text{dla} \quad \alpha_E = \pi \quad (76)$$

Na podstawie prawa przesunięć Wiena, długość fali świetlnej o maksymalnej mocy jest związana z temperaturą emitującego ją ciała doskonale czarnego zależnością

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{T}{0.00290 [\text{m} \cdot \text{K}]} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda_{\max}} = \frac{cT}{0.00290} \quad (77)$$

Dla częstotliwości widzianej z układu eteru otrzymujemy

$$f_0 = \frac{cT_0}{0.00290} \quad (78)$$

natomiast dla częstotliwości widzianej przez ruchomego obserwatora

$$f_v^{\min} = \frac{cT_v^{\min}}{0.00290} = \frac{c(\bar{T}_v - \Delta T_v)}{0.00290} \quad \wedge \quad f_v^{\max} = \frac{cT_v^{\max}}{0.00290} = \frac{c(\bar{T}_v + \Delta T_v)}{0.00290} \quad (79)$$

Po podstawieniu (78) oraz (79) do (75) otrzymujemy

$$T_v^{\min} = \bar{T}_v - \Delta T_v = T_0 \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \quad (80)$$

Po podstawieniu (78) oraz (79) do (76) otrzymujemy

$$T_v^{\max} = \bar{T}_v + \Delta T_v = T_0 \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \quad (81)$$

Po podzieleniu stronami równania (80) przez (81) otrzymujemy

$$\frac{T_v^{\min}}{T_v^{\max}} = \frac{\bar{T}_v - \Delta T_v}{\bar{T}_v + \Delta T_v} = \frac{c-v}{c+v} \quad (82)$$

Na tej podstawie, po niedużych przekształceniach, otrzymujemy

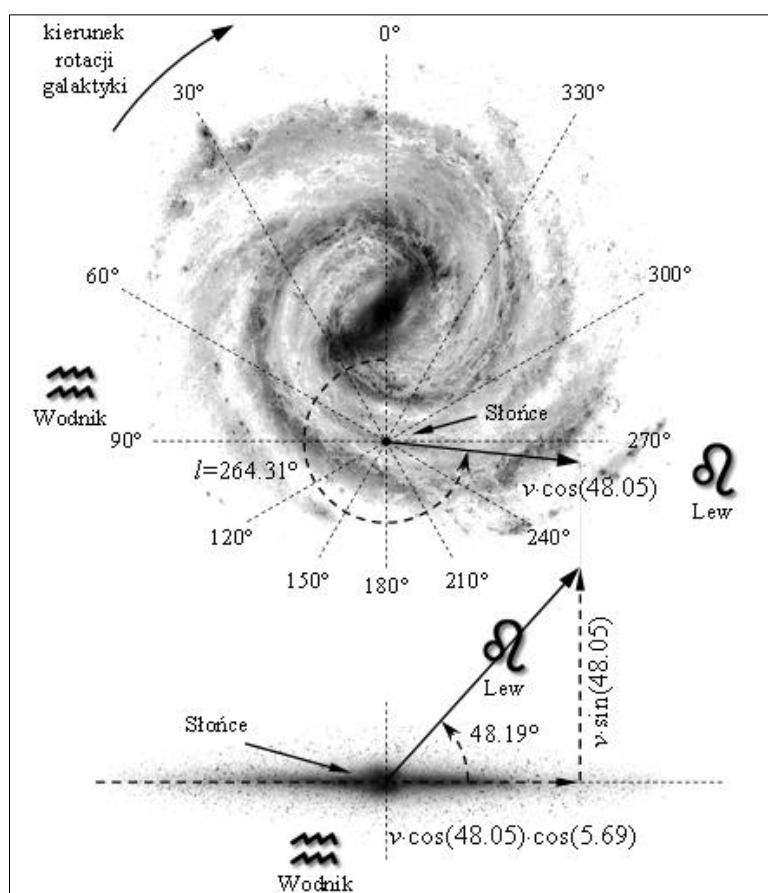
$$v = \frac{T_v^{\max} - T_v^{\min}}{T_v^{\max} + T_v^{\min}} c = \frac{(\bar{T}_v + \Delta T_v) - (\bar{T}_v - \Delta T_v)}{(\bar{T}_v + \Delta T_v) + (\bar{T}_v - \Delta T_v)} c = \frac{\Delta T_v}{\bar{T}_v} c \quad (83)$$

Ostatecznie na podstawie (72) oraz (73) otrzymujemy prędkość Układu Słonecznego względem uniwersalnego układu odniesienia ($c = 299792.458 \text{ km/s}$)

$$v = 369.3 \pm 3.3 \text{ km/s} \approx 0.001232 \cdot c \quad (84)$$

Jest ona zwrócona w kierunku gwiazdozbioru Lwa. Odpowiada to współrzędnym galaktycznym (Rys. 7)

$$\begin{aligned} l &= 264.31^\circ \pm 0.16^\circ \\ b &= 48.05^\circ \pm 0.10^\circ \end{aligned} \quad (85)$$



Rys. 7. Prędkość Układu Słonecznego względem eteru. Rzut na płaszczyznę Galaktyki oraz rzut na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny Galaktyki (90° – 270°). Widok galaktyki Droga Mleczna z góry (z naniesionymi współrzędnymi galaktycznymi) oraz widok z boku.

W wykładzie noblowskim [5–7] podana została nieco inna wartość prędkości Układu Słonecznego względem układu odniesienia, w którym według tamtej koncepcji powstało mikrofalowe promieniowanie tła. Autor przytoczył tam, bez wyprowadzenia, wartość $368 \pm 2 \text{ km/s}$.

W pracy [8] prędkość Układu Słonecznego względem eteru została oszacowana na podstawie – mało precyzyjnego – eksperymentu z rozpadem mezonów K^+ . Otrzymana tam wartość jest tego samego rzędu i wynosi 445 km/s.

Na podstawie (80) oraz (81) można wyznaczyć temperaturę T_0 promieniowania tła widzianą z układu eteru. W tym celu wystarczy pomnożyć te równania stronami. Otrzymujemy

$$T_0 = \sqrt{T_v^{\min} \cdot T_v^{\max}} = \sqrt{(\bar{T}_v - \Delta T_v)(\bar{T}_v + \Delta T_v)} \quad (86)$$

Po uwzględnieniu (72) oraz (73) otrzymujemy

$$T_0 = 2.72599793 \text{ K} \quad (87)$$

Transformacja pomiędzy dwoma układami inercyjnymi

Transformację z inercyjnego układu U_2 do układu U , związanego z eterem, można zapisać na podstawie (30). Transformację z układu U , związanego z eterem, do inercyjnego układu U_1 można zapisać na podstawie (31). Prędkość v_1 jest prędkością układu U_1 w układzie U , natomiast prędkość v_2 jest prędkością układu U_2 w układzie U . Stąd otrzymujemy

$$\begin{cases} t = \frac{\psi(v_2)}{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}} t_2 \\ x = \frac{\psi(v_2)}{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}} v_2 t_2 + \psi(v_2) \sqrt{1 - (v_2/c)^2} \cdot x_2 \\ y = \psi(v_2) y_2 \\ z = \psi(v_2) z_2 \end{cases} \quad (88)$$

oraz

$$\begin{cases} t_1 = \frac{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}}{\psi(v_1)} t \\ x_1 = \frac{1}{\psi(v_1) \sqrt{1 - (v_1/c)^2}} (-v_1 t + x) \\ y_1 = \frac{y}{\psi(v_1)} \\ z_1 = \frac{z}{\psi(v_1)} \end{cases} \quad (89)$$

Rozważymy tylko najprostszy przypadek, w którym prędkości v_1 oraz v_2 są do siebie równoległe. Równania (88) wstawiamy do równań (89). Na tej podstawie, po małych przekształceniach, otrzymujemy transformację z inercjalnego układu U_2 do inercjalnego układu U_1 w postaci

$$\begin{cases} t_1 = \frac{\psi(v_2) \sqrt{1 - (v_1/c)^2}}{\psi(v_1) \sqrt{1 - (v_2/c)^2}} t_2 \\ x_1 = \frac{\psi(v_2)}{\psi(v_1)} \frac{v_2 - v_1}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2} \sqrt{1 - (v_2/c)^2}} t_2 + \frac{\psi(v_2) \sqrt{1 - (v_2/c)^2}}{\psi(v_1) \sqrt{1 - (v_1/c)^2}} x_2 \\ y_1 = \frac{\psi(v_2)}{\psi(v_1)} y_2 \\ z_1 = \frac{\psi(v_2)}{\psi(v_1)} z_2 \end{cases} \quad (90)$$

Wnioski końcowe

W niniejszej pracy wykazaliśmy, że istnieje cała klasa teorii z uniwersalnym układem odniesienia (eterem), które prawidłowo wyjaśniają eksperymenty, w których mierzono prędkość światła. We wszystkich takich eksperymentach światło przebywało drogę po trajektorii zamkniętej, dlatego mierzona była jedynie średnia prędkość światła na tej trajektorii. Nigdy nie zmierzono dokładnie jednokierunkowej prędkości światła. Dlatego założenie o absolutnie stałej prędkości światła, przyjęte przez Alberta Einsteina w Szczególnej Teorii Względności (STW), nie ma podstaw eksperymentalnych.

W każdej teorii z eterem, które tutaj pokazaliśmy, prędkość światła w próżni wyraża się tym samym wzorem (62). Pomimo tego, że jednokierunkowa prędkość światła ma wartość zależną od kierunku jego emisji oraz prędkości obserwatora względem eteru, to średnia prędkość światła na drodze tam i z powrotem zawsze jest stała (63)–(64). Dlatego każda z teorii eteru jest zgodna z eksperymentami, w których mierzono prędkość światła. Z powodu tej własności prędkości światła eksperymenty Michelsona-Morleya oraz Kennedy'ego-Thorndike'a nie są w stanie wykryć eteru.

Wzór (62) na jednokierunkową prędkość światła w próżni jest taki sam w każdej z wyprowadzonych teorii kinematyki ciał. Z tego powodu nie jest możliwe rozstrzygnięcie na podstawie pomiaru jednokierunkowej prędkości światła, która z wyprowadzonych teorii jest prawidłowym modelem rzeczywistej kinematyki.

Uznawaną obecnie teorią, która tłumaczy wyniki eksperymentów ze światłem jest STW Alberta Einsteina. Powszechnie uważa się błędnie, że STW jest jedyną teorią kinematyki ciał, która wyjaśnia te eksperymenty.

Szczególne Teoria Eteru zbudowana na transformacji eter-układ (67) ma ścisły związek ze Szczególną Teorią Względności Einsteina. Przewidywania kinematyki Szczególnej Teorii Względności są takie same jak przewidywania Szczególnej Teorii Eteru opisanej transformacjami (67), ale tylko dla obserwatorów nieruchomych względem eteru. Wykazaliśmy to w pracy [8].

Oczywiście wiele z możliwych teorii eteru można z góry odrzucić ponieważ nie są prawidłowymi modelami kinematyki z powodu niezgodności z różnymi eksperymentami. Na przykład wiadomo, że czas życia rozpędzonych cząstek elementarnych jest w naszym układzie dłuższy niż w układzie tych cząstek, dlatego prawdopodobnie nieprawidłowym modelem kinematyki będzie model z absolutnym czasem oparty na transformacji (69). Rozstrzygnięcie, która ze Szczególnych Teorii Eteru jest prawidłowym modelem kinematyki ciał powinno być jednym z ważniejszych zadań przyszłej fizyki i prawdopodobnie będzie wymagało rozstrzygnięcia eksperymentalnego. Takim eksperymentem może być precyzyjnie wykonane doświadczenie Ivesa-Stillwella, w którym sprawdza się dylatację czasu na podstawie przesunięcia dopplerowskiego dla światła.

Dopuszczenie, że prędkość światła może zależeć od kierunku jego emisji nie wyróżnia żadnego kierunku w przestrzeni. Chodzi bowiem o prędkość światła, jaką mierzy ruchomy obserwator. To prędkość, z jaką obserwator porusza się względem eteru, wyróżnia w przestrzeni charakterystyczny kierunek, ale tylko dla tego obserwatora. Dla obserwatora nieruchomego względem eteru prędkość światła zawsze jest stała i nie zależy od kierunku jego emisji. Jeżeli obserwator porusza się względem eteru, wtedy dla niego przestrzeń nie jest symetryczna. W jego przypadku będzie podobnie jak dla obserwatora płynącego po wodzie i mierzącego prędkość fali na wodzie. Pomimo tego, że fala rozchodzi się po wodzie ze stałą prędkością w każdym kierunku, to dla płynącego obserwatora prędkość fali będzie różna w różnych kierunkach. Z tego powodu przedstawiona teoria, oparta na założeniach I–V, w prosty sposób tłumaczy anizotropię mikrofalowego promieniowania tła. W ramach przedstawionej teorii anizotropia ta jest spowodowana efektem Dopplera, który wynika z ruchu Układu Słonecznego względem uniwersalnego układu odniesienia, w którym rozchodzi się światło.

Literatura

- [1] Kennedy Roy J., Thorndike Edward M., Experimental Establishment of the Relativity of Time, *Physical Review* 1932, 42 (3), 400–418, DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRev.42.400>
- [2] Mansouri Reza, Sexl Roman U., A Test Theory of Special Relativity: I. Simultaneity and Clock Synchronization, *General Relativity and Gravitation* 1977, Vol. 8, No. 7, 497–513, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00762634>
- [3] Michelson Albert A., Morley Edward W., On the relative motion of the earth and the luminiferous ether, *American Journal of Science* 1887, 34, 333–345, DOI: <http://dx.doi.org/10.2475/ajs.s3-34.203.333>
- [4] Rizzi Guido, Ruggiero Matteo L., Serafini Alessio, Synchronization Gauges and the Principles of Special Relativity, *Foundations of Physics* 2004, Vol. 34, 1835–1887, No. 12, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10701-004-1624-3>
- [5] Smoot George F., Anizotropie kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła: ich odkrycie i wykorzystanie (w języku polskim), *Wykład noblowski z 2006 roku, Postępy Fizyki* 2008, Tom 59, Zeszyt 2, 52–79.
- [6] Smoot George F., Nobel Lecture: Cosmic microwave background radiation anisotropies: Their discovery and utilization (w języku angielskim), *Reviews of Modern Physics* 2007, Volume 79, 1349–1379, DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.79.1349>
- [7] Смут Джордж Ф., Анизотропия реликтового излучения: открытие и научное значение (w języku rosyjskim), *Нобелевская лекция в 2006 году, Успехи Физических Наук* 2007, Том 177, № 12, 1294–1317.
- [8] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru* (w języku polskim), Wydawnictwo Amelia, Rzeszów, Polska, 2015, (www.ste.com.pl), ISBN 978–83–63359–77–5.
Szostek Karol, Szostek Roman, *Special Theory of Ether* (w języku angielskim), Publishing house AMELIA, Rzeszów, Poland, 2015, (www.ste.com.pl), ISBN 978–83–63359–81–2.
- [9] Szostek Karol, Szostek Roman, The Geometric Derivation of the Transformation of Time and Position Coordinates in STE. *IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP)* 2016, Volume 8, Issue 4, Version III, 22–30, ISSN 2278–4861, DOI: <http://dx.doi.org/10.9790/4861-0804032230>
- [10] Szostek Karol, Szostek Roman, Выделенная в космологии система отсчета и возможная модификация преобразований Лоренца (w języku rosyjskim: Wyróżniony w kosmologii układ odniesienia i możliwa modyfikacja transformacji Lorentza), *Ученые Записки Физического Факультета МГУ (Notatki Naukowe Uniwersytetu Moskiewskiego Państwowego Wydziału Fizyki)* 2017, 2, 172102, ISSN 2307–9665.

-
- [11] Szostek Karol, Szostek Roman, The explanation of the Michelson-Morley experiment results by means universal frame of reference (w języku angielskim: Wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelsona-Morleya przy pomocy uniwersalnego układu odniesienia), *Journal of Modern Physics* 2017, Vol. 8, No. 11, 1868-1883, ISSN 2153-1196, DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2017.811110>
- [12] Szostek Karol, Szostek Roman, Derivation of Transformation and One-Way Speed of Light in Kinematics of Special Theory of Ether (w języku angielskim: Wyprowadzenie transformacji oraz jednokierunkowej prędkości światła w kinematyce Szczególnej Teorii Eteru), *American Journal of Modern Physics* 2017, Volume 6, Issue 6, 140-147, ISSN: 2326-8867, DOI: <http://dx.doi.org/10.11648/j.ajmp.20170606.15>
- [13] Szostek Karol, Szostek Roman, The derivation of the general form of kinematics with the universal reference system (w języku angielskim: Wyprowadzenie ogólnej postaci kinematyki z uniwersalnym układem odniesienia), *Results in Physics* 2018, Volume 8, 429-437, ISSN: 2211-3797, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rinp.2017.12.053>
- [14] Yuan Zhong Zhang, *Special Relativity and Its Experimental Foundation*. Singapore: World Scientific Publishing, 1997.



Justyna Muweis

Department of Management in Power Engineering

Faculty of Management

AGH University of Science and Technology in Krakow

ul. Gramatyka 10, 30–067 Kraków

e-mail: jmuweis@zarz.agh.edu.pl

SPACE DEBRIS AND THE MAINTENANCE OF SECURITY IN THE ORBITAL SPACE

Abstract. The paper presents the problems of human made space waste and discusses the threats they generate. The major hazards of this group of waste are collisions and the emission of chemical pollutants from radioisotope systems used to power artificial satellites and space missions. Activities that enhance the level of security in the Earth's orbital space and the legal aspects of space development are also analyzed.

Keywords: space debris, radioisotope power systems, space law

ANTROPOGENICZNE ODPADY KOSMICZNE A ZACHOWANIE BEZPIECZEŃSTWA W PRZESTRZENI ORBITALNEJ

Streszczenie: W pracy przedstawiono problematykę odpadów kosmicznych wytworzonych przez człowieka oraz omówiono generowane przez nie zagrożenia. Do głównych niebezpieczeństw ze strony tej grupy odpadów zalicza się kolizje oraz emisję zanieczyszczeń chemicznych pochodzących z systemów radioizotopowych wykorzystywanych do zasilania sztucznych satelitów i misji kosmicznych. Przeanalizowane zostały także działania wzmacniające poziom bezpieczeństwa w przestrzeni orbitalnej Ziemi oraz aspekty prawne związane z zagospodarowaniem przestrzeni kosmicznej.

Słowa kluczowe: odpady kosmiczne, radioizotopowe systemy zasilania, prawo kosmiczne.

Introduction

Exploration of orbital space was the result of technical progress and the result of the space race associated with political rivalry. The United States of America and the former Soviet Union are the most important states in the initial phase of space conquest. You can list some spectacular events in the history of gaining advantage in the near Earth space. They include the launch of the artificial satellite Sputnik 1 in 1957, the human space flight aboard the spacecraft Vostok 1 in 1961, or the landing of the Apollo 11 mission on the Moon in 1969. Scientific progress and the use of modern technologies have contributed to the speedier development of space. Analyzing the last decade, it can be noticed the success of space development in many countries. They invest in projects involving the use of orbital space, using modern artificial satellites (telecommunication, telephone, television, meteorological, remote sensing¹) or conducting advanced research in the International Space Station (ISS). Recent years also abound in progressive missions to explore further space and celestial bodies (Juno Mission to Jupiter, Cassini Mission at Saturn, Mars Science Mission (Mars Science Laboratory – the official name of the Curiosity rover).

The use of space is associated with various dangers. Types of dangers in space can be divided into several categories. The presence of man in space due to conditions different from the Earth is a threat to his life and health. The danger may be associated with use of outer space for a variety of purposes (e. g. research, economic, or military). However, more problems appears in connection with pollution of outer space waste. In the further part of this work will be analyzed the risks and dangers associated with the problem of an increasing quantities of waste of anthropogenic origin in orbital space, and the activities taken in order to reduce these threats.

Types of waste in space and the hazards associated with them

Orbital waste of natural origin

Orbital waste have different sources. Some of them are natural objects, while the others are artificial made by man. Wastes of natural origin are called meteoroids. As defined by NASA, the meteoroid is a small piece of rock or iron moving in Space [1].

¹ Remote sensing means observation for remote testing of the Earth and its surrounding, using a device located in artificial satellites. Source: A. Górbieł, *Międzynarodowe prawo kosmiczne*, PWN Warszawa 1985, p. 63.

Spectacular phenomenon observed by us from the Earth, giving the effect of „shooting stars”, is a phenomenon of meteors. The speed of the meteor relative to an observer on the ground is made up of the orbital speed of the meteor and Earth. The Earth moves on the orbit at a speed of 30 km/s. Meteor moving on the parabolic orbit near Earth reaches speed of 42 km/s. Lump of such material getting into the atmosphere suffers great pressure of shock wave of air, even hundreds of kg/cm², with the result that easily falls apart and evaporates. In the case of large lumps their weight may not dry off and during reducing the speed, the rest of the lump can fall to the ground. The lumps of such matter are called meteorites [2].

The fall of the meteorite on Earth is associated with a shockwave of air and is a big danger for humans and other life forms. There are many examples of the falls of meteorites in different parts of the Earth, leaving depressions and craters of various depths and causing the surrounding destructions.

The chemical composition of meteorites is not a danger to the health and life of humans and the natural environment. It is similar to the composition of the Earth's crust. On the waste of natural origin we have little effect, besides their monitoring.

Space waste generated by human

Much more problematic are the waste of artificial origin, made by man from his business and activity in space. In International naming this type of waste is specified as: „space debris” or „space junk”. According to NASA it is circling Earth. It is pieces from spacecraft and launched objects. These objects either land or burn up in the atmosphere. But many of the objects sent into space are still in orbit around the Earth [3].

The weight of space debris is from a few grams to several tons, and their size from a few millimeters to tens of meters. These wastes are from about 100 to more than 36 000 km above the Earth's surface [4]. Part of this waste burns up in the atmosphere or falls to the ground – most often to the water of the seas and oceans. However, many of them remains in orbit. Danger primarily is concerned with space debris collisions with other objects moving in orbits, such as for example: active satellites, or the International Space Station (ISS).

In addition, there are known collisions of space debris from each other. This causes their disintegration into smaller pieces and increases the number of collisions. This phenomenon is called the Kessler syndrome. The name comes from the name of a scientist who was dealing with the problem of space debris during the 1970s (the 20th century) working for NASA.

Increase waste in space (produced by man) is disturbing. Currently in the year 2017 according to data catalog'ed and published by NASA (as of 4 April 2017), in the orbital space is 18347 objects. It includes 4434 objects put in or-

bits named payloads – having the status of active objects. Remaining number 13913 includes space rocket bodies and debris [5]. The catalogued space waste have size at least 10 cm.

Comparing the number of cataloged objects put in orbits in 1997 (as of 1 January 1997) you will see a significant difference. There were the 2302 objects placed in orbits. Cataloged space waste and rocket parts were 6205 pieces. A total of 1997 was 8507 all objects cataloged by the U. S. Space Command [6]. Between 1997 – 2017 came 9840 objects (in total) in orbits. The number of cataloged objects (in total) increased in this period by 116%. While the space waste in 2017 compared with 1997 increased by 7708, that is 124%.

The number of space debris will grow in the coming years, but the problem is finding the right methods of their minimization. So far has not yet implemented any optimal methods of safe deorbitation including greater amount of space waste.

The use of radioisotope power systems in space and the dangers associated with them

Besides the collision in space and waste decay into the next smaller fragments, posing threats, the danger is also a nuclear power comes from them. Objects with equipment for space exploration need sources of energy. In outer space can be used two sources of energy. These include solar and thermal energy of nuclear transformation.

Some of the missions are using only solar power, to some however, nuclear energy is need. The radioisotope technology electrical systems was used in the initial phase of space exploration. The isotopes are varieties of the same chemical element with a different number of neutrons. Isotopes have the same chemical properties (small derogations from this regularity show hydrogen isotopes) however, they differ slightly in their physical properties [7]. Radioisotopes are radioactive isotopes of elements whose nuclei are spontaneously transformed [8]. This technology involves converting heat during decay of isotopes.

Radioisotope Power Systems have been used for space research for more than 50 years. Their use has enabled many missions, discoveries and reaching distant places in our solar system. Thanks to these systems was managed to conduct Moon research, observe geysers and volcanoes on Saturn's moons, and conduct many long missions conducted by NASA [9].

There are many positive aspects of using this kind of energy from the Radioisotope Thermoelectric Generator (RTG) both on Earth and in space. But on the other hand there are also dangers associated with its use. Energy acquisition that is the drive for artificial space objects is possible through the use of the radioactive element – the platoon. Because of the radioactivity it is dangerous for the health and life of organisms. Its salts are strong poisons. They cause

damage the bone marrow, liver and lymph nodes. The metal is also used to build nuclear weapons and is used in nuclear reactors as a source of energy [8].

Another element that is used to generate energy in reactors of satellites and research probes is radioactive uranium. Inactive satellites pointing in the direction to the Earth are constructed in such a way to get rid of radioactive substances to a higher orbit, so as not to cause the terrestrial environment contamination. This is one of the easiest ways of taking care of the cleanliness of the orbital space. However, there are examples of uncontrolled space waste collisions with the Earth and radioactive outlets derived from these objects (the failure of the satellite Cosmos 954 and irradiation of the space above Canada, waste from the satellite Kosmos 1402 and 1220, the Mission of Apollo 13). For the detection of radioactive contamination are used an American aircraft type WC – 135 Constant Phoenix.

NASA pays great attention to preserve the highest level of safety in the areas of use radioisotopes. Safety is taken into account at the stage design, as well as research, production and operation of nuclear systems. Security features that minimize the risk of dispersion of nuclear material during the collision are also analyzed and implemented.

Monitoring of space debris

To increase the level of security in space, it is important to monitor the waste in orbital space. By defining the position of the object of the group of the space waste, the calculation its speed and distance, it is possible to do maneuvers. This allows you to reduce the risk of collision. Radar techniques are commonly used for this type of action. The European system of detecting and tracking objects in space has been approved by the European Union as the EU SST (Space Surveillance and Tracking Framework Support, Decision of 16 April 2014, No 541/2014/EU of the European Parliament and of the Council). Because it is an European programme – it concerns the protection of European Union's objects in space. In particular, is to prevent collisions between satellites with space waste and other objects.

In turn, cataloging of orbiting objects is handled by the US Satellite Catalog (USSC). This catalogue takes into account all artificial satellites and other objects of anthropogenic origin, including those that have returned to Earth's atmosphere, or have visited the celestial bodies since 1957.

The selected aeronautic organizations and legal regulations on the use of outer space and the preservation its safety

In the world are governmental and non – governmental organizations which carry out research in space, ensure safety in this area, cooperate in Astronautical development, implement space programs, and carry out the missions.

One of the oldest organization is International Astronautical Federation – IAF. It was established in 1952 at the 3 rd International Congress of Aerospace in Stuttgart. In its assumptions an organization strives to development and application of astronautics, deals with the promotion of issues related to the peaceful use of outer space and technical knowledge through the organization of symposia and scientific conferences.

The organization brings together 48 member countries and 200 astronautical organizations (including the Polish Astronautical Association), institutions and companies in the field of astronautics (including aerospace companies). In 1960 IAF established the International Academy of Astronautics (IAA) and the International Institute of Space Law (IISL), which was one of the first space regulatory initiatives[10].

The International Academy of Astronautics is an International organization working in the International Astronautical Federation. This organization also conducts space research and undertakes activities for their development. Among the research areas is the space economics research, its application and the problem of security in space.

Another rapidly growing International organization is the European Space Agency (ESA) the idea of the creation of the Agency was the signing of two conventions:

- Convention on the establishment of The European Space Research Organisation on 14 June 1962
- Convention on the establishment of The European Organization for the Development and Construction of Space Vehicle Launchers on March 29, 1962

The aim of the European Space Agency is the realization of a joint European research programme and use of outer space. The Agency also supports the development of a modern and competitive industry in the Member States. According to data from ESA in 2017 members of this organization are following Member States: Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Greece, Spain, Ireland, Luxembourg, the Netherlands, Germany, Norway, Poland (November 2012), Portugal, Romania, Switzerland, Sweden, United Kingdom, Hungary and Italy. On the basis of a separate agreement, Canada is also involved in the work of the ESA. European Space Agency branches are

located in different Member States and each of them deals with the actions at different levels:

- The European Astronaut Centre (EAC) in Cologne, Germany;
- The European Space Astronomy (ESAC) in Villanueva de la Canada, Madrid, Spain;
- The European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt, Germany;
- The ESA Centre for Earth Observation (ESRIN) in Frascati, Italy;
- The European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in Noordwijk, the Netherlands;
- The European Centre for Space Applications and Telecommunications (ECSAT) in Harwell, Oxfordshire in the United Kingdom [11]

In Poland from 2012 works branch of the European Space Agency named Polish Space Agency. In addition, in Poland operates Aerospace Employers Association (ZPSK) from October 31, 2012. It is an Association of more than 45 Polish enterprises as well as research institutions operating in the space sector.

Committee on the Peaceful Uses of Outer Space deals with legal aspects. It was founded in 1959 by The Resolution 1472 (XIV) of the Assembly of the United Nations of 12 December [12].

The basis of legal regulations in the area of outer space is The Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space including the Moon and other Celestial Bodies, opened for signature on 27 January 1967, also known as the Treaty on Outer Space. It was established in the framework of the negotiations of the United Nations and signed by the representatives of the Governments of the United States, Great Britain and the former Soviet Union. The Treaty became final on October 10, 1967.

On the issue of responsibility the key is the article VI of the Treaty. It specifies the international responsibility for the activities in outer space. It is not important whether this activity is carried by the governmental or non – governmental organizations. One of the most important issues raised and sanctioned in the Treaty is the freedom of access to space outside the atmosphere and within the celestial bodies. In addition, freedom applies to both: the research and use of outer space [13].

However, the use of the space can be used peaceful purposes only and it is prohibited to place in orbit any objects with nuclear or any other kind of weapons of mass destruction, it is prohibited to install such weapons on celestial bodies or placing such weapons in outer space in any other manner. Says about this Article IV of The Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space including the Moon and other Celestial Bodies, signed on 27 January 1967.

The liability for the damage caused by space objects sent into space has already been discussed in the mentioned Treaty. In article VII is a mention of

the international liability for damage caused by the object or its part to another State in airspace, space and on the ground.

International agreements also regulate Space law. Regulations which are the key importance include:

- United Nations Declaration on International Cooperation in the Exploration and Use of Outer Space for the Benefit and in the Interest of All States, Taking into Particular Account the Needs of Developing Countries, United Nations Resolution 51/122 of 13 December 1996;
- Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies, United Nations Resolution 34/68 of 18 December 1979;
- The Convention on registration of objects launched into outer space of January 14, 1975 Dz.U. 1979 nr 5 poz. 22;
- The Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects of 29 March 1972, Dz.U. 1973 nr 27 poz. 154;
- Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, United Nations Resolution 1962 (XVIII) of 13 December 1963.

Conclusions

In connection with space exploration started in the 50s of the 20th century, space was increasingly political and economic important. The most attractive was the geostationary orbit, on which were placed the astronaut equipment, fulfilling useful functions (telecommunication, telephone, TV, weather, remote sensing). As time goes by, on the orbits the artificial satellites still arrive and their operation is limited. This causes continuous enlargement of space debris population, which are the sources of variety of threats. These threats are connected with the risk of collisions with other objects, the risk of falling on Earth, and emissions from radioisotope systems. Therefore preventive measures are needed to minimize hazards. Since space has become increasingly important for human activity, appropriate institutions have been created and also legal regulations on the use of space and celestial bodies have been introduced. The facilitating systems for precise tracking of objects to prevent possible collisions, have also been created. However, the major problem in the near future will be the increasing number of space waste of anthropogenic origin and the search for effective methods of their deorbitation.

References

- [1] <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Meteoroid.html> (date of access to the website: June 10, 2017.)
- [2] E. Rybka, *Astronomia ogólna*, PWN, Warszawa 1978, s. 42, 336, 340
- [3] <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-orbital-debris-58.html> (date of access to the website: May 20, 2017).
- [4] NASA 2013). NASA – National Aeronautics and Space Administration 2013, Space debris and human spacecraft https://www.nasa.gov/mision_pages/station/news/orbital_debris.html (date of access to the website : May 7, 2017).
- [5] Satellite Box Score, as of 4 April 2017, catalogued by the U. S. Space Surveillance Network, Orbital Debris Quarterly News National Aeronautics and Space Administration (NASA) Vol. 21, Issue 2 (2017). <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/newsletter.html> (date of access to the website: May 7, 2017).
- [6] Orbital Box Score as of 1 of Jan 1997, as catalogued by U. S. Space Command Orbital Debris Quarterly News National Aeronautics and Space Administration (NASA) Vol. 2, Issue 1 (1997). <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv2i1.pdf> (date of access to the website: May 20, 2017).
- [7] K. Pazdro, A. Rola – Noworyta, *Chemia Repetytorium, Oficyna Edukacyjna Krzysztof Pazdro*, Warszawa 2014, p. 53-54.
- [8] I. Król *Encyklopedia Chemia*, Wyd. GREG 2011 , p. 204, 334
- [9] <https://solarsystem.nasa.gov/rps/home.cfm> (date of access to the website: June 1, 2017).
- [10] based on: <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Miedzynarodowa-Federacja-Astronautyczna;3940873.html> (date of access to the website: June 8, 2017)
- [11] based on: <http://www.esa.int/ESA> (date of access to the website: May 20, 2017).
- [12] Dz.U. 1963 nr 52 poz. 288.
- [13] A. Gróbiel, *Międzynarodowe prawo kosmiczne*, PWN Warszawa 1985, art. VI, p. 243.



Adam Gnatowski, Kamil Mirek
Czestochowa University of Technology
Institute of Mechanical Technologies
al. Armii Krajowej 22, 42–200 Częstochowa
e-mail: gnatowski@ipp.pcz.pl

THE REVIEW OF TECHNOLOGIES AND MACHINES DESTINED FOR RECYCLING OF POLYMER COMPOSITES

Abstract. The paper presents technologies of dealing with waste made from polymer composites, especially that reinforced with fibers. It also presents machines used for recycling. Finally, it gives conditions of choosing technologies for waste disposal.

Keywords: polymer composites, technologies and machines for recycling.

PRZEGLĄD TECHNOLOGII I MASZYN DO UTYLIZACJI KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono technologie przetwórstwa odpadów z materiałów kompozytowych z osnową polimerową, w szczególności wzmocnionych włóknami. Zaprezentowano również maszyny stosowane do recyklingu. Podano warunki doboru technologii utylizacji.

Słowa kluczowe: kompozyty polimerowe, technologie i maszyny do recyklingu.

Introduction

There are more and more areas in which polymer composites are used. The situation looks similar for the production of reinforced materials. It leads to a bigger quantity of waste they are made from. Manufacturers of these materials are obliged to dispose of them once their operating period is over.

The list below shows the quantity of manufactured materials in several last years [1]:

- 2003 year – 200 million tonnes,
- 2004 year – 225 million tonnes (increase by 25 million tonnes),
- 2005 year – 230 million tonnes (increase by 5 million tonnes),
- 2006 year – 265 million tonnes (increase by 35 million tonnes),
- 2007 year – 260 million tonnes (decrease by 5 million tonnes),
- 2008 year – 245 million tonnes (decrease by 15 million tonnes),
- 2009 year – 250 million tonnes (increase by 5 million tonnes),
- 2010 year – 270 million tonnes (increase by 20 million tonnes),
- 2011 year – 280 million tonnes (increase by 10 million tonnes),
- 2012 year – 288 million tonnes (increase by 8 million tonnes).

It shows that in the analysed period of time (2003–2012), there was an increase in manufacturing of polymer materials by 88 million tonnes. Each product has a defined period of durability. Afterwards, it has to be disposed of.

Recycling of polymer composites requires certain operations. Their number and type depends on a chosen technology. Each operation in such a process requires the use of appropriate machines. Their choice conditions the possibility and correctness of the whole process.

The review of available technologies of polymer composites recycling

Storage

Waste storage is the easiest method of its disposal. Its main advantage is that there is no need to develop any technology, to design and construct required machines and devices. There are also drawbacks. One needs a certain surface to create a landfill. The other important disadvantage is the possibility of emitting harmful substances which might be leached by rain. Moreover, atmospheric conditions (especially solar radiation and acid rains) might trigger liberating of various substances.

Energetic recycling

Energetic recycling consists in reclaiming a product's energy by burning it. The outcome of this process is reclaiming the energy used for its production. The side effect is gas emission, that is substances which are the outcome of burning and the emission of nonflammable substances (e.g. reinforcing fibers if they are nonflammable) [2, 3]. This recycling method is used if there is no possibility of recycling by another method [3]. Apart from chemical composition, flammability is also influenced by a given material (packing density, structure). Porous materials are more prone to inflammation. The easiness with which inflammation can take place also depends on environmental conditions, such as heat loss (thus, also

ambient temperature), oxygen availability (the pace of its inflow), pace of gas emission (being effects of combustion), air humidity. Heat of combustion for most polymers is about 14–46 MJ/kg [2, 3]. The phenomenon of ablation, which takes place during combustion (abstraction or sublimation of combustion products, is unfavourable as far as energetic recycling is concerned [2, 3].

It should be noticed that each polymer material is flammable, spreads fire and emits gases and smoke [4]. The conditions for this process are appropriately high temperature and oxygen access.

Composite materials are unevenly built. Due to this fact, in their case combustion can take place under the influence of smaller energy. As a result of combustion, the surface of a given element is covered with coke [3]. Gases which are the result of combustion create a porous structure in a given material, which facilitates further combustion. Ablation is a highly unfavourable phenomenon in energetic recycling. This phenomenon consists in evaporation or sublimation of composites or combustion products. This is an unfavourable phenomenon as it absorbs a part of energy. It should be noticed here that fluoropolymers and the majority of reinforcing fibers have their heat of combustion at the level of heat necessary to provoke inflammation. This makes the energy balance value approach zero. Polymer heat properties depend on its structure. They are influenced by chemical chain structure, occurrence of double bonds and branching, content of aromatic and heterocyclic rings placed in the para-position and function groups [3]. It should be noticed here that there are also heat-resistant polymers. Among them we can find: polymers containing heteroatoms, carbocyclic chain polymers, ring polymers containing function groups in the main chain, and heterocyclic polymers.

Material recycling

Material recycling consists in processing material in such a way so as it can be used in manufacturing of new products. There are two basic directions of acting in this technology: using waste as strengthening or using waste as a filler decreasing the price of material.

To use waste as material for manufacturing of other materials (Waste segregation and use, Segregation and processing of municipal waste), the following operations should be performed:

- sorting of elements destined for recycling – parts have to be divided into groups according to certain criteria. Such a division can concern a type of product (e.g. division into foils and packaging, etc.);
- size reduction – waste must be given a form which makes it possible to use it once again and process it further on, facilitating the next stages of the process. Size reduction can be performed with the help of a granulator, mills for comminution of plastics. In case of composites with a base

of thermoplastic materials, there is a tendency to avoid the construction of working chambers and cutting constructions [5]. Plastic comminution takes place most frequently as a result of triggering off shear stress in comminuted material [5]. This stress occurs on the surface created by cutting edges. The stress is triggered by multiple hole discs or cutting knives. In disintegrating machines for thick-walled products made from elastomers cutting constructions are avoided.

- washing – it is easier to remove impurities from comminuted material. In this case, this impurity might be the residue of substance which a given part had contact with (containers must be washed from all substance residue which used to be there), or a substance which this material had contact with during storage.
- drying – it is an operation subsequent to the previous operation.
- extrusion moulding – it is a necessary operation during the manufacture of polymer material. It makes it possible to unify the material content and to process it further.
- pelleting – manufacturing material from moulded products, which can be directly used in product production (e.g. via injection technology or extrusion moulding).

It should be noticed here that recycled material has worse properties than material produced as new. It is mainly connected with the occurrence of impurities and material degradation. It can be the result of various factors [6]. Thus, it limits the possibilities of material recycling to a finite life cycles.

As the properties of material being the product of the recycling process after consequent life cycles worsen, it can be used for other products. An example of using polypropylene can be as follows: 1. a radiator, 2. an element of a ventilation system, 3. an air filter casing, 4. rugs, 5. fuel created as a result of thermal degradation.

Feedstock recycling

The effect of feedstock recycling is obtaining a substance which a given polymer was made from. It is linked most often with the reaction of depolymerisation.

This technology concerns only plastics which can be subject to depolymerisation. These are mainly polymers created by polycondensation, polyaddition and those which are (less frequently) products of the polymerase chain reaction. Polymethacrylate is a material especially recommended for feedstock recycling. It is due to thermal depolymerisation easily taking place [7].

Hydrolysis is one of the feedstock recycling methods. This reaction consists in decomposition of polymers created in the reaction of polycondensation. This reaction is triggered by steam.

Recycling of composites with a base of degradable materials

The first operation in case of separating reinforcing elements from the basis is matrix degradation.

Degradation is a process leading to decreasing the molar mass of particles of smaller length.

Degradable materials can be subject to the process of degradation due to the operation of [8]:

- increased temperature (thermal degradation),
- forces – (the so-called mechanical degradation). It can be caused by
 - internal stresses, rolling, milling,
 - ultrasounds,
 - ionising radiation,
 - sunlight,
- presence of: oxygen (thermo-oxidising degradation),
- ultrasounds,
- oxygen,
- water, acids, alkalis,(hydrolytic degradation),
- corrosive agents,
- weather conditions,,
- biological agents.

Machines and devices required in composite recycling technology

There are the following machines and devices used in recycling of waste made from polymer composites [7, 9]:

- technological lines for waste washing and drying,
- sorting line,
- containers for waste with a hydraulic system of pressing ,
- chamber presses,
- channel presses,
- perforators,
- storage containers,
- belt conveyors,
- screening drums,
- sorting chambers,
- magnetic separators,
- systems of aromatic sorting,
- blade mills,
- technological lines for waste comminution,
- spiral conveyor,

- tearing machine,
- hammer mill,
- fluidized bed.

Technological line for waste washing and drying

To submit waste to further processing in order to use that material, the first operation is the removal of impurities. Impurities are understood as: labels and product markings, product or material residues, dirt coming from waste storage. The process of waste washing has got its chronology. First, the waste comminuted by a mill is conveyed by a spiral conveyor to a worm powered by a screw agitator drive [7]. The worm turns and moves the waste to a washing tub, filled with a washing medium (which can be e.g. water), where turbines with blades start turning. Their movement makes the medium move and the waste to move in the direction of the second spiral conveyor powered by a spiral separator drive. It moves the waste to the tub. There, the blades moved by the spiral separator drive let the waste be washed and moved to a turbo centrifugal separator. At the same time, the washing medium is placed in the settling tank and fed to the beginning of the whole line thanks to a circulation pump. The waste in the turbo centrifugal separator is initially dried thanks to a rotating rotor. It is powered by a separate engine. Additionally, the waste is moved to silo cyclone located in the silo. There it falls onto the silo stirrers, where a silo screw is located. The silo stirrer and the screw have separate engines. The washed and dried waste leaves the line.

Technological line for washing comminuted waste

The first element of the technological line for washing comminuted waste is a belt conveyor which passes the waste to the comminuting machine [10]. The material coming from that recycling stage is passed by the belt conveyor to the washing device. It is washed there. The next operation is waste centrifuging. Then, it is sent to the silo.

Technological line for waste comminuting, washing and drying

The first element of the technological line for waste comminuting, washing and drying is a conveyor belt which passes the waste to the mill's charging hopper [7, 9]. There the moving rotor comminutes the material and moves it to the spiral conveyor (often consisting of several worms), which transports it to the washing tub. After the washing operation, the material has to be dried. It is done with the help of a centrifugal separator or a dryer. Finally the material lands in the silo.

Sorting line

Both general waste and selectively collected waste are subject to sorting [7]. It is placed in the buffering zone. From there, it can be transported to a special container for special waste or to a container for high volume waste (regardless of material types). High volume waste and some waste from the buffering zone are sent to the line where plastic bags are torn (at this stage some waste taken out of the bags can be transported to a container for hazardous waste), and then the waste which is to be subject to further recycling is initially milled in initial comminuting mills. The next stage of this technology is initial sorting. It is followed by magnetic separation which aims at extracting ferromagnetic material from the milled material. Next, the milled material should be divided into fractions, according to its size and material. This division can look as follows [7]: <120, <80, <49, <20 and (in the sorting chamber) the division into ballast to be stored and extracted materials (polymer materials, glass, paper).

Waste container with a hydraulic system of pressing

Waste storage in the shape in which they are delivered would require very large surfaces for storage. It is linked with the fact that products made from the materials in question have usually a bigger volume (external dimensions) than the materials' real volume. It is caused by, among all, a type of product made from composites (e.g. containers) and construction solutions (e.g. reinforcement with a net of ribs). The hydraulic system of pressing is to decrease the waste volume by applying pressure on it [7, 9].

Chamber presses

Chamber presses are the elements of the recycling via storage line. They can be categorized according to the number of chambers: 1-, 2-, 3- chamber ones. A 1- chamber press consists of: a motor operator, a press body, a slide, a cross-beam, a shore, a matrix, a board track (pillars and liners), chambers, etc. The working part of this press is in a chamber with strengthened side walls. This press does not require a press tool.

The range of values characteristic for one- chamber presses [7, 9]:

- working pressure: 23–70 [kN],
- compression degree: 85–90 [%],
- pressing cycle time: 10–30 [s],
- mass of pressed foil: 40–240 [kg],
- loading volume: 0,1–0,5 [m³],

The final product of waste processing in the chamber press gets a shape of the element being the reflection of the chamber. Its dimensions are like the chamber's.

Channel presses

Channel presses are elements of waste disposal via storage [11, 12]. Their operation is analogical to chamber presses, but instead of a closed chamber of a defined volume, they have a channel of a constant cross-section. This channel does not have a wall from one side. The pressure exercised on the material in this press gives the waste the shape of the section and makes it move through the empty channel.

The final product of waste treatment in the channel press has a constant cross-section and its length depends on the time of the process or planned length of the final product.

Perforator

While being pressed, waste coming from products of a defined volume (e.g. bottles, containers, etc.), poses a threat of explosion [7, 9]. Additionally, there is no possibility of getting an appropriate degree of compression. To avoid such phenomena, a perforator is used.

Its first element is a charging hopper where elements destined for perforation are placed. It has four walls, without an upper casing. In its lower part, there is a perforator with holes to move comminuted elements in the direction of the roller. Its surface is covered with splines with sharpened edges. They move the disposed material to the lower part of the perforator where it is collected. When its amount is big enough, the splines make the material break. This process takes place as many times as it is necessary to achieve elements small enough to get through the holes in the perforator.

The final product of waste treated with the perforator looks similar to the final product of milling moulding pieces.

Container

Containers are destined for long-term waste storage. They can be categorized in several ways: open and closed containers, those with rolling sets (for relocation) and stationary ones (with handles for carrying them). There are containers differentiated because of their internal volume and a type of protective surface, etc. There is a separate group of containers, press containers, which have a possibility to decrease the waste volume by exercising pressure on it.

Examples of technical parameters of a container [12]:

- pressing force: 320 kN,
- device's length: 6210 mm,
- capacity: 20 m³,
- engine power: 55 kW.
- dimensions of the filling opening: 1985 mm x 1120 mm.

Spiral conveyor

Comminuted material must be transported to the collection point, or to the place where the next operation will be carried out. It can be transported by a belt conveyor or a spiral conveyor.

The spiral conveyor is used to transport comminuted waste or waste of small dimensions. It consists of a worm fixed by a bearing at the ends of the conveyor's body. The worm is powered by an engine. Above it, there is a charging hopper. The whole machine is fixed to the ground.

Belt conveyor

With the help of a belt conveyor, waste can be transported to the charging hopper or the material coming from the separator can be transported to further recycling. This conveyor consists of a roller (fixed by a bearing to one of the feeder's foundation plates, coupled with the drive, an axis (fixed by a bearing to the foundation plate located at the last part of the conveyor), supporting elements (minimizing the belt's deflection), and a belt (to transport waste).

Examples of technical parameters of a belt conveyor [12]:

- belt shape: flat or trough-like,
- construction type: stationary, mobile, self-propelled,
- belt's width: 200, 260, 400, 500, 500, 600, 800, 1000, 1200 mm.

Drum sieve and cascading sieve

The drum and cascading sieves are to separate from comminuted material the waste made from materials which are not subject to further recycling (due to their properties) [12].

Sorting chamber

A sorting chamber is a room through which the belt conveyor passes. Workers separate here manually waste from various materials (e.g. paper, plastic, glass).

Magnetic separator

The magnetic separator is a machine which separates ferromagnetic elements from waste. It consists of a magnet (permanent or electromagnet), a belt conveyor, the conveyor's drive and a body.

The magnetic separator moves waste on the belt, transporting it in the direction of the magnet. Thanks to its operation ferromagnetic elements are separated from other waste (they stick to the magnet).

Tearing machine

The tearing machine is a machine where waste made from cloth is placed. Its task is to comminute this cloth into elements with a relatively small surface. This machine consists of a charging hopper where cloth pieces are placed, a set of tearing elements (rollers or liners) covered with splines, a container for material which gets out, a bearing and an engine.

Hammer mill

This is a machine which comminutes a given object into pieces whose dimensions make the realization of the next recycling process stages possible. There are two mill constructions, differing from each other in dimensions of chips obtained: powder, coarse fraction [9]. Powder measures below 100 micrometers, and coarse fraction up to 20mm [9]. The process of waste milling can be divided into the following stages: 1. Feeding the material to be milled into the charging hopper; 2. Sliding the material to the mill's casing; 3. Waste comminuting by hammer hitting; 4. Collecting the milled waste through a fan; 5. Moving the milled waste to the collection point.

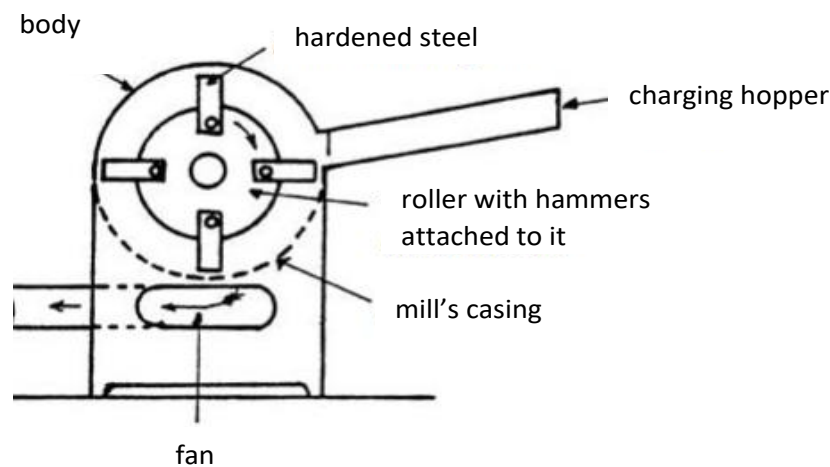


Fig. 1. Diagram for a mill for comminuting composite waste

Blade mill

These are characteristic properties for blade mills: dimensions and charge's shape, sieves' size, number and geometry of cutting blades, fan's roller's bearing, vibration damping and operation silencing. The task of the blade mill is waste comminution [7]. The element where waste destined for comminution is placed is the charging hopper. From there, the material is transported to the roller with blades attached to it. It is powered by an engine. The roller is

fixed in the comminution chamber [12]. The whole mill is placed in the casing fixe to the foundation plate with wheels.

Fluidized bed

It is a device serving to extract fibres from composites. Its task is the decomposition of resin which is the matrix of composites.

There are the following operations which constitute the process of treating composite waste in the fluidized bed: 1. Collecting hot air from the fan and moving it to the heated fluidized bed; 2. Collecting comminuted material; 3. Increasing the material's temperature; 4. Creating a heated air stream and comminuted material moving to the hopper; 5. Creating a whirl from the mixture in the hopper; 6. Separating fibers from the matrix.

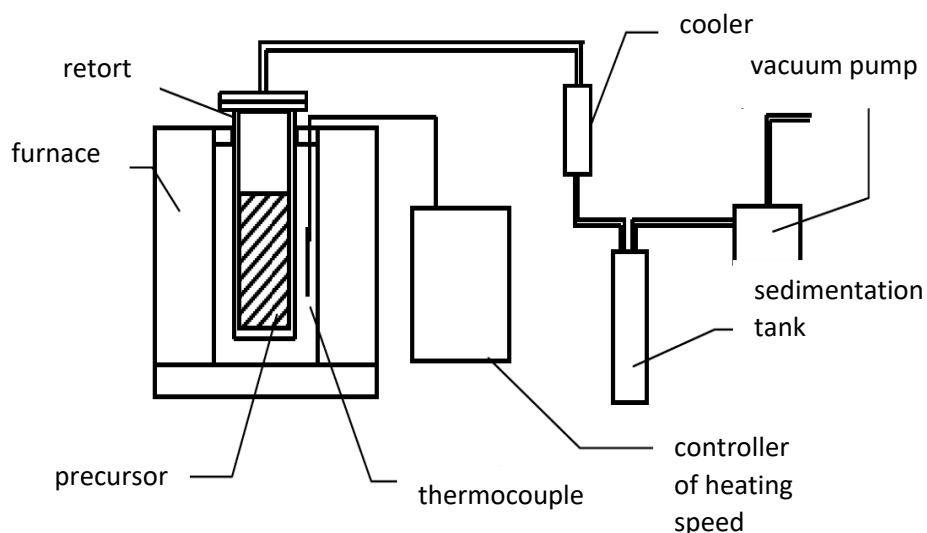


Fig. 2. Device for resin carbonisation

Choosing a recycling technology for polymer composites

The choice of a recycling technology depends on a few factors. They are, among others, the amount of waste, material it is made from, available technologies, financial means that can be allotted to a given technology development. Storage seems to be the least favourable technology as it permanently excludes a certain surface from use. Additionally, weather conditions might trigger the emission of hazardous substances. On the other hand, it does not require the purchase of machinery and specialist equipment or the implementation of a given waste treatment technology.

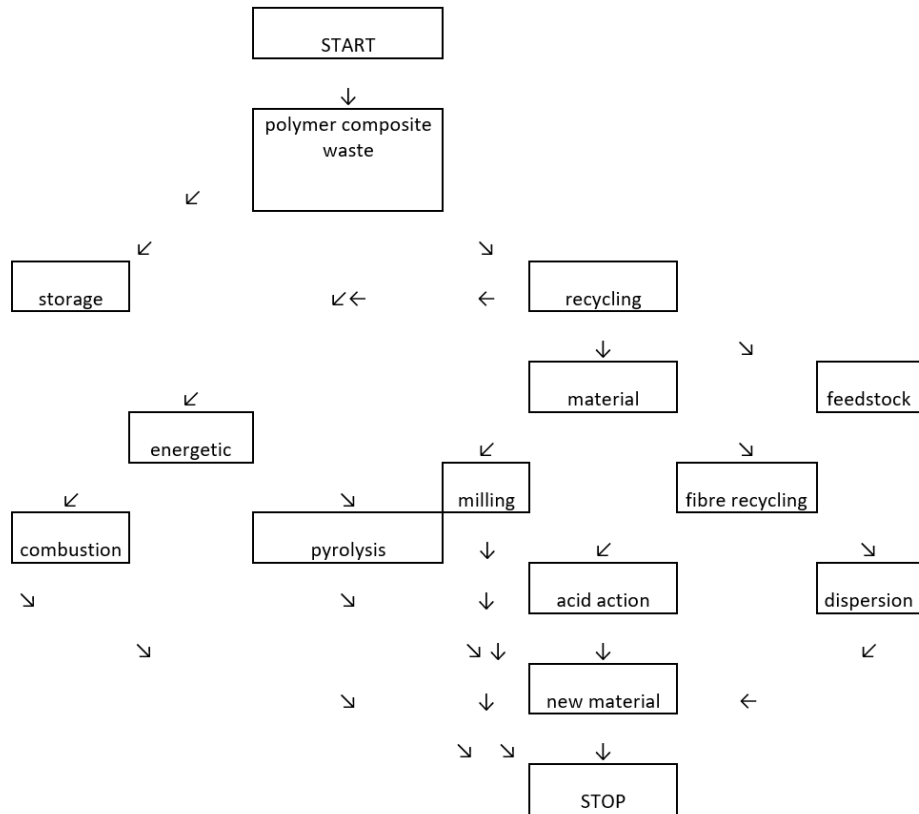


Fig. 3. Algorithm for choosing a recycling technology

Conclusion

As yet the most often use technology destined for utilization of waste materials (made of polymeric composites) was to store it. Information carried in the paper shows, that more and more economic are becoming methods of recycling waste materials. The choosing of methods depends on the quantity and kind of wastes. The advantage of recycling technologies is partly getting back of invested funds. The advantage of storage is that there is no necessity buying technological line destined for recycling, but it involves the use of large area.

Literature

- [1] Migdał A., Kijeński J., Kawalec A., Kędziora A., *Odzysk energetyczny materiałów odpadowych z tworzyw sztucznych*. Chemik, No 12, 2014, p. 1056–1064.
- [2] Żelaziński J., *Jak postępować ze zużytymi laminatami typu: żywica/włókno szklane*. Plast News No 4, 2012, p. 12–14.
- [3] Kozłowski M., Delczyk K., *Recykling tworzyw sztucznych w przemyśle samochodowym*. Recykling, No 10, 2005 p. 18–20.
- [4] Jurkowski B., Jurkowska B., Rydarkowski H., *Niektóre aspekty badań palności kompozytów polimerowych*. Mechanika. Czasopismo techniczne, No 3, 2009 p. 145–152.
- [5] Sykutera D., *Rozwój konstrukcji wirników młynów nożowych*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, No 5, 2010 p. 113.
- [6] Rojek M., *Metodologia badań diagnostycznych warstwowych materiałów kompozytowych o osnowie polimerowej*. International OCSCO World Press, Gliwice 2011.
- [7] Kijeński J., *Odzysk i recykling materiałów polimerowych*. PWN, Warszawa 2014.
- [8] Bukowska-Śluz I., *Polimery biodegradowalne – nowa generacja materiałów polimerowych*.
http://www.rsi2004.lubelskie.pl/doc/sty7/art/Bukowska_Sluz_Izabela_art.pdf
- [9] Pickering S., *Recycling and Disposal of Thermoset Composites*.
https://www.fose1.plymouth.ac.uk/sme/acmc/cpd/Pickering_LCA2013.pdf
- [10] Xanthos M., Young M. W., Biesenberger J. A., *Polypropylene /polyethylene terephthalate blends compatibilized through functionalization*. Polym. Eng. Sci., No 30, 1990 p. 355–365.
- [11] Jeziórska R., *Polimery*, WNT, Warszawa 2010, 55, 748.
- [12] Jeziórska R., *Polimery*, WNT, Warszawa 2005, 51, 351.



Paweł Smolnik

Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa

Wydział Zarządzania

Politechnika Częstochowska

ul. Dąbrowskiego 69, 42–201 Częstochowa

SKUTKI ZAGROŻEŃ W TRANSPORCIE DROGOWYM MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH

Streszczenie. Statystyki prowadzone przez Państwową Straż Pożarną oraz Komendę Główną Policji pokazują, że najczęstszym powodem zaistniałych zdarzeń drogowych jest: nieprzestrzeganie zasad bezpieczeństwa drogowego, niedostosowanie prędkości jazdy do panujących na drodze warunków atmosferycznych oraz niedostateczny stopień kwalifikacji obsługi odpowiedzialnej za cały proces transportu. Informacje te mają szczególne znaczenie w transporcie drogowym materiałów niebezpiecznych.

W artykule przedstawiono analizę wypadkowości w transporcie drogowym materiałów niebezpiecznych i jej skutki. Dokonano wyszczególnienia wypadkowości w transporcie drogowym w poszczególnych czasookresach oraz w podziale na miejsca zdarzeń drogowych z udziałem samochodów o masie dopuszczalnej powyżej 3,5 t. Przybliżono treść Umowy Europejskiej ADR dotyczącej międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych.

Słowa kluczowe: materiały niebezpieczne, transport, zagrożenia.

THE EFFECTS OF THREATS IN HAZARDOUS MATERIALS ROAD TRANSPORT

Abstract. The statistics provided by the State Fire Service and the Police Headquarters show that the most common causes of road traffic incidents are: non-compliance with road safety regulations, driving speed inappropriate for the conditions, and inadequate service qualification. Those information is of particular importance in the road transport of hazardous materials. The article presents the analysis of accident rates in road transport of hazardous materials and their effects. Road accident incidents were identified in particular time periods and broken down into places of road accidents involving

cars with a permissible mass of over 3,5 t. The content of the European Agreement on the International Carriage of Dangerous Goods by Road is presented.

Keywords: hazardous materials, transport, threats.

Wstęp

Praca kierowcy samochodu o dopuszczalnej masie powyżej 3,5 tony, wiąże się z wysokim ryzykiem zawodowym i niesie ze sobą mnóstwo niebezpieczeństw, które w rezultacie mogą doprowadzić do uszczerbku na zdrowiu bądź utraty życia. Wypadki zdarzają się w każdej gałęzi transportu. Przepisy prawne dotyczące bezpieczeństwa w transporcie drogowym powinny być przestrzegane, w celu zmniejszenia wypadków i kolizji. Mimo przestrzegania kodeksu drogowego do takich sytuacji dochodzi codziennie. Celem nadrzędnym realizowanych procesów transportu jest zapewnienie bezpieczeństwa w transporcie materiałów niebezpiecznych zarówno pod kątem kierowcy-pracownika, jak i innych uczestników ruchu drogowego, a w rezultacie środowiska naturalnego i minimalizację jego skażenia. Pod pojęciem przewozu drogowego towarów niebezpiecznych rozumie się każde przemieszczenie towarów niebezpiecznych pojazdem po drodze publicznej i po innych drogach ogólnodostępnych, z uwzględnieniem postojów wymaganych podczas tego przewozu oraz czynności związanych z tym przewozem [1].

Konwencja ADR

Umowa ADR, dokument wydany w sprawie zasad przewozu towarów niebezpiecznych, została sporządzona 30 września 1957 r. w Genewie. Zawiera także zmiany, które obowiązują od czasu wejścia Polski do UE [2]. Konwencja ADR jest nowelizowana w każdym roku nieparzystym, obowiązuje w 46 krajach, m.in.: Albanii, Holandii, Łotwie i Polsce. Składnikami umowy są dwa załączniki: załącznik A obejmuje spis materiałów i produktów niebezpiecznych – 13 klas; załącznik B dotyczy określonych wymagań w kwestii konstruowania pojazdów służących do przewozu substancji niebezpiecznych jak i cystern, przyczep czy kontenerów. W skład załącznika B wchodzi także: określenie wyposażenia pojazdów do transportu, wymogi w stosunku do pracowników, dokumentacja dla przewoźników, a także wymagania dotyczące osób biorących udział w procesie nadzorowania transportu zwłaszcza w trakcie przejazdu przez tunele i inne utrudnienia na trasie przejazdu [3]. Kontrolę przewozu drogowego materiałów niebezpiecznych oraz wymagań związanych z tym przewozem, wykonuje Inspekcja Transportu Drogowego, Policja i Państwowa Straż Pożarna [1]. Przy-

kładowe oznaczenie tablicy ADR w transporcie paliw ciekłych przedstawia poniższy Rys. 1.



Rys. 1. Tablica ADR do oznaczenia transportu benzyny (węglowodory ciekłe o temperaturze zapłonu poniżej 21°C)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie https://mib.gov.pl/media/2638/Tabela_B_RID_2013.pdf (data dostępu: 5.10.2017).

Potencjalne zagrożenia w transporcie ładunków niebezpiecznych

Każdego dnia materiały i przedmioty niebezpieczne są transportowane różnymi środkami transportu. Transport materiałów niebezpiecznych w skali roku stanowi około 10% całkowitej masy przewożonych towarów. Transportowane są zarówno paliwa do zasilania pojazdów, ogrzewania domów, jak i środki chemiczne, w tym substancje lotne, żrące, wszelkiego typu kwasy. W przypadku uwolnienia substancje te stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia, życia ludzkiego, a także mogą spowodować skażenie środowiska. Wyciek substancji ropopochodnej z cysterny może skazić obszar rzeki na długości do kilkudziesięciu kilometrów. W przypadku wybuchu zbiornika z gazem płynnym może nastąpić zniszczenie wielu domów mieszkalnych uszkodzenie znacznej części zabudowy. Mogą wybuchnąć pożary na terenie wysokiego promieniowania termicznego. Chmura par toksycznego gazu może wywołać stany zatrucia oraz skażenie środowiska naturalnego [5].

W większości przypadków ładunki niebezpieczne docierają bezpiecznie do miejsca przeznaczenia, ale wypadki mogą zdarzyć się w dowolnym miejscu na trasie. W przypadku zdarzenia z udziałem substancji niebezpiecznych, zgodnie z ustawą Prawo ochrony środowiska, jest ono określane jako poważna awaria. O zdarzeniu zostaje powiadomiony Główny Inspektor Ochrony Środowiska. Na podstawie raportów GIOŚ sporządzono zestawienie poważnych awarii w transporcie ogółem. W tabeli 1. przedstawiono zestawienie poważnych awarii związanych z transportem ogółem i transportem drogowym w latach 2005–2012 [6].

Tabela 1. Zdarzenia o znamionach poważnej awarii związane z transportem ogółem i transportem drogowym materiałów niebezpiecznych w Polsce w latach 2005–2012

Rok	Liczba zdarzeń w transporcie ogółem	Transport drogowy	
		Liczba zdarzeń	%
2005	60	37	62,0
2006	51	38	75,0
2007	36	20	56,0
2008	32	18	56,0
2009	45	27	60,0
2010	31	14	45,0
2012	26	14	54,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów GIOŚ - <http://www.gios.gov.pl/> (data dostępu: 5.10.2017).

Zagrożenia w transporcie substancji niebezpiecznych w ruchu drogowym mogą wynikać z różnych uwarunkowań. Niektóre z nich związane są z [7]:

- dużą ilością i różnorodnością przewożonych materiałów,
- nieprzestrzeganiem przepisów ADR,
- brakiem wyznaczonych i oznakowanych tras przewozu,
- kolizjami i wypadkami drogowymi,
- stanem technicznym środków transportowych,
- niską świadomością spedytorów i przewoźników dotyczącą skutków występujących zagrożeń.

Przyczynami wycieku materiałów niebezpiecznych ze środków transportu są najczęściej [8]:

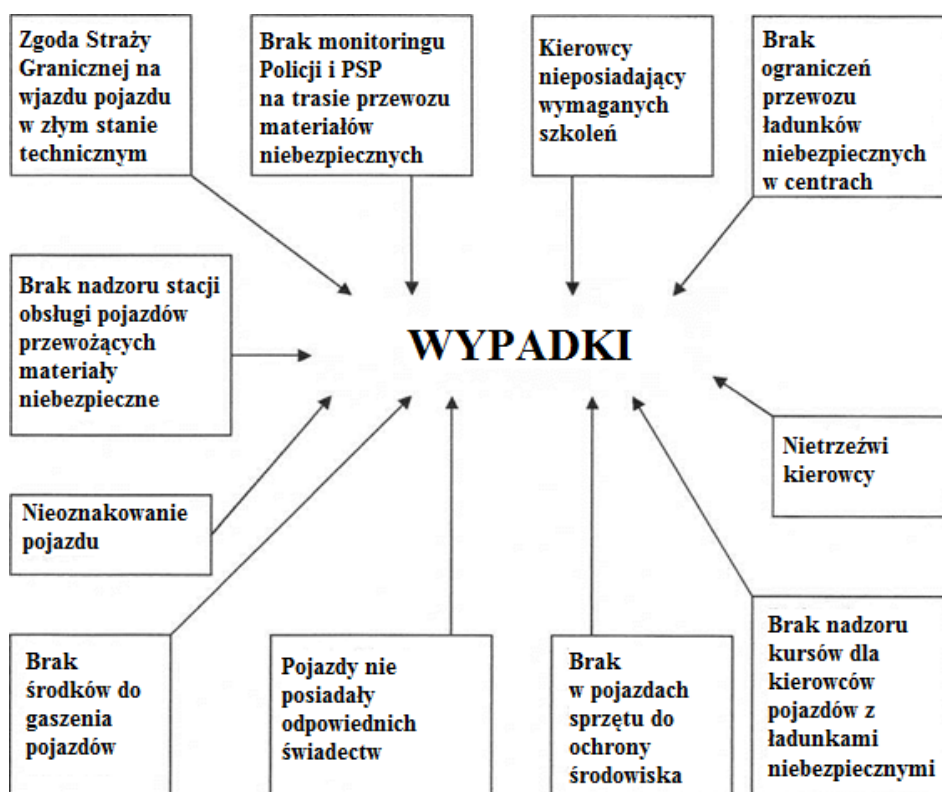
- nieszczelność i niedomknięcie zaworów, włączów górnych,
- źle założone lub zniszczone zaślepki i uszczelki na połączeniach,
- przepełnienie cystern powyżej górnego limitu,
- pęknięcie walczków podczas nieostrożnego przetaczania cystern,
- korozja nagrzewnic i armatury cystern.

Wskazane zagrożenia wynikają z lekceważenia podstawowych zasad bezpieczeństwa oraz niedbalstwa.

Naczelna Izba Kontroli, w wyniku przeprowadzonej kontroli w okresie 2010–2011 (I kwartał), opracowała raport, w którym wskazała następujące uchybienia stanowiące zagrożenie w transporcie ładunków niebezpiecznych [1]:

- brak należytego nadzoru nad przewozem drogowym ładunków niebezpiecznych,
- niewystarczający nadzór nad prowadzeniem kursów upoważniających kierowców do przewożenia ładunków niebezpiecznych,
- nienależyte dostosowanie dróg i organizacji ruchu drogowego w trakcie transportu,
- brak współdziałania odpowiedzialnych organów,
- nadawanie z naruszeniem prawa uprawnień doradcom ds. bezpiecznego przewozu materiałów niebezpiecznych.

Istniejące źródła wypadków NIK przedstawił w sposób graficzny – Rys. 2



Rys. 2. Źródła wypadków podczas transportu drogowego materiałów niebezpiecznych

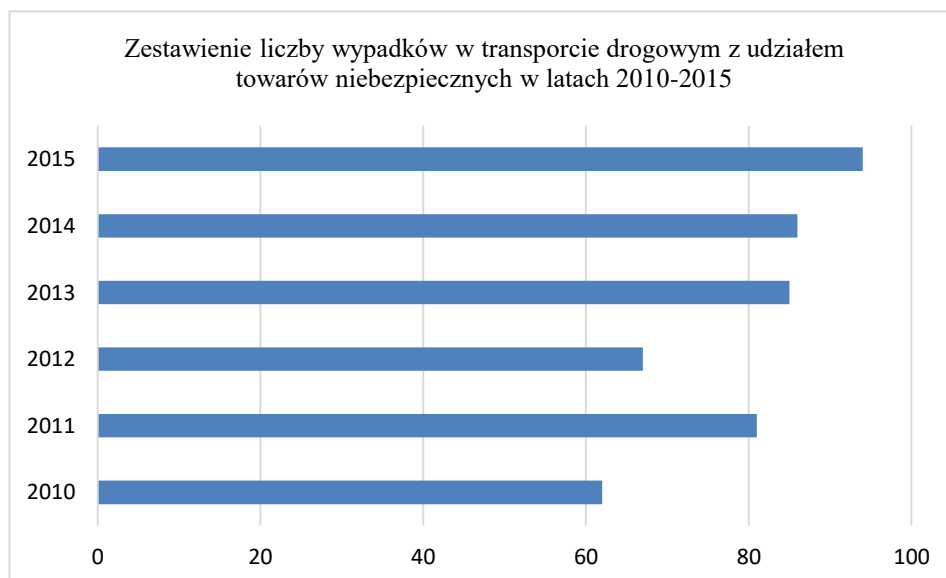
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Najwyższa Izba Kontroli, Informacja o wynikach kontroli, *Wykonywanie zadań przez administrację publiczną w zakresie bezpieczeństwa przewozu towarów niebezpiecznych*, styczeń 2012.

Na podstawie przedstawionych danych można stwierdzić, że potencjalne zagrożenia mogą mieć wielorakie podłoże. Z jednej strony są to błędy organiza-

cyjne, uchybienia w zakresie przestrzegania prawa, a z drugiej wynikają z niedopatrzenia człowieka. Najwięcej wypadków i błędów, związanych z transportem ładunków niebezpiecznych, powstaje w wyniku zaniedbań, braku doświadczenia, niewiedzy.

Skutki zagrożeń w transporcie drogowym materiałów niebezpiecznych

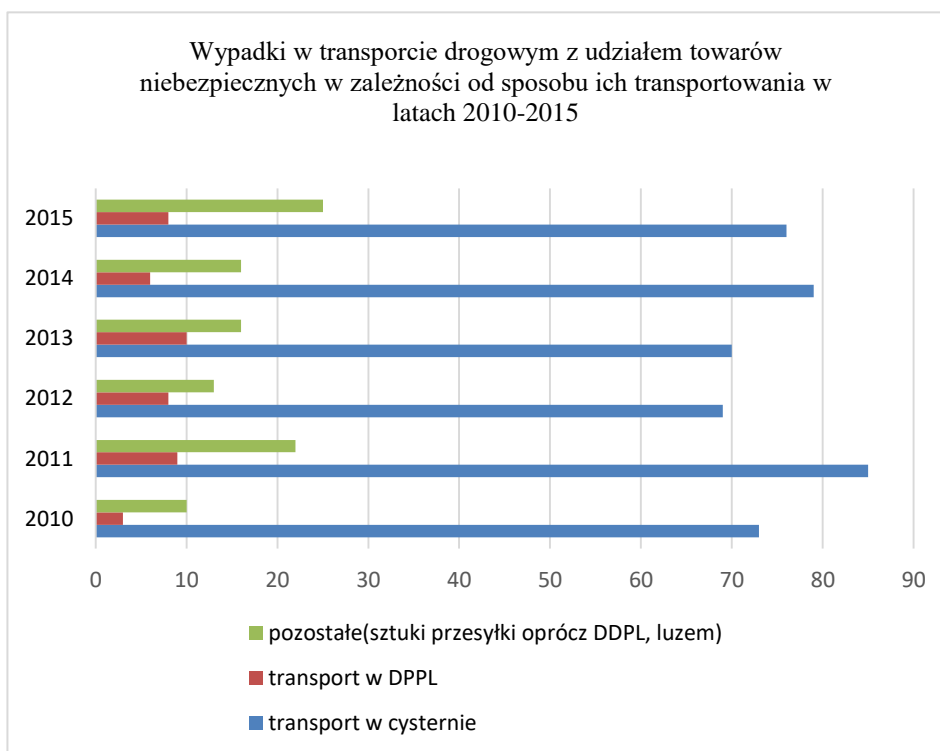
Liczba transportów drogowych materiałów niebezpiecznych nieustannie rośnie. Standardem stało się przewiezienie na terenie Polski 100 mln ton materiałów niebezpiecznych rocznie. Lwią część, bo aż 70% stanowią paliwa płynne. Na kolejnych miejscach uplasowały się: kwasy, wodorotlenki oraz gazy skroplone. Awarie i katastrofy powstające podczas transportu ładunków niebezpiecznych są groźne dla otoczenia. Wystąpić mogą na każdym z etapów transportu. Na Rys. 3 przedstawiono zestawienie sumaryczne liczby wypadków w transporcie drogowym z udziałem towarów niebezpiecznych w latach 2010–2015.



Rys. 3. Zestawienie liczby wypadków w transporcie drogowym z udziałem towarów niebezpiecznych w latach 2010–2015

Źródło: Opracowanie własne na podstawie https://mib.gov.pl/media/2638/Tabela_B_RID_2013.pdf (data dostępu: 7.10.2017) pozostałe (sztuki przesyłki oprócz DDPL, luzem) transport w DPPL transport w cysternie.

Łącznie doszło do 456 wypadków – średnio około 70 wypadków rocznie [4]. Najczęstszymi skutkami zanieczyszczeń środowiska w wyniku tych zdarzeń były: wyciek oleju napędowego do kanalizacji wód opadowych, zanieczyszczenie środowiska gruntowo-wodnego, uszkodzenie asfaltu i gruntowego pobocza, wyciek gazu do atmosfery, a także zanieczyszczenie cieką wodną przebiegającego nieopodal zdarzenia. Na Rys. 4 zilustrowano zdarzenia drogowe z uwzględnieniem podziału na formę przewozu: transport w DPPL (duży pojemnik do przewozu luzem), transport w cysternie oraz inne formy transportu za wyjątkiem DPPL.



Rys. 4. Wypadki w transporcie drogowym z udziałem towarów niebezpiecznych, w zależności od sposobu ich transportowania w latach 2010–2015

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych statystycznych udostępnionych przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej.

Najwięcej wypadków stanowią zdarzenia z udziałem cystern – średnio $\frac{3}{4}$ wszystkich zdarzeń w skali roku [4]. Z analiz wynika, że wypadkowość z udziałem samochodów przewożących materiały zgodne z konwencją ADR sukcesywnie rośnie. Warto zwrócić uwagę, iż sprawowanie nadzoru, organizacji i kontroli przewozu towarów niebezpiecznych należy do organów administracji publicznej,

takich jak: wojewoda, czy marszałek województwa. Wyniki licznych kontroli NIK-u wskazują na nieprawidłowości, bądź nierzetelnie wykonane obowiązki. Niewystarczający nadzór kursów szkolących przyszłych kierowców do transportu towarów niebezpiecznych, a także niedopatrzenia w związku z dostosowaniem dróg i organizacji ruchu, tak aby w sposób poprawny i bezpieczny przewieźć materiały niebezpieczne do punktu docelowego, to jeden z licznych aspektów wpływających z kontroli NIK-u. W analizie zaznaczono również, to że nie zapewniono współdziałania organów administracji rządowej i samorządowej, w zakresie działań zapobiegawczych zagrożeniom w przewozie towarów niebezpiecznych. Najwięcej nieprawidłowości wynika z nieegzekwowania wykonywania obowiązków od doradców do spraw bezpieczeństwa oraz uczestników przewozu. Nieprawidłowości te stwierdzono w Wojewódzkich Inspektoratach Transportu Drogowego oraz Komendach Państwowej Straży Pożarnej. Innymi aspektami niedopełnienia obowiązków podczas procesu transportu drogowego materiałów niebezpiecznych są: brak monitoringu Policji i Państwowej Straży Pożarnej na całej trasie przewozu materiałów niebezpiecznych, nierzetelne nadzorowanie stacji pojazdów przez starostów i prezydentów miast, zgoda straży granicznej na wjazd przesyłek niebezpiecznych mimo złego stanu technicznego pojazdu, brak oznakowania pojazdów i produktów nimi przewożonych, brak sprzętu do ochrony środowiska przed toksycznym zanieczyszczeniem, czy też niewystarczające wyposażenie PPOŻ lub jego całkowity brak, nieprawidłowe zamocowanie oraz ponadgabarytowość przewożonego ładunku, nieprzestrzeganie zakazu palenia tytoniu podczas całego procesu transportowego, braki w dokumentacji kierowców i pojazdów do przewozu materiałów niebezpiecznych [1]. Wyżej wymienione aspekty stwarzają zagrożenie dla bezpieczeństwa wszystkich uczestników ruchu drogowego. Mogą stać się również przyczyną zdarzeń chemiczno-ekologicznych prowadzących często do uszczerbku na zdrowiu lub utraty życia uczestników zdarzenia drogowego oraz skażenia środowiska naturalnego.

Zasady zapobiegania zagrożeniom

Zgodnie z umową międzynarodową w publicznym transporcie drogowym do przewozu jest dopuszczonych ponad 3 tys. niebezpiecznych towarów. Zatem wystąpienie zagrożenia jest bardzo realne. Należy więc przestrzegać zasad, których celem jest zapobieganie wystąpieniu zagrożenia. Podstawową zasadą jest ściśle przestrzeganie prawa w zakresie transportu ładunków niebezpiecznych. W art. 12. ustawy o przewozie towarów niebezpiecznych podkreślono, że uczestnik przewozu ładunków niebezpiecznych „ma obowiązek przedsięwziąć niezbędne środki bezpieczeństwa w celu zapobieżenia zagrożeniom dla osób, mienia i środowiska, a w przypadku zaistnienia” [9].

Osoba przewożąca niebezpieczne materiały powinna legitymować się

odpowiednimi uprawnieniami uzyskanymi podczas specjalistycznych szkoleń. Szkolenia powinny być organizowane cyklicznie oraz okresowo uzupełniane w celu zapoznania ze zmianami.

Środki transportu przewożące materiały i przedmioty niebezpieczne powinny być odpowiednio przystosowane, oznakowane i wyposażone zgodnie z ADR. Do najistotniejszych obowiązków nałożonych na każdego przedsiębiorcę, który przewozi niebezpieczne ładunki należą właściwe, zgodne z przepisami oznakowanie i zabezpieczenie przesyłek. Każdy pojazd załadowany towarami niebezpiecznymi powinien być oznakowany tablicami barwy pomarańczowej z naniesionymi numerami rozpoznawczymi oraz numerem wskazującym na rodzaj przewożonej substancji. Pojazdy powinny posiadać aktualne świadectwo dopuszczenia pojazdu do ruchu drogowego. Przed każdym kursem powinien być sprawdzony stan techniczny samochodu.

Z wniosków pokontrolnych NIK wynika, że w celu poprawy bezpieczeństwa przewozu ładunków niebezpiecznych należy [1]:

- poprawić stan techniczny dróg publicznych, poprzez dostosowanie ich do standardów unijnych,
- budować i modernizować infrastrukturę transportową,
- usprawnić organizację ruchu drogowego,
- utworzyć skuteczny system szkolenia kierowców, w zakresie nabywania uprawnień do kierowania pojazdem, doskonalenia umiejętności zawodowych,
- wprowadzić zmiany systemu dopuszczania pojazdów do ruchu drogowego, w celu wyeliminowania z ruchu pojazdów o złym stanie technicznym,
- wdrożyć zintegrowany system bezpieczeństwa w transporcie, eliminującego instytucjonalne rozproszenie działań i kompetencji na rzecz poprawy bezpieczeństwa, monitorowanie przewozu towarów wysokiego ryzyka,
- ograniczyć przejazd pojazdów po drogach przebiegających przez tereny zurbanizowane (miasta),
- wprowadzić obowiązek zgłaszania przewozu towarów niebezpiecznych do Państwowej Straży Pożarnej oraz wojewódzkich komendantów Policji.

Należy dodać, że do transportu wybranych grup ładunków niebezpiecznych musi być, obok pilotażu, użyta specjalna eskorta, często uzbrojona. Zdarzają się przypadki próby zdobycia przez przestępców niektórych towarów z grupy niebezpiecznych.

W transporcie ładunków niebezpiecznych znajduje zastosowanie informatyka. Nowoczesne rozwiązania telematyczne nie tylko monitorują prędkość i pozycję pojazdu, ale również mogą informować o zdarzeniach, które kierowca mógłby przeoczyć lub zauważyć zbyt późno. W przypadku awarii zaworów, dzięki rozwiązaniom telematycznym dystrybutorzy mogą natychmiast reagować i zatrzymać pojazd.

Przy Polskiej Izbie Przemysłu Chemicznego działa Polska Grupa Bezpieczeństwa Chemicznego. Producenci zrzeszeni w tej organizacji powołali System Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych SPOT, którego podstawą jest sieć regionalnych ośrodków wyposażonych w odpowiedni sprzęt do udzielania pomocy. SPOT pomaga likwidować skutki zdarzeń wypadkowych z udziałem materiałów niebezpiecznych (chemikaliów). Chemikalia należą do towarów, które codziennie w dużych ilościach przewożone są różnymi gałęziami transportu. Bezpieczeństwo transportu chemikaliów ma ogromne znaczenie nie tylko dla środowiska, ale przede wszystkim dla zdrowia i życia ludzi. Brak lub utrata kontroli nad transportem materiałów niebezpiecznych może doprowadzić do uwolnienia znacznych ilości substancji o właściwościach wybuchowych, palnych, trujących itp. Celem systemu SPOT jest ograniczenie skutków awarii w transporcie materiałów niebezpiecznych. Cel ten jest realizowany poprzez wsparcie działań operacyjnych Państwowej Straży Pożarnej oraz innych służb ratowniczych na terenie kraju. System SPOT obejmuje następujące stopnie pomocy [10]:

- Stopień 1: doradztwo drogą telefoniczną przez specjalistę,
- Stopień 2: doradztwo na miejscu wypadku/awarii,
- Stopień 3: świadczenie pomocy technicznej służb interwencyjnych w miejscu awarii.

Firmy zrzeszone w SPOT świadczą szybką i fachową pomoc w przypadku awarii, wypadku z udziałem środków niebezpiecznych, za pośrednictwem służb ratowniczych. Ekipy ratownicze, wchodzące w skład systemu, są wyposażone w specjalistyczny sprzęt. Stanowiska kierowania Zakładowych Służb Ratowniczych oraz Zakładowych Straży Pożarnych są czynne całą dobę. Celami SPOT są [10]:

- niezwłoczne działanie na wezwanie, w sposób profesjonalny, dla zabezpieczenia środowiska i ludzi,
- udzielanie pomocy służbom ratowniczym,
- wymiana informacji i współpraca pomiędzy ośrodkami działającymi w Systemie,
- minimalizacja szkód i kosztów ratowniczych,
- zapobieganie materialnym stratom,
- współdziałanie z innymi instytucjami na miejscu wypadku, awarii.

Działalność Systemu jest także związana z wprowadzaniem i stosowaniem sieciowych systemów wspierania decyzji. Dzięki współpracy z firmą NOMA 2 została stworzona baza danych kart charakterystyki produktów chemicznych wytwarzanych w zakładach chemicznych. Wszystkie niezbędne informacje dotyczące Transportu Materiałów Niebezpiecznych w postaci kart MSDS oraz inne zagadnienia z dziedziny przemysłu chemicznego są dostępne na stronach internetowych. Ponadto dla realizacji zadań systemowych utworzo-

no bazę ekspertów specjalizujących się w konkretnych rodzajach chemikaliów oraz działaniach ratowniczych.

System SPOT uczestniczy w tworzeniu programu do obsługi pomocy w transporcie materiałów niebezpiecznych w obszarze przewoźników ADR i RID. Program ten ma na celu znalezienie informacji o przewoźniku i jego zasobach transportowych (cysternach, autocysternach itp.) oraz wielu innych danych pomocnych w doborze środków transportu w trybie awaryjnym.

Wszystkie wskazane działania wpłyną na obniżenie zagrożenia przewozu ładunków niebezpiecznych.

Podsumowanie

W artykule analizowano skutki zagrożeń w transporcie drogowym materiałów niebezpiecznych. Materiały niebezpieczne zajmują swoje określone miejsce zarówno w przepisach międzynarodowych, jak i krajowych. Na uwagę zasługuje fakt, iż przepisy zawarte w umowie międzynarodowej ADR dokładnie opisują postępowanie związane z klasyfikacją, pakowaniem, oznakowaniem, przewozem i odbiorem materiałów niebezpiecznych. Transport materiałów niebezpiecznych wymaga na każdym z ww. etapów rozwiązania wielu istotnych problemów związanych z bezpieczeństwem i specyfikacją. Niedopełnienie tych formalności, jak pokazują analizy, skutkuje realnym zagrożeniem dla środowiska i uczestników ruchu drogowego. Stosowanie się do przepisów konwencji ADR oraz ustawy Prawo o ruchu drogowym pozwoli zredukować możliwość wystąpienia zagrożeń oraz z pewnością wpłynie na poprawę bezpieczeństwa na drogach publicznych naszego kraju. Nie powinno budzić wątpliwości to, że zaprezentowane przepisy stanowią niejako gwarancję eliminacji zagrożeń lub przynajmniej stwarzają warunki dla ich możliwie największego ograniczenia. Pomimo precyzji uregulowań legislacyjnych, ich realizacja pozostaje zawsze w rękach wykonawców.

Literatura

- [1] Najwyższa Izba Kontroli, Informacja o wynikach kontroli, Wykonywanie zadań przez administrację publiczną w zakresie bezpieczeństwa przewozu towarów niebezpiecznych, styczeń 2012.
- [2] Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzona w Genewie dnia 30 września 1957 r. DzU z 1999 r.nr 30, poz. 287. Oświadczenie rządowe z dnia 16 stycznia 2009 r. w sprawie wejścia w życie zmian do załączników A i B do Umowy europejskiej dotyczącej międzynarodowego przewozu

drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzonej w Genewie dnia 30 września 1957 r. DzU nr 27, poz. 162; Załącznik do nr 27, poz. 162, t. 1 i 2. Wyd. Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, Warszawa 2009.

- [3] R. Świderek, Podręcznik kurs ADR 2011–2013, Wydawnictwo E – Kierowca, Szczecin 2011.
- [4] Dane statystyczne udostępnione przez Komendę Główną Państwowej
- [5] R. Broszkiewicz, Wybrane zagadnienia prawne przewozu towarów niebezpiecznych przez obszary wielkomiejskie, *Bezpieczeństwo Pracy* 11/2011.
- [6] Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Raport o występowaniu zdarzeń o znamionach poważnej awarii w 2005 roku (również w 2006 r., 2007 r., 2008 2009 r., 2012).
- [7] J.S. Michalik, Zagrożenia poważnymi awariami w transporcie drogowym niebezpiecznych chemikaliów w Polsce, *Bezpieczeństwo Pracy* 9/2009.
- [8] J. Sadowski, Bezpieczeństwo transportu drogowego ładunków niebezpiecznych, *Logistyka* 3/2011.
- [9] Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych, Dz. U. z 2011, Nr 227, poz. 1367.
- [10] <http://www.pipc.org.pl/ida/41> (data dostępu: 4.10.2017)
- [11] https://mib.gov.pl/media/2638/Tabela_B_RID_2013.pdf (data dostępu: 5.10.2017.)
- [12] Dane statystyczne udostępnione przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej.
- [13] <http://www.gios.gov.pl/> (data dostępu: 5.10.2017).



Monika Zajemska¹, Dorota Musiał¹, Korneliusz Łukasiak¹,
Damian Hajdas², Piotr Placek²

¹Politechnika Częstochowska,

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów,

Katedra Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

e-mail: zajemska@wip.pcz.pl

²Politechnika Częstochowska,

Wydział Zarządzania

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

e-mail: hajdasd@cspsp.pl, placekp@cspsp.pl

ANALIZA WYBRANYCH GATUNKÓW DRZEWOSTANU POD KĄTEM ZAGROŻENIA POŻAROWEGO

Streszczenie. Pożary lasów przyczyniają się do powstawania szkodliwych, a także długotrwałych zmian w ekosystemach roślinnych. Prowadzą również do zmian w atmosferze na skutek emisji GHG (*greenhouse gas* – gaz cieplarniany), powstających podczas procesu spalania, będących jedną z przyczyn efektu cieplarnianego. W Polsce w dalszym ciągu odnotowuje się wzrost liczby pożarów lasu, jak również powierzchni spalonej. Czynniki meteorologiczne, które sprzyjają powstawaniu zagrożenia pożarowego, rzutują na poziom wilgotności palnych materiałów leśnych, co może prowadzić do zapoczątkowania procesu spalania oraz możliwości rozprzestrzeniania się pożaru. Biorąc pod uwagę powyższe, podjęto problematykę wpływu wybranych właściwości dwóch gatunków drzewostanu, tj. sosny i brzozy na zagrożenie pożarowe.

Słowa kluczowe: zagrożenie, pożar, drzewostan, ciepło spalania.

ANALYSIS OF SELECTED STAND SPECIES FOR FIRE HAZARD

Abstract. Forest fires contribute to the formation of harmful as well as long-term changes in the plant ecosystems. They also lead to changes in atmosphere, due to emission of GHG, generated during the combustion process, which are one of the cause of

greenhouse effect. In Poland the number of forest fires still increases, as well as burned surface area. Meteorological factors that favor uprising of fire hazard, affect the humidity level of combustible forest materials, which may lead to the initiation of the combustion process and the possibility of fire spreading. Taking the above into consideration, the problems of the influence of selected properties of two species of a forest stand, i.e. pine and birch, on the fire hazard were addressed.

Keywords: fire hazard, conflagration, forest stand, heat of combustion.

Wprowadzenie

Lasy w Polsce, według danych Głównego Urzędu Statystycznego za 2016 r., zajmują powierzchnię 9230 tys. ha, co odpowiada lesistości 29,5% [1]. W Polsce największą powierzchnię zajmują lasy publiczne, tj. 7458 tys. ha, do których zaliczane są:

- Lasy Państwowe – 7107 tys. ha,
- Parki Narodowe – 185 tys. ha,
- Zasoby Własności Rolnej Skarbu Państwa – 83 tys. ha,
- Własność gmin – 83 tys. ha.

Resztę powierzchni leśnej kraju zajmują lasy stanowiące własność osób prywatnych – 101 tys. ha oraz fizycznych – 1671 tys. ha.

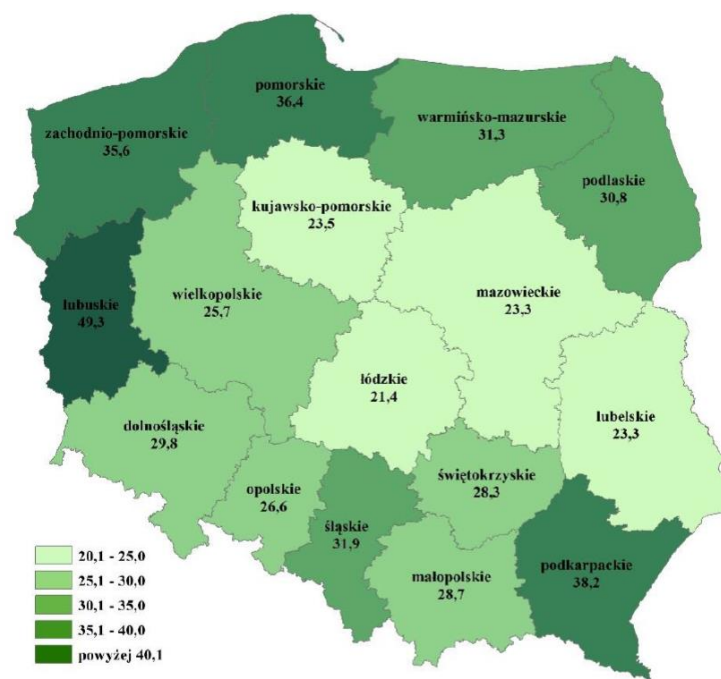
Lesistość dla poszczególnych województw przedstawiono na Rys. 1. Najwyższą lesistością (49,3%) charakteryzuje się województwo lubuskie, natomiast najniższą (21,4%) – województwo łódzkie.

Jak wynika z Rys. 1 najbardziej zalesionymi województwami są: lubuskie, podkarpackie, pomorskie, zachodniopomorskie. Województwa o średnim poziomie zalesienia to: śląskie, warmińsko-mazurskie, podlaskie, dolnośląskie, małopolskie, świętokrzyskie, opolskie, wielkopolskie. Najmniej zalesionymi województwami są województwa: kujawsko-pomorskie, lubuskie, mazowieckie oraz łódzkie.

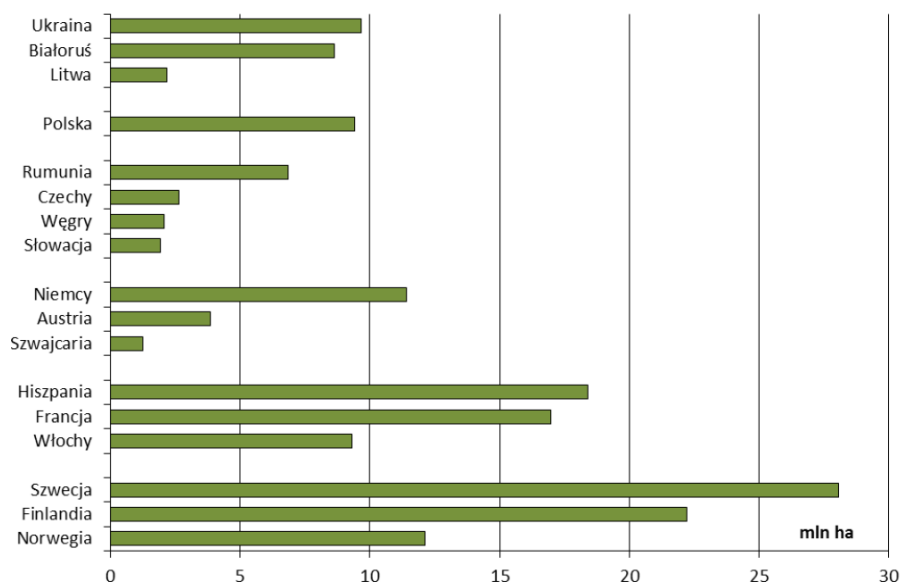
W Polsce występują trzy rodzaje lasów, tj.: iglaste, liściaste oraz mieszane. Największą powierzchnię stanowią lasy iglaste.

Na Rys. 2 przedstawiono zalesienie Polski na tle innych krajów.

Najbardziej zalesionym krajem jest Szwecja, gdzie powierzchnia leśna zajmuje ponad 28 mln ha oraz Finlandia (23 mln ha). W Hiszpanii oraz Francji powierzchnia leśna zajmuje ponad 15 mln ha. W Polsce powierzchnia leśna zajmuje ok. 9 mln ha i jest ona zbliżona do powierzchni lasów Ukrainy i Włoch. Najmniej zalesionymi krajami są: Czechy, Litwa, Słowacja, Węgry oraz Szwajcaria, gdzie powierzchnia zalesiona wynosi zaledwie 2 mln ha.



Rys. 1 . Lesistość Polski w % według województw w 2016 r. (GUS) [1]



Rys. 2. Całkowita powierzchnia leśna w 2016 r. [1]

Potencjalne zagrożenia pożarowe w Polsce

W lasach zagrożenie pożarowe kształtowane jest w zależności od trzech czynników [2]:

- *pogoda*, stan której określa między innymi wilgotność powietrza, temperatura powietrza, natężenie promieniowania słonecznego (insolacja), kierunek oraz prędkość wiatru, rodzaj chmur, jak również zachmurzenie i opady atmosferyczne;
- *możliwość pojawienia się bodźca energetycznego wytwarzającego ciepło, czyli punktowego źródła ciepła*, przykładem może być iskra mechaniczna albo iskra pochodząca ze zwarcia elektrycznego, żarzące się końcówki od papierosa, płomień zapałki, jak również iskry powstałe w wyniku wyładowań atmosferycznych, które mogą prowadzić do inicjacji procesu spalania. Są to czynniki związane z naturalnymi zjawiskami atmosferycznymi, samozapłonem biologicznym lub działalnością człowieka, tj.: przebiegające przez las albo w jego sąsiedztwie drogi publiczne, drogi dojazdowe, niebędące drogami publicznymi do zakładu magazynowego albo przemysłowego, linie kolejowe, drogi poligonowe oraz występujące bezpośrednio w lesie lub w jego sąsiedztwie obiekty użyteczności publicznej, obiekty magazynowe, parkingi, zakłady przemysłowe, obiekty na terenie poligonów wojskowych, składowiska materiałów niebezpiecznych, grunty rolne, miejsca masowego wypoczynku, rurociągi oraz gazociągi itp. Bodźce energetyczne mogą wytworzyć ciepło powyżej 260°C, co może prowadzić do zainicjowania pożaru materiałów leśnych;
- *materiał palny*, to przede wszystkim rodzaj gleby oraz jej pokrywa - krzewy, runo leśne, szuwary, wrzosowiska, trzcinowiska, sucha trawa, podrost iglasty (tj. nie w pełni wyrosnięte młode drzewka, wysokość ich to ponad 0,5 m stanowiące zarodek głównego gatunku drzewostanu), podszczyp iglasty (niskie drzewa oraz krzewy znoszące ocienienie, które nigdy nie osiągną wysokości ponad 4 m, stanowiąc piętro środkowe lasu, żywe drzewa (przede wszystkim iglaste) oraz martwe, jak również te leżące na pokrywie gleby, chrust, suche gałęzie, powalone drzewa oraz odpady poeksploatacyjne. Porosty jak też mchy mają działanie opóźniające na rozprzestrzenianie się pożaru. Ściółka, która posiada wilgotność przekraczającą 30% opóźnia lub całkowicie wyklucza powstanie pożaru. Im mniejsza wilgotność ściółki, tym większe prawdopodobieństwo powstania pożaru. Spośród wielu metod określania zagrożenia pożarowego lasu na szczególną uwagę zasługują:
 - Metoda Niestierowa (modyfikacji PIHiM) oraz Metoda Käsego,
 - Instytutu Badawczego Leśnictwa i Szczygła, które są stosowane aktualnie na terenie Polski,

- Zmodyfikowana metoda kanadyjska, obecnie stosowana na terenie Europy [3].

Analiza pożarów lasu w Polsce na przestrzeni lat 2014–2016

Analizę ilości pożarów występujących na terenie kraju na przestrzeni lat 2014–2016 przeprowadzono na podstawie map Krajowego Systemu Informacji o Pożarach Lasów dostępnych na stronie Instytutu Badawczego Leśnictwa [4]. Na Rys. 3 przedstawiono przykładową mapę dla roku 2016, z podziałem na województwa.

W 2016 roku, jak w poprzednich analizowanych latach, najwięcej pożarów wystąpiło w województwie mazowieckim, liczba pożarów lasu przekroczyła 1000. Przedział od 501–750 pod względem liczby pożarów objął województwa: wielkopolskie, dolnośląskie oraz śląskie. W województwach: pomorskim, zachodniopomorskim, lubuskim, kujawsko-pomorskim, łódzkim oraz świętokrzyskim liczba pożarów wynosiła od 251–500. Mniej pożarów wystąpiło w województwie warmińsko-mazurskim, podlaskim, lubelskim i podkarpackim, gdyż liczba pożarów wyniosła 126–250. W województwie małopolskim oraz opolskim liczba pożarów była najmniejsza, wyniosła od 1–125.

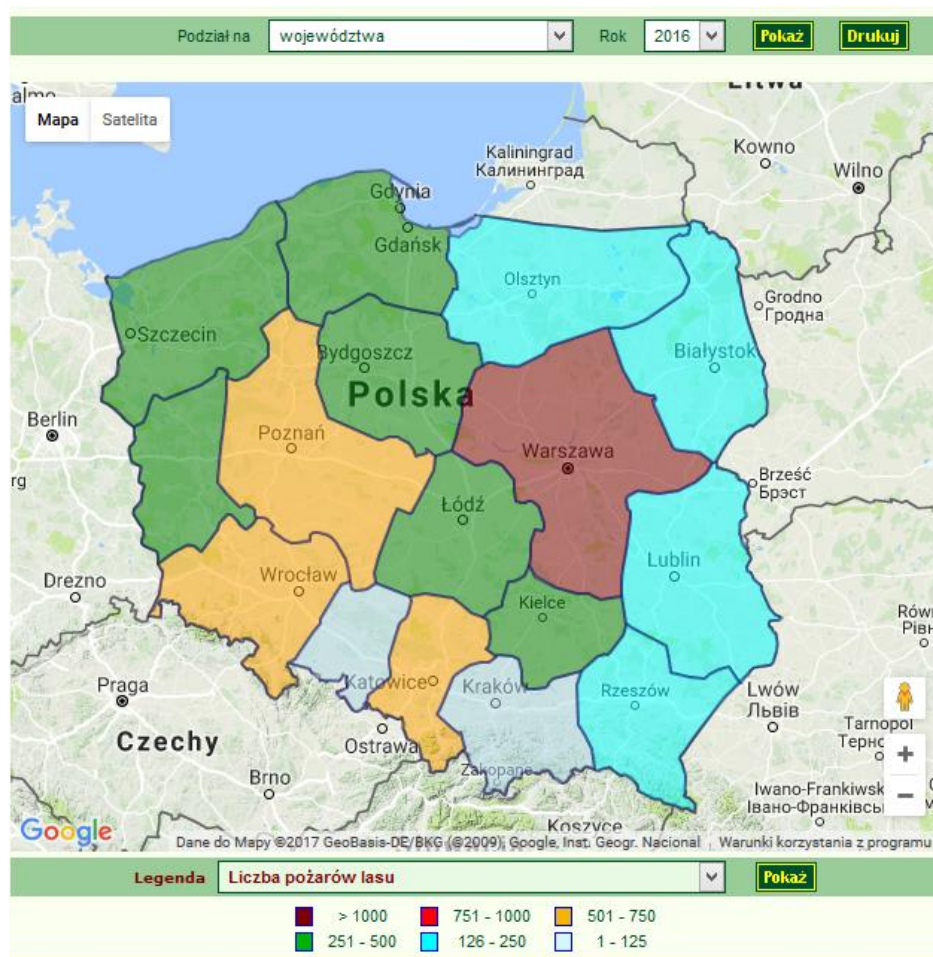
Biorąc pod uwagę trzy analizowane, lata największa liczba pożarów wystąpiła w roku 2015. Powodem tak dużej liczby mogło być gorące lato, ponieważ temperatura w okresie letnim przekraczała 24°C, podczas gdy opady atmosferyczne nie przekraczały 1 mm/dobę. Najwięcej pożarów na przestrzeni lat 2014–2016 wystąpiło w województwie mazowieckim, najmniej natomiast w województwie małopolskim.

Analiza wybranych własności drzewostanu na zagrożenie pożarowe

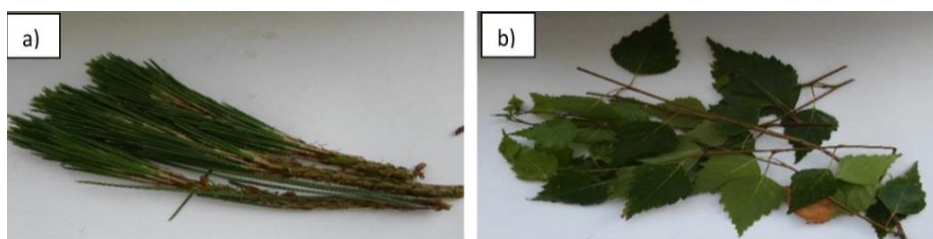
Głównym założeniem niniejszego artykułu było określenie wpływu wybranych własności różnych gatunków drzewostanu na zagrożenie pożarowe. Do badań wybrano dwa rodzaje drzewostanu, a mianowicie: sosnę i brzozę (Rys. 4).

Zakres badań obejmował:

- oznaczenie zawartości wilgoci zgodnie z normą PN-EN-ISO-18134-1_2015-11E, tj. wilgoci przemijającej metodą suszenia na powietrzu oraz higroskopijnej metodą suszarkową,
- oznaczenie masowej szybkości spalania,
- oznaczenie ciepła spalania zgodnie z normą PN-EN-14918:2009: PN-EN-14918:2009.



Rys. 3. Liczba pożarów lasu w 2016 r. [4]



Rys. 4. Widok próbek przed suszeniem: a) igłowie sosnowe, b) liście brzozy

Próbki przeznaczone do suszenia wymagały rozdrobnienia do granulacji podyktowanej normą [5]. Próbki zmielono przy użyciu laboratoryjnego młynka nożowego wyposażonego w zestaw sit o różnej granulacji. Proces rozdrabniania materiału był utrudniony ze względu na zbyt dużą wilgotność próbek. Wyniki zawartości wilgoci w analizowanych próbkach zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie wyników oznaczania zawartości wilgoci w badanych próbkach

Typ drzewostanu	Zawartość wilgoci %	
	Wilgoć przemijająca	Wilgoć higroskopijna
Sosna	5,69	63,26
Brzoza	5,63	57,60

Dla rozpatrywanych drzewostanów stwierdzono porównywalną zawartość wilgoci przemijającej na poziomie 5,48–5,69%. W przypadku oznaczenia zawartości wilgoci higroskopijnej sosna odznaczała się największą zawartością na poziomie 63,26%, natomiast dla brzozy osiągnięto wartość o ok. 6 % niższą.

W następnym etapie, dla wytypowanych gatunków drzewostanu, przeprowadzono eksperymenty umożliwiające wyznaczenie masowej szybkości spalania. W rozważaniach przyjęto, ujednoczoną dla wszystkich próbek, wstępną wartość masy na poziomie 10 g. Na Rys. 5 przedstawiono moment zapłonu i proces spalania próbki igliwia sosnowego, natomiast na Rys. 6 widok pozostałości po spalaniu próbek.

Za pomocą oprogramowania Pomiar-Win, przeznaczonego do zbierania danych pomiarowych z wagi RADWAG, możliwy był:

- bezpośredni odczyt danych z wagi oraz ich rejestracja,
- archiwizacja danych pomiarowych,
- wizualizacja danych pomiarowych.

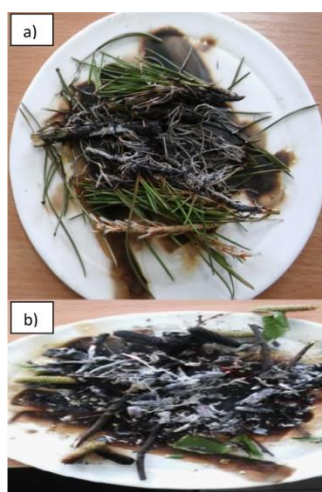
Podczas przeprowadzania pierwszej próby spalania igliwia sosnowego zauważono, że badany materiał palił się bardzo opornie. Przez całą próbę podtrzymywane było źródło ciepła (Rys. 7).

Początkowa masa próbki sosny wynosiła 9,659 g. Największą różnicę w spadku masy odnotowano między 127 a 163 s. Po 217 sekundzie spalanie przebiegało w sposób liniowy. Ostatni zanotowany ubytek masy nastąpił w 281 s. Masowa szybkość spalania wyniosła 0,0128 g/s.

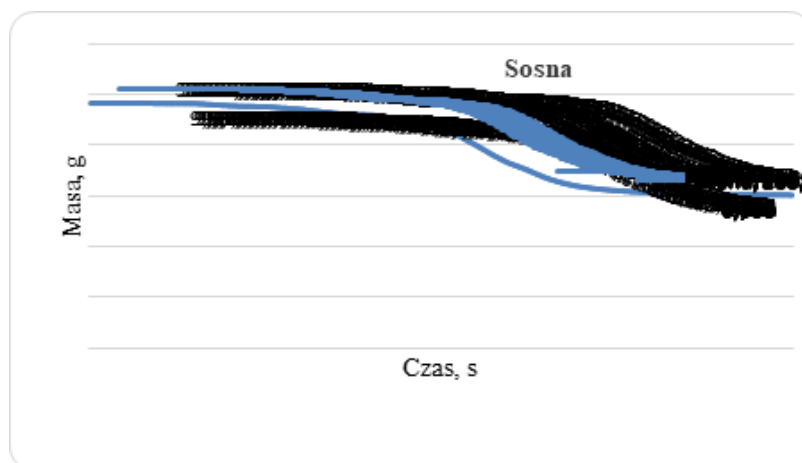
Kolejny eksperyment przeprowadzono dla brzozy (Rys. 8).



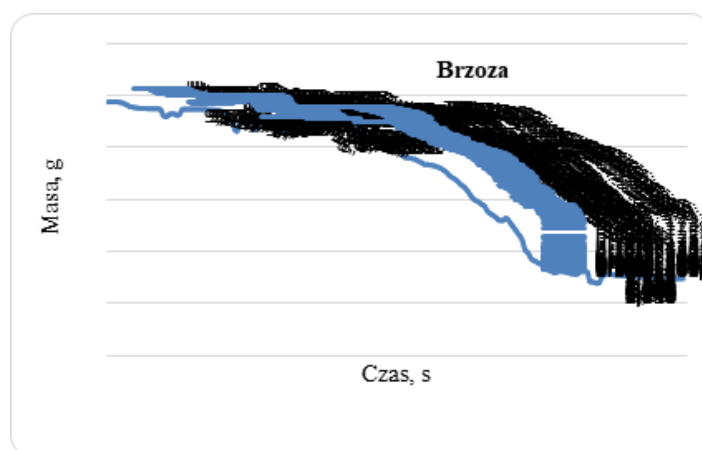
Rys. 5. Widok zapłonu i procesu spalania próbki igliwia sosnowego



Rys. 6. Widok pozostałości po spalaniu próbki: a) igliwie sosnowe, b) liście brzozy



Rys. 7. Ubytek masy w czasie dla igliwia sosnowego



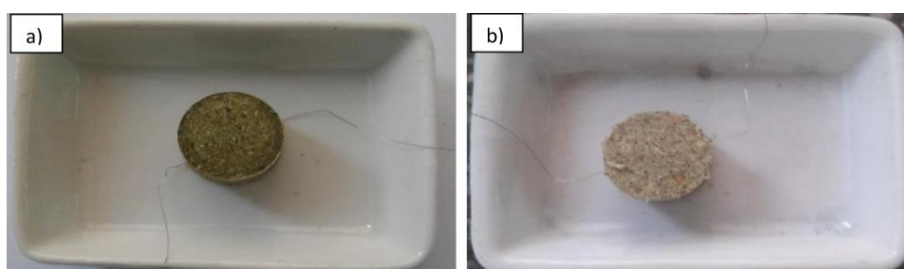
Rys. 8. Ubytek masy w czasie dla brzozy

Początkowa masa próbki brzozy wynosiła 9,753 g. Przebieg ubytku masy w czasie był skokowy i nierównomierny. Największy ubytek miał miejsce między 78 a 183 sekundą. Średnia szybkość spalania wyniosła 0,028 g/s. Ostatni zanotowany ubytek masy nastąpił w 241 sekundzie.

Czynnikami, które miały wpływ na wyniki analizy były: przybliżona, jednak nierówna masa próbek, różna temperatura podczas spalania, źródło płomienia (w przypadku spalania sosny był on cały czas podtrzymywany), różna zawartość wilgoci w analizowanych próbkach, „wyrzucanie” materiału na zewnątrz obserwowane podczas spalania brzozy.

Analiza ubytku masy w czasie dla wybranych gatunków drzewostanu odbywała się w warunkach laboratoryjnych. Warto zaznaczyć, iż nie są to warunki odpowiadające warunkom sprzyjającym stworzeniu prawdziwego zagrożenia pożarowego.

W celu oznaczenia ciepła spalania, zgodnie z normą [6], wszystkie próbki przygotowano w postaci sprasowanej pastylki (Rys. 9), a następnie umieszczono w bombie kalorymetrycznej. Oznaczenia ciepła spalania dokonano za pomocą kalorymetru KL-12Mn2.



Rys. 9. Widok pastylek z: a) sosny, b) brzozy

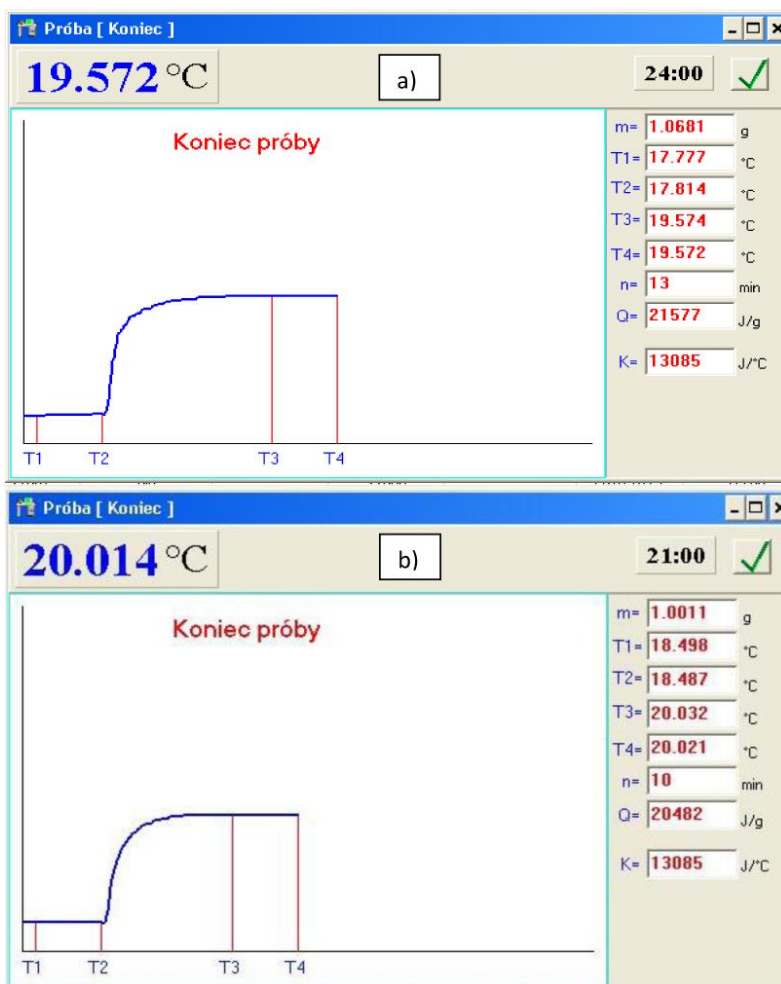
Przebieg procesu spalania próbki sosny oraz brzozy w bombie kalorymetrycznej przedstawiono na Rys. 10.

Masa badanych próbek sosny oraz brzozy wynosiła ok. 1 g. Okres wstępny zapoczątkowano temperaturą T1, po 5 minutach nastąpiła rejestracja temperatury T2, po osiągnięciu której uruchamiał się zapłon oraz rozpoczynał cykl główny procesu spalania, trwający aż do osiągnięcia maksymalnej temperatury – T3.

Analizując przebieg procesu spalania sosny (Rys. 10. a), można zauważyć, że pierwsza zarejestrowana temperatura T1 wyniosła 17,78°C. Po upływie 5 minut odnotowano temperaturę T2 = 17,81°C, po osiągnięciu której rozpoczął się cykl główny trwający n = 13 minut, aż do osiągnięcia temperatury maksymalnej T3 = 19,57°C. Temperatura końcowa T4 wyniosła 19,572°C. Ciepło spalania próbki z sosny wyniosło Q = 21577 J/g.

Analizując przebieg procesu spalania brzozy, po rozpoczęciu cyklu pomiarowego pierwsza temperatura T1 wyniosła 18,498°C. Po upływie 5 minut odnotowano temperaturę T2 wynoszącą 18,487°C, po osiągnięciu której nastąpił zapłon rozpoczynający cykl główny próbki i trwający n = 10 minut, aż do osiągnięcia temperatury maksymalnej T3 = 20,032°C. Temperatura końcowa T4 wyniosła 20,021°C. Ciepło spalania próbki z brzozy wyniosło Q = 20482 J/g.

Podsumowując, można powiedzieć, że najdłuższy cykl główny miał miejsce w przypadku sosny i trwał 13 minut, natomiast w przypadku brzozy wyniósł 10 minut. Największe ciepło spalania otrzymano dla próbki igliwia sosnowego i wynosiło ono 21577 J/g, natomiast dla brzozy wyniosło 20482 J/g.



Rys. 10. Widok przebiegu procesu spalania dla: a) sosny, b) brzozy

Stwierdzenia i wnioski końcowe

Na podstawie przeglądu literaturowego, przeprowadzonych badań oraz własnych obserwacji związanych z zagrożeniem pożarowym sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski końcowe:

- Występują cztery rodzaje pożarów lasu, tj. pożar podpowierzchniowy, całkowity drzewostanu, pokrywy gleby oraz pojedynczych drzew.
- Według danych Głównego Urzędu Statystycznego lasy w Polsce zajmują powierzchnię ok. 9,2 mln ha.

- Najbardziej zalesionym województwem jest województwo lubuskie.
- Najbardziej zalesionym krajem jest Szwecja.
- Dominującym iglastym drzewem w polskich lasach jest sosna, a zaraz po niej świerk.
- Dominującym drzewem liściastym w polskich lasach jest brzoza oraz olsza.
- Zagrożenie pożarowe kształtują: pogoda, możliwość pojawienia się bodźca energetycznego wytwarzającego ciepło oraz rodzaj materiału palnego.
- Analiza pożarów lasu w Polsce na przestrzeni lat 2014–2016 wykazała, iż najwięcej pożarów w województwie mazowieckim, najmniej natomiast w województwie małopolskim.
- Największą zawartość wilgoci spośród analizowanych próbek miała sosna i wyniosła ona 63,266%.
- Największe ciepło spalania miała sosna i wyniosło ono $Q = 21,58$ MJ/kg.
- Igliwie sosnowe w otwartej przestrzeni paliło się dużo trudniej, aniżeli brzoza. W trakcie całego procesu spalania niezbędne było podtrzymywanie źródła ciepła.
- Największą szybkość spalania odnotowano dla brzozy i była ona dwukrotnie większa aniżeli dla igliwia sosnowego.

Literatura

- [1] Główny Urząd Statystyczny. Raport o stanie lasów w Polsce 2016.
- [2] Zarzycki J., Ochrona przeciwpożarowa lasów, Warszawa 2013.
- [3] Wiler K., Wcisło P., Ochrona lasów przed pożarami, Warszawa 2013.
- [4] Instytut Badawczy Leśnictwa, http://bazapozarow.ibles.pl/ibll_ppoz/faces/index.jsp, 02.12.2016 r.
- [5] PN-EN-ISO-18134-1_2015-11E: Biopaliwa stałe. Oznaczanie zawartości wilgoci. Metoda suszarkowa.
- [6] PN-EN-14918:2009: PN-EN-14918:2009: Biopaliwa stałe – Oznaczanie wartości opałowej.



Małgorzata Okrasa

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zakład Ochron Osobistych

ul. Wierzbowa 48, 90–133 Łódź

e-mail: maokr@ciop.lodz.pl

SYSTEMY LOKALIZACJI W CZASIE RZECZYWISTYM JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGANIA EWAKUACJI

Streszczenie. Obserwowany w ostatnich latach gwałtowny rozwój technologii komunikacji bezprzewodowej niesie ze sobą wzrost zapotrzebowania na usługi związane z monitorowaniem położenia ludzi, materiałów i urządzeń w niemalże wszystkich aspektach życia codziennego, w tym w środowisku pracy. W praktyce przemysłowej znajomość choćby przybliżonej lokalizacji osób znajdujących się w danej chwili w budynku jest szczególnie istotna w przypadku wystąpienia zdarzenia o znamionach poważnej awarii przemysłowej wiążącej się z koniecznością niezwłocznego opuszczenia budynku przez pracowników narażonych na niebezpieczeństwo. Szczególne znaczenie w tym kontekście mają systemy i techniki umożliwiające bieżące monitorowanie położenia osób ewakuowanych/ewakuujących się z budynku, jak również strażaków biorących udział w akcji ratowniczej. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie szerokiego przeglądu literatury w obszarze związanym z wykorzystaniem tego typu rozwiązań technicznych jako narzędzia wspomagającego prowadzenie akcji ratowniczych podczas takich zdarzeń niebezpiecznych, jak np. pożary, wybuchy lub nagła emisja substancji toksycznych lub szkodliwych.

Słowa kluczowe: systemy lokalizacji w czasie rzeczywistym, lokalizacja wewnątrzbudynkowa, monitorowanie położenia przedmiotów i osób, wspomaganie ewakuacji, awarie przemysłowe.

REAL-TIME LOCATION SYSTEMS AS AN EVACUATION SUPPORT TOOL

Abstract. The rapid development of wireless communication technologies observed in recent years has led to an increased demand for services related to the continuous monitoring of the location of people, materials and devices in almost every aspect of every-

day life, including the work environment. In the industrial practice, knowledge of at least the approximate location of people currently present in the building is particularly important in the event of major-accidents involving dangerous substances, which should be followed by an immediate evacuation of all exposed employees. Of particular importance are systems and techniques enabling continuous monitoring of the position of evacuated/evacuating workforce as well as firefighters participating in the rescue operation. The purpose of this article is to present a broad review of literature in the area related to the use of those types of technical solutions as a tool supporting rescue operations during fires, explosions or sudden emission of toxic or harmful substances that may occur in case of major accident.

Keywords: real-time locating systems, indoor positioning systems, location tracking, evacuation support, major-accident hazards.

Wprowadzenie

Katastrofalne w skutkach awarie przemysłowe stanowią jedno z istotnych zagrożeń dla życia i zdrowia ludzi oraz środowiska naturalnego, szczególnie, w krajach rozwiniętych przemysłowo. Według danych Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska na dzień 31 grudnia 2015 r., liczba zakładów stwarzających zagrożenie wystąpieniem poważnej awarii przemysłowej w Polsce wynosiła 408 (w tym 182 zakładów o dużym ryzyku i 226 zakładów o zwiększonym ryzyku) [1]. Wśród przyczyn tego typu awarii wyróżnić można m.in.: zawodność urządzeń, błąd ludzki, efekt domina, zdarzenia zewnętrzne (np. katastrofy naturalne) oraz działania celowe [2]. W ich wyniku dochodzi do powstawania pożarów, wybuchów lub uwolnienia niebezpiecznych substancji chemicznych wykorzystywanych w procesach technologicznych. Konieczne jest wówczas podjęcie działań zmierzających do ograniczenia skutków tego typu zdarzeń dla ludności i środowiska naturalnego.

W krajach Unii Europejskiej regulacje prawne w zakresie przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym i ograniczania ich skutków zawarte są w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi, zmieniającej, a następnie uchylającej dyrektywę Rady 96/82/WE (Dyrektywa Seveso III) [3]. Zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2012/18/UE, wystąpienie zdarzenia o znamionach poważnej awarii wiąże się z koniecznością realizacji w zakładzie pracy planów operacyjno-ratowniczych, w tym niezwłocznego opuszczenia budynku przez pracowników narażonych na niebezpieczeństwo.

Z uwagi na specyficzny charakter substancji chemicznych stosowanych w zakładach zagrożonych wystąpieniem poważnej awarii przemysłowej, szczególnie istotne jest zapewnienie pracownikom dostępu do sprzętu ochrony indy-

widualnej, stosownego do charakterystyki zagrożeń pożarowych, wybuchowych i toksycznych mogących wystąpić podczas ewakuacji. W szczególności konieczne jest zabezpieczenie pracowników przed działaniem dymu i toksycznych produktów spalania, które wchłaniane są do organizmu przez drogi oddechowe. Kaptury ucieczkowe stanowią doskonałe rozwiązanie w tym zakresie, ponieważ ze względu na swoją uniwersalność, mogą być stosowane przez użytkowników noszących okulary korekcyjne, posiadających zarost lub nietypową budowę twarzy. Funkcja ochronna kaptura realizowana jest dzięki zastosowaniu nagłowia, wykonanego z materiałów o właściwościach fluorescencyjnych i odbłaskowych odpornych na działanie płomienia, wyposażonego w elementy oczyszczające powietrze z substancji szkodliwych. Obecnie dostępne na rynku produkty wyposażone są w większości filtropochłaniacze chroniące użytkownika przed zagrożeniami w postaci par, gazów, pyłów, dymów i mgieł. Sprzęt taki powinien być dostępny dla pracowników (umieszczony w wyznaczonych miejscach, przy stanowiskach pracy lub noszony na pasku przez pracownika) tak, aby w sytuacji zagrożenia mógł być zastosowany jeszcze przed przybyciem na miejsce służb ratunkowych, umożliwiając tym samym bezpieczne opuszczenie budynku.

Niezbędnym elementem wspomagającym ewakuację ludzi, ale także uwzględniającym bezpieczeństwo ekip ratowniczych podczas tego rodzaju zdarzeń jest spełnienie wymagań technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie określonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [4]. Zawarto w nim wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego budynków i ich części, wynikające z ich przeznaczenia i sposobu użytkowania, wysokości lub liczby kondygnacji, a także położenia w stosunku do poziomu terenu oraz do innych obiektów budowlanych. Regulacje w zakresie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych zawarto w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r [5]. Określa ono obowiązki właścicieli, zarządców i użytkowników, co do zapewnienia i wdrażania instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, która powinna zawierać m.in. informacje na temat: (i) warunków ochrony przeciwpożarowej, wynikających z przeznaczenia budynku, sposobu jego użytkowania, prowadzonego procesu technologicznego, magazynowania (składowania) i warunków technicznych obiektu, w tym zagrożenia wybuchem; (ii) wymaganych urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic; (iii) postępowania na wypadek pożaru i innego zagrożenia; (iv) zabezpieczenia prac niebezpiecznych pod względem pożarowym, jeżeli takie prace są przewidywane oraz (v) warunków i organizacji ewakuacji ludzi.

Ponadto istotne jest, aby instrukcje bezpieczeństwa pożarowego zawierały plany obiektów z uwzględnieniem graficznych danych dotyczących m.in.: powierzchni, wysokości i liczby kondygnacji budynku; kategorii zagrożenia ludzi oraz przewidywanej liczby osób na każdej kondygnacji i w poszczegól-

nych pomieszczeniach; lokalizacji pomieszczeń i przestrzeni zewnętrznych zaklasyfikowanych jako strefy zagrożenia wybuchem; warunków ewakuacji, ze wskazaniem kierunków i wyjść ewakuacyjnych.

Nawet w sytuacji spełnienia wszystkich wymagań określonych w opisanych powyżej aktach prawnych scenariusze postępowania w przypadku wystąpienia poważnej awarii nie są w stanie uwzględnić wszystkich czynników społecznych i środowiskowych wpływających na sposób i czas ewakuacji ludzi z budynku [6]. W przypadku wystąpienia awarii przemysłowej istnieje szereg czynników wpływających na sprawność procesu ewakuacji, szczególnie w przypadku, gdy budynek jest poważnie uszkodzony [7]. W stanie paniki, dochodzi częstokroć do niekontrolowanych i gwałtownych zakłóceń w ruchu strumieni ludzkich spowodowanych chęcią jak najszybszego wydostania się z miejsca zdarzenia lub też stanem odrętwienia [6, 8, 9]. Standardowo stosowane znaki ewakuacyjne i mapy dróg ewakuacyjnych mogą zostać w takiej sytuacji łatwo przeoczone [10]. Powstawanie dymu i brak oświetlenia może dodatkowo pogorszyć sytuację. Nawet pracownicy, którzy są zaznajomieni z układem budynku i są wyposażeni w standardowy sprzęt ucieczkowy (np. kaptur) mogą mieć wówczas trudności z odnalezieniem wyjścia. Z tego względu, celowe jest prowadzenie prac zmierzających do opracowania rozwiązań wspomagających prawidłowy przebieg lub usprawnienie tych procesów, ale także uwzględniających bezpieczeństwo ekip ratowniczych. Szczególne znaczenie w tym kontekście mają systemy i techniki umożliwiające bieżące monitorowanie położenia osób ewakuowanych/ewakuujących się z budynku, jak również strażaków biorących udział w akcji ratowniczej.

Celem artykułu jest przedstawienie szerokiego przeglądu literatury w obszarze związanym z wykorzystaniem tego typu rozwiązań technicznych, jako narzędzia wspomagającego prowadzenie akcji ratowniczych podczas takich zdarzeń niebezpiecznych, jak np. pożary, wybuchy lub nagła emisja substancji toksycznych lub szkodliwych.

Bezprzewodowe systemy do lokalizacji obiektów w czasie rzeczywistym

Bezprzewodowe systemy lokalizacji (ang. Wireless Positioning/Locating Systems lub Real-Time Locating Systems (RTLS)) są to systemy pozwalające na monitorowanie położenia obiektów w przestrzeni fizycznej w czasie zbliżonym do czasu rzeczywistego [11]. Najczęściej składają się one z nadajnika i odbiornika sygnału (pełniącego rolę sensora położenia) oraz z oprogramowania rejestrującego dane i przetwarzającego je w celu wyznaczenia bezwzględ-

nego lub względnego położenia obiektów [12]. Istnieje wiele klasyfikacji dzielących systemy lokalizacji [13], m.in. ze względu na:

- rodzaj topologii; systemy samopozycjonujące (ruchomy odbiornik wykonuje pomiary sygnału z nadajników znajdujących się w ustalonych lokalizacjach, a następnie wykorzystuje je w celu określenia swojego położenia) i systemy zdalnego pozycjonowania (jeden lub kilka odbiorników znajdujących się w ustalonych lokalizacjach wykonuje pomiary sygnału pochodzącego od lokalizowanego obiektu, następnie przesyła zgromadzone dane do jednostki centralnej, gdzie wyznaczane jest położenie obiektu) [14];
- zapotrzebowanie sprzętowe; systemy zależne i niezależne od infrastruktury znajdującej się na terenie, w którym odbywa się lokalizacja obiektów [15, 16];
- sposób implementacji; systemy mobilne i stacjonarne [17];
- rodzaj elementu, w którym generowany jest sygnał, na podstawie którego określone jest położenie; systemy aktywne (informacja generowana przez urządzenie mobilne) i systemy pasywne (urządzenie znajdujące się w ruchu jest odbiornikiem sygnału) [18];
- stan wiedzy na temat obszaru, w którym odbywa się lokalizacja; systemy parametryczne i nieparametryczne [19].

Szacowanie położenia danego obiektu w przestrzeni opiera się w ogólności na zastosowaniu trzystopniowego algorytmu [20]. Najpierw dochodzi do sygnalizacji i pomiaru położenia (nadajnik generuje sygnały, a odbiornik mierzy ich charakterystykę bądź rejestruje ich wystąpienie). Bazując na zgromadzonych danych, odbywa się szacowanie odległości pomiędzy określonymi urządzeniami wchodzącymi w skład systemu, z wykorzystaniem jednej lub kombinacji kilku podstawowych technik: (i) triangulacji, (ii) technik bazujących na bliskości odbiornika i nadajnika sygnału (ang. proximity) oraz (iii) tzw. analizie sceny (ang. fingerprinting) [21]. Jest to podstawą do wyznaczania położenia obiektu w przestrzeni.

Omówione metody wyznaczania położenia mogą być realizowane za pomocą technologii bazujących m.in. na wykorzystaniu sygnałów dźwiękowych (ultradźwięki i dźwięki słyszalne), optycznych (m.in. promieniowanie podczerwone, systemy działające w paśmie światła widzialnego), sygnałów o częstotliwości radiowej (technologia RFID, ang. Radio-Frequency Identification; bezprzewodowe sieci lokalne WLAN, ang. Wireless Local Area Network; bezprzewodowe sieci osobiste WPAN, ang. Wireless Personal Area Network obejmujące takie technologie, jak Bluetooth, ZigBee i UWB, ang. Ultra-Wideband) oraz pól magnetycznych (np. systemy bazuje na pomiarach natężenia naturalnego pola magnetycznego Ziemi). Poza rodzajem sygnału, omówione powyżej technologie różnią się w takich aspektach, jak zasięg i dokładność lokalizacji, złożoność, ska-

lowalność, niezawodność, zapotrzebowanie energetyczne i powiązany z tym sposób zasilania oraz koszty implementacji i konserwacji. Wynika to przede wszystkim z zastosowania odmiennej infrastruktury i odrębnych metod wyznaczania położenia zależnych od docelowej aplikacji [20].

Techniki stosowane do monitorowania położenia służb ratowniczych

Z uwagi na niezwykle złożoność akcji ratowniczo-gaśniczych związaną z ograniczonym dostępem do informacji, dynamicznie zmieniającym się otoczeniem oraz ekstremalnymi obciążeniami fizycznym i psychicznym, zadanie wyjścia z budynku w warunkach niewielkiej lub żadnej widoczności może okazać się trudne, nawet dla doświadczonych pracowników służb ratowniczych [22]. Główną funkcją rozwiązań służących do monitorowania położenia poszczególnych członków ekip ratowniczych jest ułatwienie im przeprowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej i umożliwienie sprawnego opuszczenia budynku w razie niebezpieczeństwa. Standardowo do tego celu używane są proste i stosunkowo niezawodne metody poprawiające orientację w przestrzeni o niskiej widoczności.

Jednym ze stosowanych sposobów poszukiwania wyjścia z ciemnego lub zadymionego budynku jest „trzymanie się” linii gaśniczej lub zastosowanie do samoasekuracji linki strażackiej przymocowanej w punkcie znajdującym się poza strefą niebezpieczną. Podobnie, zapalona latarka pozostawiona w drzwiach pomieszczenia pomaga zlokalizować wyjście i wskazuje pozostałym członkom grupy ratunkowej, że pokój jest przeszukiwany [23]. Systematyczne przeszukiwanie pomieszczeń przeprowadza się częstokroć, przytrzymując rękę w kontakcie ze ścianą, co pomaga w zachowaniu orientacji w przestrzeni. Pomoc w lokalizacji osób poszkodowanych lub zagrożonych oraz efektywnym poszukiwaniu drogi wyjścia z palących się budynków zapewnia również zastosowanie technik termowizyjnych, dzięki którym możliwa jest wizualizacja rozkładu pomieszczenia i znajdujących się w nim źródeł ciepła [24]. Podczas akcji istotne jest także zachowanie ciągłej komunikacji radiowej z dowódcą nadzorującym przebieg akcji i śledzącym położenie poszczególnych rot względem strefy zagrożenia [25]. Innym rozwiązaniem stosowanym przez wszystkich strażaków wchodzących do strefy zagrożenia są w osobiste sygnalizatory bezruchu (ang. *Personal Alert Safety System*, PASS) podłączone do aparatu oddechowego. Urządzenia tego typu generują alarm dźwiękowy i/lub świetlny w przypadku braku aktywności użytkownika w zadanym przedziale czasowym. Generowane alarmy pozwalają na zlokalizowanie unieruchomionego lub nieprzytomnego strażaka nawet w warunkach zerowej widoczności [26]. Z doniesień literaturowych i danych statystycznych wynika, że opisane powyżej metody są niezwykle efektywne i w większości

przypadków wystarczające do sprawnego przeprowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej. Zdarzają się jednak sytuacje, w których zastosowanie bardziej wyrafinowanych technik lokalizacji, takich jak systemy RTLS, pozwoliłoby na uniknięcie tragicznych w skutkach wypadków [23, 27, 28].

Pomimo tego, że bezprzewodowe systemy służące do lokalizacji obiektów w czasie rzeczywistym są coraz częściej stosowane przez ogół społeczeństwa i wdrażane do praktyki przemysłowej, to ich wykorzystanie w ekstremalnych warunkach akcji ratowniczo-gaśniczych niesie ze sobą konieczność spełnienia szczególnych wymagań. Ciemność, dym, ogień, brak zasilania, obecność wody i hałas mogą uniemożliwić pracę systemu, a konieczność użycia przez ratowników ciężkiej odzieży ochronnej, rękawic i sprzętu ochrony układu oddechowego sprawiają, że możliwość stosowania standardowych komputerów przenośnych jest znacznie ograniczona [23]. Niemniej jednak, w ciągu ostatnich lat naukowcy podjęli wiele prób rozwiązania tego problemu. Zestawienie wybranych rozwiązań technicznych z tego obszaru przedstawiono w Tabeli 1.

Systemy stosowane do monitorowania położenia osób ewakuowanych

Kolejny obszar wykorzystania systemów RTLS jako narzędzia wspomagającego prawidłowy przebieg ewakuacji z budynków stanowi ich zastosowanie do wyznaczania położenia osób narażonych na niebezpieczeństwo w wyniku powstania pożaru, wybuchu lub emisji substancji niebezpiecznych. W tym przypadku wyróżnić można kilka sposobów wykorzystania informacji o położeniu osób znajdujących się w budynku. Dane lokalizacyjne mogą być na przykład udostępniane odpowiednim służbom ratowniczym w celu skrócenia czasu poszukiwania poszkodowanych. Mogą one również stanowić część danych dostarczanych do kompleksowego systemu monitorowania ewakuacji. Istnieją również rozwiązania wykorzystujące informacje o lokalizacji ludzi do wyznaczania optymalnych ścieżek ewakuacji z budynku oraz interaktywnego informowania o tym poszkodowanych.

Prosty przykład systemu pozwalającego na monitorowanie położenia osób znajdujących się w budynkach opisał Cheng i współpracownicy [36]. Opracowane przez nich rozwiązanie, działające z wykorzystaniem komunikacji ZigBee, składało się z trzech typów urządzeń: *(i)* stacji bazowej, *(ii)* routera wyposażonego w czujniki dymu i temperatury oraz *(iii)* znacznika noszonego przez użytkownika wyposażonego w akcelerometr. Monitorowanie parametrów środowiska możliwe było dzięki sensorom umieszczonym w routerach.

Tabela 1. Przegląd wybranych systemów lokalizacji stosowanych do monitorowania położenia ratowników

Nazwa systemu	Zastosowana technika pozycjonowania	Elementy składowe systemu	Opis funkcjonowania systemu	Ograniczenia	Dodatkowe funkcje
LifeNet [29]	względny kierunek propagacji ultradźwięków	<ul style="list-style-type: none"> znaczniki rozmieszczone w otoczeniu (co kilka metrów) elementy elektroniki noszonej 	Funkcjonowanie analogiczne, jak w przypadku zastosowania linki strażackiej. System wykorzystuje urządzenia noszone do wykrywania obecności znaczników rozmieszczonych w otoczeniu dzięki czemu możliwe jest nawigowanie użytkownika za pomocą instrukcji prezentowanych na wyświetlaczu mocowanym do hełmu strażackiego. Znaczniki nawigacyjne są automatycznie opuszczane w odpowiednich odstępach czasu z urządzenia przymocowanego do aparatu oddechowego, nakreślając tym samym trajektorie, po której porusza się użytkownik.	znaczniki mogą zostać przemieszczone lub zniszczone	monitorowanie otoczenia i komunikacja
SmokeNet [22]	fingerprinting sygnałów radiowych	<ul style="list-style-type: none"> układ znaczników zainstalowanych w budynku (jeden znacznik na pomieszczenie) odbiornik noszony przez użytkownika 	Układ znaczników zainstalowanych w budynku pozwala na uzyskanie lokalizacji na poziomie poszczególnych pomieszczeń. Dodatkowe czynniki dymu i temperatury monitorują stan otoczenia i przekazują dane do stanowiska dowodzenia. Bezpieczna droga ewakuacji sygnalizowana jest za pomocą kolorowych diod LED. Plan budynku i krótkie informacje ze stanowiska dowodzenia mogą być przesyłane do wyświetlacza zamontowanego wewnątrz maski pełnotwarzowej. Dowódcą ma możliwość monitorowania stanu ratowników oraz otoczenia.	wrażliwość na dynamicznie zmieniające się warunki otoczenia	monitorowanie otoczenia i komunikacja
PathFinder [30]	względny kierunek propagacji ultradźwięków	<ul style="list-style-type: none"> znaczniki rozmieszczone przy wyjściach z budynku/strefy zagrożenia odbiornik noszony przez użytkownika elementy elektroniki noszonej (znaczniki) 	System składa się z przenośnego odbiornika, który wykrywa impulsy ultradźwiękowe emitowane przez sygnalizatory umieszczone przy wyjściu z budynku/strefy zagrożenia, oraz noszone przez strażaków.	ograniczona precyzja pozwalająca na określenie przybliżonego kierunku	brak
System do precyzyjnej lokalizacji personelu (ang. <i>Precision Personnel Location, PPL</i>) [31]	wskazniki RSSI sygnału radiowego i czynniki	<ul style="list-style-type: none"> układ odbiorników zlokalizowanych na zewnątrz budynku przenośny nadajnik 	System wykorzystuje odbiorniki radiowe umieszczone w zadanych lokalizacjach celem śledzenia położenia personelu przenoszącego nadajnik wewnątrz budynku. Położenie nadajnika może być określone na podstawie wskazań RSSI sygnału radiowego. Dodatkowo dokładność oszacowania położenia może zostać zwiększona poprzez zastosowanie czynnika ustalającego położenie za pomocą pomiarów prędkości i kierunku ruchu użytkownika (ang. <i>Pedestrian Dead Reckoning, PDR</i>).	ekranowanie sygnału radiowego przez metalowe elementy konstrukcji budynków ogranicza możliwość lokalizacji	brak

Nazwa systemu	Zastosowana technika pozycjonowania	Elementy składowe systemu	Opis funkcjonowania systemu	Ograniczenia	Dodatkowe funkcje
System lokalizacji opracowany w ramach projektu WearIt@Work [32]	czujniki	<ul style="list-style-type: none"> elementy elektroniki noszonej 	Działanie systemu opiera się na zastosowaniu do lokalizacji techniki PDR. Dodatkowo w celu wyeliminowania niepewności związanej z dużym błędem szacowania położenia z wykorzystaniem tej metody, zastosowano algorytm pozwalający na odfiltrowanie i skorygowanie pomiarów, które świadczyłyby o przeniknięciu użytkownika przez ścianę poprzez porównanie oszacowanych lokalizacji z planami budynku.	duży błąd lokalizacji związany z wykorzystaniem PDR	brak
System lokalizacji opracowany w ramach projektu Relate Trails [33]	czujniki i względy kierunku propagacji ultradźwięków	<ul style="list-style-type: none"> znaczniki rozmieszczone w otoczeniu elementy elektroniki noszonej 	System zapewnia pomoc nawigacyjną wewnątrz budynku objętego pożarem dzięki wyświetleniu w polu widzenia użytkownika sygnałów graficznych wskazujących drogę powrotną. Do lokalizacji użytkownika wykorzystywana jest technika PDR, której dokładność jest korygowana dzięki zastosowaniu znaczników emitujących sygnał ultradźwiękowy.	znaczniki mogą zostać przemieszczone lub zniszczone, duży błąd lokalizacji związany z wykorzystaniem PDR	monitorowanie otoczenia i komunikacja
HeadSLAM [34]	czujniki i skanowanie zasięgu lasera	<ul style="list-style-type: none"> elementy elektroniki noszonej przenośny skaner 	Do lokalizacji użytkowników system wykorzystuje technikę PDR oraz odczyty ze skanera laserowego zamontowanego na hełmie ochronnym. Skaner wykrywa kierunek i odległość od przeszkód i jednocześnie tworzy mapę obrazującą rozkład pomieszczeń.	problem z działaniem skanera w warunkach niskiej widoczności, duży błąd lokalizacji związany z wykorzystaniem PDR	monitorowanie otoczenia i komunikacja
Inteligentna odzież ochronna opracowana w ramach projektu PROcTEX [35]	triangulacja i czujniki	<ul style="list-style-type: none"> elementy elektroniki noszonej odbiornik sygnału GPS 	W skład systemu wchodzi odzież ochronna dla strażaków zintegrowana z siecią Body Area Network (BAN), która obejmuje moduł lokalizacji za pomocą sygnału GPS, czujniki przyspieszenia, temperatury i stężenia toksycznych gazów. Dodatkowo system wyposażony jest w moduły komunikacyjne bliskiego i dalekiego zasięgu, zapewniające niezbędne wsparcie informacyjne dla członków zespołu ratowniczego.	problem z zasięgiem GPS w budynkach	monitorowanie otoczenia i komunikacja

Źródło: opracowanie własne na podstawie [23].

Wzrost temperatury otoczenia i zadymienia powodował przesłanie do stacji bazowej informacji o uruchomieniu alarmu. Następnie zbierała ona dane awaryjne ze znaczników należących do poszczególnych użytkowników celem ich identyfikacji i uzyskania informacji o ich lokalizacji i stanie.

Inoue i współpracownicy opracowali system wykorzystujący sygnały radiowe generowane przez umieszczone na suficie nadajniki do lokalizacji osób ewakuujących się z budynku objętego pożarem [37]. Osoby te wyposażone w przenośny odbiornik otrzymywały graficzne instrukcje dotyczące dróg ewakuacyjnych w ich pobliżu. Podobne rozwiązanie wykorzystujące do lokalizacji aktywne znaczniki RFID małego zasięgu zaproponowali Chittaro i współpracownicy [38]. Opisane przez nich rozwiązanie pozwalało na dostarczanie użytkownikowi instrukcji odnośnie ewakuacji na telefon komórkowy dzięki zastosowaniu aplikacji zawierającej trójwymiarowy model budynku.

Z kolei Szwedko i współpracownicy rozważyli wykorzystanie do celów ewakuacji systemu hybrydowego składającego się ze znaczników RFID umieszczonych w kartach identyfikacyjnych pracowników, czytników znajdujących się w pobliżu wyjść z budynku oraz znaczników z kodami QR rozmieszczonych w budynku [39]. Znaczniki i czytniki RFID wykorzystywane były do wyznaczenia położenia osób znajdujących się w budynku. Z kolei kody QR po zeskanowaniu ich za pomocą telefonu komórkowego z dostępem do Internetu przekierowywały użytkowników na stronę internetową zawierającą aktualną informację o bezpiecznych drogach ewakuacyjnych. Inny system hybrydowy pozwalający na monitorowanie stanu otoczenia, lokalizację osób poszkodowanych oraz planowanie ewakuacji opracował Chu [40]. System składał się m.in. z bazy danych znajdującej się w centrum zarządzania, oprogramowania do wyznaczania ścieżki ewakuacji, aktywnych znaczników RFID zintegrowanych z czujnikiem temperatury, znaczników NFC służących do określenia położenia użytkownika oraz telefonu komórkowego z czytnikiem RFID i modułem komunikacji bliskiego zasięgu (ang. *Near Field Communication*, NFC), na który przekazywano informacje o ewakuacji za pośrednictwem krótkich wiadomości tekstowych. Ciekawe rozwiązanie stanowi również system wspomagania ewakuacji grupowej o nazwie GoFAST przeznaczony dla użytkowników smartfonów [41]. Architektura systemu, zakłada wykorzystanie punktów dostępowych Wi-Fi, znaczników iBeacon rozmieszczanych w zadanych lokalizacjach w budynku oraz telefonów komórkowych z funkcją skanowania BLE. Bieżące położenie każdego z użytkowników wykrywane było przez smartfon przy użyciu odebranych sygnałów ze znaczników, a identyfikator znacznika o największej sile sygnału wykorzystywany był do powiązania tej lokalizacji z planem budynku. Smartfon okresowo wysyłał wykryte położenie do serwera. Po wykryciu zdarzenia awaryjnego serwer przysyłał na smartfony informację o najszybszej drodze ewakuacji dla danej grupy użytkowników. Zaletą systemu GoFAST była możliwość uwzględnienia przepustowości i długości korytarzy oraz przepustowości wyjść ewakuacyjnych w powiązaniu

z aktualnym położeniem osób znajdujących się w pomieszczeniach w celu określenia optymalnych dla poszczególnych grup osób ścieżek ucieczki w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

Koncepcję systemu inteligentnej ewakuacji o nazwie DensIEGS, pozwalającego na bieżące monitorowanie parametrów środowiskowych i przepływów ludzkich w zabytkowych budynkach, opisali Bernardini i współpracownicy [42]. Zaproponowane przez nich rozwiązanie zakładało wykorzystanie informacji o lokalizacji osób znajdujących się w budynku oraz danych z systemu sygnalizacji pożarowej do dynamicznego wyznaczania dróg ewakuacyjnych. Następnie informacje o kierunku, w którym powinny przemieszczać się osoby opuszczające budynek wyświetlane były za pomocą podświetlanych znaków ewakuacyjnych. Podobny system bazujący na wykorzystaniu inteligentnych znaków ewakuacyjnych zaproponowali Hsu i współpracownicy [43]. W skład systemu wchodziły cztery moduły o zróżnicowanych funkcjach: (i) moduł ZigBee odpowiedzialny za monitorowanie informacji o środowisku przy użyciu sieci czujników bezprzewodowych pozwalających na pomiar temperatury, wilgotności i natężenia światła oraz komunikowanie informacji o alarmujących poziomach mierzonych parametrów; (ii) moduł lokalizacji RFID pozwalający na określenie liczby osób znajdujących się w danym pomieszczeniu i wyznaczanie drogi ewakuacji przy pomocy specjalnie opracowanego algorytmu; (iii) jednostki centralnej wyposażonej w interfejs do monitorowania przebiegu ewakuacji i kontrolującej przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi modułami oraz (iv) moduł inteligentnych znaków ewakuacyjnych pozwalający na wyświetlenie bieżących poleceń związanych z ewakuacją osobom znajdującym się w budynku. Dodatkową funkcją systemu było przekazywanie informacji o warunkach panujących wewnątrz budynku w czasie rzeczywistym do służb ratowniczych w celu zapewnienia im dodatkowego wsparcia informacyjnego podczas akcji.

Interesujące rozwiązanie opierające się na interakcji z osobami ewakuowanymi zaproponowali D'Orazio i współpracownicy [44]. Jego podstawowym zadaniem było skrócenie czasu, w którym osoby znajdujące się w budynku podejmują ewakuację (skrócenie czasu trwania fazy wstępnej ewakuacji). Zaprojektowany przez nich system, składał się z urządzeń nasobnego wyposażonego w dwa moduły o zróżnicowanych funkcjach. Pierwszy z nich stanowił moduł ZigBee przeznaczony do wyznaczania położenia osób po uruchomieniu alarmu oraz określenia, czy przemieszczają się oni w kierunku wyjść ewakuacyjnych. Drugi moduł służył do wygenerowania bodźca (alarmu wibracyjnego), który stymulował użytkownika do opuszczenia budynku. Ferscha i Zia opracowali urządzenie przenośne o nazwie LifeBelt w postaci paska służące do wibracyjnego nawigowania osób podczas ewakuacji [45]. Po uzyskaniu z jednostki centralnej informacji o położeniu danego użytkownika, urządzenie to wykorzystywało zmiany bodźców wibracyjnych, takie jak intensywność, czas trwania

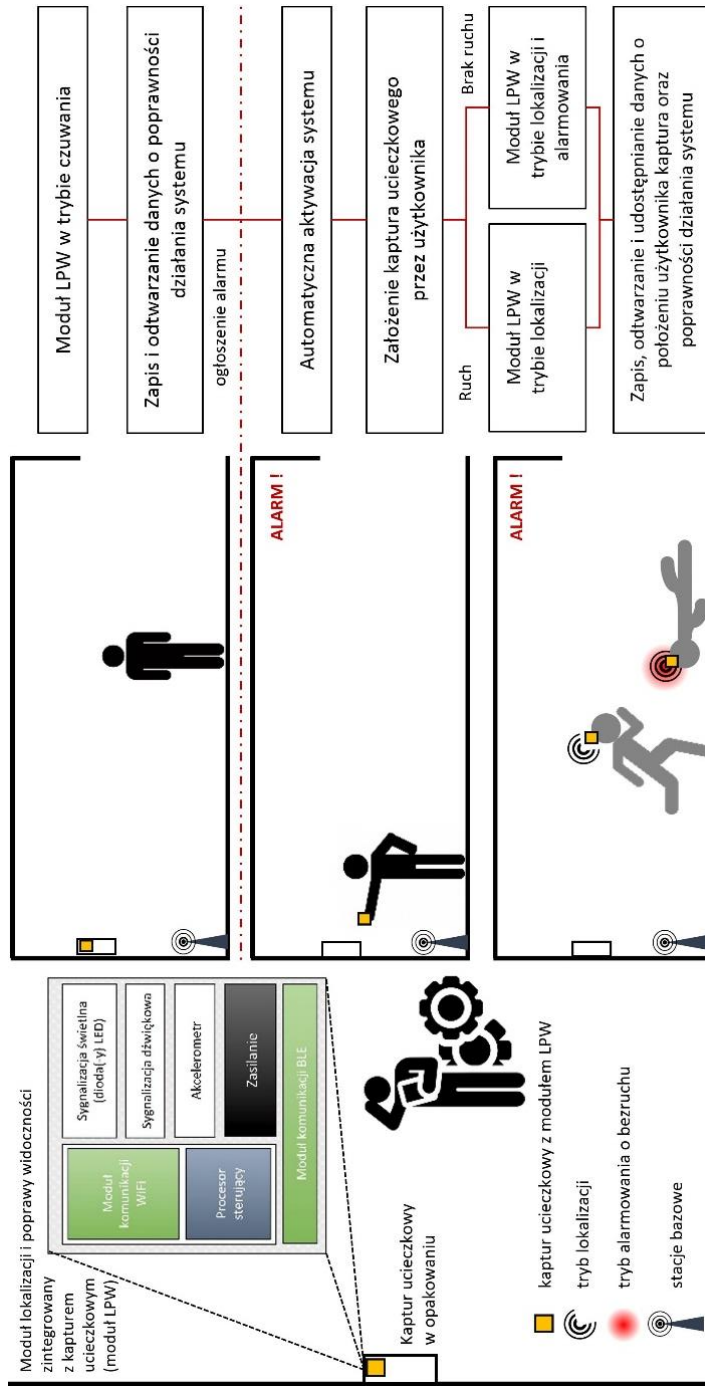
i częstotliwość, w celu wskazania kierunku, w którym powinien się on poruszać po usłyszeniu alarmu.

Inne ciekawe rozwiązanie stanowi projektowany obecnie w CIOP-PIB system lokalizacji i poprawy widoczności użytkownika kaptura ucieczkowego przeznaczony do stosowania podczas poważnych awarii przemysłowych, którego architekturę oraz koncepcję działania przedstawiono schematycznie na Rysunku 1.

Do opracowania systemu lokalizacji użytkownika kaptura ucieczkowego planuje się zastosowanie technologii Wi-Fi i/lub technologii BLE. Architektura systemu bazować będzie na zastosowaniu trzech rodzajów komponentów sprzętowych: stacji bazowych rozmieszczonych w odpowiedni sposób w budynku, serwera uruchomionego lokalnie lub w tzw. chmurze (zawierającego plany budynku, otaczającej go infrastruktury i bazy danych z lokalizacją poszczególnych stacji bazowych w budynku) oraz modułów lokalizacji i poprawy widoczności użytkownika zintegrowanych z konstrukcją kapturek ucieczkowych stanowiących kluczowy element systemu. Moduły te zostaną dodatkowo wyposażone w podsystem służący do alarmowania o bezruchu. Rozważone zostaną dwie możliwości uruchomienia świetlnego i dźwiękowego sygnału alarmowego. Pierwsza z nich obejmowała będzie wykorzystanie do tego celu informacji pochodzących z systemu lokalizacji. Druga, zapasowa, opcja to zastosowanie akcelerometru. Po zarejestrowaniu informacji o bezruchu użytkownika kaptura, oprogramowanie modułu wymusi uruchomienie sygnału alarmowego celem zwiększenia widzialności użytkownika przez służby ratownicze. Równolegle zakłada się opracowanie oprogramowania z prostym interfejsem graficznym pozwalającego na bieżącą kontrolę poprawności działania systemu, zapewnienie poprawnej komunikacji pomiędzy jego elementami, wyznaczenie lokalizacji użytkowników kapturek i udostępnienie informacji o ich położeniu zainteresowanym podmiotom.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wskazuje na znaczny postęp w rozwoju systemów lokalizacji bezprzewodowej przeznaczonych do zastosowania w ekstremalnych warunkach środowiskowych panujących podczas pożarów jako narzędzia wspomagającego przebieg akcji ratowniczych. Główne kierunki badań w tym obszarze obejmują przede wszystkim: wykorzystanie do lokalizacji technologii hybrydowych, które posiadają wzajemnie uzupełniające się funkcje; stosowanie danych z systemów lokalizacji do wyznaczania optymalnych w danym momencie dróg ewakuacyjnych oraz wykorzystanie telefonów komórkowych jako interfejsów pozwalających na informowanie osób ewakuowanych o bezpiecznej drodze wyjścia z budynku.



Rys. 1. Schemat przedstawiający uproszczoną architekturę systemu lokalizacji i poprawy widoczności kaptura ucieczkowego oraz koncepcję jego działania

Obserwowany jest również trend związany z integracją modułów elektronicznych stanowiących elementy architektury systemu lokalizacji z osprzętem, który stosowany jest standardowo przez członków ekip ratowniczych lub cywilnych użytkowników budynków (np. z odzieżą, obuwem, specjalistycznym sprzętem stosowanym przez strażaków). Wpisuje się on w stopniowo postępującą czwartą rewolucję przemysłową i, z uwagi na duży potencjał w zakresie poprawy bezpieczeństwa pracowników, zasługuje na zainteresowanie środowiska naukowego i przedstawicieli przemysłu.

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017–2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Literatura

- [1] Michalik J.S., Gajek A., Serwis nt. przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym, https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P15000156221346925948558 (data dostępu: 14.07.2018).
- [2] Lesiak P., Porowski R., Ocena skutków awarii przemysłowej w instalacjach procesowych, w tym efektu domino – część 1. Bezpieczeństwo I Technika Pożarnicza. 2012;3:13–26.
- [3] 2012/16/EU. Commission Directive of 10 May 2012 amending Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council to include hydrochloric acid as an active substance in Annex I thereto. Off J Eur Union. 2012;L 124:36.
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU20131422. 2015.
- [5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. DzU2010719. 2010.
- [6] Kobes M., Understanding human behaviour in fire - Validation of the use of serious gaming for research into fire safety psychonomics. 2010.
- [7] Bohannon J., Building safety. Directing the herd: crowds and the science of evacuation. Science; 2005 Oct 14;310(5746):219–21.
- [8] Kosiński R., Grabowski A., Matematyczne modelowanie i badania symulacyjne zachowania się ludzi podczas ewakuacji z budynków. Bezpieczeństwo Pracy. 2013;1:20–5.
- [9] Kobes M., Helsloot I., de Vries B., Post J.G., Building safety and human

- behaviour in fire: A literature review. *Fire Safety Journal*; 2010;45(1):1–11.
- [10] Merkel S., *Building Evacuation with Mobile Devices*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing; 2006.
- [11] Gu Y., Lo A., Niemegeers I. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks. *IEEE Commun Surv Tutor*. 2009;11(1): 13–32.
- [12] Vossiek M., Wiebking L., Gulden P., Wieghardt J., Hoffmann C., Heide P., *Wireless Local Positioning*. *IEEE Microw Mag*. 2003; December: 77–86.
- [13] Okrasa M., *Zastosowanie nowoczesnych systemów lokalizacji pracownika do poprawy bezpieczeństwa na stanowisku pracy*. [in:] *Nowe trendy w bezpieczeństwie pracy, środowisku i zarządzaniu*. Katowice: Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy; 2018. p. 279–94.
- [14] Drane C., Macnaughtan M, Scott C. Positioning GSM telephones. *IEEE Commun Mag*. 1998;36(4):46–59.
- [15] Alarifi A., Al-Salman A., Alsaleh M., Alnafessah A., Al-Hadhrami S., Al-Ammar M., et al. Ultra Wideband Indoor Positioning Technologies: Analysis and Recent Advances. *Sensors*. 2016;16(5):707.
- [16] Collin J., Mezentsev O., Lachapelle G., Indoor positioning system using accelerometry and high accuracy heading sensors. *Proc ION GPS/GNSS 2003 Conf*. 2003;9–12.
- [17] Nuaimi K Al, Kamel H., A survey of indoor positioning systems and algorithms *A Survey of Indoor Positioning Systems and Algorithms*. [in:] *2011 International Conference on Innovations in Information Technology*. 2016. p. 185–90.
- [18] Zhu L., Yang A., Wu D., Liu L., Survey of Indoor Positioning Technologies and Systems. *Life Syst Model Simul*. 2014;461:400–9.
- [19] Chóliz J., Eguizabal M., Hernandez-Solana A., Valdovinos A., Comparison of Algorithms for UWB Indoor Location and Tracking Systems. [in:] *Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2011 IEEE 73rd*. 2011. p. 1–5.
- [20] Brena R.F., García-Vázquez J.P., Galván-Tejada C.E., Muñoz-Rodríguez D., Vargas-Rosales C., Fangmeyer J., Evolution of Indoor Positioning Technologies: A Survey. *J Sensors*. 2017;2017.
- [21] Hightower J., Borriello G., Location Sensing Techniques. *IEEE Comput*. 2001;34(july):1–8.
- [22] Wilson J., Bhargava V., Redfern A., Wright P., A wireless sensor network and incident command interface for urban firefighting. *Proc 4th Annu Int Conf Mob Ubiquitous Syst Comput Netw Serv MobiQuitous 2007*. 2007.
- [23] Fischer C., Gellersen H., Location and navigation support for emergency responders: A survey. *IEEE Pervasive Comput*. 2010;9(1):38–47.
- [24] Amon F., Hamins A., Thermal Imaging Research Needs for First Res-

- ponders : Workshop Proceedings NIST. Nist. 2005.
- [25] Kokot-Góra S., Nicoń W., Cytawa A., Grzyb P., Podstawy zabezpieczenia i ratowania strażaków podczas wewnętrznych działań gaśniczych. Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej. Kraków; 2012.
 - [26] Report F. Evaluation and Enhancement of Fire Fighter PASS Effectiveness. 2015;(March).
 - [27] Statystyki Roczne Państwowej Straży Pożarnej. Warszawa; 2017.
 - [28] CDC – Fire Fighter Fatality Investigation and Prevention Program: Fatality Reports – NIOSH Workplace Safety and Health Topic, <https://www.cdc.gov/niosh/fire/investigations/completedinvestigations/completedinvestigations.html>, (data dostępu: 14.07.2018).
 - [29] Klann M. Tactical Navigation Support for Firefighters: The LifeNet Ad-Hoc Sensor-Network and Wearable System. Mobile Response, LNCS 5424. Springer; 2009. 41–56.
 - [30] Summit Safety, Inc. - Summit Safety Products, <http://www.summitsafetyinc.com/products/index.html>, (data dostępu: 14.07.2018).
 - [31] Amendolare V., Cyganski D., Duckworth R.J., Makarov S., Coyne J., Daempfling H., et al. WIP Precision personnel locator system: Inertial navigation supplementation. Rec - IEEE PLANS, Position Locat Navig Symp. 2008;350–7.
 - [32] Beaugregard S., Widyawan W., Klepal M., Indoor pdr performance enhancement using minimal map information and particle filters. Rec - IEEE PLANS, Position Locat Navig Symp. 2008;141–7.
 - [33] Ojeda L, Borenstein J. Non-GPS Navigation for Security Personnel and First Responders. J Navig. 2007;60(3):391.
 - [34] Cinaz B., Kenn H., Head SLAM - Simultaneous localization and mapping with head-mounted inertial and laser range sensors. Proc - Int Symp Wearable Comput ISWC. 2008;3–10.
 - [35] Voirin G., Working Garment Integrating Sensor Applications Developed Within the PROeTEX Project for Firefighter. 2015. 45-60 p.
 - [36] Cheng L., Wu C., Zhang Y., Chen L., A Rescue-Assist Wireless Sensor Networks for Large Building. 2013;(60874103):1424–8.
 - [37] Inoue Y., Sashima A., Ikeda T., Kurumatani K., Indoor emergency evacuation service on autonomous navigation system using mobile phone. Proc 2nd Int Symp Univers Commun ISUC 2008. 2008;79–85.
 - [38] Chittaro L., Nadalutti D., Presenting Evacuation Instructions on Mobile Devices by means of Location-Aware 3D Virtual Environments Evaluation design. MobileHCI 2008. 2008;1–4.
 - [39] Szwedko J., Shaw C., Connor A.G., Labrinidis A., Chrysanthis P.K., Demonstrating an evacuation algorithm with mobile devices using an e-scavenger hunt game. Proc Eighth ACM Int Work Data Eng Wirel Mob Access - MobiDE '09. 2009;49.

-
- [40] Chu L. A RFID-based hybrid building fire evacuation system on mobile phone. Proc - 2010 6th Int Conf Intell Inf Hiding Multimed Signal Process IHHMSP 2010. 2010;155–8.
 - [41] Chen LW, Chung JJ, Liu JX. GoFAST: A group-based emergency guiding system with dedicated path planning for mobile users using smartphones. Proc – 2015 IEEE 12th Int Conf Mob Ad Hoc Sens Syst MASS 2015. 2015;467–8.
 - [42] Bernardini G, Azzolini M, D’Orazio M, Quagliarini E. Intelligent evacuation guidance systems for improving fire safety of Italian-style historical theatres without altering their architectural characteristics. J Cult Herit. Elsevier Masson SAS; 2016;22:1006–18.
 - [43] Hsu HP, Yu KM, Chine ST, Cheng ST, Lei MY, Tsai N. Emergency evacuation base on intelligent digital signage systems. Proc - 2014 7th Int Conf Ubi-Media Comput Work U-MEDIA 2014. 2014;243–7.
 - [44] D’Orazio M, Longhi S, Olivetti P, Bernardini G. Design and experimental evaluation of an interactive system for pre-movement time reduction in case of fire. Autom Constr. Elsevier B.V.; 2015;52:16–28.
 - [45] Ferscha A, Zia K. On the efficiency of lifebelt based crowd evacuation. Proc - IEEE Int Symp Distrib Simul Real-Time Appl DS-RT. 2009;13–20.



Adrian Barasiński¹, Paweł Czaja², Dariusz Polak¹

¹*Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie*

ul. Sabinowska 62, 42–200 Częstochowa

e-mail: barasinskia@cspsp.pl, polakd@cspsp.pl

²*Politechnika Częstochowska*

Wydział Elektryczny

al. Armii Krajowej 17, 42–200 Częstochowa

e-mail: czajap@el.pcz.czest.pl

OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA I PRZECIWPORAŻENIOWA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH

Streszczenie. Prąd elektryczny jest głównym nośnikiem energii we współczesnych czasach. Każde gospodarstwo domowe, zakład pracy, a nawet pojazd mechaniczny, w mniejszym lub większym stopniu wykorzystuje energię elektryczną. Różne gałęzi gospodarki przemysłowej, transport oraz gospodarstwa domowe do normalnego funkcjonowania wymagają zasilania w energię elektryczną poprzez sieci lub instalacje elektroenergetyczne.

Stale rosnąca liczba urządzeń wymagających zasilania elektrycznego wpływa na potrzebę rozbudowy oraz dostosowywania infrastruktury do wymogów ich właściwego zasilania pod względem technicznym oraz bezpieczeństwa eksploatacji.

Nadmierna eksploatacja zasobów naturalnych wpływa na ich szybkie kurczenie, wzrost kosztów pozyskiwania oraz kosztów końcowej produkcji energii elektrycznej.

Wprowadzone w Polsce regulacje prawne w zakresie pozyskiwania i zbywania energii, wyprodukowanej w prosumenckich mikro instalacjach, wpłynęły na dynamiczny rozwój sektora „zielonej” energetyki. Polska zobowiązana jest do 2020 r. zwiększyć procentowy udział energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych w ogólnym bilansie energetycznym do poziomu 15%.

Technologia fotowoltaiczna (PV) staje się coraz częściej wykorzystywana w mikro instalacjach ($\leq 10\text{kW}$), montowanych na dachach domów jednorodzinnych lub w postaci zestawów modułów wolnostojących na prywatnych posesjach. Instalacje tego typu w większości eksploatowane są przez osoby nie mające odpowiedniej wiedzy i przygotowania praktycznego, dotyczącego bezpieczeństwa obsługi urządzeń i instalacji elektrycznych.

Wystąpienie pożaru lub innego zagrożenia w obrębie obiektu z zabudowaną instalacją fotowoltaiczną, wymaga podjęcia przez służby odpowiednich kroków umożliwiających

bezpieczne przeprowadzenie akcji ratowniczej lub gaśniczej. W zakresie typowych urządzeń i instalacji zasilanych z sieci dystrybucyjnej w energię elektryczną, wymagania techniczne oraz procedury odłączenia zasilania elektrycznego są jasno określone w przepisach. W przypadku instalacji fotowoltaicznych, ze względu na ich specyfikę pracy, brak jest możliwości jednoznacznego wyeliminowania zagrożenia wynikającego z obecności elementów pod napięciem w trakcie trwania akcji ratowniczo-gaśniczej.

W artykule przeprowadzono analizę sposobu działania systemu fotowoltaicznego, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń porażeniowych prądem elektrycznym dla strażaków biorących udział w akcji ratowniczo-gaśniczej w obrębie czynnej instalacji fotowoltaicznej.

Słowa kluczowe: instalacja fotowoltaiczna, prąd elektryczny, straż pożarna, porażenie, pożar, bezpieczeństwo pożarowe

FIRE AND ELECTRIC SHOCK PROTECTION OF PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS

Abstract. The electric current is the main energy carrier in today's world. Each household, work place and vehicles use it more or less. Different branches of industrial economy, transport and household need electric power from mains or electric power installations to work correctly.

The number of devices, which need electric power, is growing all the time. It impacts on the necessity of expansion and adjustment the infrastructure to have the correct power in terms of technical and safe operation.

An excessive exploitation of natural resources affects on theirs quick shorten, the growth of acquisition costs and also the growth of final electric power costs.

Legal regulations, which were brought in Poland in regard to acquire and dispose energy produced in micro installations, has impacted on the dynamic development of green energy area. Poland till 2020 is obliged to increase the number of energy produced via renewable sources to 15% of the whole energy.

Photovoltaics technology (PV) is becoming more and more used in micro installations ($\leq 10\text{kW}$) which are installed on detached houses' roofs or free-standing modules which are situated on private properties. These types of installations are mainly utilized by people, who do not have enough knowledge and practical preparation of using electric devices and installations in safety way.

The occurrence of fire or other danger within facility with photovoltaics installation requires taking the right action by rescue services which enable safe rescue and firefighting action. When it comes to get off the power supply from typical devices and installations supplied by electricity, technical requirements and procedures are clarified in regulations. In the case of photovoltaics installations there is no clear possibility to eliminate the threat because of theirs specificity during the rescue and firefighting action.

In this article, the analysis of photovoltaics system's mode of action has been conducted with due regard to electrocution threats among firefighters taking part in rescue and firefighting action within active photovoltaics installation.

Keywords: photovoltaic installations electric current, the State Fire Service, electric shock, fire, fire safety.

Budowa obwodów DC instalacji PV

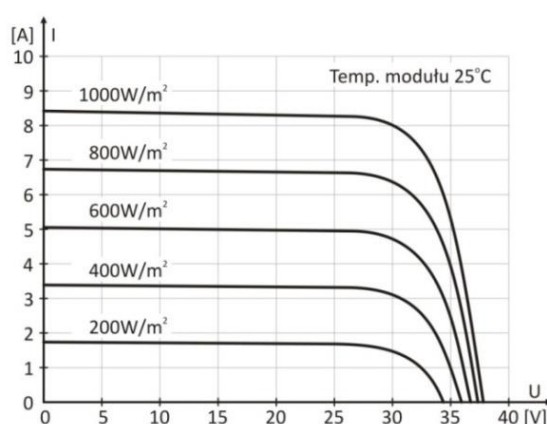
Projektując i budując instalacje PV, należy odpowiednio dobrać środki ochrony przeciwporażeniowej, uwzględnić negatywny wpływ warunków środowiskowych, tak aby cała instalacja prawidłowo funkcjonowała przez zakładany okres eksploatacji oraz aby nie stwarzała niebezpieczeństwa dla osób postronnych i strażaków biorących udział w akcji ratowniczo-gaśniczej.

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie [2], obwody strony DC należy traktować jako urządzenia pod napięciem, nawet jeśli cała instalacja PV jest odłączona od strony AC (od sieci elektroenergetycznej).

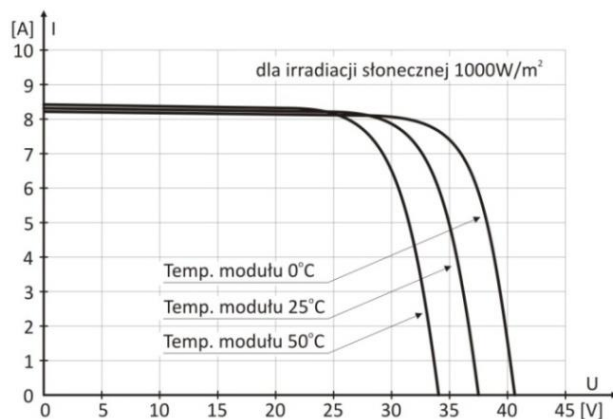
Instalacja fotowoltaiczna jest systemem elektrycznym, w skład którego wchodzi moduły fotowoltaiczne (panele), konstrukcja montażowa (system montażowy), inwerter (falownik), okablowanie (przewody), zabezpieczenia. Instalacja fotowoltaiczna może pracować w dwóch systemach: off-grid czyli niepodłączony do sieci, w którym występują magazyny energii w postaci akumulatorów różnego typu lub w systemie on-grid, czyli ze stałym połączeniem z siecią elektroenergetyczną. Instalacje off-grid wykorzystują akumulatory do gromadzenia energii, natomiast instalacje przyłączone do sieci elektroenergetycznej (on-grid) nie posiadają dodatkowego źródła magazynowania energii, a nadwyżki w niej wytworzone oddawane są do sieci. Najczęściej stosowanym rodzajem instalacji tego typu jest system hybrydowy, będący połączeniem obu wyżej wymienionych.

Głównym składnikiem takiej instalacji są moduły fotowoltaiczne. Są to urządzenia elektryczne, w których przy wykorzystaniu zjawiska fotoelektrycznego zachodzi bezpośrednia przemiana energii promieniowania świetlnego w energię elektryczną. Pojedynczy moduł PV, np. o mocy 250 W, może wygenerować napięcie stałe w zakresie do 40 V (Rys. 1, 2). Wartość generowanego prądu uzależniona jest bardzo silnie od intensywności promieniowania słonecznego. W celu uzyskania większych mocy, moduły PV łączy się ze sobą szeregowo i/lub równolegle. Połączenie szeregowe powoduje wzrost napięcia w obwodzie DC, proporcjonalnie do ilości połączonych modułów (Rys. 3). Połączone szeregowo, tworzą łańcuchy, z których energia elektryczna przekazywana jest za pomocą połączeń kablowych do inwerterów (falowników). Maksymalne dozwolone napięcie obwodu otwartego DC w warunkach standardowych ($U_{OC\ STC}$) [2], ograniczone jest specyfikacją techniczną zas-

tosowanych urządzeń: inwertera, modułów PV, elementów zabezpieczających oraz okablowania (typowo $U_{OC\ STC} = 1000\ V$). W celu osiągnięcia wyższych prądów, a tym samym wyższych mocy w instalacji, szeregowo łańcuchy modułów PV łączy się równoległe (Rys. 4). Maksymalna wartość prądu strony DC ograniczona jest parametrami technicznymi zastosowanego inwertera. Należy przestrzegać zasady, że wszystkie łączone moduły PV powinny posiadać te same parametry techniczne.



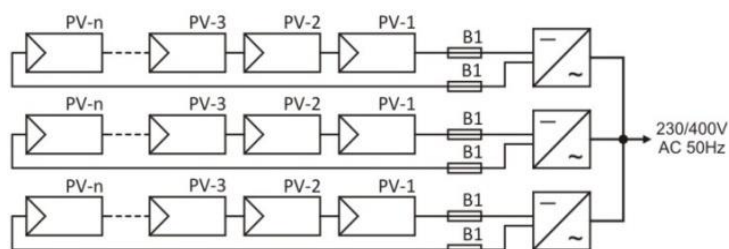
Rys. 1. Charakterystyki $I=f(U)$ przykładowego modułu o mocy 250W dla różnych wartości iradiacji słonecznej ($t = \text{const.}$)



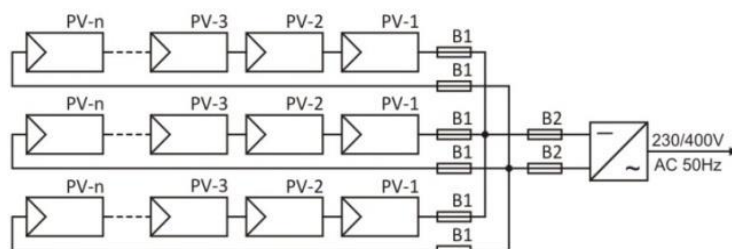
Rys. 2. Charakterystyki $I=f(U)$ przykładowego modułu o mocy 250W dla różnych temp. pracy (irradiacja słoneczna const.)

Dwoma podstawowymi czynnikami technicznymi, wpływającymi na ograniczony zakres możliwych do zastosowania środków ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach PV, są: brak możliwości wyłączenia obwodów DC

dopóki moduły PV są wystawione na promieniowanie słoneczne oraz mała wartość generowanego prądu zwarciego. Typowe prądy zwarcie w obwodach szeregowo połączonych modułów PV są tylko o ok. 10% większe od znamionowych prądów pracy. W związku z tym bezcelowe jest stosowanie w obwodach DC ochrony polegającej na samoczynnym wyłączeniu zasilania w wymaganym czasie.



Rys. 3. Szeregowe połączenie modułów PV z inwerterami DC/AC



Rys. 4. Połączenie równoległe łańcuchów (szeregowych) modułów PV do centralnego inwertera DC/AC instalacji PV

Norma [2] nakazuje stosować urządzenia zabezpieczające w obwodach DC do ochrony modułów PV i okablowania przed prądami zwarc po stronie AC inwertera (w przypadku braku separacji galwanicznej) oraz przed prądami zwrotnymi występującymi przy uszkodzeniu jednego z kilku połączonych równoległe łańcuchów modułów PV. Najczęściej stosowane są bezpieczniki o charakterystyce gPV, zgodnie z wymaganiami normy [7], napięciu znamionowym wyższym niż najwyższe napięcie w obwodzie DC ($< U_{OC\ STC}$) oraz prądzie znamionowym, spełniającym zależność [1]:

$$1,4 \cdot I_{SC} \leq I_n \leq 2,4 \cdot I_{SC} \quad (1)$$

gdzie: I_{SC} - znamionowy prąd zwarciego modułów PV, I_n - znamionowy prąd bezpiecznika.

Najczęstszymi uszkodzeniami występującymi w obwodach DC instalacji PV są przebicia elektryczne izolacji wynikające z wysokich wartości napięć roboczych oraz negatywnych wpływów warunków atmosferycznych (wilgoć, temperatura, promieniowanie UV).

Podstawowe zasady ochrony przeciwporażeniowej w obwodach DC instalacji PV

Zgodnie z wymogami normy [2], w obwodach instalacji PV o napięciu $U_{OC \max} > 120 \text{ V DC}$, jako środek ochrony przeciwporażeniowej należy stosować izolację wzmocnioną lub podwójną. Dostępne na rynku moduły fotowoltaiczne, standardowo produkowane są w II klasie ochronności, przystosowane są do pracy w zakresie temperatur $-40^{\circ}\text{C} \div +90^{\circ}\text{C}$ i zapewniają szczelność na poziomie IP67. Maksymalne napięcie w obwodzie DC, łączącym pojedyncze moduły w łańcuchy może wynosić maksymalnie 1000 V.

Na przewodowanie obwodów DC, należy stosować kable jednożyłowe na napięcie min. 0,6/1 kV o dopuszczalnej temperaturze pracy nie niższej niż 90°C i wysokiej odporności na promieniowanie UV. Ze względu na temperaturę pracy i sposób instalacji, wyznaczając dopuszczalną długotrwałą obciążalność prądową kabli, wymagane jest stosowanie współczynników korekcyjnych w odniesieniu do wartości określonych przez producentów. W tab. 1 zestawiono dane techniczne kabla PV1-F, wytwarzanego przez wielu producentów z przeznaczeniem do wykorzystania w obwodach DC instalacji PV. Do łączenia kabli w obwodach DC należy stosować certyfikowane złącza systemowe o parametrach technicznych porównywalnych z właściwościami kabla PV1-F, np. złącza typu MK-4.

Tabela 1: Właściwości techniczne kabla typu PV1-F [6]

typ	PV1-F	
napięcie pracy (AC)	600/1000 V	<ul style="list-style-type: none"> - żyła skręcana miedziana, pobielana, - podwójna izolacja, - odporny na warunki atmosferyczne, promieniowanie UV, ozon, - dobra odporność na oleje oraz chemikalia, - zewnętrzna opona odporna na przetarcia i uszkodzenia, - dzięki podwójnej izolacji, krótkotrwale odporny na bardzo wysoką temperaturę podczas zwarcia (5s/200°C)
napięcie pracy (DC)	1800 V	
napięcie testu (50 Hz)	4000 V	
zakres temperatur	$-40^{\circ}\text{C} \div +90^{\circ}\text{C}$	
max. temp. na żyłę	$+120^{\circ}\text{C}$	
min. promień gięcia	4x (średnica zew.)	
elastyczność	klasa 5	

Stosowanie wzmocnionej lub podwójnej izolacji nie wyklucza ryzyka powstania uszkodzenia [3]. Usterki izolacji w obwodach DC mogą być bardzo niebezpieczne ze względu na możliwość powstania łuku elektrycznego i małe prawdopodobieństwo jego samoistnego wygaszenia. Dodatkowym zabezpieczeniem mogą być urządzenia kontrolujące stan izolacji w obwodach DC, sygnalizujące i ostrzegające o powstałym uszkodzeniu [4, 5].

Zagrożenia wynikające z pracy instalacji fotowoltaicznej

Instalacje PV mogą stwarzać zagrożenie fizyczne, chemiczne i elektryczne. Moduły generują napięcie pod wpływem promieniowania słonecznego nawet wtedy, gdy są fizycznie odłączone od sieci lub w części przykryte, np. śniegiem. Standardowe systemy zawierają od kilkudziesięciu do kilkuset modułów PV, jeden lub kilka inwerterów konwertujących prąd DC produkowany przez panele PV do prądu AC zsynchronizowanego z siecią. Typowy moduł PV wytwarza napięcie $20 \div 40$ V. Wystarczy 3÷4 działające moduły, by produkowały napięcie niebezpieczne dla osób dotykających ich odsłonięte elementy.

Podstawowym zabezpieczeniem inwertera jest „intyislanding” czyli „nie bądź samotną wyspą energii”. Oznacza to, że w przypadku odcięcia przepływu prądu od inwertera do sieci energetycznej, sytuacja ta zostaje wykryta i następuje odcięcie prądu w czasie poniżej 0,1 sekundy. Dla ratowników biorących udział w prowadzonych działaniach oznacza to, że po wyłączeniu zasilania budynku, panele nie powinny już produkować prądu. Niestety nie! Panele w słońcu nadal produkują prąd, tyle tylko, że nic nie zamyka obwodu elektrycznego. Pęknięty panel + woda = zamknięty obwód = porażenie!

Najczęstsze zagrożenia występujące przy pracy w obrębie systemów fotowoltaicznych to:

- Porażenie prądem powstałe w wyniku efektu łuku elektrycznego w trakcie gaszenia; efekt kominowy w instalacjach dachowych – szybkie rozprzestrzenianie się pożaru po instalacji;
- Poparzenia;
- Zatrucia w wyniku występowania gazów toksycznych w trakcie spalania elementów instalacji. Ogniwa fotowoltaiczne w trakcie spalania wytwarzają trzy główne szkodliwe związki chemiczne:
 - tellurek kadmu (CdTe) - zwykle w instalacjach komercyjnych lub użytkowych - rakotwórczy,
 - arsenek galu (GaAs) – wysoce toksyczny i rakotwórczy,
 - fosfor (P) – najgorszy ze wszystkich trzech (dawka śmiertelna wynosi 50 mg).

- Porażenie prądem podczas prac rozbiórkowych szczególnie na systemach z potencjalnymi awariami i uszkodzonymi komponentami. Ryzyko to wzrasta szczególnie dla ekip ratunkowych podczas akcji oraz w czasie usuwania skutków zdarzenia, takich jak: pożar, powódź, zawalenie lub zerwanie dachu, uszkodzenie mechaniczne modułów i innych komponentów podczas anomalii atmosferycznych, itp.;
- Brak możliwości rozłączenia łańcuchów pod napięciem stałym, a tym samym zwiększenie ryzyka powstania łuku istnieje nawet po kontroli pożarowej, ponieważ generator fotowoltaiczny ciągle pracuje. Dla ekip ratowniczych utrudnieniem może być fakt, że trasy kablowe nie są udokumentowane lub są trudno dostępne.
- Występowanie napięcia na konstrukcji montażowej. Należy pamiętać że nawet jeden uszkodzony element instalacji, takich jak panel, konektor, złączka, uszkodzone połączenie wyrównawcze może powodować występowanie prądów upływowych stanowiących zagrożenie zdrowia i życia!
- Brak możliwości oddzielenia linii zasilania prądem stałym od przewodów prądu przemiennego, np. linie energetyczne w budynku. Dodatkowo linie te nie są łatwo rozpoznawalne, zazwyczaj prowadzone są w osłoniętych korytach kablowych lub peszlach. Trudno odróżnić je od zwykłych przewodów sieciowych.
- Spadające elementy instalacji z połaci dachowych.

Działania ratowniczo-gaśnicze w budynkach wyposażonych w instalację fotowoltaiczną

Jednym z pierwszych czynności wykonywanych przez straż pożarną podczas działań ratowniczo-gaśniczych jest przeprowadzenie rozpoznania miejsca zdarzenia. Dla budynku wyposażonego w instalację PV, mogącą stanowić zagrożenie jako rozpoznanie można przyjąć ustalenie stanu instalacji PV. W tym celu należy wykonać kilka podstawowych kroków ułatwiających wypracowanie decyzji. Pierwszym z nich jest uzyskanie od personelu, uczestników zdarzenia lub świadków jak największej ilości informacji na temat okoliczności zdarzenia. Wiadomości te mogą obejmować m.in. sposób funkcjonowania instalacji fotowoltaicznej (on-grid/off-grid), miejsce usytuowania falownika, trasę kablową AC i DC, itp. Przystępując do działań, zawsze należy zachować szczególną ostrożność. Jeśli to nie jest konieczne, nie należy zbliżać się do pracującej instalacji. Następnie, kierujący działaniami ratowniczymi (KDR) powinien określić stan instalacji na podstawie oznak zewnętrznych (jej wyglądu) oraz otoczenia. Do obserwacji można użyć np. kamery termowizyjnej. Okopcenie paneli, widoczne przebarwienia, uszkodzone termicznie

złącza i przewody świadczą, że mogło dojść do uszkodzenia instalacji i pojawienia się napięcia na metalowych elementach instalacji i budynku. Kolejnym krokiem jest określenie z jaką mocą instalacji (ilością paneli) mamy do czynienia, co może pomóc w ustaleniu napięcia na przewodach po stronie DC. Bardzo ważnym jest również zweryfikowanie czy/lub w jakie zabezpieczenia wyposażona jest instalacja PV. Czy w jej skład wchodzi optymalizatory lub rozłączniki DC. Następnie w zależności od rodzaju instalacji konieczne staje się zlokalizowanie akumulatorów i ich odpowiednie zabezpieczenie przed działaniem wysokiej temperatury lub ognia. Warty podkreślenia jest fakt, iż w sytuacji braku odpowiednich informacji o stanie instalacji, niezbędne jest stosowanie maksymalnych środków ochrony. Przyjmuje się wówczas, że jest to najbardziej niebezpieczny przypadek, a mianowicie, że doszło do uszkodzenia instalacji – występują prądy i napięcia upływowo o wartości niebezpiecznej dla zdrowia i życia ratowników.

Samo prowadzenie działań w pobliżu instalacji fotowoltaicznej wymaga zachowania odpowiednich warunków bezpieczeństwa. Pierwszym z nich jest stosowanie odpowiedniej odzieży ochronnej, tj. ubrań specjalnych i aparatów ochrony dróg oddechowych. Przydatne jest również wyposażenie się w sprzęt elektroizolacyjny w postaci odpowiednich rękawic, obuwia (mogą to być buty gumowe strażackie). Następnie, w celu neutralizacji zagrożenia, konieczne jest odłączenia zarówno od strony AC, jak i DC instalacji (w tym także inwertera). Jakikolwiek operacje polegające na rozłączaniu (kabli i przewodów) wykonywane są tylko w przypadku, gdy instalacja fotowoltaiczna wyposażona jest w rozłączniki bezpiecznikowe prądu stałego (bocznik pożarowy) oraz bezpieczniki prądu zmiennego. W przeciwnym wypadku istnieje ryzyko porażenia łukiem elektrycznym prądu stałego. Podczas nasłonecznienia (ale i nie tylko) przewody i elementy instalacji fotowoltaicznej pozostają pod napięciem elektrycznym do miejsca, w którym znajduje się rozłącznik prądu stałego. Wymagana jest szczególna ostrożność. Należy zachować bezpieczną odległość (1 m) od elementów instalacji, a także odpowiednią odległość w przypadku podawania środków gaśniczych na płonąca część instalacji. Gaszenie pożaru baterii ołowiowo-kwasowych należy wykonywać za pomocą gaśnic CO₂, pianowych lub suchych. Pod żadnym pozorem nie należy stosować wody, ani podejmować żadnej próby przecięcia akumulatorów. Grozi to wylaniem się elektrolitu, co z kolei może prowadzić do poparzenia skóry i podrażnienia górnych dróg oddechowych. Ważne staje się również współpracowanie z odpowiednimi służbami wykwalifikowanym i do pracy przy instalacji PV. Są to często odpowiednio przeszkoleni elektrycy lub instalatorzy danego systemu. Samo zakończenie działań wymaga również zapewnienia bezpiecznych warunków gwarantujących uniemożliwienie ponownego uruchomienia uszkodzonej instalacji poprzez jej zabezpieczenie i konsultacje z dostawcą/installatorem systemu.

Wnioski

Coraz szybszy rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) wymaga odpowiedniego przystosowania strażaków ratowników do radzenia sobie z taki zagrożeniem. W związku z tym zasadna byłaby realizacja specjalistycznych szkoleń i warsztatów umożliwiających zapoznanie się strażaków PSP i OSP ze sposobami niwelowania zagrożeń porażeniowych od strony OZE.

Wystąpienie pożaru lub innego zagrożenia w obrębie obiektu z zabudowaną instalacją fotowoltaiczną, wymaga podjęcia przez służby odpowiednich kroków umożliwiających bezpieczne przeprowadzenie akcji ratowniczej lub gaśniczej. W tym celu zasadne staje się wprowadzenie nowelizacji rozporządzenia dotyczącego szczegółowych zasad bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej uwzględniającego zagrożeń wynikających z alternatywnych źródłem zasilania.

Niezbędne byłoby wprowadzenie stosownych przepisów prawa mówiących o sposobie postępowania w razie pożarów lub innych zagrożeń wynikających z OZE.

Należy wprowadzić obowiązek odpowiedniego oznakowania instalacji PV, tak aby na etapie rozpoznania KDR miał pełen wgląd w sposoby zabezpieczenia instalacji, lokalizację akumulatorów i tras kablowych.

Zaleca się wzmożenie doraźnych kontroli skuteczności działania systemów zabezpieczających.

Literatura

- [1] Szczerbowski R.: Instalacje fotowoltaiczne – aspekty techniczno-ekonomiczne, *Przegląd Elektrotechniczny*, R.90, nr 10/2014, s. 31–36.
- [2] Norma PN-HD 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7–712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.
- [3] Norma PN-EN 61140:2005 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym - Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.
- [4] Norma PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
- [5] Musiał E.: Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach niskiego napięcia. Konsekwencje ustanowienia normy PN-HD 60364-4-41:2009, *INPE* nr 129/130, 2010, s. 5–39.
- [6] HELUKABEL, Katalog produktów - Kable i przewody, 2014.

- [7] Norma PN-EN 60269-6:2011 Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe - Część 6: Wymagania dodatkowe dotyczące wkładek topikowych do zabezpieczania fotowoltaicznych systemów energetycznych.



Anna Skład

*Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Zarządzania Bezpieczeństwem i Higieną Pracy
ul. Czerniakowska 16, 00–701 Warszawa*

**PROCESY ZARZĄDCZE W SYSTEMIE ZARZĄDZANIA
BHP A POZIOM BEZPIECZEŃSTWA
W PRZEDSIĘBIORSTWIE**

Streszczenie. System zarządzania bhp składa się z zestawu oddziałujących pomiędzy sobą procesów, a jego cel to zapobieganie wypadkom przy pracy i chorobom zawodowym oraz zapewnianie bezpieczeństwa w miejscu pracy.

Przeprowadzono szereg badań, w ramach których dowiedziono, że realizacja wybranych pojedynczych procesów w sferze zarządzania bhp wywiera pozytywny wpływ na bezpieczeństwo zatrudnionych. Podjęto również wiele prób udowodnienia, że systemy zarządzania bhp są skuteczne, tj. spełniają swój cel. W badaniach tych stosowano różne miary skuteczności odnoszące się zarówno do całego systemu, jak i do poszczególnych procesów. Część badaczy posługiwała się wskaźnikami wypadków przy pracy, badała i analizowała zmiany w ocenie fizycznego i psychospołecznego środowiska pracy oraz zmiany w ocenie samopoczucia pracowników, a także wskaźniki w zakresie konkurencyjności i wyników ekonomicznych przedsiębiorstw. Inni opierali się w swoich badaniach na wynikach pomiarów poszczególnych procesów. Niemniej dotychczas przeprowadzone badania nie dały jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czy systemy zarządzania bhp wdrożone w przedsiębiorstwach są skuteczne ani jakie czynniki o tej skuteczności decydują.

Bez wątpienia zapewnianie skuteczności systemów zarządzania bhp wymaga wdrażania, utrzymywania i doskonalenia w przedsiębiorstwach zestawu podstawowych procesów. Jednak istnieją odmienne poglądy na temat tego, które z tych procesów pełnią w systemach kluczową rolę. Według różnych naukowców i praktyków, skuteczność systemów zależy przede wszystkim od wiarygodnej i szczegółowej oceny ryzyka, od otwartej komunikacji i rzeczywistego zaangażowania pracowników, od wysokiej jakości szkoleń w zakresie bezpieczeństwa, od wnikliwego audytu i przemyślanych działań prewencyjnych lub od dojrzałego przywództwa w zakresie bhp.

Proponuje się, aby – celem rozstrzygnięcia wątpliwości w tym zakresie – zastosować metodę rozmytych map kognitywnych. Wskazanie procesów w systemie, które w największym stopniu decydują o jego skuteczności ułatwi określenie priorytetów w obszarze doskonalenia systemów i może znacząco i pozytywnie wpłynąć na bezpieczeństwo zatrudnionych w przedsiębiorstwach, które wdrożyły systemy.

Słowa kluczowe: system zarządzania bhp, proces, bezpieczeństwo, rozmyte mapy kognitywne.

PROCESSES IN THE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AND THE SAFETY PERFORMANCE OF THE ENTERPRISES

Abstract. The Occupational Safety and Health Management System (OSH MS) consists of a set of processes that interact with each other, and its goals are to prevent injury and/or ill health to workers and to provide safe and healthy workplaces.

A number of studies have been conducted, which proved that the selected occupational health and safety management processes have positive impact on the safety of employees. At the same time a lot of effort has been made to prove that OSH MSs are effective, i.e. meet their goals. In their studies, researchers applied different measures of effectiveness, relating to the entire system or individual processes: they used occupational injury rates, examined and analyzed changes in the assessment of the physical and psychosocial work environment and changes in the assessment of employees well-being, or took into account competitiveness and economic performance indicators. In some studies safety performance was measured by application of performance indicators for individual processes. Nevertheless, the research carried out so far did not give a definite answer to the question whether the occupational health and safety management systems implemented in enterprises were effective and which factors determined this effectiveness.

Undoubtedly, ensuring the effectiveness of OHS MSs in enterprises requires the implementation, maintenance and improvement of a set of basic processes. However, there are different views about processes playing a key role in the systems. According to various scientists and practitioners, the effectiveness of systems depends primarily on a reliable and detailed risk assessment, on open communication and real employee involvement, on high quality safety training, on comprehensive audit and thorough preventive actions or on mature OSH leadership.

In order to resolve this issue it is suggested to apply the Fuzzy Cognitive Map approach. Identification of processes that affect the system effectiveness most will facilitate the continual improvement of OSH MSs and can significantly increase employee safety in enterprises.

Keywords: Occupational Health and Safety Management System, process, safety performance, fuzzy cognitive maps.

Wprowadzenie

Systemy zarządzania rozwijają się od połowy ubiegłego wieku¹. Początkowo odnosiły się do jakości produktów, z czasem zaczęły obejmować inne

¹ W Stanach Zjednoczonych pod koniec lat 50. ubiegłego wieku powstały pierwsze standardy w zakresie zarządzania jakością: w 1959 r. opracowano normę MIL-Q-9858, w której sformułowano wymagania wobec dostawców oferujących swoje produkty armii USA, w latach 1963 i 1969 wydano kolejne wersje tego standardu: MIL-Q-9858A oraz AQAP-1, przy czym AQAP obowiązywał we wszystkich krajach NATO. Po przemyśle militarnym normalizacja zarządzania objęła przemysł maszynowy i energetykę jądrową. W latach 70. powstały pierwsze narodowe normy zarządzania jakością, które można było zastosować w dowolnej branży: w 1975 r. norma CSA 3-Z299 w Kanadzie oraz A.S. 1821/22/23 w Australii, a w 1979 r. – norma BS 5750 w Wielkiej Brytanii. Pierwsze uniwersalne międzynarodowe normy dotyczące zarządzania jakością – normy serii ISO 9000 – zostały wydane przez Międzynarodową Organizację Standaryzacyjną w 1987 r. Najnowsza wersja normy ISO 9001 pochodzi z 2015 r.

aspekty funkcjonowania przedsiębiorstw, m.in.: aspekty środowiskowe, bezpieczeństwo i higienę pracy czy bezpieczeństwo informacji.

Przełomowym momentem w rozwoju systemów zarządzania był 2000 r., kiedy wydano znowelizowaną normę ISO 9001. Jedną z najistotniejszych zmian w porównaniu do poprzednich wersji normy była zmiana definicji podejścia procesowego w zarządzaniu [8]. Przed milenijną nowelizacją normy ISO 9001 podejście procesowe opierało się na identyfikowaniu procesów, ich udokumentowaniu i nadzorowaniu zgodnie z określonymi zasadami. Od 2000 roku istota podejścia procesowego ewoluuje raczej w kierunku określenia zależności między procesami oraz ich wyjściami po to, aby zapewnić niezakłóconą sekwencyjną realizację procesów, która doprowadzi do uzyskania pożądanego rezultatu. Podejście procesowe do zarządzania jest tym samym kluczowym narzędziem decydującym o skuteczności systemów zarządzania pojmowanej jako zdolność tych systemów do realizacji założonych celów.

Celem artykułu jest zaprezentowanie przeglądu badań poświęconych skuteczności systemów zarządzania oraz badań na temat wpływu poszczególnych procesów będących elementami systemu zarządzania bhp na poziom bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie. Na zakończenie proponuje się zastosowanie metody rozmytych map kognitywnych do modelowania systemów zarządzania bhp po to, aby – na podstawie symulacji z wykorzystaniem modeli – zidentyfikować procesy decydujące w największym stopniu o skuteczności systemów, a następnie – poprawić skuteczność tych systemów w przedsiębiorstwach.

Rozwój systemów zarządzania bhp

12 marca br. po raz pierwszy opublikowano normę ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. Poprzednie próby ustanowienia takiej normy na forum Międzynarodowej Organizacji Standaryzacyjnej (ang. International Organisation for Standardisation, w skrócie – ISO) podejmowane w latach 1996 i 2000 zakończyły się niepowodzeniem: w obu sytuacjach nie udało się uzyskać większości 2/3 głosów wymaganej do uchwalenia normy, przy czym największe kontrowersje wśród specjalistów zaangażowanych w proces tworzenia standardu wynikały ze znacznych różnic w regulacjach prawnych w zakresie bhp obowiązujących w krajach, które reprezentowali. Nie bez znaczenia był również sprzeciw wobec uchwalenia normy wyrażony przez Międzynarodową Organizację Pracy (MOP), która w tym czasie prowadziła prace nad własną wersją wymagań do systemu zarządzania bhp [18].

Niemniej w ciągu minionych kilkudziesięciu lat powstało i znalazło zastosowanie w praktyce gospodarczej szereg dokumentów o charakterze norma-

tywnym stanowiących wymagania odnośnie do systemów zarządzania bhp. W latach 90. zaczęły się pojawiać normy narodowe w tym zakresie, np. AS/NZS 484 w Nowej Zelandii, NPR 5001 w Holandii, UNE 81900 w Hiszpanii, czy BS 8800 w Wielkiej Brytanii [18]. W 1999 r. opublikowano polską normę PN-N-18001 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Wymagania.

W 2001 r. powstał dokument opracowany przez MOP: *Wytyczne do systemów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy ILO-OSH 2001*.

W przeciwieństwie do norm serii ISO, które są tworzone przy znacznym udziale firm audytowych oraz organizacji zajmujących się standaryzacją, wytyczne MOP zostały opracowane przez zespół składający się w równych częściach z przedstawicieli rządów, pracodawców i pracowników, w tym – związków zawodowych. Wytyczne zostały formalnie przyjęte w wielu krajach, a także użyte jako wzorce przez prywatne korporacje, które tworzyły własne systemy zarządzania bhp [18].

Poza wytycznymi MOP, szczególną rolę wśród dokumentów stanowiących wymagania w zakresie systemów zarządzania bhp, odgrywa na arenie międzynarodowej jeszcze jeden dokument. Po nieudanej próbie ustanowienia normy ISO, brytyjska instytucja normalizacyjna British Standards Institution (BSI) we współpracy z przedstawicielami innych krajowych jednostek normalizacyjnych, opracowała w 1999 r. standard BS OHSAS 18001 *Occupational Health and Safety Assessment Series*. Od tej pory OHSAS 18001 był powszechnie uznawany i działał de facto jako międzynarodowy standard. Jakkolwiek, w związku z uchwaleniem normy ISO 45001, aktualnie stopniowo traci na znaczeniu.

Definicja systemu zarządzania bhp

W literaturze naukowej opublikowano wiele definicji pojęcia *system zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy* [34, 7, 35, 20, 16, 17]. Definicje systemu zawarte są również w dokumentach normatywnych, takich jak: ILO-OSH 2001, PN-N-18001, ISO 45001:2018 czy materiałach informacyjnych, tworzonych przez organizacje branżowe oraz instytucje naukowe celem promowania systemów w przedsiębiorstwach [9, 38]. Autorzy definicji wyjaśniają, czym jest system, najczęściej poprzez odwołanie do zbioru elementów, które go tworzą. Wymieniają wśród nich: zarządzanie ryzykiem, monitorowanie, audyty, przeglądy zarządzania, wdrażanie polityki bhp, definiowanie i realizację celów bhp, struktury i rozwiązania organizacyjne, kontrolę realizowaną przez kierownictwo, zasoby, działania korygujące i ciągłe doskonalenie, podział uprawnień i odpowiedzialności, planowanie, wdrażanie działań, ich ocenę oraz sprawdzanie wyników w odniesieniu do planu, konsultacje i partycypację, zasady i pro-

cedury, przywództwo w obszarze bhp, zapewnianie zgodności z wymaganiami prawnymi.

Autorzy definicji są zgodni, że system zarządzania bhp jest częścią systemu zarządzania przedsiębiorstwem i jest z nim zintegrowany, tzn. – wkomponowany w działania podejmowane w tym przedsiębiorstwie na co dzień. Poprawnie wdrożony system wspiera realizację procesów biznesowych w ten sposób, że – optymalizując działania i środki niezbędne do bezpiecznej pracy i alokując je dokładnie tam, gdzie są potrzebne – umożliwia zachowanie płynności tych procesów.

Głównym celem systemu zarządzania bhp jest poprawa wyników w zakresie bhp, tj. zmniejszenie liczby wypadków przy pracy i związanych z nimi strat materialnych. Podkreśla się również znaczenie systemu jako środka umożliwiającego realizację polityki i celów bhp. Poza tym jego wdrożenie powinno wspierać modyfikację niebezpiecznych zachowań pracowników oraz przeciwdziałanie innym problemom w środowisku pracy.

Jakkolwiek pojęcie „zintegrowany” odnosi się również do wewnętrznej struktury systemu zarządzania bhp. Budowa systemu polega na wyborze i odpowiednim ukształtowaniu elementów, tj. procesów, w taki sposób, aby – wzajemnie oddziałując – wspierały osiągnięcie zamierzonego celu.

Identyfikacja wpływów zachodzących pomiędzy procesami umożliwia lepsze zrozumienie, w jaki sposób funkcjonowanie systemu prowadzi do osiągnięcia określonych wyników. Główne korzyści wynikające z tego podejścia obejmują: rozwinięcie w przedsiębiorstwie zdolności do skupienia wysiłków na głównych procesach i szansach ich poprawy, logiczne i dające się prognozować efekty działania systemu złożonego z wpływających na siebie procesów, a także poprawę efektywności wykorzystania zasobów. Zatem identyfikacja wpływów zachodzących pomiędzy procesami w systemie zarządzania bhp ułatwia w przedsiębiorstwie doskonalenie systemu i poprawę jego skuteczności.

Wpływ wybranych procesów zarządczych w obszarze bhp na bezpieczeństwo zatrudnionych

Wyniki licznych badań potwierdzają, że realizacja poszczególnych procesów zarządczych w obszarze bhp przyczynia się do zapewnienia bezpieczeństwa zatrudnionym.

Dowodzono, że właściwie realizowane przywództwo w obszarze bhp, zarówno kształtuje korzystny klimat bezpieczeństwa, jak i bezpośrednio pozytywnie wpływa na wyniki firmy w zakresie bezpieczeństwa [47, 52]. Ponadto wspiera budowę kultury bezpieczeństwa [47, 11], kształtowanie zachowań bezpiecznych pracowników oraz ich partycypację w zarządzaniu bezpieczeństwem

[10, 31]. Codzienne poruszanie w rozmowach z pracownikami kwestii dotyczących bezpieczeństwa ma znaczący pozytywny i trwały wpływ na poziom bezpieczeństwa w firmie [30]. Z drugiej strony, za alarmujące uznać można wyniki badań, które wskazują, że bierność kierownictwa w sferze zagadnień dotyczących bhp nie tylko nie powoduje poprawy, ale wręcz – pogarsza klimat bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie [28, 37]. Wykazano również, że w przedsiębiorstwach, w których przestrzega się procedur bezpieczeństwa, a kierownictwo jest rzeczywiście zaangażowane we wdrażanie tych procedur, odnotowuje się niższe wskaźniki wypadkowości niż w przedsiębiorstwach, w których procedury nie są respektowane [33].

Przeprowadzono badania, z których wynika, że wdrażanie polityki bezpieczeństwa pojmowanej jako tworzenie przez najwyższe kierownictwo jasnej misji, przyjmowanie odpowiedzialności i wskazywanie kierunków kształtowania standardów w zakresie bezpieczeństwa, wpływa pozytywnie na to, że pracownicy zachowują się bezpiecznie w miejscu pracy [31, 23].

Wśród czynników organizacyjnych o decydującym znaczeniu dla poziomu bezpieczeństwa w przedsiębiorstwach wymieniany jest jednoznaczny podział uprawnień i odpowiedzialności [13, 3]. Zauważono, że do wypadków przy pracy dochodzi często właśnie z powodu braku klarownego podziału zadań w zakresie bhp.

Partycypacja pracowników odgrywa kluczową rolę w procesie zarządzania ryzykiem zawodowym, jak również ułatwia pracownikom egzekwowanie ich prawa do bezpiecznej pracy [40]. Wzmacnianie partycypacji pracowników jest niezbędne dla zapewnienia skutecznego zarządzania bhp, ponieważ zaangażowani pracownicy są bardziej skłonni do dzielenia się informacjami na temat wypadków i zdarzeń potencjalnie wypadkowych, dzięki czemu można później ich przebieg poddać wnikliwej analizie, po to, aby w przyszłości uniknąć niebezpiecznych sytuacji [2].

Formułowanie i realizacja celów bhp w istotny sposób wspiera budowanie kultury bezpieczeństwa, ponieważ motywuje do działania [12]. W ramach badania przeprowadzonego w branży lotniczej udowodniono, że członkowie załóg, którym zostały wyznaczone wspólne cele, lepiej radzili sobie z zagrożeniami w zakresie bezpieczeństwa. Co więcej, świadomość wspólnoty celów i podejmowanie konstruktywnej dyskusji wpływały pozytywnie na podejmowanie przez załogi bezpiecznych zachowań [50].

Podkreśla się konieczność ciągłego doskonalenia kompetencji pracowników w zakresie bhp. Stwierdzono, że niezapewnienie szkoleń dla personelu na stanowiskach o kluczowym znaczeniu dla zapobiegania poważnym wypadkom bądź nieodpowiedni dobór tych szkoleń są jednymi z najczęściej identyfikowanych przyczyn wypadków przy pracy [3].

Skuteczność systemów zarządzania bhp

Krytyczna ocena systemów zarządzania bhp

Mimo badań naukowych, których wyniki dowodzą, że poszczególne elementy systemów zarządzania bhp wywierają pozytywny wpływ na bezpieczeństwo, systemy stanowią obiekt krytyki pewnej grupy naukowców i praktyków, którzy kwestionują ich skuteczność.

Przede wszystkim, systemy krytykowane są za wysoki stopień biurokratyzowania. Stwierdzono, że nadmierna biurokracja może nie tylko nie prowadzić do poprawy bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie wyrażonej obniżeniem wskaźnika wypadków przy pracy, ale wręcz zniechęcać pracowników i ograniczać ich zaangażowanie [21]. Ponadto zauważono, że drobiazgową zgodność systemu zarządzania bhp wdrożonego w przedsiębiorstwie z wymaganiami odnoszącymi się do dokumentacji - jeśli nie znajduje odzwierciedlenia w praktyce (nie przekłada się na praktyczne stosowanie tych dokumentów) - negatywnie wpływa na skuteczność systemów pojmowaną jako zdolność do realizacji zakładanych celów [46].

Opracowanie dokumentacji systemu zarządzania bhp może zaprowadzić przedsiębiorstwo w pułapkę polegającą na błędnym przekonaniu, że plan w obszarze zarządzania bhp został już wykonany, maskując rzeczywiste problemy, jakich doświadcza się w przedsiębiorstwie w związku z potrzebą zapewnienia bezpieczeństwa. W niektórych przedsiębiorstwach posiadanie wyczerpującej dokumentacji systemu jest utożsamiane z zapewnieniem jego skuteczności, co w rezultacie prowadzi do przesunięcia wysiłków i zasobów z obszarów, gdzie są rzeczywiście potrzebne do sfery działań ukierunkowanych na dopełnianie wszelkich formalnych kwestii związanych z implementacją i udokumentowaniem systemu. Wiele wysiłku wkłada się również w integrację systemów zarządzania bhp z innymi systemami, takimi jak systemy zarządzania środowiskowego czy systemy zarządzania jakością. Jednak działania takie nie prowadzą do poprawy poziomu bezpieczeństwa, i chociaż generalnie uznaje się, że zarządzanie bhp powinno być zintegrowane z innymi działaniami w zakresie zarządzania, ważne jest, aby spełnione były poszczególne wymagania każdego z systemów [15].

Systemy zarządzania bhp krytykowane również za osłabianie znaczenia wymagań prawnych i innych regulacji z zakresu bhp, twierdząc, że niekiedy wymagania zawarte w normach opisujących te systemy są w przedsiębiorstwach spełniane w pierwszej kolejności [4]. Przedkładanie wymagań norm ponad wymagania prawne może, w skrajnych sytuacjach, doprowadzić do stanu, w którym, w pewnych obszarach związanych z bhp, przedsiębiorstwo będzie działało niezgodnie z prawem.

Prowadzone badania dowiodły, że przedsiębiorstwa, w których certyfikowano systemy zarządzania bhp, prezentują bardzo różny poziom zarządzania bhp: od poziomu poniżej wymagań prawnych przez stan, w którym zarządzanie bhp jest zintegrowane z zarządzaniem przedsiębiorstwem, aż do umiejscowienia celów zarządzania bhp wśród strategicznych celów przedsiębiorstwa. Szczególnie pierwsza z wymienionych sytuacji budzi uzasadnione wątpliwości w zakresie rzeczywistej wartości certyfikatu potwierdzającego wdrożenie systemu zarządzania bhp, ponieważ świadczy o tym, że certyfikowany system może istnieć jedynie jako zbiór formalnych zapisów i dokumentów w całkowitym oderwaniu od faktycznie stosowanych praktyk i procedur [21].

Wyniki badań nad skutecznością systemów zarządzania jakością rozumianą jako zdolność tych systemów do poprawy jakości produktów i usług wytwarzanych w przedsiębiorstwach, wskazują, że między 67% a 93% wszystkich wdrożeń to wdrożenia nieskuteczne. Na tej podstawie szacuje się, że analogiczny wskaźnik dotyczący skuteczności systemów zarządzania bhp jest co najmniej tak samo wysoki. Źródłem tego przypuszczenia jest fakt, że zaangażowanie kierownictwa w zagwarantowanie wysokiej jakości produktów i usług jest zazwyczaj większe niż jego zaangażowanie w bezpieczeństwo i zdrowie pracowników. Dlatego zapewnianie skuteczności systemów zarządzania bhp jeszcze bardziej narażone jest na niepowodzenie [44].

Wyniki badań poświęconych skuteczności systemów zarządzania bhp

Wobec tak wielu krytycznych analiz systemów zarządzania bhp ich zwolennicy starali się dowieść, że są one jednak skuteczne.

Poniżej pokrótce scharakteryzowane zostały wyniki wybranych badań nad skutecznością systemów zarządzania bhp. Skuteczność systemów zarządzania bhp badano m.in. porównując wyniki, jakie w zakresie bezpieczeństwa osiągały przedsiębiorstwa, które wdrożyły systemy zarządzania z wynikami przedsiębiorstw, które systemów nie wdrożyły.

W ramach jednego z takich badań oceniano następujące obszary funkcjonowania przedsiębiorstw: cele dotyczące bezpieczeństwa oraz fakt, czy zostały one zakomunikowane pracownikom, identyfikację zagrożeń, aktualizowanie danych dotyczących ryzyka oraz jego ocenę, definiowanie działań korygujących, a także szkolenie pracowników. Wykazano istotne statystycznie różnice w ocenie wszystkich wyżej wymienionych obszarów pomiędzy przedsiębiorstwami posiadającymi systemy oraz nieposiadającymi systemów, przy czym lepsze wyniki osiągnęły przedsiębiorstwa z pierwszej grupy [6].

W ramach innego badania oceniano i porównywano grupę przedsiębiorstw posiadających systemy z grupą, które ich nie posiadały, biorąc przy tym pod uwagę aspekty związane z kształtowaniem polityki bezpieczeństwa w tych przedsiębiorstwach, planowaniem, bieżącym funkcjonowaniem i kontrolą,

a także przeglądem zarządzania. Lepsze oceny także odnotowano wśród przedsiębiorstw posiadających systemy. Na tej podstawie stwierdzono, że wdrożenie systemu zarządzania bhp prowadzi do poprawy warunków pracy oraz wspiera kształtowanie zdrowego i bezpiecznego środowiska pracy. Jednocześnie podkreślono, że wdrożenie systemu jest dopiero pierwszym krokiem w kierunku zarządzania zgodnie z jego wymaganiami. Aby systemy spełniały swoją rolę oraz aby zapewnić akceptację systemów przez pracowników firmy, należy przekonać ich o skuteczności systemów przy pomocy odpowiednich wskaźników [36].

W Norwegii, w której wszystkie przedsiębiorstwa są prawnie zobligowane do wdrożenia systemów zarządzania bhp, przeprowadzono badanie skuteczności takich systemów w 226 warsztatach samochodowych. Na początku zwrócono się do kierownictwa firm o wypełnienie ankiety, w której poproszono o ocenę stopnia, w jakim system wdrożony w warsztacie spełnia wymagania prawne. Następnie przeprowadzono badania ankietowe wśród robotników i pracowników biurowych tych zakładów. Respondentów pytano m.in. o ocenę fizycznego i psychospołecznego środowiska pracy, o ich autonomię w podejmowaniu decyzji, partycypację w działaniach z zakresu bhp w miejscu pracy, wsparcie otrzymywane od współpracowników, wsparcie kierownictwa w zakresie bhp oraz o odczuwane przez nich dolegliwości mięśniowo-szkieletowe. Badania powtórzono po roku. Wyniki badań potwierdziły istnienie pozytywnych korelacji pomiędzy wdrażaniem lub doskonaleniem systemu zarządzania bhp (poprawą zgodności z obowiązującymi w Norwegii wymaganiami prawnymi w tym zakresie) a zadowoleniem pracowników z działań prowadzonych w przedsiębiorstwach w zakresie bhp, wsparciem otrzymywanym ze strony kolegów, przełożonych i kierownictwa, partycypacją w działaniach z zakresu bhp, a także zmniejszeniem dolegliwości mięśniowo-szkieletowych. Nie odnotowano natomiast korelacji pomiędzy doskonaleniem systemu a poprawą fizycznego środowiska pracy [51].

Szeroko zakrojone badania nad skutecznością systemów zarządzania bhp zrealizowano również w Hiszpanii. Przeprowadzono tam badanie ankietowe wśród specjalistów ds. bhp. Celem pierwszej części badania było opracowanie kwestionariusza umożliwiającego ocenę najistotniejszych elementów systemu zarządzania bhp. Wyróżniono 8 takich elementów: politykę, motywację, szkolenie, komunikację, planowanie działań prewencyjnych, planowanie postępowania na wypadek awarii, kontrolę wewnętrzną i benchmarking [16].

W kolejnej części tego badania autorzy, opierając się o ww. elementy systemu zarządzania bhp, analizowali wpływ systemu na zestaw wskaźników dotyczących bezpieczeństwa, konkurencyjności i wyników ekonomicznych przedsiębiorstw. Wskaźniki te mierzono na podstawie subiektywnych ocen specjalistów ds. bhp.

Wyniki badania potwierdziły, że wdrożony system zarządzania bhp wpływa na:

- obniżenie wskaźników wypadków przy pracy,
- obniżenie wartości szkód materialnych poniesionych w związku z wypadkami,
- poprawę warunków pracy,
- podniesienie motywacji pracowników i zmniejszenie wskaźników absencji,
- poprawę konkurencyjności, spowodowaną polepszeniem wizerunku firmy, reputacji, wydajności i innowacyjności,
- poprawę wyników ekonomiczno-finansowych (wyników sprzedaży, zysku i rentowności firmy [17]).

W innym badaniu jako kryterium oceny skuteczności systemu zarządzania bhp przyjęto wskaźnik wypadków przy pracy. Stwierdzono, że po wdrożeniu systemu jego wartość spadła [27].

Kanadyjscy i brytyjscy naukowcy przeprowadzili wnikliwy przegląd badań poświęconych skuteczności systemów zarządzania bhp [44].

Wyniki badań będących przedmiotem przeglądu potwierdzały występowanie następujących pozytywnych efektów wdrożeń systemów zarządzania bhp:

- samodoskonalenie się systemów z upływem czasu;
- efekty pośrednie, takie jak: lepszy klimat bezpieczeństwa, wyższe wskaźniki zgłaszania zagrożeń przez pracowników, wdrożenia usprawnień organizacyjnych w obszarze bezpieczeństwa pracy, zwiększona świadomość pracowników w zakresie bhp, poprawa postrzegania przez pracowników fizycznego środowiska pracy i środowiska psychospołecznego oraz zwiększony udział pracowników w działaniach związanych z bhp;
- spadek wskaźników wypadków przy pracy;
- spadek kosztów związanych z utratą zdolności do pracy (kosztów odszkodowań wypłacanych pracownikom oraz kosztów wynikających z krótko- i długoterminowej niezdolności do pracy).
- zwiększenie wydajności w miejscu pracy

Autorzy przeglądu dopatrzili się jednak pewnych metodycznych ograniczeń w analizowanych badaniach. Stwierdzili m.in., że część z nich obejmowała jedynie aspekty związane z tym, w jakim stopniu zostały wdrożone elementy systemu, nie odnosząc się w ogóle do poprawy wskaźników bezpieczeństwa czy wskaźników ekonomicznych. Z kolei badania, w których pomiar skuteczności systemu przeprowadzono w oparciu o te wskaźniki, realizowane były w pojedynczych przedsiębiorstwach, w związku z czym nie jest pewne, czy wyniki tych badań można generalizować dla całej populacji przedsiębiorstw. Z drugiej strony, badania prowadzone na próbie przedsiębiorstw charakteryzowały się wysokimi wskaźnikami odmowy udziału w badaniu. Można zatem przypuszczać, że w przedsiębiorstwach, w których wyrażono zgodę na udział, kierownic-

two przejawiało większe zaangażowanie w sprawy bhp, co mogło mieć wpływ na to, że wdrożony system zarządzania bhp był skuteczny. Autorzy przeglądu zauważyli, że w niektórych przypadkach nie zbadano kierunku wpływu zachodzącego pomiędzy wdrożeniami systemów a zmiennymi odnoszącymi się do pośrednich efektów wdrożeń. W rezultacie nie można jednoznacznie stwierdzić, czy to doskonalenie systemu spowodowało poprawę postrzegania przez pracowników fizycznego środowiska pracy i środowiska psychospołecznego, czy zachodzi zależność odwrotna: poprawa postrzegania przez pracowników fizycznego środowiska pracy i środowiska psychospołecznego wpłynęła na udoskonalenie systemów w przedsiębiorstwach. Poza tym autorzy przeglądu mieli wątpliwości, czy wdrożenie systemu było jedynym czynnikiem wpływającym na poprawę bezpieczeństwa (czy nie zdecydowały o niej inne działania podejmowane w obszarze bhp w przedsiębiorstwie).

W rezultacie podsumowano, że wyniki badań będących przedmiotem przeglądu nie dają podstaw, aby potwierdzić bądź zanegować tezę o tym, że systemy zarządzania bhp są skuteczne [44].

Czynniki warunkujące skuteczność systemów zarządzania bhp

W literaturze przedmiotu istnieją rozbieżne poglądy co do tego, które procesy w systemie zarządzania bhp w największym stopniu warunkują skuteczność systemu.

Według niektórych, czynnikiem takim jest prawidłowo i starannie przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego [14]. Oparcie systemu na zarządzaniu ryzykiem i ciągłej analizie prawdopodobieństwa niepowodzenia związanego zposzczególnymi zagrożeniami sprawia, że skuteczny system zarządzania bhp powinien utrzymywać przedsiębiorstwo w stanie nieustającej gotowości na nieoczekiwane zdarzenia. Z drugiej strony, powinien również dawać pewność, że istnieją w przedsiębiorstwie mechanizmy, które zapewnią, że takie zdarzenia szybko znajdą się pod kontrolą. Powinien również zapewniać organizacjom kompetencje do radzenia sobie z awariami, wypadkami i zdarzeniami potencjalnie wypadkowymi, jeśli takie wystąpią. Paradoksalnie, skuteczny system zarządzania bhp powinien ciągle utrzymywać przedsiębiorstwo w niepewności, czy zapewniło wystarczający poziom kontroli w zakresie bhp po to, aby ten poziom był jak najwyższy [15].

Dla skuteczności systemu ma także znaczenie proces audytu wewnętrznego, którego celem jest zapewnienie zgodności z wymaganiami. Wpływ takiego audytu na poziom bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie zależy od kompleksowej identyfikacji zagrożeń i innych czynników oddziałujących na zdrowie i bezpieczeństwo pracowników, oraz od podjęcia odpowiednich działań redukujących ryzyko zawodowe i promujących zdrowie [32].

Stwierdzono również, że skuteczne funkcjonowanie systemu zarządzania bhp zależy od zapewnienia drożnych kanałów komunikacji pomiędzy każdym zatrudnionym w przedsiębiorstwie a wszystkimi innymi zatrudnionymi, z którymi dana osoba powinna pozostawać w kontakcie [29].

Skuteczność systemu zarządzania bhp jest również uzależniona od dostępności zasobów, które są niezbędne, aby wdrażać techniczne i organizacyjne zmiany poprawiające poziom bezpieczeństwa. Poza tym potrzeba czasu oraz osób o odpowiednich kompetencjach, zarówno na poziomie pracowników, jak i kierownictwa, do skutecznej realizacji takich zmian. Konieczne są również szkolenia, aby pracownicy potrafili bezpiecznie wykonać swoją pracę, a także konstruktywnie włączyć się w proces doskonalenia systemu [18].

Aby zagwarantować osiągnięcie długotrwałych wyników dzięki wdrożeniu systemu, niezbędna jest również kultura organizacyjna, która wspiera system zarządzania i umożliwia jego rozwój [24].

Najczęściej jednak wśród czynników warunkujących skuteczność systemów zarządzania bhp wymienia zaangażowanie kierownictwa przejawiające się w poziomie realizacji procesu przywództwa, a także partycypację pracowników [46, 20, 43, 39]. Chociaż podkreśla się również, że nie ma dowodów w postaci wyników badań ilościowych, które potwierdzałyby tę tezę [39].

Partycypacja pracowników oznacza aktywne włączenie się pracowników w proces ciągłego doskonalenia, co powoduje, że system jest stale rozwijany i aktualny oraz wykorzystywany w praktyce [2]. Inni twierdzą, że rzeczywistym prekursorem skutecznego systemu zarządzania bhp, jest zaangażowanie najwyższego kierownictwa, a kwestią strategiczną jest to, co motywuje kierownictwo do wdrożenia systemu [7].

Bez całkowitego i widocznego zaangażowania na najwyższym szczeblu zarządzania, zasady bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie ulegają osłabieniu. Poprzez swoje postawy i działania kierownictwo wyższego szczebla wpływa na postawy i działania personelu. W efekcie definiuje kulturę bezpieczeństwa w organizacji i określa standardy bezpieczeństwa pracy. Jeśli kierownictwo nie interesuje się bezpieczeństwem, mało prawdopodobnym jest, aby było ono priorytetem dla personelu. Jeśli, z drugiej strony, kierownictwo troszczy się o bezpieczeństwo i jest postrzegane przez personel jako partner poważnie traktujący kwestie bezpieczeństwa, system zarządzania bezpieczeństwem może odnieść sukces [9].

Skuteczność systemów zarządzania bhp – od teorii do praktyki

Podsumowując dostępne w literaturze wyniki dotychczasowych badań nad skutecznością systemów zarządzania bhp, należy odnotować, że nie dały one jednoznacznej odpowiedzi na pytania, czy systemy zarządzania bhp wdrożone w przedsiębiorstwach są skuteczne ani jakie czynniki o tej skuteczności decydują.

Przypuszcza się, że niejednoznaczność wyników tych badań wynika z kilku czynników. Po pierwsze system jest jedynie narzędziem zarządzania, które można wykorzystać do zarówno do realizacji bardzo ambitnych celów w zakresie bhp, jak i celów o umiarkowanym znaczeniu dla poprawy poziomu bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie [22]. Skuteczność systemu będzie zatem różna, w zależności od celów, które się przy pomocy systemu planuje osiągnąć. Po drugie, niekiedy już na etapie wdrożenia systemu, popełniony zostaje błąd polegający na jego zbyt szczegółowym udokumentowaniu. W rezultacie zwiększa się obciążenie pracowników biurokracją, co powoduje ich demotywację, a w skrajnych przypadkach może prowadzić do realizowania formalnych wymagań systemu kosztem zaniedbywania rzeczywistych problemów bhp. Zatem o skuteczności systemu decyduje również wyważony poziom jego formalizacji [24]. W końcu, skuteczność systemu zależy w dużej mierze od motywów, jakimi kierował się zarząd przedsiębiorstwa, podejmując decyzję o wdrożeniu systemu. Jeśli wśród tych motywów dominowała chęć obniżenia składek wypadkowych czy poprawy wizerunku firmy, stanowi dla kierownictwa bodziec, aby bardziej niż na rzeczywistych działaniach prewencyjnych, skupiać się właśnie na obniżeniu składek oraz kreowaniu pozytywnego image'u przedsiębiorstwa [18]. Takie systemy będą mniej skuteczne niż systemy wdrażane przez managerów kierujących się rzeczywistą chęcią poprawy warunków pracy.

Wobec niejednoznacznych wyników badań dotyczących skuteczności systemów zarządzania bhp, aktualne pozostaje pytanie o narzędzia wspierające poprawę skuteczności. Jak zaznaczono we wstępie, skuteczność systemów, pojmowaną jako ich zdolność do realizacji założonych celów, osiąga się poprzez zastosowanie podejścia procesowego. Zatem narzędzia wspierające poprawę skuteczności systemów zarządzania bhp powinny uwzględniać to podejście. Ponieważ z badań wynika, że skuteczność systemów jest w różnych przedsiębiorstwach inna, idealne narzędzia powinny umożliwiać również identyfikację czynników warunkujących skuteczność.

Wykorzystywane do tej pory narzędzia oparte były na projektowaniu i modelowaniu procesów (np. z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania) bądź na zastosowaniu wskaźników wynikowych i wiodących do pomiaru i monitorowania procesów [41], a następnie podejmowaniu decyzji dotyczących doskonalenia systemu na podstawie odnotowanych wyników.

Wydaje się, że obiecującą metodą doskonalenia systemów zarządzania bhp może być również metoda rozmytych map kognitywnych.

Umożliwia ona zobrazowanie rzeczywistego systemu w postaci grafu złożonego z obiektów odpowiadających procesom oraz strzałek, które pokazują, w jaki sposób procesy te oddziałują na siebie. W modelu umieścić można również obiekty odnoszące się do skuteczności systemu oraz innych zmiennych, które tę skuteczność determinują. Zarówno obiektom jak i strzałkom przypisuje się pewne wartości stanowiące odzwierciedlenie ich znaczenia

w rzeczywistym systemie i będące wynikiem szacowań eksperckich. Co istotne, zmienne te mogą być abstrakcyjne i trudno mierzalne.

Opracowany model można następnie wykorzystać do prowadzenia symulacji, których rezultatem są prognozy poprawy lub pogorszenia się skuteczności systemu oraz poszczególnych procesów [49].

Do opracowania modelu w postaci rozmytej mapy kognitywnej potrzebna jest wiedza osób będących ekspertami w zakresie funkcjonowania danego systemu. Nie jest niezbędne gromadzenie znacznej ilości danych, których pozyskanie bywa bardzo kosztowne. Metoda opiera się na założeniu, że eksperci posiadają wyczerpującą wiedzę, która, choć nieprecyzyjna, jest jednak w zupełności wystarczająca do wyciągnięcia praktycznych wniosków umożliwiających udoskonalenie danego systemu.

Metoda rozmytych map kognitywnych była niejednokrotnie wykorzystywana do badań w zakresie zarządzania, w tym do modelowania systemów istotnych dla bezpieczeństwa w miejscu pracy [5, 1, 26]. Zastosowanie metody rozmytych map kognitywnych umożliwia uwzględnienie w modelach systemów obiektów będących odpowiednikami awarii i błędów oraz ich przyczyn i konsekwencji, normalnej lub nieprawidłowej pracy jednego z podsystemów czy procesów, z których składa się system, a także – mierników skuteczności badanych systemów. Modele systemów utworzone z wykorzystaniem metody rozmytych map kognitywnych dają możliwość prognozowania funkcjonowania tych systemów w określonych okolicznościach, co znacznie ułatwia ich projektowanie i dostosowywanie do bieżących potrzeb. Umożliwiają także przewidywanie krótko- i długoterminowych konsekwencji nagłych zmian wartości poszczególnych obiektów systemów oraz planowanie procedur awaryjnych, jeśli zmiany te prowadzą do niebezpiecznych sytuacji.

Badania prowadzone z wykorzystaniem metody rozmytych map kognitywnych potwierdzają jej przydatność do modelowania systemów, które składają się z trudno mierzalnych obiektów, takich jak: błąd, niezgodność, zdarzenie, czynnik organizacyjny, proces czy subiektywne odczucie grupy ludzi. Dzięki metodzie rozmytych map kognitywnych można w prosty sposób, bazując na rzetelnej wiedzy i bogatym doświadczeniu ekspertów, zbadać modelowane systemy i przedstawić szereg konstruktywnych wniosków oraz – w oparciu o te wnioski – planować dalszy rozwój systemów. Można również prowadzić symulacje, które pozwolą zidentyfikować w modelu zmienne w największym stopniu determinujące przebieg dalszego rozwoju.

Podsumowując, metoda rozmytych map kognitywnych oferuje bardzo szerokie możliwości modelowania systemów i prognozowania zmian w funkcjonowaniu tych systemów. Warto rozważyć jej zastosowanie jako narzędzia do poprawy skuteczności systemów zarządzania bhp, ponieważ – jak pokazują wyniki badań – jest to wyzwanie, z którym ciągle zmagają się wiele przedsiębiorstw.

Podsumowanie

Systemy zarządzania bhp mają zarówno zwolenników, jak i przeciwników. Pierwsi dowodzą, że wdrażanie systemów przyczynia się m.in. do obniżenia liczby wypadków przy pracy oraz kosztów związanych z absencją, poprawy świadomości pracowników w zakresie bhp oraz postrzegania przez nich środowiska pracy, a także do zwiększenia się udziału pracowników w działaniach związanych z bhp. Drudzy krytykują systemy przede wszystkim za nadmierną biurokracją, a niekiedy oskarżają managerów wdrażających systemy o to, że zamiast podejmować rzeczywisty wysiłek w kierunku zwiększenia bezpieczeństwa zatrudnionych, stwarzają jedynie pozory takich działań.

W związku z brakiem wyników badań jednoznacznie potwierdzających skuteczność systemów zarządzania bhp, istnieje potrzeba, aby dostarczać nowe narzędzia wspierające poprawę tej skuteczności oraz doskonalić i uzupełniać istniejące.

Definicja systemu zarządzania bhp stanowi, że jest on zbiorem powiązanych ze sobą procesów. Koncepcja systemu opiera się na podejściu procesowym, zgodnie z którym zaleca się określenie zależności między procesami oraz ich wyjściami po to, aby zapewnić sekwencyjną realizację procesów, która doprowadzi do uzyskania pożądaných rezultatów.

Metoda rozmytych map kognitywnych służy właśnie do tego, aby modelować systemy złożone z powiązanych ze sobą obiektów oraz prognozować ich dalszy rozwój, na podstawie aktualnych wartości zarówno obiektów, jak i powiązań. Umożliwia zatem odzwierciedlenie – w postaci prostego modelu – rzeczywistego systemu zarządzania bhp oraz zmiennych, które na niego wpływają.

Co więcej, do jej zastosowania nie są niezbędne precyzyjne dane dotyczące badanego systemu i jego otoczenia. Dzięki temu model z wykorzystaniem rozmytej mapy kognitywnej można łatwo rozbudować o elementy będące odpowiednikami nowych zagrożeń lub szans. Metoda rozmytych map kognitywnych ułatwia określenie priorytetów w zakresie doskonalenia systemów, tj. wskazanie procesów, które w zmieniających się okolicznościach powinny zostać poprawione w pierwszej kolejności po to, aby system pozostał skuteczny.

Wydaje się, że metoda rozmytych map kognitywnych może być znakomitym uzupełnieniem dotychczas stosowanych metod doskonalenia systemów zarządzania bhp, takich jak projektowanie i modelowanie procesów czy ich monitorowanie z wykorzystaniem wskaźników wynikowych i wiodących. Za uzasadnione uważa się kontynuowanie prac nad wykorzystaniem tej metody do modelowania systemów zarządzania bhp i prognozowania z wykorzystaniem modeli, a w szczególności – praktyczną weryfikację uzyskanych wyników prognoz.

Literatura

- [1] Azadeh A. , Salehi V., Arvan M., Dolatkah M.: *Assessment of resilience engineering factors in high-risk environments by fuzzy cognitive maps: A petrochemical plant*, Safety Science 68, 2014, s. 99–107, DOI: [10.1016/j.ssci.2014.03.004](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.03.004)
- [2] Basso B., Carpegna C., Dibitonto C., Gaido G., Robotto A., Zonato C.: *Reviewing the safety management system by incident investigation and performance indicators*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 17, 2004, s. 225–231, DOI: [10.1016/j.jlp.2004.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2004.02.004)
- [3] Bellamy L., Geyer T.: *Development of a working model of how human factors, safety management systems and wider organisational issues fit together*, Health and Safety Executive 2007.
- [4] Bennett D.: *Health and safety management systems: liability or asset?*, 2002, 23(2), s. 153–171, DOI: [10.2307/3343192](https://doi.org/10.2307/3343192)
- [5] Bevilacqua M., Ciarapica F. E., Mazzuto G.: *Analysis of injury events with fuzzy cognitive maps*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 25, 2012, s. 677–685, DOI: [10.1016/j.jlp.2012.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.02.004)
- [6] Bottani E., Monica L., Vignali G.: *Safety management systems: Performance differences between adopters and non-adopters*, Safety Science 47, 2009, s. 155–162, DOI: [10.1016/j.ssci.2008.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.05.001)
- [7] Bottomley B.: *Occupational Health & Safety Management Systems: Strategic Issues Report*, A report prepared for the National Occupational Health and Safety Commission, Commonwealth of Australia 1999.
- [8] Brzozowski T., Rogala P.: *Podejście procesowe według norm ISO serii 9000 – istota i ewolucja*, [w:] *Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, nr 470, 2017, s. 19–28.
- [9] Civil Aviation Safety Authority: *Safety management systems: Getting started*. Australia, 2002.
- [10] Clarke S.: *Safety leadership: A meta-analytic review of transformational and transactional leadership styles as antecedents of safety behaviours*, Journal of Occupational and Organizational Psychology, 2013, 86, s. 22–49, DOI: [10.1111/j.2044-8325.2012.02064.x](https://doi.org/10.1111/j.2044-8325.2012.02064.x)
- [11] Cooper D.: *Effective Safety Leadership. Understanding Types & Styles That Improve Safety Performance*, Safety Management Peer-Reviewed, Professional Safety, February 2015.
- [12] Cooper M.D.: *Towards a model of safety culture*, Safety Science 36, 2000, s. 111–136, DOI: [10.1016/S0925-7535\(00\)00035-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00035-7)
- [13] Davoudian K., Wu J., Apostolakis G.: *Incorporating organizational factors into risk assessment through the analysis of work processes*, Reliability Engineering and System Safety 45, 1994, s. 85–105, DOI: [10.1016/0951-8320\(94\)90079-5](https://doi.org/10.1016/0951-8320(94)90079-5)

- [14] Demichela M., Piccinini N., Romano A., *Risk analysis as a basis for safety management system*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 17 (2004) 179–185, DOI: [10.1016/j.jlp.2003.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2003.11.003)
- [15] Else D., Beaumont P.: *Expect the Worst, Achieve the Best What is the role of OHSMS in helping to secure healthy and safe workplaces?*, [w:] Pearse W., Gallagher C., Bluff L.: *Occupational Health & Safety Management Systems*, Proceedings of the First National Conference 2001, Australia.
- [16] Fernandez-Muniz B., Montes-Peon J.M., Vazquez-Ordas C. J.: *Safety management system: Development and validation of a multidimensional scale*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 20, 2007, s. 52–68, DOI: [10.1016/j.jlp.2006.10.002](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2006.10.002)
- [17] Fernández-Muñiz B., Montes-Peón J. M., Vázquez-Ordás C. J.: *Relation between occupational safety management and firm performance*, Safety Science 47, 2009, s. 980–991, DOI: [10.1016/j.ssci.2008.10.022](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.10.022)
- [18] Frick K.: *Occupational Health & Safety management Systems – When are they good for your health?*, European Trade Union Institute, 2011.
- [19] Gallagher, C.: *Occupational Health & Safety Management Systems: System Types and Effectiveness*, Unpublished Ph.D., Deakin University, Melbourne, 2000.
- [20] Gallagher C., Underhill E., Rimmer M., *Occupational Health and Safety Management Systems: A Review of their Effectiveness in Securing Healthy and Safe Workplaces*, A report prepared for the National Occupational Health and Safety Commission April 2001, Commonwealth of Australia 2001.
- [21] Granerud L., Rocha R.: *Organisational learning and continuous improvement of health and safety in certified manufacturers*, Safety Science 49, 2011, s. 1030–1039, DOI: [10.1016/j.ssci.2011.01.009](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.009)
- [22] Hasle P. & Zwetsloot: *Occupational Health and Safety Management Systems: issues and challenges*, editorial for the special issue on Occupational Health and Safety Management Systems, Safety Science, 49, 7, 2011, s. 961–63, DOI [10.1016/j.ssci.2011.02.013](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.02.013)
- [23] Hsu Y-L, Li W-C, Chen K-W: *Structuring critical success factors of airline safety management system using a hybrid model*, Transportation Research Part E 46, 2010, s. 222–235, DOI: [10.1016/j.tre.2009.08.005](https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.08.005)
- [24] Hudson P.: *Safety Management and Safety Culture The Long, Hard and Winding Road*, [w:] Pearse W., Gallagher C., Bluff L.: *Occupational Health & Safety Management Systems*, Proceedings of the First National Conference 2001, Australia.
- [25] ISO 45001:2018: *Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use*, ISO 2018.

- [26] Kang J., Jixin Zhang J., Jiancun Gao J.: *Improving performance evaluation of health, safety and environment management system by combining fuzzy cognitive maps and relative degree analysis*, Safety Science 87, 2016, s. 92–100, DOI: [10.1016/j.ssci.2016.03.023](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.03.023)
- [27] Kardas E., *Analiza wypadków jako ocena skuteczności działania systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwie hutniczym*, Prace IMZ 5, 2009.
- [28] Kelloway E. K., Mullen J., Francis L., *Divergent Effects of Transformational and Passive Leadership on Employee Safety*, Journal of Occupational Health Psychology 2006, Vol. 11, No. 1, s. 76–86, DOI: [10.1037/1076-8998.11.1.76](https://doi.org/10.1037/1076-8998.11.1.76)
- [29] Kelly B., Berger, S.: *Interface management: Effective communication to improve process safety*, Journal of Hazardous Materials, 130, 2006, s. 321–325, DOI: [10.1016/j.jhazmat.2005.07.009](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.07.009)
- [30] Kines P., Andersen L.P.S., Spangenberg S., Mikkelsen K. L., Dyreborg J., Zohar D.: *Improving construction site safety through leader-based verbal safety communication*, Journal of Safety Research 41, 2010, s. 399–406, DOI: [10.1016/j.jsr.2010.06.005](https://doi.org/10.1016/j.jsr.2010.06.005)
- [31] Lu C. S., Yang C. S.: *Safety leadership and safety behavior in container terminal operations*, Safety Science 48, 2010, s. 123–134, DOI: [10.1016/j.ssci.2009.05.003](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.05.003)
- [32] Makin A.M., Winder C.: *A new conceptual framework to improve the application of occupational health and safety management systems*, Safety Science 46, 2008, s. 935–948, DOI: [10.1016/j.ssci.2007.11.011](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.11.011)
- [33] Mearns K., Whitaker, S.M., Flin, R.: *Safety climate, safety management practice and safety performance in offshore environments*, Safety Science 41, 2003, s. 641–680, DOI: [10.1016/S0925-7535\(02\)00011-5](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(02)00011-5)
- [34] Ming, K. T.: *Application of a quality management system approach to health, safety and environment*. [w:] *Offshore South East Asia, Proceedings of the 10th Conference and Exhibition World Trade Centre*, Singapore, 6–9 December 1994, s. 739–745.
- [35] Mitchison, N., Papadakis, G. A.: *Safety management systems under Seveso II: implementation and assessment*, Journal of Loss Prevention the Process Industries, 12, 1999, s. 43–51, DOI: [10.1016/S0950-4230\(98\)00036-9](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(98)00036-9)
- [36] Mohammadfam I., Kamalinia M., Momeni M., Golmohammadi R., Hamidi Y., Soltanian A.: *Evaluation of the Quality of Occupational Health and Safety Management Systems Based on Key Performance Indicators in Certified Organizations*, Safety and Health at Work, 2017 Jun; 8(2), s. 156–161. DOI: [10.1016/j.shaw.2016.09.001](https://doi.org/10.1016/j.shaw.2016.09.001)

- [37] Mullen J., Kelloway E. K., Teed M.: *Inconsistent style of leadership as a predictor of safety behaviour*, Work & Stress Vol. 25, No. 1, January-March 2011, s. 41–54, DOI: [10.1080/02678373.2011.569200](https://doi.org/10.1080/02678373.2011.569200)
- [38] Pawłowska Z., Pęciło M.: *Co to jest system zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy i jak go wdrożyć w przedsiębiorstwie*, Ulotka opracowana i wydrukowana w wyniku projektu PHARE, Warszawa 2002.
- [39] Pearse W., *Club Zero: Implementing OHS Management Systems in Small to Medium Fabricated Metal Product Companies*, [w:] Pearse W., Gallagher C., Bluff L.: *Occupational Health & Safety Management Systems*, Proceedings of the First National Conference 2001, Australia.
- [40] Podgórski D.: *Workers' Involvement - A Missing Component in the Implementation of Occupational Safety and Health Management Systems in Enterprises*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2005, Vol. 11, No. 3, s. 219–231.
- [41] Podgórski D.: *Measuring operational performance of OSH management system – A demonstration of AHP-based selection of leading key performance indicators*, Safety Science 73, 2015, s. 146–166, DOI: [10.1080/10803548.2005.11076645](https://doi.org/10.1080/10803548.2005.11076645)
- [42] Polska Norma PN-N-18001 *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wymagania*, PKN, Warszawa 2003.
- [43] Quinlan M., *Promoting occupation health and safety management systems: A pathway to success - Maybe*, Journal of Occupational Health and Safety - Australia and New Zealand, January 1999.
- [44] Robson L., Clarke J., Cullen K., Bielecky A., Severin C., Bigelow P., Irvin E., Culyer A., Mahood Q.: *The Effectiveness of Occupational Health and Safety Management Systems: A Systematic Review*, Toronto, Institute for Work & Health, 2005, DOI: [10.1016/j.ssci.2006.07.003](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.07.003)
- [45] *Safety Management Systems (SMS) guidance for organisations*, Published by the Civil Aviation Authority, 2014.
- [46] Saksvik, P.O., Quinlan, M.: *Regulating systematic occupational health and safety management – comparing the Norwegian and Australian experience*, Relations Industrielles-Industrial Relations 58 (1), 2003, s. 33–59, DOI: [0.7202/007368ar](https://doi.org/0.7202/007368ar)
- [47] Skeepers N. C., Mbohwa C.: *A study on the leadership behaviour, safety leadership and safety performance in the construction industry in South Africa*, Procedia Manufacturing 4, 2015, s. 10–16, DOI: [10.1016/j.promfg.2015.11.008](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.008)
- [48] Skład A.: *Modelowanie i prognozowanie wpływu poprawy procesów zarządczych w systemie zarządzania bhp na poziom bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie*, Niepublikowana rozprawa doktorska, CIOP-PIB, Warszawa 2017.

- [49] Skład A.: *Modelowanie systemów zarządzania bhp z wykorzystaniem metody rozmytych map kognitywnych i wskaźników wiodących – ujęcie teoretyczne*, *Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka*, nr 2 (557) luty 2018, s. 11–15, DOI: [10.5604/01.3001.0010.8529](https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.8529)
- [50] Tjosvold, D.: *Flight crew collaboration to manage safety risks*. *Group and Organization Studies*, 15, 1990, s. 177–191, DOI: [10.1177/105960119001500204](https://doi.org/10.1177/105960119001500204)
- [51] Torp S., Moen B.E.: *The effects of occupational health and safety management on work environment and health: A prospective study*, *Applied Ergonomics* 37, 2006, s. 775–783, DOI: [10.1016/j.apergo.2005.11.005](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.11.005)
- [52] Wu T. C., Chen C. H., Li C.C., *A correlation among safety leadership, safety climate and safety performance*, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 21, 2008, s. 307–318, DOI: [10.1016/j.jlp.2007.11.001](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2007.11.001)
- [53] *Wytyczne do systemów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy ILO-OSH 2001*.



Arkadiusz Kamiński, Paweł Koziczyński

PKN ORLEN S.A.

ul. Chemików 7

09–411 Płock

ZINTEGROWANE PODEJŚCIE DO ZAGADNIENÍ ŚRODOWISKOWYCH – PRZEPISY PRAWNE A PRODUKCJA RAFINERYJNO-PETROCHEMICZNA

Streszczenie. Szereg wymagań prawnych związanych z ochroną środowiska wywodzi się z zapisów Dyrektywy IED, która odwołuje się do zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (IPPC). W niniejszej publikacji na przykładzie kompleksu rafineryjno-petrochemicznego omówiono obowiązujące i przyszłe środowiskowe wymagania prawne w kontekście podejścia zintegrowanego do wszystkich komponentów środowiska. Jednocześnie poddano analizie strumienie wejściowe, międzyoperacyjne i wyjściowe oraz wpływ ich wzajemnych relacji na emisyjność instalacji. Realizacja strategii z zachowaniem najwyższej neutralności ekologicznej wymaga kompleksowej analizy skutków i konsekwencji nie tylko w obrębie danego działania, ale także z uwzględnieniem całego łańcucha produkcyjnego w obrębie zakładu. Rozbudowana sieć wzajemnych powiązań technologicznych oraz zewnętrzne uwarunkowania gospodarcze, ekonomiczne, społeczne i legislacyjne powodują, iż w praktyce niemożliwe są działania w obrębie danego komponentu środowiska bez konsekwencji dla innego lub dla wielkości czy też jakości produkcji.

Słowa kluczowe: IPPC, petrochemia, środowisko, BAT.

INTEGRATED APPROACH TO ENVIRONMENTAL ISSUES – LEGAL REGULATIONS VERSUS REFINERY AND PETROCHEMICAL PRODUCTION

Abstract. A number of legal requirements related to environmental protection in Poland originate from the transformation of the IED Directive, which refers to integrated pollution prevention and control (IPPC). In this publication the example of current and future environmental legal requirements in the context of an integrated approach to all envi-

ronmental components is discussed on the example of a refinery and petrochemical complex. At the same time, input, inter-operational and output streams were analyzed as well as the impact of their mutual relations on the level of emission of the installation. Implementation of the strategy with the highest ecological neutrality requires a comprehensive analysis of impact and consequences not only within the analyzed activity, but also taking into account the entire production chain within the plant. An extensive network of technological correlation with external factors such as market, economic, social and legislative conditions caused that in practice it is impossible to introduce environmental actions for a chosen environment component without an impact on capacity and quality of production.

Keywords: IPPC, petrochemistry, environment, BAT.

Wstęp – uwarunkowania prawne

Dla operatorów przemysłowych instalacji produkcyjnych, których działalność związana jest z wykorzystywaniem zasobów środowiska, codziennością są ciągle zobowiązania do intensywnych działań zmierzających ku dostosowaniu się do zmieniających się wymagań legislacyjnych. Z punktu widzenia kompleksu rafineryjno-petrochemicznego z własnym systemem energetycznym, największą rolę pełni Dyrektywa o emisjach przemysłowych, zwana Dyrektywą IED. Wprowadziła ona m.in. znaczne ograniczenia granicznych wielkości emisji dwutlenku siarki, tlenków azotu i pyłu z obiektów energetycznych oraz usankcjonowała konkluzje w zakresie najlepszych dostępnych technik BAT, będące elementem dokumentów referencyjnych BREF, jako wiążące prawnie. Najważniejsze obowiązujące lub przyszłe Konkluzje BAT dla Zakładu Produkcyjnego w Płocku obrazuje tabela 1.

Dodatkowo, funkcjonują uregulowania, takie jak pakiet klimatyczno-energetyczny, który koncentruje się głównie na ograniczaniu emisji CO₂, zasady gospodarki o obiegu zamkniętym (cyrkularnej) ukierunkowanej na minimalizację zużycia surowców i mediów ze źródeł pierwotnych czy też Dyrektywa pałapowej (NEC) wprowadzająca ograniczenia rocznej emisji masowej w skali poszczególnych państw członkowskich Unii Europejskiej [1].

Nie bez znaczenia są także wszelkie inicjatywy i działania objęte chwytliwym, czasem kontrowersyjnym, hasłem „zrównoważony rozwój” [2]. Pojęcie zrównoważonego rozwoju pochodzi pierwotnie z leśnictwa, a stworzone zostało przez Hansa Carla von Carlowitza (1713). Oznaczało ono pierwotnie sposób gospodarowania lasem polegający na tym, że wycina się tylko tyle drzew, ile może w to miejsce urosnąć, tak, by las nigdy nie został zlikwidowany.

Tabela 1. Najważniejsze obowiązujące lub przyszłe Konkluzyje BAT dla Zakładu Produkcyjnego w Płocku

Instalacja według Pozwolenia Zintegrowanego	Konkluzje BAT dla rafinacji ropy naftowej i gazu (REF)	Konkluzje BAT dla wielkotonazowej chemii organicznej (LVOC)	Konkluzje BAT dla dużych źródeł energetycznego spalania (LCP)	Konkluzje BAT dla systemów oczyszczania gazów i ścieków w przemyśle chemicznym (CWW)	Konkluzje BAT dla wspólnych systemów oczyszczania gazów odlotowych w przemyśle chemicznym (WGC)
Rafineria	Obowiązuje od 28.10.2014 r. z terminem dostosowania do 28.10.2018 r.	-	-	-	-
Petrochemia	Obowiązuje od 28.10.2014 r. z terminem dostosowania nie później niż 4 lata od ukazania się Konkluzyji BAT dla głównej działalności (LYOC) – z uwagi na spalanie paliwa rafineryjnego.	Obowiązuje od 07.12.2017 r. z terminem dostosowania do 07.12.2021 r.	-	Obowiązuje od 9.06.2016 r. z terminem dostosowania nie później niż 4 lata od ukazania się Konkluzyji BAT dla głównej działalności (LYOC).	Rozpoczęto prace nad tworzeniem zapisów. Termin wdrożenia nieznany.
Elektrociepłownia	Obowiązuje od 28.10.2014 r. z terminem dostosowania nie później niż 4 lata od ukazania się Konkluzyji BAT dla głównej działalności (LCP) – z uwagi na spalanie paliwa rafineryjnego.	-	Obowiązuje od 17.08.2017 r. z terminem dostosowania do 17.08.2021 r. Odsyła źródła opalane paliwem rafineryjnym do REF.	-	-
Oczyszczalnia ścieków	Z uwagi na oczyszczanie ścieków zarówno z przemyśłu rafineryjnego i petrochemicznego, podległość pod konkluzje BAT jest dyskusyjna.				
Blok gazowo-parowy (w budowie, posiada pozwolenie zintegrowane)	-	-	Obowiązuje od 17.08.2017 r. z terminem dostosowania do 17.08.2021 r.	-	-

Definicja rozwoju zrównoważonego (ang. Sustainable Development), podana w Raporcie „Nasza Wspólna Przyszłość”, który powstał w 1983 roku pod egidą Światowej Komisji Środowiska i Rozwoju ONZ, to prawo do zaspokojenia aspiracji rozwojowych obecnej generacji bez ograniczania praw przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich potrzeb rozwojowych. Definicja ta wskazuje, że rozwój gospodarczy i cywilizacyjny obecnego pokolenia nie powinien odbywać się kosztem wyczerpywania zasobów nieodnawialnych i niszczenia środowiska, dla dobra przyszłych pokoleń, które też będą posiadały prawa do swego rozwoju [3]. W literaturze prawniczej, jak i pozaprawniczej, ale także w aktach prawnych, pojawia się oprócz pojęcia rozwój zrównoważony, także pojęcie zasady/zasad zrównoważonego rozwoju – np. w art. 5 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej. Na podstawie art. 3 ustawy Prawo Ochrony Środowiska zrównoważony rozwój to taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń. W sierpniu 2015 roku 193 państwa członkowskie Organizacji Narodów Zjednoczonych osiągnęły konsensus w sprawie dokumentu końcowego agendy, która zawiera 17 celów i 169 zadań. W dniach 25–27 września 2015 r. w Nowym Jorku, podczas sesji plenarnej Zgromadzenia Ogólnego ONZ przyjęto nową agendę dla zrównoważonego rozwoju wraz z 17 Celami. Najważniejsze z nich to:

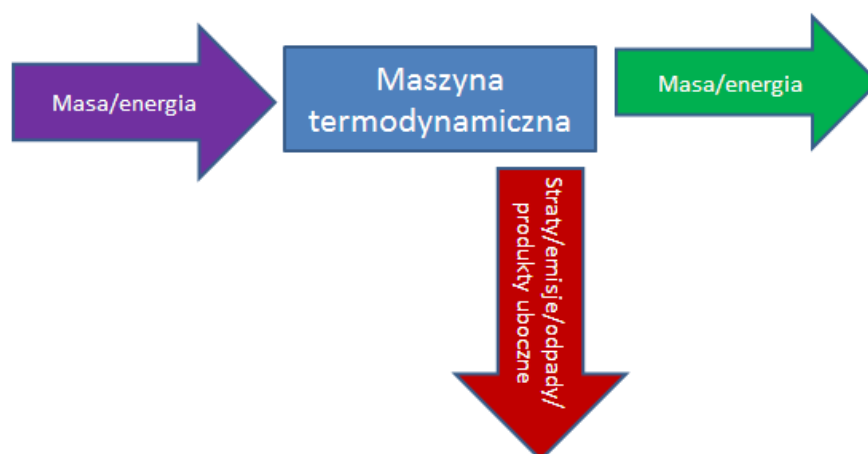
- niezbywalne prawo człowieka do korzystania ze środowiska i jego zasobów; ochrona środowiska dla przyszłych pokoleń,
- obowiązek ochrony ekosystemów i różnorodności biologicznej przez każde państwo,
- obowiązek wprowadzania krajowych i międzynarodowych norm środowiskowych oraz monitoringu środowiska,
- obowiązek prowadzenia ocen konsekwencji dla środowiska zamierzonych działań gospodarczych (oceny oddziaływania na środowisko),
- udzielanie pomocy w rozwiązywaniu problemów środowiskowych innym państwom,
- wymienianie informacji w zakresie ochrony środowiska i racjonalnego korzystania z jego zasobów [4].

Zintegrowane zarządzanie w ochronie środowiska

Dążenie do systematycznej poprawy efektywności energetycznej w przemyśle, szczególnie w najbardziej energochłonnych gałęziach, jest słuszne i nie-

zbędne. To właśnie obniżenie jednostkowego zapotrzebowania na energię prowadzi do realnego postępu, nie zmuszając do ograniczania skali produkcji, dając możliwość rozwoju (tego zrównoważonego) oraz pozwalając na ograniczenie kosztów, w tym kosztów środowiskowych. Daje to także szansę na stopniowe przesuwanie tzw. dnia długu ekologicznego, który oznacza dzień, w którym ludzkość wykorzystała zasoby (gleba, paliwa kopalne, lasy, surowce, woda) przypadające na cały rok do produkcji dóbr i usług, przekraczając tym samym zdolność Ziemi do ich odnawiania. Do zmniejszania długu przyczyniają się wszelkie działania mające na celu ograniczanie wykorzystania zasobów naturalnych.

Mając świadomość, iż nawet działania na niewielką skalę, jeśli realizowane są systematycznie i w dużej ilości obszarów, mogą sumarycznie przynieść znaczące efekty, warto prowadzić politykę poprawy efektywności energetycznej wielopłaszczyznowo. Dla kompleksu rafineryjno-petrochemicznego wraz z własnym źródłem energii można zastosować zintegrowane podejście do zarządzania środowiskowego w oparciu o model powiązań produktowych, surowcowych i energetycznych, który schematycznie przedstawiono na Rysunku 1.



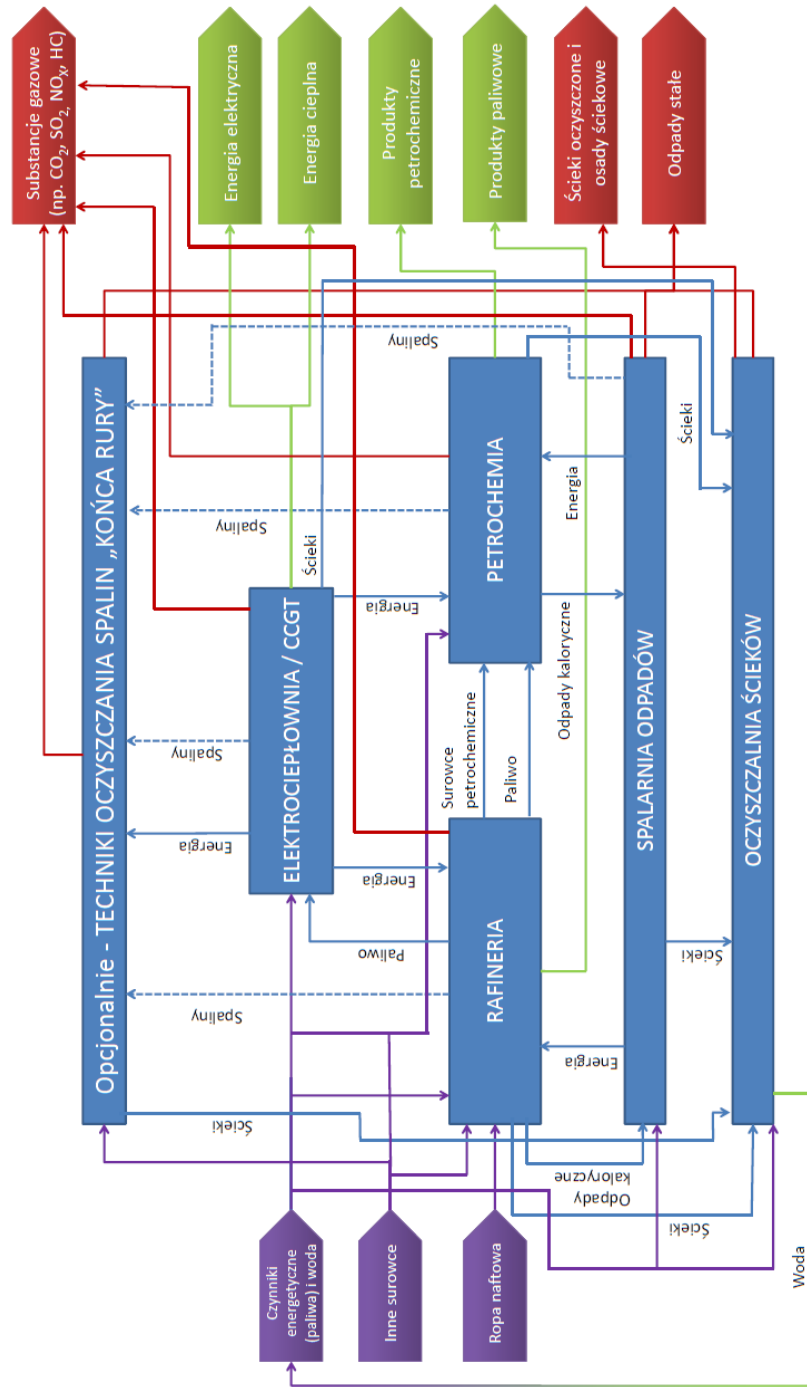
Rys. 1. Uproszczony model powiązań produktowych dla kompleksu przemysłowego [5]

Podstawą jest założenie, iż kompleks przemysłowy działa jak jednorodna maszyna termodynamiczna, przetwarzająca jeden rodzaj energii w inny, zgodnie z zasadą zachowania masy i energii. W związku z tym, niezależnie od skomplikowania procesów wewnątrz maszyny, bilans wejścia/wyjścia powinien się wzajemnie równoważyć. Dzięki temu łatwo zauważyć, że dla istnienia procesów bezodpadowych i bez generowania strat, cała wprowadzona masa i energia musiałaby się równoważyć z masą i energią uzyskaną w postaci produktu, co jest sprzeczne z podstawowymi prawami termodynamiki – nie istnieją urządzenia pracujące bez strat. Emisje do środowiska oraz straty są więc na stałe

wpisane w działalność przemysłową. W celu przeanalizowania i zrozumienia, dlaczego o niektórych procesach mówi się, iż są bezodpadowe lub bezemisyjne, należy zagłębić się w przebieg poszczególnych strumieni międzyoperacyjnych w ramach zakładu.

W pewnym uproszczeniu można założyć, iż na wejściu znajdują się trzy elementy. Są to przede wszystkim ropa naftowa oraz inne surowce i czynniki energetyczne, w tym paliwa i woda. W zależności od potrzeb oraz stopnia skomplikowania zakładu, strumienie te rozplývają się na poszczególne obiekty, instalacje itp. W przypadku kompleksu rafineryjno-petrochemicznego, najważniejszymi segmentami działalności kompleksu, stanowiącymi istotę zachodzących tu procesów fizykochemicznych, są części: rafineryjna, petrochemiczna oraz energetyczna. Dzięki tym segmentom możliwe staje się przetwarzanie wsadu w produkty pożądane – paliwa, chemikalia oraz energię użytkową w postaci prądu elektrycznego i ciepła. Jak już wspomniano wcześniej, z uwagi na podstawowe zasady termodynamiki, procesy przemysłowe są także źródłem produktów ubocznych, niepożądanych i odpadów. Do takich zaliczamy substancje gazowe i pyłowe emitowane do atmosfery, a także substancje stałe i wszelkiego rodzaju składniki ścieków. W dużym uproszczeniu można przyjąć, iż zakład składający się tylko i wyłącznie z opisanych powyżej elementów mógłby z powodzeniem wykonywać swoje zadania i pracować zgodnie ze swoim przeznaczeniem, jeśli za takie uznamy pozyskiwanie jakościowo akceptowalnych produktów. Rafineria, przy udziale energii, przetwarza ropę naftową w paliwa oraz surowce petrochemiczne będące wsadem dla części petrochemicznej, która wytwarza chemikalia jako gotowe produkty handlowe [5].

Nie należy jednak zapominać o szeregu innych, niezmiernie ważnych aspektach produkcji przemysłowej. Możemy tu wyróżnić przede wszystkim czynniki ekonomiczne (koszty produkcji, zysk) i środowiskowe (oddziaływanie na powietrze, wody, czy też gospodarka odpadami). Wymuszają one na operatorach instalacji stosowanie szeregu modułów pomocniczych, wśród których istotną rolę odgrywają oczyszczalnie ścieków, spalarnie odpadów czy obiekty służące oczyszczaniu gazów odlotowych. Pozwalają one nie tylko dotrzymać wyśrubowane normy środowiskowe, lecz przyczyniają się także do poprawy efektywności prowadzonych procesów, np. poprzez umożliwienie zawracania wody gospodarczej czy dodatkowy uzysk energii z odpadów. Wpięcie dodatkowych obiektów w cykl produkcyjny powoduje, że zakład staje się już rozbudowany, a przepływ strumieni pomiędzy modułami komplikuje się. Nadal jednak, co widać na Rysunku 2., rodzaj uzyskanych strumieni wyjściowych nie uległ znaczącej zmianie. Przesunięciom uległy jedynie źródła ich powstawania [5].



Rys. 2. Model powiązań dla kompleksu rafineryjno-petrochemiczno-energetycznego [5]

W modelu zaprezentowanym na Rysunku 2., segmenty Rafineria, Petrochemia czy energetyka, dzięki wykorzystaniu techniki oczyszczania spalin, ścieków oraz przekształcaniu w energię odpadów kalorycznych, wyglądają na bezodpadowe i bezemisyjne. Argument ten jest często wykorzystywany w dyskusjach na temat środowiskowych aspektów produkcji przemysłowej poprzez stwierdzenie, iż odpowiednie techniki ograniczania wszelkich emisji są w stanie zredukować ją praktycznie do zera. Wystarczy jednak spojrzeć nieco szerzej, aby się przekonać, iż te emisje nadal występują. Ich bezpośrednim źródłem nie jest już instalacja produkcyjna, lecz urządzenie ochronne [5].

Podobne ryzyko zbyt wąskiej analizy problemu występuje w przypadku ograniczania się jedynie do wybranego komponentu środowiska. Legislacja europejska, poprzez dyrektywy, rozporządzenia czy inne dokumenty o charakterze wytycznych, kładzie duży nacisk na ochronę powietrza atmosferycznego. Wymusza to na przemyśle, szczególnie tym, gdzie spala się duże ilości paliw kopalnych, stosowanie zaawansowanych technik oczyszczania spalin „końca rury”. Pozwala to na dotrzymanie limitów emisji takich zanieczyszczeń, jak SO_2 czy NO_x , bez konieczności gwałtownej rezygnacji z konwencjonalnych źródeł energii. Poziom dzisiejszych technologii oczyszczania spalin z SO_2 pozwala nawet na kilkukrotną masową redukcję tej substancji, przy kosztownych, jednak dobrze poznanych technikach. Bardzo popularną, możliwą do zastosowania dla paliw stałych i ciekłych, jest technologia mokrego odsiarczania spalin przy pomocy mączki wapiennej. Należy jednak mieć na uwadze, iż ta znaczna redukcja emisji do atmosfery powoduje przyrost masy produktu w postaci stałej. Gips wytworzony w tej metodzie jest co prawda pełnowartościowym produktem handlowym, jednak należy się spodziewać, iż w niedalekiej przyszłości, ze względu na coraz większą ilość instalacji wyposażanych w mokre odsiarczanie, rynek gipsu nasyci się i wystąpią problemy z jego ekologicznym zagospodarowaniem [5].

Podsumowanie i wnioski

Niezależnie od tego, jak bardzo rozbudujemy maszynę termodynamiczną i ile przepływów wewnątrz niej zagospodarujemy, efekt końcowy będzie podobny, zmieni się jedynie rozkład poszczególnych produktów (rozumianych jako wszystko to, co stanowi wyjście z maszyny). Formułując jakiegokolwiek zagadnienia optymalizacyjne czy prośrodowiskowe, należy zawsze mieć to na uwadze. Pominięcie tego faktu i skupienie się jedynie na wybranym elemencie procesu produkcyjnego skutkuje ryzykiem przesunięcia niekorzystnych efektów czy skutków ubocznych w inne miejsce, co wiąże się ze złudnym wrażeniem doskonałości danego działania [5]. Należy pamiętać, iż produkcja np. petrochemiczna jest ściśle skorelowana z produkcją rafineryjną i energetyczną, a one

wszystkie wymagają wykorzystywania zasobów naturalnych. Nie istnieją procesy całkowicie bezodpadowe i bezemisyjne – wrażenie takie powstaje wówczas, jeśli zbyt wąsko zamknie się granice bilansowania. Prowadzenie procesów przemysłowych zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju polega na takim sterowaniu procesami, aby wytworzyć jak najwięcej produktów pożądanых oraz jak najmniej uciążliwych i trudnych do zagospodarowania pozostałości przy minimalnym nakładzie energetycznym.

Prawodawstwo w zakresie ochrony poszczególnych komponentów środowiska powinno uwzględniać wzajemne, ścisłe współzależności. Przy opracowywaniu i opiniowaniu środowiskowych regulacji prawnych, niezależnie od obejmowanego komponentu, istotne są nie tylko zagadnienia ochrony środowiska, ale także możliwości technologiczne, uwarunkowania lokalne oraz zasady termodynamiki i prawo zachowania masy.

Jedyną realną możliwością obniżenia emisji do środowiska w całym cyklu życia paliw, surowców i produktów jest ograniczenie i racjonalizację ich zużycia poprzez wzrost efektywności energetycznej lub wykorzystanie technologii wytwarzania energii bez udziału „prekursorów zanieczyszczeń” [6].

Literatura

- [1] Kamiński A., Koziczyński P., *Rozwój techniczny w parze z ekologią*, Chemia Przemysłowa 2/2017.
- [2] Kijeński J., *Czy rozwój może być zrównoważony?* Chemia Przemysłowa, 2017; (2):24–28.
- [3] Ministerstwo Środowiska, *Strategia zrównoważonego rozwoju polski do 2025 roku, Wytyczne dla resortów opracowujących strategie sektorowe*, Warszawa, 1999.
- [4] ONZ, *Przekształcanie naszego świata: Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju – 2030*, 2015.
- [5] Kamiński A., Koziczyński P., *Zintegrowane podejście do zagadnień ochrony środowiska w kompleksie rafineryjno-petrochemiczno-energetycznym w obliczu środowiskowych regulacji prawnych*, Chemik 2015, 69, 10.
- [6] Kamiński A., Koziczyński P., *„Integracja działań efektywnościowych i ograniczających emisyjność instalacji produkcyjnych kompleksu rafineryjno-petrochemicznego”*, Inż. Ekolog. 2017; 1:235–239.



Wioletta Maria Bajdur, Magdalena Roman, Mateusz Maj

Politechnika Częstochowska

Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 36 B, 42–200 Częstochowa

ANALIZA I WPŁYW ZAGROZEŃ CHEMICZNYCH NA ŚRODOWISKO I ZDROWIE PRACOWNIKÓW STRAŻY POŻARNEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagrożenia występujące w środowisku pracy strażaka, z uwzględnieniem zagrożeń chemicznych. Głównym celem artykułu jest analiza zagrożeń występujących podczas akcji ratowniczo-gaśniczych, odpowiednie zachowanie, przeciwdziałanie niepożądanym skutkom podczas kontaktu z niebezpiecznymi substancjami oraz ocena wpływu zagrożeń chemicznych na środowisko i zdrowie pracowników Straży Pożarnej.

Słowa kluczowe: substancje niebezpieczne, analiza zagrożeń chemicznych, pracownicy Straży Pożarnej.

ANALYSIS AND IMPACT OF CHEMICAL HAZARDS ON THE ENVIRONMENT AND HEALTH OF FIRE BRIGADE EMPLOYEES

Abstract. The paper presents threats existing in the firefighter's work environment, with special focus on chemical threats. The principal aim of the paper is to analyze the hazards occurring during rescue and firefighting operations, to describe the appropriate behavior and prevention of any adverse effects during contact with hazardous substances and to assess the impact of chemical hazards on the environment and health of Fire Brigade employees.

Keywords: hazardous substances, analysis of chemical hazards, Fire Brigade employees.

Charakterystyka zagrożeń w środowisku pracy

1. Zagrożenia biologiczne

Niebezpieczne czynniki biologiczne obejmują drobnoustroje komórkowe, jednostki bezkomórkowe zdolne do replikacji, jak i przenoszenia materiału genetycznego, oraz zmodyfikowane genetycznie hodowle komórkowe, które przyczyniają się do zakażenia, alergii, a także zatrucia, pasożyty wewnętrzne [5].

Wirusy

Mają one zdolność wzrostu oraz rozmnażania się wyłącznie wewnątrz zakażonej komórki. Reprodukacja ich zachodzi tylko przez żywą komórkę (bakteryjną, roślinną i zwierzęcą), podczas swego rozwoju uszkodzają komórki gospodarza. Rozprzestrzenianie się chorób wirusowych zachodzi najczęściej drogą kropelkową, np. przy kichaniu, głośnym mówieniu osoby zainfekowanej lub kasłaniu. Zakazić się możemy również przez przewód pokarmowy (wirusowe zapalenie wątroby typu A), także przez bezpośredni kontakt z wydaliniami chorego oraz przez spożycie zakażonego jedzenia.

Bakterie

To drobnoustroje komórkowe, które rozmnażają się przez podział. Bakterie [5] występujące u człowieka możemy podzielić w zależności od ich zdolności do barwienia metodą Grama na bakterie G (+) oraz G (-). Niektóre z tych bakterii mają umiejętność tworzenia przetrwalników w warunkach niesprzyjających dalszemu wzrostowi komórki. Przetrwalniki te mogą przejść ponownie w formy rozwojowe wtedy, gdy warunki zewnętrzne staną się sprzyjające. Wrotami wniknięcia są przeważnie drogi oddechowe, układ pokarmowy, uszkodzone błony śluzowe oraz skóra.

Grzyby

Mogą wywoływać zakażenia ogólne, a także zmiany miejscowe, np. na skórze i błonach śluzowych [1]. Dość często u dzieci, a zwłaszcza u noworodków i niemowląt występuje zakażenie drożdżakiem *Candida albicans*. Szczególnie ciężko przebiegają zakażenia płuc i ośrodkowego układu nerwowego wywołane przez *Cryptococcus neoformans*. Wspomniane powyżej bakterie powodują nadkażenia u ciężko chorych osób leczonych antybiotykami oraz u chorych z rozległymi oparzeniami.

2. Zagrożenia fizyczne

Drgania mechaniczne – wibracja

Wibracja wpływa na pracownika w miejscu kontaktu tkanek ze źródłem drgań (zatem na skutek bezpośredniego działania mechanicznego), a także wpływa przez układ nerwowy na cały organizm. Najczęstsze przyczyny wytwarzania drgań mechanicznych w urządzeniach i maszynach:

- konstrukcyjne (wtedy, gdy maszyny są wyposażone w mechanizmy krzywkowe, korbowodzikowe, zapadkowe oraz wibratory),
- eksploatacyjne (w przypadku, gdy maszyny zużywają się, powstają w nich luzy, ich smarowanie jest niewłaściwe, powierzchnie ulegają zniekształceniu itd.),
- technologiczne (w przypadku, gdy maszyny posiadają niedokładności montażowe, elementy obrotowe są niewłaściwie wyważone, w maszynach występują luzy łożyskowe).

Hałas

Hałas jest to dźwięk niepożądany, którego działanie może być uciążliwe bądź szkodliwe dla człowieka. Rozróżniamy hałasy ciągłe o nieznacznych zmianach natężenia i widma częstotliwości w czasie (szmer, szum), jak i także hałasy impulsowe (np. huk, trzask). Szkodliwość hałasu jest zależna od jego natężenia, widma częstotliwości, charakteru zmian w czasie oraz zawartości składowych niesłyszalnych, a także długotrwałości działania.

Rys. 1. Źródła hałasu



Źródło: <http://psse-kolo.pl/menu-strony/oddzialy/oddzial-higieny-komunalnej/informacje-oddzial-higieny-komunalnej/hałas>.

Mikroklimat środowisko termiczne

Środowisko termiczne (warunki cieplne miejsca pracy) jest ważnym czynnikiem, który wpływa na samopoczucie, zdrowie, wydajność pracy, także na jej bezpieczeństwo i higienę. Kluczową rzeczą jest zapewnienie pracownikowi komfortu cieplnego. Przez komfort cieplny rozumiemy stworzenie takich warunków, w których pracownik ubrany odpowiednio do rodzaju i warunków pracy nie odczuwa gorąca lub chłodu podczas jej wykonywania.

Mikroklimat umiarkowany

Mikroklimat umiarkowany określa warunki cieplne środowisk termicznych umiarkowanych, głównie odczucia termiczne odnoszące się do równowagi cieplnej całego organizmu. Wpływ na tą równowagę ma aktywność fizyczna pracownika, jego odzież, a także parametry otoczenia:

- temperatura powietrza,
- prędkość przepływu powietrza,
- wilgotność powietrza,
- średnia temperatura promieniowania.

Mikroklimat gorący

Mikroklimat gorący na stanowisku pracy określany jest przez wskaźnik obciążenia termicznego WBGT (Wet Bulb Globe Temperature). Niniejszy wskaźnik określa wpływ temperatury, wilgotność bezwzględna powietrza, prędkość ruchu powietrza, średnią temperaturę promieniowania otoczenia.

Oddziaływanie mikroklimatu na organizm

Mikroklimat gorący – działanie zbyt wysokiej temperatury skutkuje utratą ciepła w sposób bierny (przewodzenie oraz konwekcja, promieniowanie) i czynny (parowanie potu). W trakcie ciężkiej pracy fizycznej w warunkach wysokiej temperatury ilość potu może osiągnąć nawet 3–4 litry na godzinę. Pocienie się powoduje utratę elektrolitów (Na, Cl, K), może to skutkować zaburzeniami w gospodarce energetycznej pracownika. Wysoka temperatura otoczenia niesie ze sobą ryzyko wywołania omdleń cieplnych, kurczy cieplnych, wyczerpania oraz udaru.

Mikroklimat zimny – stopień zagrożenia występowaniem zmian wywołanych przez działanie zimna jest uzależniony od stopnia utraty ciepła na drodze przewodnictwa (wilgotna odzież, kontakt z zimnym metalem), promieniowania (zależnie od różnicy między temperaturą ciała a otoczenia), konwekcji (oziębienie przez wiatr). Ogólne zmiany wywołane wpływem niskich temperatur to hipotermia (czyli obniżenie temperatury ciała, które prowadzi do utraty świadomości, zwolnienia albo zatrzymania oddychania, a w końcowym etapie zatrzymania krążenia).

Aklimatyzacja

Aklimatyzacja – to efekt procesu fizjologicznego adaptacji, powoduje zwiększenie tolerancji osoby ekspozowanej na określone środowisko w odpowiednio długim czasie. Osoba zaaklimatyzowana przy takim samym obciążeniu termicznym jest w mniejszym stopniu obciążona fizjologicznie w porównaniu z osobą, która nie jest zaaklimatyzowana. Efekt aklimatyzacji można osiągnąć na dwa sposoby. Sztucznie, poprzez powtarzaną ekspozycję w komorze klimatycznej lub w warunkach naturalnych. Drugi sposób polega na wykonywaniu przez pracownika czynności na stanowisku roboczym, początkowo przez krótkie okresy, które wraz z upływem czasu są zwiększane. Zalecane jest zwiększanie czasu pracy od stanu niezaaklimatyzowania do zaaklimatyzowania stopniowo w ciągu 7 dni.

Profilaktyka – jest to zapobieganie niekorzystnemu oddziaływaniu środowiska termicznego polegające na stosowaniu poniższych punktów:

- zapewnienie pracownikowi odpowiedniej odzieży,
- zapewnienie odpowiednich napoi zawierających sole mineralne,
- stosowanie środków ochrony osobistej,
- zapewnienie odpowiedniej wentylacji,
- zapewnienie odpowiedniej temperatury w zależności od wykonywanej pracy,
- zmniejszenie wydatku energetycznego pracownika podczas nadmiernego obciążenia środowiskiem termicznym,
- wprowadzenie skróconego czasu ekspozycji pracownika na działanie niekorzystnych temperatur.

Promieniowanie elektromagnetyczne

Fale elektromagnetyczne są wytwarzane w sposób naturalny lub sztuczny. Mogą się różnić długością fali oraz częstotliwością, jednak ich wspólną cechą może być ta sama wartość prędkości rozchodzenia się w próżni. Podczas gdy fale elektromagnetyczne rozchodzą się w jakimś ośrodku, wtedy zazwyczaj prędkość rozchodzenia się będzie odmienna dla fal o różnych długościach (dispersja fal).

3. Czynniki chemiczne

Szkodliwe czynniki chemiczne, które występują w powietrzu na stanowiskach pracy, możemy podzielić na:

substancje toksyczne [2] – różna toksyczność związków chemicznych występujących w środowisku pracy jest zależna od stopnia powinowactwa danego związku do narządów i tkanek ustroju, a także od sposobu działania na organizm. W związku z powyższym, dla takich związków zostały ustalone dopuszczalne dawki określone w [Q 273] jako Najwyższe Dopuszczalne Stężenie

(NDS), Najwyższe Dopuszczalne Stężenie Chwilowe (NDSCh) i Najwyższe Dopuszczalne Stężenie Pułapowe (NDSP).

Substancje toksyczne są zdolne działać na człowieka w sposób:

- niezależny (różne substancje o różnym działaniu),
- sumujący (skutki biologiczne działania substancji kumulują się),
- synergistyczny (jedna substancja chemiczna wzmacnia działanie drugiej np. alkohol i rozpuszczalnik),
- antagonistyczny (jeśli substancje szkodliwe występują jednocześnie, to spada ich toksyczność).

Substancje drażniące – są to związki chemiczne, zazwyczaj w postaci gazowej, działają drażniąco na skórę i błony śluzowe. Do tej grupy substancji można zaliczyć: amoniak, chlorowodór, fosgen, fluorowodór, fluor, izocyjaniany, chlor, tlenki azotowe, tworzywa poliuretanowe, kleje i rozpuszczalniki, związki ftalowe, ftalonowoglikolowe, utwardzacze łączone z kwasem siarkowym, fosforowym lub innymi, a także inne związki o działaniu drażniącym.

Substancje uczulające – to związki chemiczne które wywołują uczulenie (alergie). Jest to swoista reakcja organizmu na obecność tych substancji. Obecnie w praktyce przemysłowej największe znaczenie mają tzw. alergeny kontaktowe. Alergeny te w kontakcie z powierzchnią skóry wywołują rumień, stany zapalne, wypryski oraz inne zmiany skórne, umiejscowione zazwyczaj w miejscach kontaktu. Do takich substancji, zalicza się np: związki kobaltu, chromu, niklu, formalinę, rezorcynę, fenol oraz wymienione powyżej substancje drażniące.

Substancje rakotwórcze – są to związki, których kancerogenne działanie na ludzi zostało udowodnione.

Substancje mutagenne – są to związki chemiczne wywołujące zmiany w genach, zaś wadliwe geny są przekazywane następnemu pokoleniu. Czynniki mutagenne to np: iperyt, barwniki azowe, akrydynowe, benzen, formalina, pochodne puryny i pirymidyny oraz kwas azotowy. Do tej grupy zalicza się także leki wprowadzone do organizmu matki i szkodliwie działające na płód.

Substancje, które upośledzają funkcje rozrodcze.

Szkodliwe związki chemiczne możemy podzielić w zależności od dróg wchłaniania:

Wchłanianie poprzez drogi oddechowe substancji toksycznych pod postacią par, dymów, gazów, aerozoli i pyłów to najczęstsze źródło przenikania tych substancji do organizmu. Sposób i szybkość wchłaniania są wysoce zależne od miejsca wchłaniania w drogach oddechowych, a także od właściwości chemicznych i fizycznych danej substancji. Zazwyczaj wchłanianie substancji toksycznych w obszarze górnych i środkowych dróg oddechowych jest znikome. Wchłanianie zachodzi najszybciej w pęcherzykach płucnych.

Wnikanie przez skórę szkodliwych substancji chemicznych do krwi może wywołać zatrucie ogólne, czasem ciężkie, a nawet śmiertelne. Przez skórę zdolne są przenikać przede wszystkim substancje rozpuszczalne w tłuszczach (najszybsze jest wnikanie substancji jednocześnie rozpuszczalnych w wodzie). Pocienie i wilgotność skóry to czynniki nasilające wchłanianie. Otarcia skóry powodują, że zdolność wchłaniania zwiększa się nawet kilkadziesiąt tysięcy razy.

Szkodliwe substancje chemiczne wchłaniają się przez przewód pokarmowy w stosunkowo niewielkim stopniu. Substancje takie trafiają do żołądka przezważnie drogą pośrednią, wraz z pożywieniem lub przeniesione rękami, w czasie picia lub palenia papierosów, czyli w przeważającym stopniu przy zaniedbaniach higienicznych.

4. Czynniki psychofizyczne

Czynniki te możemy podzielić na:

- obciążenie psychoneurwowe,
- obciążenie fizyczne (praca fizyczna).

Obciążenie fizyczne

Fizyczne obciążenie organizmu człowieka, jest spowodowane głównie czynnościami związanymi z obsługą maszyn i stanowisk pracy. W związku z powyższym można mówić o:

- **obciążeniu rąk** – jest to związane głównie z czynnościami sterowania przedmiotami podczas pracy, zatem podstawowymi kryteriami obciążenia rąk będą opory elementów służących do sterowania, a także inne siły pokonywane rękami w trakcie operacji technologicznych. Do podstawowych kryteriów należy także równomierność rozłożenia czynności na obie ręce.
- **obciążeniu nóg** – ten rodzaj obciążenia wynika z potrzeby pokonywania elementów sterowniczych, przenoszenia ciężarów, pracy w pozycji stojącej lub chociażby chodzenia.

Obciążenie psychoneurwowe (psychiczne)

Obciążenie psychiczne charakterystyczne jest dla pracy umysłowej. Jego nasilenie zależy głównie od ważności, zmienności, powtarzalności, złożoności i dokładności wykonywanych czynności.

Obciążenia psychiczne

Obciążenie psychiczne spowodowane wykonywaniem zadań wynika głównie:

- z warunków i sposobu odbierania informacji, na co wpływ mają:
 - cechy przestrzeni wirtualnej,
 - jakość oświetlenia,
 - jakość elementów informacji,

- ryzyko pomyłek w odbiorze informacji i konsekwencje z tego wynikające,
- z warunków podejmowania decyzji, czyli:
 - konsekwencji błędnych decyzji,
 - stopni i ilości skomplikowanych informacji, które poprzedzają decyzje,
 - dróg wyboru (alternatyw),
- z warunków i sposobu wykonywania czynności:
 - rytmu pracy określonego przez proces technologiczny albo maszynę,
 - cech przestrzeni operacyjnej,
 - możliwości zaistnienia błędów oraz wynikających z tego konsekwencji,
 - materialnych warunków utrudniających czynność,
 - jakości elementów sterowania.

Czynniki zagrażające bezpieczeństwu podczas pracy strażaka

Praca strażaków bardzo często odbywa się w trudnych warunkach, które niejednokrotnie zagrażają ich życiu i zdrowiu. Strażacy Państwowej Straży Pożarnej oraz członkowie ochotniczych straży pożarnych wraz z pracownikami jednostek ochrony przeciwpożarowej, którzy uczestniczą w akcjach ratowniczych, narażeni są na szkodliwe działanie substancji chemicznych bądź czynników fizycznych (głównie termicznych).

Temperatura oraz gęstość strumienia promieniowania cieplnego

Czynnikiem, który stwarza zagrożenie, będący skutkiem pożaru jest wysoka temperatura oraz związane z nią promieniowanie cieplne. Pożar [4], czyli niekontrolowane spalanie, związany jest zawsze z powstaniem obszarów o wysokiej temperaturze. W strefie spalania materiałów stałych, cieczy oraz gazów średnia temperatura oscyluje wokół 1000 stopni Celsjusza. Podczas pożaru strażacy narażeni są często na oddziaływanie cieplne, które powoduje nadmierny wzrost temperatury ciała. Poprzez oddziaływanie ciepła na organizm człowieka mogą wystąpić zaburzenia temperatury ciała. Podwyższenie temperatury do 39°C może być przyczyną nagłej utraty przytomności. Podobny skutek może wystąpić, gdy głowa zostanie zbyt intensywnie napromieniowana. Podczas akcji gaśniczej strażak działa zazwyczaj w aparacie ochrony dróg oddechowych oraz ubraniu ochronnym, często zmuszany jest do skrajnego wysiłku fizycznego, gdyż przenosi dodatkowy sprzęt ratowniczo-gaśniczy konieczny do wykonania poszczególnych zadań. W efekcie przedłużającej się pracy strażaka w pomieszczeniu zajęтым przez ogień oraz wydłużającym się wysiłku może nastąpić zakłócenie procesu termoregulacji oraz przegrzanie organizmu. Pożar związany jest z powstaniem promieniowania cieplnego. Jego źródłem są żar

oraz płomienie, które stwarzają bezpośrednie niebezpieczeństwo dla strażaków w wyniku np. zetknięcia się z nimi nieosłoniętym ciałem. Napromieniowanie cieplne organizmu człowieka jest związane z doznaniem bólu, którego granice określa się poprzez strefę oddziaływania ciepłego gazu o temperaturze 60–70°C. Ból fizyczny u ludzi powoduje wartość gęstości strumienia promieniowania, który wynosi około 2,5 kW/m².

Toksyczne produkty powstające w czasie pożaru

Występujące w wyniku pożaru produkty spalania, rozkładu termicznego oraz pirolizy tworzą złożoną mieszaninę gazów oraz zawieszonych cząstek stałych lub ciekłych, która tworzy dla człowieka poważne zagrożenie. Są to między innymi:

- dwutlenek węgla,
- tlenek węgla (czad),
- dwutlenek siarki,
- ozon,
- tlenki azotu,
- pył zawieszony,
- ołów,
- pięciotlenek fosforu,
- pary siarkowodoru, chlorowodoru oraz cyjanowodoru,
- lotne zanieczyszczenia organiczne (np. benzen, benzopiren).

Substancje te dostają się do organizmu człowieka zazwyczaj przez układ oddechowy, powodując zatrucia, a przy wyższych stężeniach w powietrzu nawet śmierć, np. z zawartością: cyjanowodor – 0,02%, dwutlenek siarki – 0,3%, a tlenek azotu – 0,05% w wydychanym powietrzu. Niektóre substancje mogą działać natychmiast, inne mogą spowodować zatrucia przy kilkunastogodzinnym opóźnieniu.

Tlenek węgla

(CO), potocznie zwany czadem – silnie trujący, w temperaturze pokojowej występuje jako bezbarwny, bezwonny oraz niedrażniący gaz o nieco mniejszej gęstości od powietrza, przez co łatwo się z nim miesza i rozprzestrzenia. Gaz ten powstaje w wyniku niepełnego spalania wielu paliw, np. węgla, drewna, benzyny, ropy, oleju, nafty, gazu, spowodowanego brakiem odpowiedniej ilości tlenu, niezbędnego do całkowitego spalania. Wynikać to może z braku dopływu powietrza z zewnątrz do urządzenia, gdzie następuje spalanie lub z powodu zanieczyszczenia, zużycia bądź złej regulacji palnika gazowego, jak i również przez przedwczesne zamknięcie paleniska pieca, kuchni. Szczególnie niebezpieczne i groźne jest to w mieszkaniach i pomiesz-

zeniach, gdzie okna są szczelnie zamknięte lub uszczelnione na zimę bez właściwej wentylacji. Czad bardzo często powstaje podczas pożaru, a wtedy narażeni na kontakt z nim są strażacy. Tlenek węgla jest niewyczuwalny dla człowieka, stąd bardzo duże niebezpieczeństwo zaszadzenia się. Gaz ten jest wchłaniany przez układ oddechowy, skąd później dostaje się do układu krążenia. W płucach tlenek węgla wiąże się z hemoglobina 210 razy szybciej aniżeli tlen, przez co znacznie ogranicza dopływ tlenu do organizmu, dochodzi do niedotlenienia tkanek – hipoksji. Wskutek tego uniemożliwione jest prawidłowe rozprowadzanie tlenu we krwi, co powoduje uszkodzenia mózgu i innych narządów, a w konsekwencji często śmierć. Dlatego czad często nazywany jest także „cichym zabójcą”.

Tabela 1. Objawy zależne od stężenia CO

Stężenie objętościowe CO w powietrzu	Objawy zatrucia
0,01% – 0,02%	lekki ból głowy przy ekspozycji przez 2–3 godziny
0,04%	silny ból głowy zaczynający się około 1 godzinę po wdychaniu tego stężenia
0,08%	zawroty głowy, wymioty oraz konwulsje po 45 minutach wdychania, po dwóch godzinach trwała śpiączka
0,16%	silny ból głowy, wymioty, konwulsje po 20 minutach, zgon po 2 godzinach
0,32%	intensywny ból głowy oraz wymioty po 5–10 minutach, zgon po 30 minutach
0,64%	ból głowy i wymioty po 1–2 minutach, zgon w niecałe 20 minut
1,28%	utrata przytomności po 2–3 wdechach, śmierć po około 3 minutach

Źródło: <http://www.straz.gov.pl/data/other/czaaad.htm>.

Substancje szkodliwe, które powstały w wyniku spalania, przedostają się do organizmu ludzkiego przez wdychanie ich podczas oddychania, poprzez przenikanie przez skórę bądź są wchłaniane przez przewód pokarmowy. Dość

często zdarza się, iż 90% składników dymu to mieszaniny węglowodorów, co sprawia, że dym jest także gazem palnym, który w niekorzystnych warunkach może ulec podpaleniu lub wybuchowi.

Zadymienie

Dym – są to gazowe produkty spalania materiałów organicznych, w których rozproszone są małe cząsteczki ciekłe oraz gazowe. Cząstki dymu powstają w efekcie niecałkowitego spalania. Powstają [4] one w wyniku spalania płomieniowego oraz bezpłomieniowego (tlenie). Dym tworzący się w wyniku spalania płomieniowego składa się głównie ze stałych cząstek węgla (sadzy). Część cząstek sadzy może powstawać przez oblepienie ciekłych produktów spalania podczas oddziaływania strumienia ciepła płomienia. Jednak znaczna większość cząstek sadzy tworzy się w fazie gazowej, powstają jako produkt niecałkowitego spalania. Ilość wytwarzanego dymu jest zależna od wielu czynników. Głównym jest chemiczna budowa paliwa, np. małe ilości CH_2OH , HCOH , CO , HCOOH spalają się, dając przy tym płomień nieświecący, bez cząstek dymu. W takich samych warunkach inne paliwa dają gęstość dymu zależnie od ich budowy, np. proste łańcuchowe węglowodory (alifatyczne) dają dużo mniej dymu w stosunku do węglowodorów aromatycznych. Intensywność dymienia materiału jest zależna także od szybkości rozkładu termicznego, składu chemicznego głównego składnika, szybkości zapalenia, a także od rodzaju dodatków: wypełniacz oraz materiał ognioodporny. Surowce, które mają w cząsteczkach tlen dają w czasie spalania mniejsze ilości dymu niż węglowodory. Dla ochrony przeciwpożarowej najważniejsza jest dymotwórczość materiałów, którą określa się poprzez ilość dymu powstałą z 1 kg materiału palnego.

Dym jest podstawowym nośnikiem ciepła w środowisku pożarowym, powoduje duże zagrożenie dla strażaków nie tylko z powodu możliwego wdychania toksycznych związków chemicznych, lecz także ze względu na zaciemnienie przestrzeni objętej pożarem oraz pomieszczeń, które sąsiadują z wysokoenergetycznym środowiskiem pożarowym. Siła dymienia materiałów ma duży wpływ na ograniczenie widzialności w obszarze zajęтым przez pożar. Ograniczona widoczność, wywołana przez warstwę dymu powoduje np. nieprzenikalność światła latarki przez dym, jak również łzawienie i pieczenie wywołane drażniącymi składnikami dymu (przez oczy, które zostały podrażnione w dymie, widzialność jest 2,5 razy mniejsza od zasięgu przy niepodrażnionych w tych samych warunkach zadymienia) [6]. Poprzez ograniczenie widoczności zostaje zwiększone prawdopodobieństwo utraty orientacji w zadymionych budynkach, co z kolei prowadzić może do upadku, uderzenia o niewidoczne przedmioty bądź skaleczenia o ostre, wystające elementy. Efektem takiej widoczności jest utrudniona lub nawet niemożliwa ewakuacja strażaka w bezpieczne miejsce. W czasie pożaru zarówno jasny dym, jak i para wodna, która

powstaje w wyniku gaszenia pożaru, mogą być przyczyną utraty widoczności. Barwa dymu nie ma przy tym podstawowego znaczenia. Najwyższą toksyczność oraz gęstość optyczną mają produkty spalania powstające w czasie spalania tworzyw sztucznych: materiałów wykończeniowych oraz wykładzin, które zawierają między innymi: żywicę epoksydową, żywicę poliestrową wzmocnioną włóknem sztucznym oraz poliizobutylem i inne toksyczne, trujące związki.

Niedobór tlenu

Przeważnie podczas pożaru w dymie jest mniej tlenu niż go potrzebuje człowiek do oddychania. Najbardziej wrażliwy na niedobór tlenu jest nasz mózg – centralna część układu nerwowego. Zagrożeniem dla układu oddechowego człowieka jest niedobór tlenu poniżej 17% we wdychanym powietrzu, naturalnie zawartość tego pierwiastka w powietrzu wynosi około 21%. Podczas zmniejszenia się ilości tlenu w dymie, który zużywa się przy podtrzymywaniu procesu spalania, nasila się dodatkowe ryzyko dla zdrowia i życia funkcjonariusza straży pożarnej. Przy właściwej zawartości tlenu w powietrzu materiały palne spalają się z charakterystyczną dla siebie szybkością. Obniżenie się zawartości tego pierwiastka w danym środowisku pożarowym powoduje zmniejszenie szybkości spalania, co jest przyczyną spalania niecałkowitego. Takie warunki powodują, iż dym staje się bardziej gęsty oraz czarny. Zbyt duży niedobór tlenu może być przyczyną bardziej intensywnego tworzenia się związków wzmacniających działanie toksyczne, trujące generowanych w pożarach różnego rodzaju produktów spalania i rozkładu termicznego. Innym niebezpieczeństwem jest zmniejszona ilość tlenu w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie pożar rozwija się dłużej. Powoduje to dodatkowe zagrożenie, które polega na gromadzeniu się rozgrzanych gazowych produktów spalania oraz rozkładu termicznego, które tworzą palną, wybuchową mieszaninę gazową. Poprzez otwarcie okien lub drzwi i nagłym dopływem tlenu z powietrza zgromadzona w pomieszczeniu mieszanina może ulec gwałtownemu zapaleniu. W takowej sytuacji, pomimo groźby zatrucia, istnieje ryzyko poparzenia skóry oraz dróg oddechowych gorącymi gazami.

Uszkodzenie konstrukcji budynku lub jego elementów

Dynamiczność pożarów charakteryzuje się głównie szybkimi zmianami parametrów, takich jak: ciśnienie, temperatura produktów spalania, objętość dymu i inne. Wpływa to znacznie na zmiany wytrzymałości i stateczności konstrukcji budynku, a wynika to z pokaźnego wzrostu ilości ciepła w pomieszczeniu, który źle wpływa na stan elementów budowlanych, nagrzewając je. Poprzez duże ilości ciepła, a także przez działanie siły mechanicznej (fali uderzeniowej), powstającej podczas wybuchu łatwopalnych gazów, par, pyłu, a także rozsadzenia butli z gazem, pieców, itp., konstrukcje budowlane mogą w czasie

pożaru ulec destabilizacji bądź zburzeniu. Fala uderzeniowa posiada bardzo dużą siłę i w łatwy oraz szybki sposób może zniszczyć cały budynek wraz z jego wyposażeniem. Może wystarczyć nadciśnienie 0,14 bar by zawałiła się ściana, 0,20 bar by zniszczeniu uległy konstrukcje stalowe budynku, 0,35 bar wystarcza, by go ciężko uszkodzić, a przy 0,42 bar możliwe jest całkowite zniszczenie. Ważnym zagrożeniem dla strażaków w czasie działania fali uderzeniowej, poza zawałeniem się całych konstrukcji bądź ich elementów, są także różnego rodzaju odłamki oraz fakt niekontrolowanego przemieszczenia się strażaka przez działanie podmuchu tej fali. Historia pokazuje jednak, że najczęściej strażakom zagraża zmniejszona trwałość i odkształcenie konstrukcji spowodowane przez działanie obszarów o wysokiej temperaturze pożaru. Duże ilości ciepła powodują zmiany w strukturze materiałów budowlanych, rozszerzeniu ulegają składniki w nią wchodzące (m.in. zbrojenia wykonane z metalowych prętów), powstają procesy palenia oraz rozkładu. Ze względu na to maleje wytrzymałość materiałów budowlanych, mogą powstać deformacje w strukturze, pęknięcia konstrukcji, jak i nawet całkowite zawałenie się obiektu.

Odporność ogniowa – wielkość charakteryzująca zdolność elementów konstrukcyjnych budynku do spełnienia ustalonych wymagań w warunkach pożaru. Miara [3] odporności ogniowej wyrażona jest w minutach od początku pożaru do momentu osiągnięcia przez element konstrukcji jednego z trzech głównych kryteriów:

- Nośność ogniowa R – stan, w którym część próbna przestaje spełniać swoją funkcję nośną, na skutek zniszczenia mechanicznego, utraty stateczności, przekroczenia granicznych wartości odkształceń bądź przemieszczeń.
- Szczelność ogniowa E – stan, w którym część próbna przestaje spełniać swoją funkcję oddzielającą, wskutek pojawienia się płomieni na nienagrzewanej powierzchni, powstania pęknięć bądź szczelin o wymiarach przekraczających wartości graniczne, przez które przedostają się płomienie lub gazy, a także przez element próbny, który odpadnie od konstrukcji.
- Izolacyjność ogniowa I – stan, w którym część próbna przestaje spełniać funkcję oddzielenia wskutek przekroczenia granicznej wartości temperatury na powierzchni nienagrzewanej.

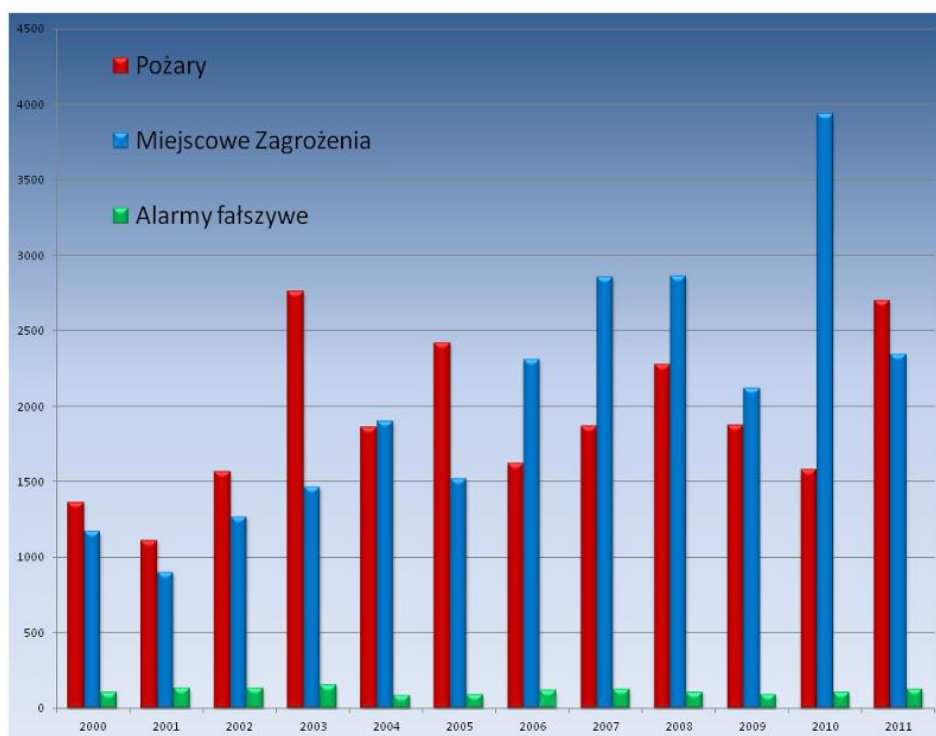
Wskaźniki uzupełniające odporności ogniowej:

- S – ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu
- M – odporność mechaniczna
- W – przepuszczalność promieniowania
- C – samozamykalność

Analiza i ocena zagrożeń chemicznych występujących w badanej jednostce Państwowej Straży Pożarnej

W podrozdziale tym przedstawione zostaną dane statystyczne z lat 2001–2013, liczba pożarów, miejscowych zagrożeń oraz fałszywych alarmów.

Statystyka zdarzeń z lat 2001–2011

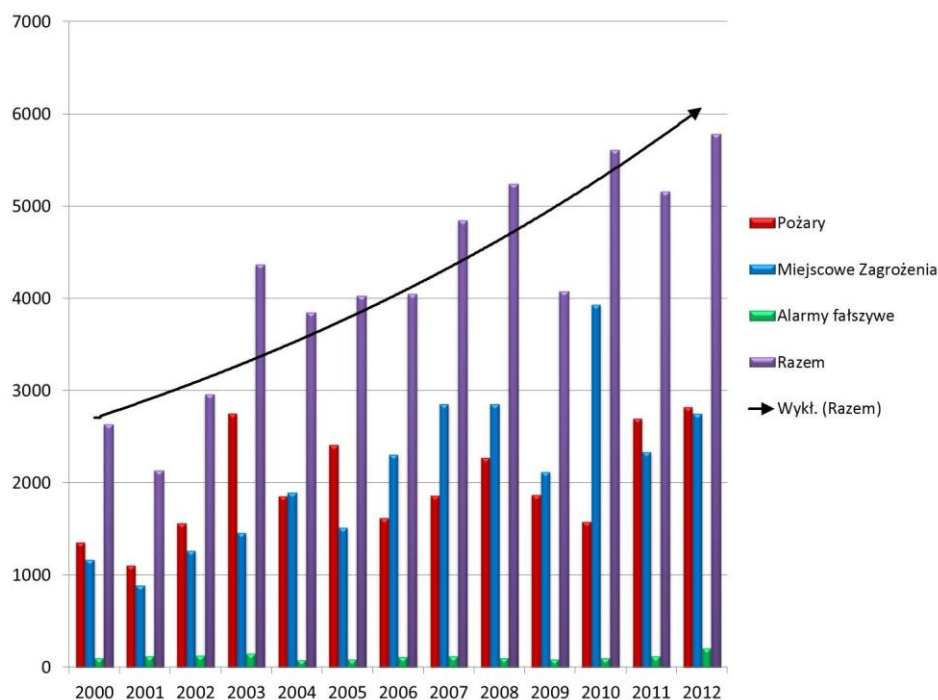


Rys. 2. Wykres zdarzeń z lat 2000–2011

Źródło: http://www.kmpsp.czest.pl/strona_2011/index.php.

Powyższy wykres przedstawia ilość zdarzeń w latach 2001–2011. Wyraźnie zaznacza się systematyczny wzrost ilości interwencji. Od roku 2006 można zaobserwować również przewagę ilości miejscowych zagrożeń nad pożarami. Liczba alarmów fałszywych jest we wszystkich rozpatrywanych latach podobna.

Statystyka zdarzeń z roku 2012



Rys. 3. Wykres zdarzeń z roku 2012

Źródło: http://www.kmpsp.czest.pl/strona_2012/index.php.

W 2012 roku na obszarze działania Komendy [7] Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie – obejmującej zasięgiem miasto Częstochowa i powiat częstochowski powstały ogółem 5782 zdarzenia.

Jednostki ochrony przeciwpożarowej interweniowały:

- 2824 – razy przy pożarach,
- 2753 – razy podczas miejscowych zagrożeń,
- 205 – razy w ramach alarmów fałszywych.

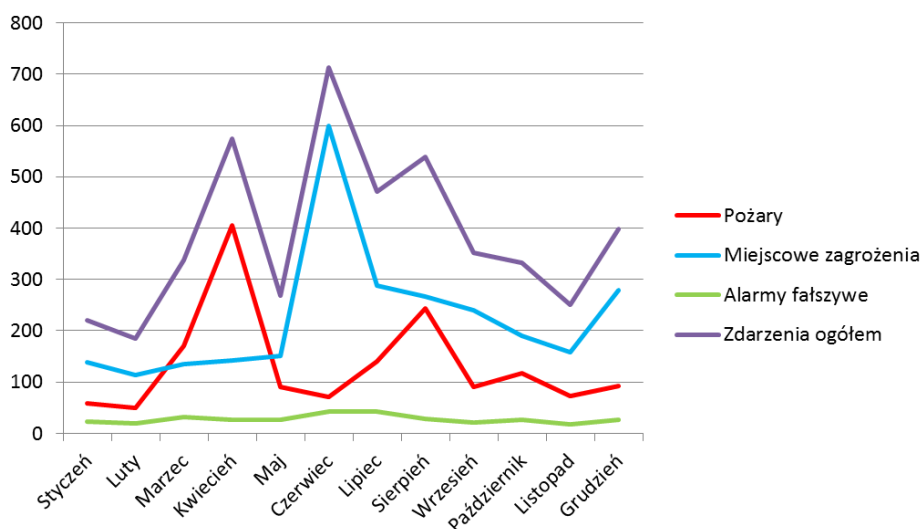
W porównaniu do 2011 roku nastąpił znaczny wzrost ogólnej liczby zdarzeń. Odnotowano o 622 zdarzenia więcej. W stosunku do ogólnej liczby interwencji, pożary stanowiły 48,85%, miejscowe zagrożenia 47,62% natomiast alarmy fałszywe 3,55% zdarzeń.

W odniesieniu do 2011 roku odnotowano :

- wzrost liczby pożarów, o 125 zdarzeń tj. (4,6%),
- znaczny wzrost liczby miejscowych zagrożeń o 413 (17,6 %),
- wzrost liczby alarmów fałszywych o 84 (69,4%).

Podobnie jak w latach ubiegłych, w zdecydowanej większości przypadków zarówno w grupie pożarów, jak i miejscowych zagrożeń są to zdarzenia małe. W grupie alarmów fałszywych zdecydowana większość to alarmy w dobrej wierze (109) oraz alarmy z instalacji wykrywania (74), alarmy złośliwe (22). W 2012 roku jednostki ochrony przeciwpożarowej z obszaru chronionego KM PSP Częstochowa podejmowały działania ratowniczo-gaśnicze średnio co 1 godzinę i 31 minut. Pożary powstawały średnio co 3 godzin i 6 minut, natomiast do miejscowych zagrożeń dochodziło średnio co 3 godziny i 21 minut.

Statystyka zdarzeń z roku 2013



Rys. 4. Wykres zdarzeń z roku 2013

Źródło: http://www.kmpsp.czyst.pl/strona_2013/index.php.

W 2013 roku na obszarze działania Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie – obejmującej zasięgiem miasto Częstochowa i powiat częstochowski powstało ogółem 4640 zdarzeń.

Jednostki ochrony przeciwpożarowej interweniowały:

- 1604 – razy przy pożarach,
- 2704 – razy podczas miejscowych zagrożeniach,
- 332 – razy w ramach alarmów fałszywych.

W stosunku do ogólnej liczby interwencji, pożary stanowiły 34,57%, miejscowe zagrożenia 58,28%, natomiast alarmy fałszywe 7,15% zdarzeń. Na powyższym wykresie można łatwo zaobserwować, że najwięcej pożarów miało miejsce w kwietniu, co jest związane z sezonowymi pożarami suchych traw.

Najwięcej miejscowych zagrożeń powstało w czerwcu, wiązało się to z licznymi podtopieniami.

W odniesieniu do 2012 roku odnotowano:

- znaczący spadek liczby pożarów o 1219 zdarzeń tj. (43,2%),
- spadek liczby miejscowych zagrożeń o 49 zdarzeń (1,8 %),
- wzrost liczby alarmów fałszywych o 127 zdarzeń (62,0%).

W porównaniu do 2012 roku nastąpił znaczny spadek ogólnej liczby zdarzeń. Odnotowano o 1142 zdarzenia mniej niż w roku 2012. Podobnie jak w latach ubiegłych, w zdecydowanej większości przypadków zarówno w grupie pożarów, jak i miejscowych zagrożeń dominowały zdarzenia małe. Największy spadek o 43,2% procent odnotowano przy wyjazdach do pożarów (co stanowi mniej o 1220 zdarzeń), spowodowane było to w szczególności przedłużającym się okresem zimowym, co ograniczyło ilość interwencji związanych z gaszeniem suchych traw i nieużytków rolniczych.

Podsumowanie

Ważnym elementem bezpieczeństwa jest niewątpliwie sprawnie oraz skutecznie działające ratownictwo chemiczno-ekologiczne, gdzie wiodącą służbą jest Państwowa Straż Pożarna. Pełni ona bardzo ważną rolę w procesie przeciwdziałania awariom, jak i także reagowania po ich wystąpieniu. Należy podkreślić jej ogromny potencjał w ratownictwie chemicznym oraz ekologicznym. Rozwiązania, które są przyjmowane przez PSP w ramach realizacji podsystemu ratownictwa chemiczno-ekologicznego skupiły się głównie na poprawie efektywności działań w sytuacji nagłego zagrożenia. Przyniosło to efekty w postaci skrócenia czasu przystąpienia do akcji, jak również wzrostu skuteczności w usuwaniu następstw występujących zagrożeń. Doświadczenia, które wynikają z przeprowadzonych akcji ratowniczych pokazują również wysoki poziom współpracy podmiotów ratowniczych, bez naruszeń kompetencji poszczególnych służb.

W celu poprawy bezpieczeństwa oraz stanu środowiska naturalnego niezbędna jest rozbudowa, ale jednocześnie ujednoczenie KSRG, który powinien być otwarty na wszystkie podmioty ratownicze oraz uwzględniać ich autonomiczność. Wymaga to jednak stałego monitorowania i nadzoru. Priorytetem musi być podnoszenie stanu świadomości obywateli związanych z zagrożeniami chemicznymi, a przede wszystkim ratowanie życia oraz zdrowia ludzi.

Istotnym elementem w zakresie bezpieczeństwa pracy strażaka przy niebezpiecznych substancjach chemicznych jest zachowanie szczególnej ostrożności, stosowanie się i praca według ściśle przyjętych procedur. Ważnym elementem są też systematyczne szkolenia i poszerzanie wiedzy w tym elemencie.

Olbrzymie znaczenie ma także nowoczesne, spełniające wszelkie wymogi oraz normy ubranie ochronne, jakim dysponuje strażak, jak i sprzęt do usuwania i neutralizacji skutków zdarzeń z udziałem substancji chemicznych.

Literatura

- [1] Charkowska A., *Zagrożenia biologiczne i pyłowe w środowisku pracy*, Wydawnictwo CIOP PIB, Warszawa 2008.
- [2] Dołęgowski B., Janczała S., *Praktyczny poradnik dla służb BHP*, Wydawnictwo Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. Z o.o., Gdańsk 2010.
- [3] Fiszer K., Markiewicz D., *Ochrona przed pożarami i innymi zagrożeniami*, Warszawa 2003.
- [4] Frankowski W., *Skrypt inspektora ochrony przeciwpożarowej*, Wydawnictwo Ośrodek Techniki Pożarnictwa, Warszawa 2012.
- [5] Rączkowski B. *BHP w praktyce*, Wydawnictwo Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. Z o.o., Gdańsk 2016.
- [6] Wejman M., Przybylski K., *Identyfikacja zagrożeń na stanowiskach pracy strażaków zawodowych.*, Zeszyty Naukowe Nr 59, Poznań 2013.
- [7] <http://www.kmpsp.czest.pl>.



Wojciech Dłubacz, Jerzy Duda

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Zarządzania

Katedra Informatyki Stosowanej

ul. Gramatyka 10, 30–067 Kraków

WYKORZYSTANIE WŁASNYCH ZASOBÓW OBLICZENIOWYCH PRZEDSIĘBIORSTWA W PROCESIE PLANOWANIA PRODUKCJI

Streszczenie. W artykule przedstawiony został nowoczesny system obliczeń rozproszonych, umożliwiający łatwe wykorzystanie dostępnych zasobów obliczeniowych przedsiębiorstwa. Opracowany system pozwala na przygotowanie planów produkcji w oparciu o różne modele matematyczne. Do rozwiązania problemów został wykorzystany rozproszony algorytm genetyczny z różnymi reprezentacjami chromosomu oraz operatorami genetycznymi, dostosowanymi do specyfiki danego problemu. W ten sposób wykazana została uniwersalność zaproponowanego systemu i jego zdolność do rozwiązywania rzeczywistych problemów zarządzania produkcją.

Słowa kluczowe: planowanie produkcji, optymalizacja dyskretna, algorytmy genetyczne, obliczenia rozproszone.

THE USE OF COMPANY'S OWN COMPUTATIONAL RESOURCES FOR PRODUCTION PLANNING PROCESS

Summary. The article presents a modern system of distributed computing, allowing easy use of available computational resources of the company. The developed system allows for the generation of production plans based on various mathematical models. A distributed genetic algorithm with different solution representations and different genetic operators tailored to the specific problem is used to solve the problems. In this way, the universality of the proposed system and its ability to solve real problems of production management were demonstrated.

Keywords: production planning, discrete optimization, genetic algorithms, distributed computing.

Wprowadzenie

Zwiększająca się konkurencja pomiędzy przedsiębiorstwami wymusza stosowanie coraz dokładniejszych systemów planowania produkcji, często również reagujących na bieżące potrzeby klientów. Kompleksowe zaplanowanie produkcji wymaga uwzględnienia wielu ograniczeń, przy czym kryteria funkcji celu nie zawsze są jednoznaczne. Powoduje to skomplikowanie modeli, których rozwiązanie wymaga dużej mocy obliczeniowej. Jednocześnie w ostatnich latach obserwowany jest wyraźny wzrost mocy obliczeniowej urządzeń elektronicznych oraz tendencja do łączenia wszystkich komponentów elektronicznych w mniej lub bardziej rozległe sieci. Dzięki temu stwarzane są możliwości do budowy rozproszonych platform obliczeniowych wykorzystujących heterogeniczne urządzenia stanowiące wewnętrzne zasoby każdego przedsiębiorstwa (komputery stacjonarne, telefony, tablety, telewizory).

W niniejszym artykule zaprezentowana została platforma obliczeń rozproszonych niewymagająca instalacji, bądź dodatkowej konfiguracji na jednostkach obliczeniowych, a wymagająca jedynie posiadania standardowych przeglądarek internetowych. Na przykładzie dwóch popularnych problemów planowania produkcji – problemu przepływowego (ang. *flowshop*) oraz problemu wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych (*lot sizing and scheduling*) przedstawiona zostanie możliwość obliczeniowa proponowanej platformy do szybkiego uzyskiwania planów produkcyjnych spełniających wymagane kryteria.

Systemy obliczeń rozproszonych wykorzystujące przeglądarki internetowe

W ostatnich latach powstało wiele artykułów na temat rozproszonych obliczeń w sieci Internet przy wykorzystaniu przeglądarek internetowych. Metoda ta jest skuteczna ze względu na fakt, że niemal każde urządzenie osobiste posiada zainstalowaną przeglądarkę. To sprawia, że wykorzystanie zasobów obliczeniowych tych urządzeń jest bardzo łatwo dostępne niezależnie od zainstalowanego systemu operacyjnego oraz uprawnień użytkownika. Wszystkie przeglądarki internetowe wyposażone są w interpreter języka JavaScript, każda musi spełniać wymagania określone przez World Wide Web Consortium (W3C). Założenia te jednoznacznie prowadzą do homogenizacji tego środowiska obliczeniowego pomimo heterogeniczności samych jednostek obliczeniowych.

Komponentami systemu prezentowanego w niniejszym artykule będą typowe komputery osobiste oraz urządzenia mobilne wchodzące w skład infrastruktury informatycznej przedsiębiorstwa, dla którego problem optymalizacyjny będzie rozwiązywany. Takie podejście może w przyszłości uniezależnić branżę produkcyjną od dużych jednostek badawczych oraz, co najważniejsze, przyczyni się do wykorzystania łatwo dostępnych zasobów obliczeniowych.

W artykułach [4] oraz [9] zawarte zostały kluczowe techniczne informacje na temat sposobu wykorzystania przeglądarek internetowych w celach dokonywania obliczeń algorytmów ewolucyjnych w infrastrukturze rozproszonej. W artykule [4] położono nacisk na techniczny aspekt sposobu komunikacji między jednostkami obliczeniowymi oraz minimalizację czasu wymiany uzyskanych wyników do jednostki centralnej sterującej procesem obliczeń. Satysfakcjonujące wyniki uzyskano dzięki wykorzystaniu technologii WebSocket [6]. W artykule tym, w ramach badania zaimplementowano dwa typy algorytmów załączanych losowo ze z góry zadany prawdopodobieństwem na poszczególnych maszynach klienckich. Algorytmami tymi był algorytm genetyczny (GA) oraz algorytm przeszukiwania lokalnego (VNS). Merelo-Guervós i García-Sánchez w swoim artykule [9], który jest jednym z cyklu artykułów o tworzeniu tego typu systemów, położyli nacisk na sposób gromadzenia klientów obliczeniowych, uzasadnili wyspowa architekturę łączenia jednostek obliczeniowych systemu oraz omówili konkretne techniczne rozwiązania wykorzystane w uruchomionym eksperymencie. We wszystkich tych artykułach zastosowano język JavaScript również do napisania serwisu nadzorującego pracę całego systemu przy wykorzystaniu środowiska uruchomieniowego NodeJS [13].

W artykule [5] autorzy dostrzegli problem z nieciągłością połączenia występującą pomiędzy jednostką obliczeniową połączoną za pomocą WiFi lub sieci telefonicznej a nadzorcą. Ze względu na nieciągłość działania połączenia internetowego na tych urządzeniach, aby nie utracić wykonanych obliczeń, autorzy zaproponowali zastosowanie techniki odkładania na jednostkach obliczeniowych znajdujących najlepszych rezultatów w celach ich późniejszego rozesłania do nadzorca zaraz po wznowieniu połączenia internetowego. Dzięki temu, nawet gdy użytkownik wyłączy połączenie z Internetem w celu zachowania energii baterii, lub to połączenie zostanie zerwane z przyczyn niezależnych, i jednocześnie zostawi działającą przeglądarkę internetową, to wciąż przyczynia się do możliwości znalezienia lepszego rezultatu.

Ważnym aspektem w omawianych artykułach, na który warto zwrócić uwagę jest konieczność przechodzenia przez użytkowników (klientów dokonujących obliczeń na swoich urządzeniach) bezpośrednio na adres internetowy, w którym znajduje się działająca instancja aplikacji. Problem ten został rozwiązany poprzez zastosowanie modułu, którego za pomocą wtyczki,

ustawień routera lub serwer *proxy*, można wstrzyknąć na dowolną stronę internetową odwiedzaną przez użytkownika sieci obliczeniowej. Tak dołączony kod uruchamiany jest na zasadzie pasożytniczych obliczeń [3]. Dzięki temu rozwiązaniu, użytkownik może nawet nie posiadać świadomości faktu udostępniania części zasobów obliczeniowych swojego urządzenia dla celów dokonywania obliczeń.

W omówionych artykułach wciąż nie rozwiązano problemu domyślnej jednowątkowości języka JavaScript. Wstrzyknięcie wymagającego kodu obliczeń na daną stronę internetową może znacząco zmniejszyć jej interaktywność, co prowadzi do zmniejszenia komfortu użytkownika. Aby temu zaradzić należy wykorzystać mechanizm otwierania nowych wątków JavaScript przy użyciu technologii Web Workers [10]. Nowo otwarte wątki obliczeniowe nie wpływają bezpośrednio na wątek wykorzystywany przez przeglądarkę do renderowania danej otwartej strony, dzięki czemu wykorzystanie mocy obliczeniowej odbywa się w sposób niezauważalny dla osoby korzystającej z urządzenia.

Architektura opracowanego systemu obliczeń rozproszonych

Podstawą zaproponowanego systemu obliczeniowego jest wykorzystanie mechanizmu Web Workers. W odróżnieniu od [4] oraz [9] nadzorca systemu – serwis, z którym łączą się wszyscy klienci za pomocą WebSocketów jest zaimplementowany w języku Go [12]. Język ten opracowany został przez firmę Google i jest to język kompilowany, o łatwości pisania języka skryptowego, ale z naturalnie wbudowaną obsługą wielowątkowości. Dzięki zastosowaniu tego języka osiągnięta została bardzo duża skalowalność, zapewniająca obsługę wielu jednoczesnych połączeń (wszystkich urządzeń wchodzących w skład przedsiębiorstwa) oraz dynamiczną komunikację pomiędzy nimi. Do gromadzenia danych pozyskanych z jednostek obliczeniowych wykorzystano nierelacyjną bazę danych MongoDB [14], która również jest łatwo skalowalna oraz umożliwia obsługę wielu połączeń w tym samym czasie.

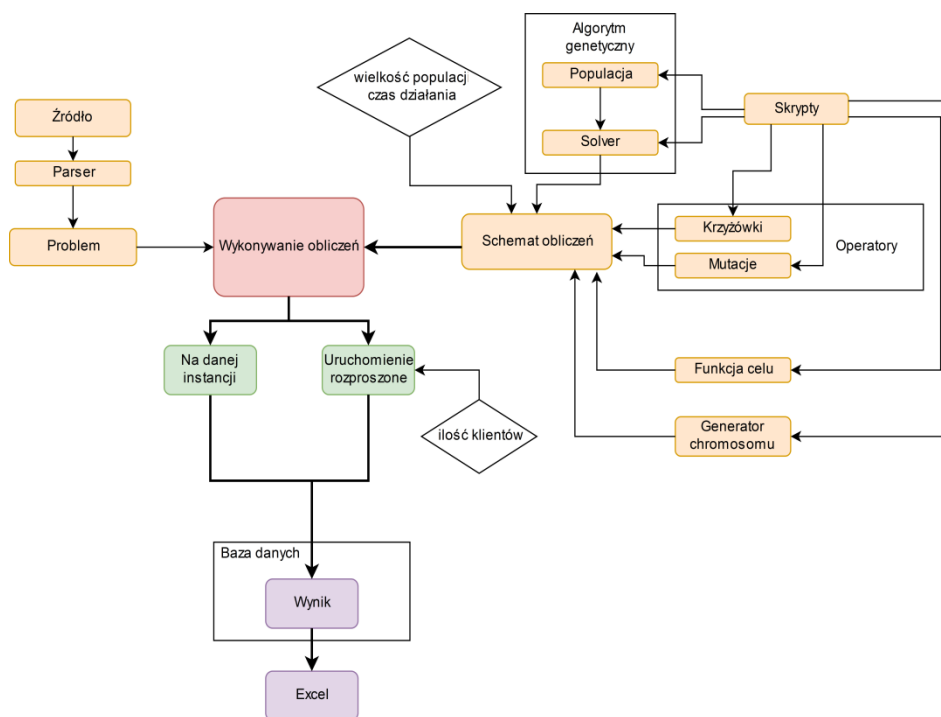
Utworzony system działa w oparciu o rozproszony algorytm genetyczny, omówiony w rozdziale 4 i umożliwia tworzenie wymiennych bloków kodu tego algorytmu:

- krzyżówki,
- mutacje,
- funkcje celu,
- generatory chromosomów (określanie reprezentacji rozwiązania).

Bloki te łączy się ze sobą, tworząc schemat obliczeniowy. Parametrami dodatkowo modyfikowanymi są:

- prawdopodobieństwo wykonania krzyżówki,
- prawdopodobieństwo wykonania mutacji,
- wielkość generacji (ilość członków danej generacji),
- czas wykonywania obliczeń na pojedynczym kliencie.

Schemat działania systemu został przedstawiony na Rysunku 1.



Rys. 1. Schemat działania opracowanego systemu obliczeń rozproszonych

Weryfikacja działania systemu i sprawdzenie jego możliwości w zakresie rozwiązywania różnych problemów planowania produkcji przeprowadzona została w oparciu o przedstawione w kolejnym rozdziale problemy szeregowania zadań w systemie przepływowym (ang. *flowshop*) i dla problemu wyznaczania wielkości oraz szeregowania partii produkcyjnych z ograniczoną zdolnością (ang. *capacitated lot-sizing and scheduling*).

Wybrane problemy planowania produkcji

Podstawowe problemy planowania produkcji można określać za pomocą trzech klasycznych modeli optymalizacyjnych [7]:

- planowanie wielkości i szeregowanie partii produkcyjnych (ang. *lot sizing and scheduling*),
- planowania projektów przy ograniczonych zasobach (ang. *resource constrained project scheduling*),
- klasycznej teorii szeregowania (ang. *scheduling theory*), obejmującej takie problemy, jak szeregowanie zadań na jednej maszynie (ang. *single machine scheduling*) oraz szeregowanie zadań na wielu maszynach (ang. *multi-machine scheduling*).

Niezależnie od funkcji celu dla określonych instancji wymienione problemy stają się NP-trudne, co dla dużych rozmiarów problemów (dużą liczbą zadań do zaplanowania i szeroki horyzont planowania) wymusza stosowanie algorytmów przybliżonych - różnego rodzaju heurystyk.

W artykule, w celu sprawdzenia możliwości zaproponowanego rozwiązania, wykorzystane zostaną dwa klasyczne modele – problem przepływowy (ang. *flowshop*), najczęściej studiowany w literaturze przedstawiciel problemów teorii szeregowania oraz problem wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych przy ograniczonej wydajności (ang. *capacitated lot-sizing and scheduling problem*).

Problem przepływowy można zdefiniować następująco: Mając n zadań J_1, J_2, \dots, J_N o różnych czasach wykonywania operacji, które muszą być zaplanowane w tej samej kolejności na m maszynach, należy tak określić ich kolejność (znaleźć permutację zbioru zadań), aby zminimalizować czas wykonania ostatniego zadania na ostatniej maszynie (ang. *makespan*). Zadań nie można przerywać, a kolejna operacja może być wykonywana, dopiero po zakończeniu operacji na poprzedniej maszynie.

Dla problemów typu flowshop Taillard [16] określił zestaw testowych instancji od rozmiaru 10 zadań i 5 maszyn do rozmiaru 500 zadań i 20 maszyn. Benchmarki te zostaną wykorzystane w eksperymentach obliczeniowych zaprezentowanych w dalszej części.

Problem wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych przy ograniczonej wydajności najłatwiej przedstawić za pomocą modelu programowania matematycznego.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (h_{it}^- I_{it}^- + h_{it}^+ I_{it}^+) + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (st_k z_n^k) \rightarrow \min \quad (1)$$

przy ograniczeniach:

$$I_{i,t-1}^+ - I_{i,t-1}^- + \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K x_{in} a_i^k - I_{it}^+ + I_{it}^- \geq d_{it}, \quad i=1, \dots, I, t=1, \dots, T \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I w_i x_{in} a_i^k + st_k z_n^k \leq C y_n^k, \quad k=1, \dots, K, n=1, \dots, N \quad (3)$$

$$z_n^k \geq y_n^k - y_{n-1}^k, \quad k=1, \dots, K, n=1, \dots, N \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^K y_n^k = 1, \quad n=1, \dots, N \quad (5)$$

$$I_{it}^-, I_{it}^+, x_{it} \geq 0, \quad I_{it}^-, I_{it}^+, x_{it} \in \mathfrak{Z}, \quad I_{i0}^-, I_{i0}^+ = 0, \quad i=1, \dots, I \quad (6)$$

gdzie:

$i=1, \dots, I$ – produkowane wyroby; $k=1, \dots, K$ – produkowany zasób (materiał)

$t=1, \dots, T$ – dni; $n=1, \dots, N$ – podokresy (zmiany robocze)

d_{it} – popyt na wyrób i w tygodniu t ; w_i – zużycie zasobu przez wyrób i

$a_{ik} = 1$, jeżeli wyrób i jest produkowany z zasobu k , 0 w przeciwnym wypadku

st_k – koszt przestawienia produkcji na zasób k

C – maksymalna zdolność produkcji zasobu w jednym podokresie (zmianie)

h_{it}^- , h_{it}^+ – koszt opóźnienia (–) oraz magazynowania (+) produkcji wyrobu i w dniu t

I_{it}^- , I_{it}^+ – wielkość produkcji opóźnionej (–) i wykonanej za wcześnie (+) na koniec dnia t

$z_{nk} = 1$, jeżeli następuje zmiana zasobu na k w okresie n , w przeciwnym wypadku 0

$y_n^k = 1$, jeżeli zasób k jest produkowany w okresie n , 0 w przeciwnym wypadku

x_{in} – liczba wyrobów i zaplanowanych do produkcji w okresie n

Celem (1) jest znalezienie planu produkcji, który minimalizuje sumę kosztów produkcji opóźnionej, kosztów magazynowania produkcji gotowej oraz kosztów przebrojeń.

Równanie (2) wylicza poziom zapasów oraz produkcji opóźnionej na podstawie produkcji każdego wyrobu w każdym z okresów. Ograniczenie (3) zapewnia, że wydajność współdzielonej maszyny nie jest przekroczona. W ograniczeniu (4) zmienna z_{nk} ustawiana jest na 1, jeżeli następuje przebrojenie maszyny. Ograniczenie (5) zapewnia, że tylko jeden typ zasobu jest produkowany w danym okresie.

Nie istnieje jedna biblioteka problemów dla rodziny wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych, analogicznie jak dla problemów przepływowych, która pozwalałaby na porównanie wyników uzyskiwanych

przez różne algorytmy optymalizacyjne. W literaturze określono jednak wiele indywidualnych zestawów problemów testowych dla różnych przypadków planowania wielkości partii, na ogół opartych o dane pochodzące z rzeczywistych systemów produkcyjnych. W niniejszym artykule wykorzystano problemy testowe utworzone przez Stawowego i Dudę [15], na podstawie danych dla problemu planowania produkcji w odlewni żeliwa przedstawionych przez Araujo z zespołem [2].

Rozproszony algorytm genetyczny

Algorytmy genetyczne mogą być w naturalny sposób zrównoleglane, ponieważ działają na zbiorze (populacji) rozwiązań. Można wyróżnić trzy podstawowe podejścia do budowy rozproszonych systemów algorytmów genetycznych [17].

W modelu globalnej optymalizacji (*global parallelization model*) istnieje jedna populacja obsługiwana przez serwer, ale obliczenia funkcji celu dla członków populacji wykonywane są w sposób równoległy na komputerach klientów. To podejście zastosowali w swoim pierwszym artykule Merelo-Guervós i García-Sánchez [8] i okazało się być nieskuteczne. W heterogenicznym środowisku szybkość obliczania złożonych funkcji celu może być różna, więc główny proces ewolucyjny na serwerze musi czekać na odpowiedź od klientów rozproszonych. Ponadto, jeśli klient przestaje odpowiadać, żądanie obliczenia musi zostać wysłane do innego klienta lub rozwiązanie musi zostać usunięte z populacji.

W modelu nadrzędny komputer-podrzędne jednostki klienckie (*master-slave model*), serwer także przetwarza główną populację rozwiązań, ale podobne subpopulacje są uruchamiane również na komputerach klientów. Główna populacja na serwerze komunikuje się z subpopulacjami, aby zebrać najlepsze rozwiązania i wygenerować końcowe rozwiązanie. Jest to znacznie lepsze podejście do przetwarzania rozproszonego w środowisku heterogenicznym, ponieważ szybkość klientów lub ich awarie nie wpływają na główny proces obliczeniowy. Jednak takie podejście wymaga, aby centralny serwer miał wystarczającą moc obliczeniową, aby wykonywać algorytm genetyczny co najmniej z tą samą szybkością, co najszybsze urządzenie klienckie, w przeciwnym razie najlepsze rozwiązania wysłane przez niektórych klientów nie zostaną uwzględnione w najbliższych generacjach i mogą stać się bezużyteczne.

Najbardziej odpowiednim modelem zrównoleglania dla algorytmu genetycznego pracującego w środowisku rozproszonych heterogenicznych klientów wydaje się być model wyspowy, oparty wyłącznie na subpopulacjach obsługiwanych przez komputery klientów. W tym podejściu centralny serwer jest

odpowiedzialny tylko za zbieranie najlepszych rozwiązań z populacji i rozsyłanie ich klientom. Subpopulacje można uruchamiać na różnych heterogenicznych maszynach o różnej mocy obliczeniowej, w tym na urządzeniach mobilnych. Ponadto klienci mogą korzystać z różnych algorytmów (np. niektóre z nich mogą wykonywać heurystykę odpowiedzialną za lokalne przeszukiwanie), w zależności od ich możliwości obliczeniowych. Taki model został wykorzystany w prezentowanej platformie.

Różne problemy optymalizacyjne wymagają różnie zdefiniowanej reprezentacji rozwiązań i odpowiednio dopasowanych do niej operatorów genetycznych - krzyżówek oraz mutacji.

Najbardziej intuicyjną reprezentacją rozwiązania dla problemów przepływowych jest permutacja zadań do wykonania. Przykładowo, dla problemu z 10 zadaniami, rozwiązanie będzie miało np. postać {9,2,3,4,7,1,5,6,8,10}. Dla tak określonego rozwiązania konieczne jest określenie specjalnych operatorów genetycznych, gdyż standardowe, wykorzystywane do reprezentacji binarnej, jak krzyżowanie jednopunktowe i zamiana wartości pojedynczego genu na inną wartość, może utworzyć nieprawidłowe rozwiązanie (pewne zadania zostaną zdublowane, a części zadań zabraknie na liście zadań do wykonania). W literaturze określono wiele operatorów zarówno krzyżówek, jak i mutacji, i większość z nich została zaimplementowana w prezentowanym systemie. Najlepsze rezultaty zostały osiągnięte dla krzyżówki PBX (ang. *position based crossover*) oraz mutacji wstawiania (ang. *insertion*). Krzyżówka PBX [1] losuje pozycje w chromosomie i dla tych pozycji przenosi zadania z rodzica, a pozostałe zadania są kopiowane z drugiego rodzica z zachowaniem ich kolejności. Schemat jej działania został pokazany na Rys. 2.

Ch1	0	4	3	5	7	9	8	6	2	1
Ch2	2	3	9	7	8	5	1	0	4	6
Ch1'	7	4	3	8	5	9	0	6	2	1
Ch2'	7	3	9	8	2	5	1	0	4	6

Rys. 2. Działanie operatora krzyżowania PBX

Mutacja wstawiania przesuwca wylosowane zadanie o wylosowaną liczbę pozycji w prawo lub w lewo. Jej działanie zostało zaprezentowane na Rys. 3.

Ch1	4	3	0	1	8	6	7	9	5	2
	4	→	3	0	1	8	6	7	9	5
Ch1'	4	2	3	0	1	8	6	7	9	5

Rys. 3. Działanie operatora mutacji typu *insert*

Podobnie jak dla problemu przepływowego, dla problemu wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych przy ograniczonej wydajności można stosować kilka różnych reprezentacji rozwiązania. Najbardziej oczywistą jest zastosowanie macierzy binarnej, w której kolumnami są poszczególne okresy planistyczne, a w wierszach zapisane są kolejne wyroby. Taka reprezentacja powoduje jednak, że np. dla 100 zadań i 50 okresów, długość chromosomu wynosi 5000, a poza tym wiele rozwiązań może być niedopuszczalnych. Żeby się o tym przekonać należy jednak wcześniej wykonać obliczenia sprawdzające, czy dane ograniczenie nie zostało przekroczone. Dlatego w niniejszej pracy przyjęto zapis rozwiązania zaproponowany przez Stawowego i Dudę [15], w którym zastosowano reprezentację, w której chromosom składa się z trzech części, odpowiadających kolejno za wielkość produkcji (macierz x), numery realizowanych zadań (macierz o ; dla x i o przyjęto ograniczenie 3–5 możliwych zmian produktów w ciągu jednego okresu planistycznego) oraz numery współdzielonego zasobu (wektor a), którego produkcja jest ograniczona wydajnością maszyny (w tym przypadku pieca). Reprezentacja ta została pokazana na Rys. 4.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x1_i$	9	97	6	20	32	49	30	89	10	34
$x2_i$	50	3	66	28	64	28	62	16	43	73
$x3_i$	33	35	61	81	15	41	13	36	4	27
$o1_i$	3	8	5	6	1	9	1	9	3	7
$o2_i$	4	6	3	8	2	10	3	8	1	10
$o3_i$	2	9	2	10	4	7	5	7	4	6
a_i	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Rys. 4. Reprezentacja rozwiązania dla problem wyznaczania partii produkcyjnej

Dla tak określonej reprezentacji możliwe jest wykorzystanie standardowego operatora krzyżowania, np. krzyżowanie jednopunktowe. Plany produkcji zamieniane są od wylosowanego okresu pomiędzy rodzicami. Daje to prawidłowy plan produkcji. Inaczej jest natomiast z operatorami mutacji. Zamiana numeru wyrobu na inny, albo zamiana współdzielonego zasobu na inny może skutkować błędnym planem produkcji - wymagany zasób w tym okresie nie jest produkowany (w tym przypadku metal), podczas gdy produkcja wykorzystująca ten zasób będzie zaplanowana. Dlatego zostały określone trzy rodzaje mutacji - jedna zmieniająca wielkość produkcji, druga zmieniająca

numer zamówienia na inny numer, ale zgodny z produkowanym zasobem, oraz trzecia – zamieniająca dwa okresy ze sobą, czyli zasoby oraz całą zaplanowaną produkcję.

Wyniki eksperymentów obliczeniowych

Omówione w poprzednim rozdziale wersje algorytmu genetycznego zostały zaimplementowane na platformie obliczeń rozproszonych. Rys. 5 przedstawia zestaw parametrów algorytmu genetycznego dla problemu przepływowego.

Name	<input type="text" value="100_10_1_60_20_50_60"/>
Problem source	Taillard <input type="button" value="v"/>
Problem parser	Taillard_parser <input type="button" value="v"/>
Generator method	ArrayBased <input type="button" value="v"/>
Objective method	PermutationObjective <input type="button" value="v"/>
Problem	Taillard_20_5_1 <input type="button" value="v"/>
Client time [s]	<input type="text" value="60"/>
Members in generation	<input type="text" value="20"/>
Cross probability [%]	<input type="text" value="50"/>
Crossing method	pbx <input type="button" value="v"/>
Mutation probability [%]	<input type="text" value="60"/>
Mutation method	Insert <input type="button" value="v"/>

Rys. 5. Ustawienia sytemu dla problem przepływowego

Zdefiniowany w ten sposób algorytm został uruchomiony dla wybranych problemów Taillarda o rozmiarze 20, 50, 100 i 200 zadań wytwarzanych na 10 maszynach. Uzyskane wyniki zostały odniesione do najpopularniejszego algorytmu konstrukcyjnego NEH określonego przez Nawaza, Enscore'a i Hama [11]. Czas obliczeń wynosił 60 sek. Średnia uzyskana poprawa wynosi 6,5%, przy czym dla problemów o najmniejszym rozmiarze uzyskany rezultat jest średnio o 8,5% lepszy, a dla 200 zadań o 4,4% lepszy. W przyszłości konieczne jest więc dalsze dopracowanie samego algorytmu genetycznego dla większych

rozmiarów problemów, bądź wprowadzenie algorytmu optymalizacji lokalnej, podobnie jak to pokazano w pracy [4].

Rys. 6 przedstawia zestaw parametrów algorytmu genetycznego dla problemu wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnej.

Name	Comp2_300_20_40_100
Problem source	format_2014
Problem parser	format2014_parser
Generator method	format2014_generator
Objective method	format2014_objective
Problem	50_10_1
Client time [s]	300
Members in generation	20
Cross probability [%]	40
Crossing method	OnePointCrossover
Mutation probability [%]	100
Mutation method	ProductionOrderMaterial

Rys. 6. Ustawienia systemu dla problemu wyznaczania wielkości partii produkcyjnej

Ponieważ w literaturze nie zostały opublikowane dokładne wyniki dla poszczególnych instancji problemu, można odnieść się jedynie do uśrednionej odległości od teoretycznej dolnej granicy. Dla problemów zawierających 50 zadań przy wykorzystaniu 10 zasobów, uzyskano rezultaty zbliżone do tych uzyskanych przez Stawowego i Dudę [15]. Natomiast dla problemów o większych rozmiarach wyniki charakteryzowały się dużą niestabilnością i silnie zależały do rozwiązania początkowego. Oznacza to, że rozproszony algorytm wymaga w tym zakresie dalszego dopracowania, przede wszystkim z uwagi na lepsze generowanie rozwiązań początkowych.

System obliczeń rozproszonych umożliwia również łatwe testowanie parametrów algorytmu. Rys. 7 pokazuje wpływ prawdopodobieństwa krzyżowania na jakość uzyskiwanych rozwiązań, co potwierdza słuszność parametrów przyjętych w oryginalnym algorytmie genetycznym, zaproponowanym dla tego problemu. Najlepszy średni wynik uzyskano dla prawdopodobieństwa krzyżowania 50%.



Rys. 7. Wartość funkcji celu dla problemu wyznaczania partii przy różnych prawdopodobieństwach krzyżowania

W opracowanym systemie możliwa jest również wizualizacja postępów uzyskanych przez poszczególne procesy (agentów). Przedstawiana jest ilość tworzonych generacji algorytmu genetycznego na sekundę, obliczany jest bieżący postęp uzyskany w ciągu sekundy oraz średni przyrost wartości celu na sekundę. Przykład obliczeń dla problemu wyznaczania partii produkcyjnych pokazany zostało na Rys. 8.

Computation process

Current speed [gen/s]: 403.96

Average speed [gen/s]: 312.44

Start solution: 369822

Best solution: 82864

Improve [+ /s]: 153

Avg Improve [+ /s]: 1261.39

Progress:

55%

Live computation data



Rys. 8. Interfejs obliczeń na komputerze zbierającym wyniki dla problemu wyznaczania partii

Wnioski

Przedstawiony system obliczeń rozproszonych oparty o przeglądarki internetowe posiada w pełni konfigurowalne parametry algorytmu genetycznego, co daje możliwość planistycznie określać najlepsze nastawy dla danego problemu planowania produkcji. W przyszłości planowane jest automatyczne dopasowanie tych parametrów, np. przez wykorzystanie metody Taguchiego.

Wykazano, że opracowany system jest w stanie rozwiązywać standardowe problemy szeregowania zadań w systemie przepływowym, jak również bardziej złożone problemy wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych przy ograniczonej wydajności linii produkcyjnej. Rezultaty osiągnięte przez system w porównaniu z wynikami dla tych samych problemów przedstawionymi w literaturze należy uznać za satysfakcjonujące. Dla problemu szeregowania zadań uzyskano średnią poprawę wyników w stosunku do najpopularniejszego algorytmu konstrukcyjnego NEH średnio o 6,5%, przy ograniczeniu czasu działania całego systemu dla każdego z porównywanych problemów do 60 sekund i przy jednakowych nastawach parametrów algorytmu. W przypadku obliczania wyników dla problemu wyznaczania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych przy ograniczonej wydajności potwierdzono, zgodnie z literaturą, że algorytm genetyczny działa najszybciej przy nastawie 50% dla prawdopodobieństwa użycia operatora krzyżowania. W ramach dalszych prac zbadać zostanie m.in. wpływ różnych ustawień parametrów algorytmu genetycznego na jakość uzyskiwanych wyników dla wszystkich trzech wymienionych w rozdziale czwartym typów problemów planowania produkcji i różnych instancji tych problemów, prowadzące do zautomatyzowania procesu kalibracji algorytmu genetycznego, co do tej pory nie zostało przedstawione w sposób kompleksowy w literaturze.

Literatura

- [1] Abdelmaguid T., Representations in Genetic Algorithm for the Job Shop Scheduling, Problem: A Computational Study, *Journal of Software Engineering and Applications*, 3(12), 1155–1162, 2010, doi.org/10.4236/jsea.2010.312135
- [2] de Araujo S.A., Arenales M.N., Clark A.R.: Lot sizing and furnace scheduling in small foundries. *Computers and Operations Research*. 35(3), 916–932, 2008, doi.org/10.1016/j.cor.2006.05.010
- [3] Barabasi A.-L., Freeh V.W., Jeong H., Brockman J.B.: Parasitic computing. *Nature*. 412, 894–7, 2001, 10.1038/35091039.

-
- [4] Duda J., Dłubacz W., Distributed Evolutionary Computing System Based on Web Browsers with JavaScript, *Lecture Notes in Computer Science*, 183–191, 2013, doi.org/10.1007/978-3-642-36803-5_13
 - [5] Duda J., Dłubacz W., Distributed evolutionary computing system capable to use mobile devices, *Proceedings in Conference of Informatics and Management Sciences*, 393-396, 2013, <https://www.ictic.sk/archive/?vid=1&aid=2&kid=50201-30>
 - [6] Hickson I., The WebSocket API, W3C Candidate Recommendation 20 September 2012, <https://www.w3.org/TR/websockets/>
 - [7] Kaczmarczyk W., Przegląd zaawansowanych modeli planowania produkcji, XVI Międzynarodowa Konferencja Naukowa, Materiały Konferencyjne, 2014, http://home.agh.edu.pl/~waldek/wp-content/uploads/W_Kaczmarczyk-Przegląd-Zaawansowanych-modeli-planowania-produkcji.pdf
 - [8] Merelo-Guervós J.J., García-Sánchez P., Browser-based distributed evolutionary computation: performance and scaling behaviour., In *Proceedings of the 2007 GECCO*, ACM, New York, s. 2851–2858, 2007, doi.org/10.1145/1274000.1274083
 - [9] Merelo-Guervós J.J., García-Sánchez P., Modeling browser-based distributed evolutionary computation systems, Technical report, Conwell University Library, 2015, <https://arxiv.org/abs/1503.06424>
 - [10] Moon S., Web Workers, Editor’s Draft, 26 June 2017, <http://dev.w3.org/html5/workers/>
 - [11] Nawaz M., Ensore E. Jr., Ham I.: A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flow-shop sequencing problem, *Omega* 11, 91–95, 1983, [doi.org/10.1016/0305-0483\(83\)90088-9](https://doi.org/10.1016/0305-0483(83)90088-9)
 - [12] Newmarch J., *Network Programming with Go*, Apress, 247–266, 2017, doi.org/10.1007/978-1-4842-2692-6
 - [13] Node.js, <https://nodejs.org>
 - [14] Plugge E., Membrey P., *The Definitive Guide to MongoDB*, Apress, 2010, doi.org/10.1007/978-1-4302-5822-3
 - [15] Stawowy A., Duda, J.: Production scheduling for the furnace-casting line system. *Archives of Foundry Engineering* 13(3), 84–87, 2013, doi.org/10.2478/afe-2013-0065
 - [16] Taillard E.: Benchmarks for basic scheduling problems, *EJOR* 64(2), 278-285, 1993, [doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90182-M](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90182-M)
 - [17] Talbi E.-G.: *Parallel combinatorial optimization*, John Wiley and Sons, 2006, doi.org/10.1002/0470053925



Damian Hajdas

Politechnika Częstochowska

Wydział Zarządzania

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

e-mail: hajdasd@cspsp.pl

ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM POŻAROWYM W PLACÓWKACH OPIEKI ZDROWOTNEJ NA PRZYKŁADZIE WOJEWÓDZKIEGO SZPITALA SPECJALISTYCZNEGO IM. NMP W CZĘSTOCHOWIE

Streszczenie. Celem artykułu jest przedstawienie podstawowego systemu zarządzania bezpieczeństwem pożarowym w placówkach opieki zdrowotnej. Jako przykład posłużył Wojewódzki Szpital Specjalistyczny w Częstochowie. W artykule przedstawiono przede wszystkim warunki terenowe, sposób zaopatrzenia wodnego oraz występujące zagrożenia. Na terenie szpitala zlokalizowane zostały następujące budynki; budynek główny, budynek pawilonu zakaźnego, budynek pawilonu psychiatrycznego, budynek zakładu anatomii patologicznej, budynek centralnej sterylizatorni, budynek agregatu prądotwórczego, magazyn materiałów łatwopalnych, budynek portierni, budynek oczyszczalni ścieków, budynek tlenowni wraz ze zbiornikiem magazynowym ciekłego tlenu.

Słowa kluczowe: działania ratownicze, ewakuacja, pożar, zarządzanie bezpieczeństwem.

FIRE SAFETY MANAGEMENT IN HEALTH CARE FACILITIES ON THE EXAMPLE OF THE REGIONAL SPECIALIST HOSPITAL NMP IN CZESTOCHOWA

Abstract. The aim of the article is to present the basic fire safety management system in health care institutions as an example served by the Provincial Specialist Hospital in Częstochowa. The paper presents mainly the terrain, the way water supply and present danger. The hospital following buildings are located; main building, building of infectious pavilion, psychiatric pavilion building, pathological anatomy building, central

sterilization building, power generator building, flammable materials warehouse, concierge building, sewage treatment plant building, oxygen building with liquid oxygen storage tank.

Keywords: rescue operations, evacuation, fire, safety management.

Wprowadzenie

W nocy 31 października 1980 roku w szpitalu psychiatrycznym w Górnej Grupie niedaleko Grudziądza miał miejsce najtragiczniejszy pożar szpitala w Polsce. Do pożaru doszło na strychu 4-kondygnacyjnego budynku, przyczyną pożaru była nieszczelność przewodu kominowego wynikająca z jego niewłaściwej eksploatacji. Pożar nie został zauważony przez personel szpitala, a informacje pacjentów o ciepłych ścianach budynku zostały zignorowane [1]. Pożar był tragiczny w skutkach, łącznie zginęło 55 pacjentów, 100 zostało rannych, a 26 wymagało natychmiastowej hospitalizacji. Wielkość strat pożarowych, w tym ilość ofiar śmiertelnych i osób rannych, zależy od wielu czynników: jako pierwszy można tutaj wymienić charakter obiektu, jego wielkość i przeznaczenie, na którą składa się powierzchnia budynku, powierzchnia użytkowa, kubatura oraz wysokość. Ważnym elementem zminimalizowania tragedii jest niewątpliwie czas zauważenia pożaru oraz pora w której do pożaru doszło, dzienna czy nocna. Pożar szpitala w Górnej Grupie wybuchł w nocy, do jego zauważenia doszło stosunkowo późno, co doprowadziło do trudności związanej z przeprowadzeniem skutecznej ewakuacji. Nocą pracuje również ograniczona liczba personelu medycznego. Główną przyczyną pożaru były rażące zaniedbania dyrektora szpitala w zakresie przestrzegania zasad ochrony przeciwpożarowej. Wcześniejsze zauważenie pożaru daje większe możliwości w ograniczeniu ofiar oraz strat obiektu poniesionych na skutek pożaru [2].

Celem zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa w zakładach opieki zdrowotnej, a tym samym zapewnienia go osobom o ograniczonej zdolności poruszania się, które są mieszkańcami tych placówek, jest położenie dużego nacisku na szkolenia personelu medycznego w zakresie stosowania i przestrzegania zasad ochrony przeciwpożarowej, oraz wymaganie tego od pacjentów, z którymi bywa często problem związany z nieprzestrzeganiem obowiązkowych zakazów palenia tytoniu poza pomieszczeniami do tego celu wyznaczonymi. Bardzo łatwo może dojść do zaprószenia ognia, które w efekcie finalnym może doprowadzić do pożaru, często w skutkach bardzo tragicznego. Zasady profilaktyki przeciwpożarowej, jak również zasady postępowania na wypadek pożaru lub innego miejscowego zagrożenia powinna określać Instrukcja Bezpieczeństwa Pożarowego (IBP).

Jest to opracowanie, którego celem jest ustalenie wymagań ochrony przeciwpożarowej w zakresie organizacyjnym, technicznym i porządkowym, jakie

należy uwzględnić podczas eksploatacji konkretnego budynku. Wymagania prawne dotyczące opracowania zawarte są w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [3].

Do zapoznania się z treścią powyższego opracowania i przestrzegania zawartych w nim ustaleń zobowiązani są wszyscy pracownicy, bez względu na zajmowane stanowisko służbowe i rodzaj wykonywanej pracy. IBP może opracować osoba mająca odpowiednie kwalifikacje wynikające z ustawy o ochronie przeciwpożarowej. IBP powinna być poddawana okresowej aktualizacji, co najmniej raz na dwa lata, a także po zmianach sposobu użytkowania obiektu, które wpływają na zmianę warunków ochrony przeciwpożarowej.

Nie należy zapominać o równie ważnych co szkolenia obowiązkowych ćwiczeniach z zakresu przeprowadzenia ewakuacji na wypadek potencjalnego zagrożenia pożarowego. Zgodnie z przepisami, raz na dwa lata w obiektach, w których przebywa więcej niż 50 osób [4].

Takie przedsięwzięcie nie należy niestety do łatwych. Racjonalnym sposobem jest zwrócenie się do jednostki organizacyjnej Państwowej Straży Pożarnej i wspólne z nią przeprowadzenie ćwiczeń na podstawie przygotowanego scenariusza pożarowego, który zawiera opis sekwencji przykładowych zdarzeń w czasie pożaru. Strażacy w trakcie ćwiczeń będą mogli zapoznać się z charakterystyką pożarową budynku i zagrożeniami, z jakimi mogą się spotkać w czasie realnych działań ratowniczo-gaśniczych. Po realizacji założenia praktycznego przeprowadzonego w ramach ćwiczeń na obiekcie szpitala należy omówić powstałe błędy, by w przyszłości je wyeliminować [5].

System opieki zdrowotnej

Ustawa o działalności leczniczej która zaczęła obowiązywać od 1 lipca 2011 roku zastąpiła pojęcie zakładu opieki zdrowotnej szerszym pojęciem – podmiot leczniczy. Zgodnie z polskim prawem obowiązującym przed 1 lipca 2011 roku, na mocy art. 1 ustawy z dnia 30 sierpnia 1991 roku o zakładach opieki zdrowotnej, przez zakład opieki zdrowotnej rozumieliśmy wyodrębniony organizacyjnie zespół osób i środków majątkowych utworzony i utrzymywany w celu udzielania świadczeń zdrowotnych i promocji zdrowia [6].

Obowiązująca ustawa reguluje kwestie prawne związane z działalnością leczniczą, określając:

- zasady wykonywania działalności leczniczej,
- zasady funkcjonowania podmiotów wykonujących działalność leczniczą nie będących przedsiębiorcami,
- zasady prowadzenia rejestru podmiotów wykonujących działalność leczniczą,
- normy czasu pracy pracowników podmiotów leczniczych,

- zasady sprawowania nadzoru nad wykonywaniem działalności leczniczej oraz podmiotami wykonującymi działalność leczniczą.

Podmiotami leczniczymi są:

- przedsiębiorcy,
- samodzielne publiczne zakłady opieki zdrowotnej,
- jednostki budżetowe, w tym państwowe jednostki budżetowe,
- instytuty badawcze,
- fundacje i stowarzyszenia,
- osoby prawne i jednostki organizacyjne działające na podstawie przepisów o stosunku Państwa do związków wyznaniowych,
- jednostki wojskowe.

Szpital jest jednostką organizacyjną, jedną z najważniejszych w systemie opieki zdrowotnej, w której udzielane są świadczenia zdrowotne w systemie zamkniętym. Priorytetowym zadaniem szpitali jest leczenie osób oraz świadczenie niezbędnej opieki zdrowotnej. Niejednokrotnie przy szpitalach powstają przychodnie specjalistyczne i diagnostyczne. Szpitale, ze względu na zasięg terytorialny, można podzielić na: gminne, powiatowe lub miejskie w miastach na prawach powiatu, wojewódzkie oraz ponadwojewódzkie [7].

Charakterystyka i kwalifikacja pożarowa Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego

Wojewódzki Szpital Specjalistyczny zlokalizowany w Częstochowie przy ul. PCK 7, wybudowany został w 1961 roku. Czterokondygnacyjny budynek główny składa się z trzech segmentów (A, B, C), jest całkowicie podpiwniczony, jego powierzchnia zabudowy wynosi 4407 m², powierzchnia użytkowa wynosi 14919 m², a kubatura 68070 m³. Ma on wysokość od 15 m do 17 m (budynek średniowysoki). Zgodnie z obowiązującymi przepisami, budynki pod względem wysokości dzielimy na cztery grupy: niskie, średniowysokie, wysokie i wysokiściowe. Podział na w/w grupy normuje §8 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [8]. Łączna liczba łóżek w budynku głównym szpitala wynosi 264.

Budynek pawilonu zakaźnego to budynek trzykondygnacyjny, częściowo podpiwniczony, powierzchnia zabudowy – 949 m²; powierzchnia użytkowa – 2090 m²; kubatura – 10980 m³, jest to budynek niski. Budynek zakwalifikowany do kategorii zagrożenia ludzi ZL II i stanowi jedną strefę pożarową. Łączna liczba łóżek w budynku pawilonu zakaźnego szpitala wynosi 62.

Budynek pawilonu psychiatrycznego składa się z trzech skrzydeł oraz łącznika stanowiącego połączenie komunikacyjne. Powierzchnia zabudowy –

1770 m²; powierzchnia użytkowa – 3974 m²; kubatura – 16 596m³, jest to budynek niski. Budynek zakwalifikowany do kategorii zagrożenia ludzi ZL II i stanowi jedną strefę pożarową. Łączna liczba łóżek w budynku pawilonu psychiatrycznego szpitala wynosi 50.

Budynek centralnej sterylizatorni, powierzchnia zabudowy – 349,6 m²; powierzchnia użytkowa – 216,8 m²; kubatura – 1733 m³, jest to budynek niski. Budynek nie jest przeznaczony do użytku przez ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się. W budynku zlokalizowane są pomieszczenia, w których przeprowadzany jest proces sterylizacji przedmiotów i urządzeń użytkowanych w szpitalu. Budynek agregatu prądotwórczego, powierzchnia zabudowy – 101 m²; powierzchnia użytkowa – 65 m²; kubatura – 250 m³. W budynku zlokalizowane zostały trzy agregaty prądotwórcze o mocach 200 kW – włączany ręcznie, 50 kW i 100 kW – włączane automatycznie.

Budynek tlenowni, powierzchnia zabudowy – 48 m²; powierzchnia użytkowa – 48 m²; kubatura – 155m³. W kierunku wschodnim od budynku zlokalizowany został zbiornik magazynowy ciekłego tlenu. W zbiorniku przechowywane jest 10 000 kg ciekłego tlenu, który rozprowadzany jest na poszczególne oddziały szpitalne. Dzielne zużycie tlenu ciekłego wynosi od 100 kg do 150 kg. Zbiornik jest własnością Air Products, a szpital jest jego dzierżawcą.

Z punktu widzenia przeciwpożarowych przepisów budowlanych wynika, że szpitale kwalifikowane są jako obiekty użyteczności publicznej zaliczane do najwyższej kategorii zagrożenia ludzi. Budynek Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego zakwalifikowany został do kategorii zagrożenia ludzi ZL II. – obiekty przeznaczone przede wszystkim dla ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się [8].

Urządzenia przeciwpożarowe na terenie Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego

Przeciwpożarowy wyłącznik prądu

W północnej części budynku centralnej sterylizatorni zlokalizowane zostało pomieszczenie techniczne, w którym znajduje się główna rozdzielnia elektryczna szpitala, z przeciwpożarowym wyłącznikiem prądu. Wejście do rozdzielni zapewnione jest z zewnątrz, odpowiednio oznakowane, bez połączenia komunikacyjnego z pozostałą częścią budynku. Dostęp do rozdzielni posiadają elektrycy z uprawnieniami zatrudnieni w szpitalu, którzy przebywają na terenie szpitala przez całą dobę. W budynku rozdzielni zlokalizowane są wyłączniki prądu umożliwiające odcięcie zasilania w poszczególnych budynkach szpitala. Odcięcie dopływu energii elektrycznej przeciwpożarowym wyłącznikiem prądu powoduje automatyczne włączenie się, agregatu prądotwórczego o mocy 50 kW

i 100 kW, zasilającego niezbędne urządzenia i pomieszczenia, tj. blok operacyjny, pomieszczenie sztucznej nerki, oddział intensywnej terapii oraz pomieszczenia rezonansu magnetycznego. Uruchomienie agregatu prądotwórczego o mocy 200 kW następuje w sposób manualny, czynność tą wykonuje uprawniony do tego celu elektryk. Agregat ten zasila pozostałe budynki i pomieszczenia szpitala.

System sygnalizacji pożarowej

System sygnalizacji pożaru obejmujący urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe służące do samoczynnego wykrywania i przekazywania informacji o pożarze znajdują się w:

- budynku głównym w bloku A na kondygnacji II-go piętra części wschodniej, gdzie znajduje się oddział neurologii, dla potrzeb odcinka chorych z udarem mózgu,
- budynku głównym w bloku A na kondygnacji III-go piętra (część zachodnia), gdzie znajduje się oddział reumatologii,
- budynku głównym w bloku B na kondygnacji I-go piętra, gdzie znajduje się oddział fizykoterapii,
- budynku głównym w bloku C na kondygnacji parteru i I-go piętra części wschodniej obejmujących oddziały intensywnej terapii.

Urządzenia do usuwania dymu z ewakuacyjnych klatek schodowych

W urządzenia służące do usuwania dymu wyposażone zostały ewakuacyjne klatki schodowe zlokalizowane w części wschodniej bloku A i bloku C budynku głównego. Pozostałe ewakuacyjne klatki schodowe zlokalizowane w budynku głównym oraz klatki schodowe w budynku pawilonu psychiatrycznego nie zostały wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu.

Instalacja awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego

Instalacja oświetlenia ewakuacyjnego wykonana została w budynku głównym w bloku A na kondygnacji II-go piętra części wschodniej, gdzie znajduje się oddział neurologii, dla potrzeb odcinka chorych z udarem mózgu, na kondygnacji parteru części zachodniej bloku A oraz w bloku C na kondygnacji parteru i I-go piętra części wschodniej obejmującej oddziały intensywnej terapii. Ponadto w instalacje oświetlenia ewakuacyjnego wyposażone zostały drogi ewakuacyjne zlokalizowane na kondygnacji I-go i II-go piętra budynku pawilonu zakaźnego.

Dźwiękowy system ostrzegawczy

Budynek Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. NMP w Częstochowie przy ul. PCK 1 nie został wyposażony w dźwiękowy system ostrzegawczy (DSO). DSO to system podnoszący bezpieczeństwo osób przebywających w budynku, przeznaczony jest do ogłaszania sygnałów ostrzegawczych i komunikatów głosowych, nadawanych automatycznie po otrzymaniu sygnału z systemu sygnalizacji pożarowej, a także na żądanie operatora [3].

Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa

W instalację wodociągową przeciwpożarową z hydrantami wewnętrznymi 25 i 52 wyposażone następujące budynki:

- budynek główny blok A kondygnacja podpiwniczenia, kondygnacja parteru (strona wschodnia, oddział ZOL-u), kondygnacji II-go piętra części wschodniej bloku A (oddział neurologiczny z udarem mózgu), kondygnacja III-go piętra (strona zachodnia, oddział reumatologii) w instalacji wodociągowej przeciwpożarowej z hydrantami 25,
- budynek główny blok B kondygnacja parteru oraz I-go piętra (oddział fizykoterapii) w instalacji wodociągowej przeciwpożarowej z hydrantami 25,
- budynek główny blok C kondygnacja parteru i I-go piętra części wschodniej – oddział intensywnej terapii.

Pozostałe kondygnacje budynku głównego A i C oraz budynki pawilonu zakaźnego, psychiatrycznego zostały wyposażone w instalacje wodociągowej przeciwpożarowej z hydrantami wewnętrznymi 52. Budynek centralnej sterylizatorni wyposażony został w jeden hydrant 25 z węzłem płasko składanym.

Zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru

Na terenie Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Częstochowie zlokalizowanych zostało 8 hydrantów podziemnych Ø 80 na wewnętrznej sieci wodociągowej przeciwpożarowej. Wewnętrzna sieć wodociągowa przeciwpożarowa zasilana jest z sieci miejskiej. Ponadto do zewnętrznego gaszenia pożaru możliwe jest wykorzystanie trzech hydrantów podziemnych U 80, usytuowanych poza terenem szpitala na miejskiej sieci wodociągowej przeciwpożarowej przebiegającej wzdłuż ul. PCK oraz ul. Kilińskiego.

Droga pożarowa

Do budynku głównego doprowadzona została droga pożarowa zapewniająca dojazd dla służb ratowniczych. Dojazd do budynku zapewniony został od ul. PCK (od strony wejścia głównego). Ponadto możliwy jest dojazd od strony wschodniej poprzez główną bramę wjazdową, prowadzącą na teren szpitala, a następnie układem dróg wewnętrznych do budynku, gdzie zapew-

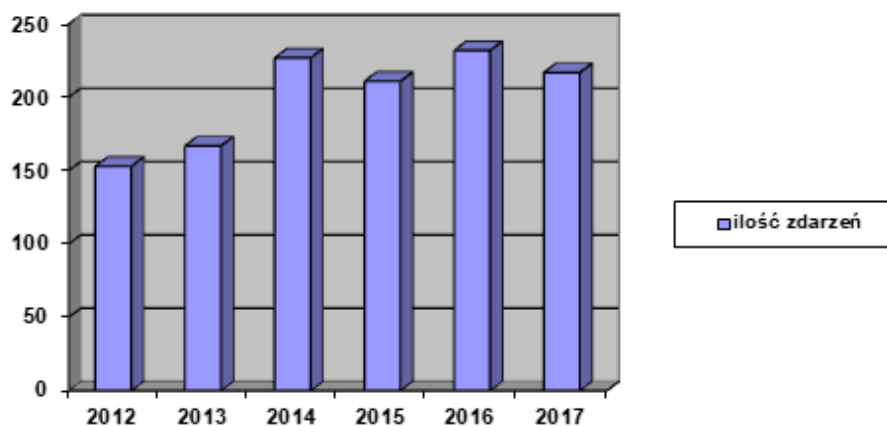
niono możliwość dojazdu do budynku, bez konieczności cofania. Od strony zachodniej (ul. Kilińskiego) zlokalizowana została brama o szerokości 5 m, umożliwiająca wjazd na teren szpitala i dojazd do budynku głównego od strony zachodniej, gdzie wykonana została droga asfaltowa umożliwiająca dojazd i powrót pojazdu bez cofania. Do budynku pawilonu zakaźnego oraz budynku pawilonu psychiatrycznego nie została doprowadzona droga pożarowa. Do powyższych budynków doprowadzona jest wewnętrzna, utwardzona droga asfaltowa o szerokości 3,5 m zakończona parkingiem.

Działania ratowniczo-gaśnicze w zakładach opieki zdrowotnej

Działania realizowane przez jednostki Państwowej Straży Pożarnej (PSP) w miejscach przebywania osób z ograniczeniami ruchowymi i dysfunkcjami psychicznymi, do których zaliczamy między innymi szpitale, należą do najbardziej wymagających działań ratowniczo-gaśniczych.

Pomimo dobrego wyszkolenia strażaków oraz wyposażenia w najnowocześniejszy sprzęt, ważnym elementem w pierwszych chwilach zdarzenia jest rozpoczęcie ewakuacji obiektu przez personel medyczny. Fakt ten wynika z ram czasowych pomiędzy zaalarmowaniem Stanowiska Kierownika Komendanta Powiatowego lub Miejskiego PSP, a przybyciem pierwszych sił i środków jednostek ochrony przeciwpożarowej na miejsce zdarzenia. O kolejności ewakuacji osób powinien decydować lekarz, który posiada niezbędną wiedzę na temat stanu osób hospitalizowanych. Pacjenci, którzy są w stanie samodzielnie się ewakuować, powinni być ewakuowani jako pierwsi, następnie osoby które potrzebują pomocy ze strony personelu medycznego. Ostatni etap ewakuacji powinien obejmować pacjentów ambulatoryjnych, o ograniczonej zdolności ruchowej [9]. Drogi ewakuacyjne nie powinny być zablokowane, dzięki czemu można przeprowadzić szybko i skutecznie bezpieczną ewakuację osób bez zbędnego narażania ich na wpływ dymu. Ważne, by w takich sytuacjach nie doprowadzić do wystąpienia paniki lub nawet hysterii, która jest trudna do opanowania. Istotnym aspektem jest współpraca zaangażowanych podmiotów ratowniczych na miejscu zdarzenia oraz koordynacja działań przez Kierującego Akcją Ratowniczą.

W Polsce, zgodnie z danymi statystycznymi opublikowanymi przez Komendę Główną PSP za lata 2012–2017, liczba pożarów w szpitalach oraz obiektach przeznaczonych dla osób z dysfunkcją ruchową lub psychiczną wahała się w granicach 201 pożarów rocznie, co przedstawiono na Rys. 1. Pożary te stanowiły ok. 8,4% wszystkich pożarów obiektów użyteczności publicznej w roku [10].



Rys. 1. Liczba pożarów w służbie zdrowia w Polsce w latach 2012–2017 [10]

W tabeli 1 przedstawiono sytuację w poszczególnych województwach związaną z liczbą pożarów w latach 2012–2017 w budynkach służby zdrowia w Polsce.

Największa liczba zdarzeń została odnotowana w województwie mazowieckim, w liczbie 236, natomiast najniższa liczba zdarzeń miała miejsce w województwie podlaskim – 22.

Tabela 1. Liczba pożarów w służbie zdrowia w Polsce w latach 2012–2017 z podziałem na województwa [10]

Lp.	Województwa	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	DOLNOŚLĄSKIE	19	21	15	20	21	22
2	KUJAWSKO-POMORSKIE	7	7	10	11	11	9
3	LUBELSKIE	11	8	11	14	15	9
4	LUBUSKIE	9	3	8	2	5	9
5	ŁÓDZKIE	4	11	15	9	24	22
6	MAŁOPOLSKIE	12	15	21	17	17	17
7	MAZOWIECKIE	22	29	50	43	55	37

Lp.	Województwa	2012	2013	2014	2015	2016	2017
8	OPOLSKIE	7	2	4	2	5	3
9	PODKARPACKIE	5	5	6	6	9	8
10	PODLASKIE	2	1	9	4	5	1
11	POMORSKIE	10	17	12	12	11	15
12	ŚLĄSKIE	19	13	25	26	21	29
13	ŚWIĘTOKRZYSKIE	2	0	7	9	4	5
14	WARMIŃSKO-MAZURSKIE	5	12	7	7	7	10
15	WIELKOPOLSKIE	9	14	15	18	13	13
16	ZACHODNIOPOMORSKIE	10	9	12	11	9	8
17	Ogółem	153	167	227	211	232	217

Podsumowanie

Analiza danych statystycznych pokazuje, iż liczba pożarów w budynkach służby zdrowia na przełomie sześciu lat (2012–2017) pozostaje na zbliżonym poziomie. Jak pokazują dane historyczne, pożary w szpitalach występują w przypadkach niewłaściwego przygotowania, i mogą skutkować dużą liczbą poszkodowanych i ofiar śmiertelnych. Przyczyną takich sytuacji może być niejednokrotnie zły stan techniczny szpitali oraz brak wymaganych zabezpieczeń z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

Takie sytuacje obniżają możliwość przeprowadzenia ewakuacji w bezpiecznych warunkach. Brak doświadczenia wynikający z niewystarczającego przeszkolenia pracowników w zakresie ochrony przeciwpożarowej to kolejny ujemny element wpływający na przebieg ewakuacji.

Niezbędne jest opracowanie i niezwłoczne wdrożenie odpowiedniego systemu bezpieczeństwa na wypadek pożaru lub innego miejscowego zagrożenia w placówkach służby zdrowia. Istnieje potrzeba sporządzenia klarownych i szczegółowych procedur ewakuacyjnych, które będą uwzględniały charakterystykę danego obiektu. Ponadto koniecznym jest częstsze przeprowadzanie próbnych alarmów pożarowych jak również ćwiczeń ewakuacyjnych na pod-

stawie przygotowanych scenariuszy pożarowych. Działania te doprowadzą do wyrobienia stosownych nawyków wśród personelu medycznego odpowiedzialnego w chwili niebezpieczeństwa i zagrożenia za życie pacjentów i własne, a także pozwolą na właściwe i zasadne współdziałanie z podmiotami ratowniczymi, w tym z Państwową Strażą Pożarną. Ponadto celem takiej symulacji jest sprawdzenie samej organizacji i warunków ewakuacji podczas powstania np. pożaru. Takie działania dają możliwość realnego sprawdzenia wspólnej koordynacji działań przez personel i podmioty ratownicze. Dodatkowo, odpowiednia liczba personelu zagwarantuje przeprowadzenie szybkiej i skutecznej ewakuacji osób przebywających w obiekcie przed przybyciem pierwszych jednostek straży pożarnej.

Literatura

- [1] Kubik W., *Bezpieczeństwo pożarowe placówek opieki zdrowotnej*, Ochrona mienia i informacji, Nr 1, 2018, s. 31.
- [2] Guzowski P., Wróblewski D. Małozieć D. (red.), *Czerwona księga pożarów*, t. 1, CNBOP-PIB, Józefów, 2016, s. 130-138.
- [3] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 Nr 109, poz. 719).
- [4] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (tekst jedn. Dz.U. z 2018, poz. 620)
- [5] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 2 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. z 2015, poz. 2117).
- [6] Ustawa z dnia 30 sierpnia 1991 r. o zakładach opieki zdrowotnej (tekst jedn. Dz.U. z 2007 Nr 14, poz. 89 z późn. zm.)
- [7] Ustawa o działalności leczniczej z 15 kwietnia 2011 r. (tekst jedn. Dz.U. z 2018 r. poz. 160 z późn. zm.).
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jedn. Dz.U. z 2015, poz. 1422 z późn. zm.).
- [9] De-Ching H. et al., *A Study for the Evacuation of Hospital on Fire during Construction*, *Procedia Engineering* Vol. 11, 2011, p. 139–146, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.639>.
- [10] <https://www.kgpsp.gov.pl> (data dostępu: 27.06.2018)



Tomasz Prauzner¹, Sebastian Kostrzewa

*¹Instytut Techniki i Systemów Bezpieczeństwa
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa
e-mail: t.prauzner@ajd.czyst.pl*

ANALIZA PORÓWNAWCZA WYNIKÓW BADAŃ OPARTYCH NA SYMULACJI POŻARU W PROGRAMIE PYROSIM

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę porównawczą wyników symulacji pożaru w programie PyroSim. Do opracowania symulacji wykorzystano materiały i analizy po-pożarowe uzyskane na podstawie dokumentacji realnego zdarzenia pożaru mieszkania. Na tej podstawie opracowano scenariusze symulacji komputerowej uwzględniające różne założenia autorów. Uzyskane wyniki posłużyły również do oceny poprawności działania programu w ujęciu prezentacji rzeczywistych przebiegów zdarzenia.

Słowa kluczowe: programy symulacyjne, PyroSim, pożar.

COMPARATIVE ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS BASED ON FIRE SIMULATION IN THE PYROSIM PROGRAM

Abstract. The paper presents a comparative analysis of the results of fire simulation in the PyroSim program. Materials and post-fire analysis obtained on the basis of documentation of a real fire event were used to develop the simulation. On this basis, computer simulation scenarios were developed, taking into account different assumptions of the authors. The results obtained were also used to assess the correctness of the program in terms of presenting the actual course of the event.

Keywords: simulation programs, PyroSim, a fire.

Wstęp

Wraz z rozwojem cywilizacji i wynikającymi z niego zmianami technologicznymi pojawiały się coraz to nowsze zagrożenia, którym należało przeciwdziałać. Punktem zwrotnym w dziejach człowieka, który skutkował nagłym wzrostem ryzyka powstania pożaru, stało się wprowadzenie do domów ognia. Powstające w procesie spalania dwutlenek węgla i tlenek węgla często stanowiły większe zagrożenie, aniżeli sam ogień. Następnym krokiem w rozwoju ludzkości były aglomeracje miejskie. Rosnące zaludnienie na małej przestrzeni przyczyniło się do budowy budynków wielokondygnacyjnych, a także niosło za sobą większe prawdopodobieństwo zaproszenia ognia przez ich mieszkańców [5]. Budowanie coraz bardziej skomplikowanych budynków przyczyniło się do rozpowszechnienia równie złożonych systemów zabezpieczeń. Za wprowadzanymi zmianami podążały modyfikacje prawne dotyczące bezpieczeństwa, m.in. budowlanego i pożarowego. Pożar jest zjawiskiem zależnym od wielu czynników, którego nie można w prosty sposób opisać. Pojawiła się całkiem nowa dziedzina nauki, jaką jest modelowanie pożarowe. Bliższe poznanie m.in. cech poszczególnych materiałów, ich reakcji na ogień i towarzyszącej mu temperatury umożliwiły wyprowadzenie algorytmów zdarzeń, które, przy użyciu odpowiednich narzędzi komputerowych, są w stanie wskazać prawdopodobny przebieg pożaru. Symulacja komputerowa może być również wykorzystywana w ocenie skuteczności ewakuacji osób z budynków mieszkalnych [6].

Przebieg i rozwój pożarów wewnętrznych

Jednymi z najtrudniejszych do opisanego są pożary wewnętrzne zachodzące w halach produkcyjnych lub mieszkaniach. Wynika to z faktu, iż o jego rozwoju decyduje wiele czynników, m.in. układ pomieszczeń, rozmieszczenie materiałów palnych oraz kierunki, w których mogą wytworzyć się ciągi powietrza i gazów spalinowych [2]. W momencie ograniczania wysokości płomienia przez sufit, następuje ich pełzanie w kierunkach poziomych, wzdłuż powierzchni sufitu. Towarzyszące temu zjawisku intensywne promieniowanie cieplne, prowadzi do powstania tzw. zjawiska rozgorzenia, charakteryzującego się gwałtownym zapłonem palnych elementów wyposażenia pomieszczenia w całej jego przestrzeni objętej pożarem. Analizując przebieg pożarów, można stwierdzić, że na otwartej przestrzeni przebieg pożaru różni się od tych w przestrzeniach zamkniętych. Wydzielająca się podczas spalania materiałów wysoka temperatura, na otwartej przestrzeni nie jest w żaden sposób ograniczona, oddając ciepło bezpośrednio do otoczenia. Pożar wewnętrzny, w początkowej fazie ogranicza się do wielkości pomieszczenia i znajdującego się w nim powietrza. Sam proces

oddawania ciepła do otoczenia jest utrudniony i ograniczony przez ściany i stropy pomieszczeń, w których zachodzi. Powstała wysoka temperatura dociera do ścian budynku, ogrzewając je. Duże ilości ciepła są pochłaniane przez przegrody, natomiast część jest zwracana w kierunku pożaru, wzmagając tym samym jego intensywność wynikającą ze wzrostu temperatury i zwiększonej prędkości spalania pozostałych materiałów. Równie ważną cechą charakteryzującą pożar wewnętrzny jest ograniczona możliwość usuwania z pomieszczeń dymu i wydzielających się gazów oraz dostarczanie do pożaru tlenu niezbędne do podtrzymania procesu spalania [3].

Projekt symulacji pożaru

Charakterystyka obiektu

Na wstępie prac nad modelem istotne było przeanalizowanie dostępnych danych, zdjęć, szkiców sytuacyjnych i ekspertyz popożarowych, sporządzonych w ostatnim czasie, a których odtworzenie byłoby możliwe. Przed przystąpieniem do prowadzenia badań komputerowych przygotowany został model numeryczny odwzorowujący budynek mieszkalny [7]. Za wzór przyjęto pożar, który miał miejsce w Częstochowie w styczniu 2015 r. (Rys.1, 2). Symulację rozwoju zdarzenia przeprowadzono przy użyciu interfejsu programowego Pyrosim, natomiast obliczenia zostały wykonane za pomocą narzędzi FDS. Wzorcowe mieszkanie składało się z pokoju oraz kuchni (Rys. 3). Na podstawie wykonanych zdjęć i dokumentów znajdujących się w bazie danych PSP odwzorowano rozmieszczenie mebli, okna, drzwi oraz ich gabaryty. Wszystkie modelowane elementy wyposażenia pomieszczeń uwzględniały w swoich właściwościach materiały użyte do ich produkcji. Na podstawie ustaleń biegłych pożarowych zainicjowanie pożaru miało miejsce na powierzchni łóżka. W trakcie przygotowania modelu wzięto również pod uwagę nieszczelności mieszkania. Zamodelowane zostały one jako okno, które po 420 sekundach pożaru pęka od temperatury, udostępniając dopływ świeżego powietrza.

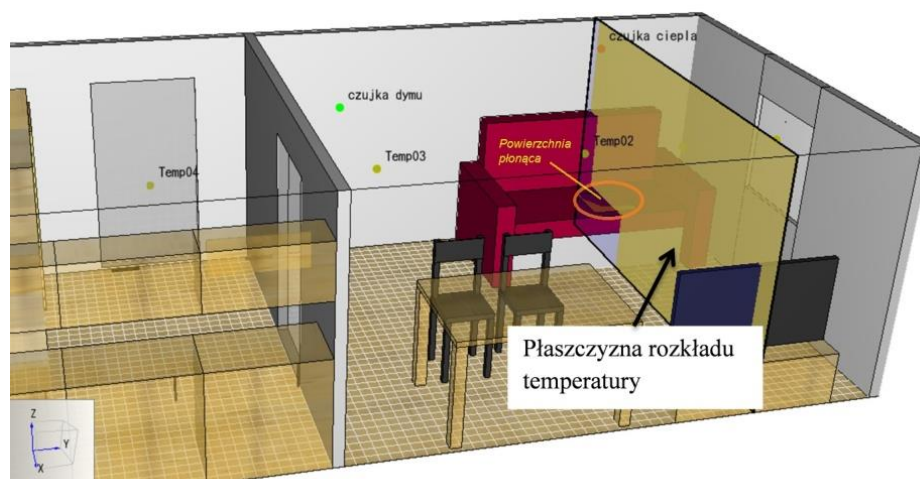
Odpowiednie zaadaptowanie przez FDS utworzonego modelu graficznie umożliwia zobrazowanie wielu zjawisk, takich jak: rozchodzenie się dymu, rozkład temperatury, tlenku węgla oraz innych substancji powstających w trakcie pożaru. Daje to szerokie możliwości zastosowania programu do analizy i doboru zabezpieczeń budynków przed powstaniem zagrożenia na etapie projektowania, jak również podwyższenie bezpieczeństwa istniejących już budynków.



Rys. 1. Widok pokoju po pożarze



Rys. 2. Widok pokoju po pożarze



Rys. 3. Model wirtualny umeblowanego mieszkania

Kluczowym algorytmem pracy FDS wykorzystywanym do prowadzenia symulacji obliczeniowych jest mechanika płynów (CFD – Computational Fluid Dynamics). Program rozwiązuje numerycznie równanie Naviera-Stokesa dla niskich prędkości przepływu wymuszonego, ze szczególnym uwzględnieniem przepływu ciepła i dymu [4]. Program FDS dodatkowo połączony jest z programem Smokeview, który przeznaczony jest do wykonania wizualizacji symulacji. Umożliwia on graficzne przedstawienie przepływu cząstek, gazów, wizualizację rozkładu temperatury bądź wektorów kierunku przepływu, powstałych zmian wynikających z zadziałania tryskaczy, otwarcia klap dymowych itp. Smokeview posiada możliwość tabelarycznego przedstawienia danych dla wybranego czasu analizy.

Sieć obliczeniowa

Pierwszą czynnością, konieczną do wykonania modelu symulacji, było stworzenie siatki elementów zgodnie z wcześniej przyjętymi wymiarami pomieszczenia. Każdy obiekt użyty w symulacji, np. ściany, meble, musi być przystosowany do sieci obliczeniowej. W innym przypadku, gdy obiekt nie pokrywa się dokładnie z siatką, przed przystąpieniem do obliczeń program sam automatycznie dopasuje dany przedmiot do siatki. Natomiast przedmioty wystające poza obręb sieci obliczeniowej zostaną odcięte na jej granicy, a graficzny interfejs Smokeview ich nie wyświetli.

Biblioteki danych

Poprzez odpowiednie wykorzystanie bibliotek materiałowych i innych odnoszących się do modelu, możliwe jest ograniczenie liczby błędów i usprawnienie procesu tworzenia nowych modeli. Do dyspozycji użytkownika są biblioteki reakcji i danych materiałowych, które wykonane zostały w oparciu o doświadczalne badania laboratoryjne. Każda z reakcji i danych materiałowych ma odniesienie w opisie na temat źródła danych [9].

Przeszkody

Przeszkody są głównymi elementami graficznymi w symulacjach FDS. Określają rozwój pożaru, jego możliwości przechodzenia i wydzielania się określonych ilości dymu. Za pomocą interfejsu PyroSim rysowane są jako prostokątne bryły określone przed dwa punkty. Właściwości powierzchni wyznaczone są na podstawie danych materiałowych utworzonej biblioteki.

Parametry pożaru, powierzchnie, wenty i reakcje

Każdy nowo utworzony obiekt w modelu wymaga określenia jego powierzchni. Pod pojęciem tym kryje się zadanie odpowiednich właściwości ciał

stałych, a w przypadku otworów odpowiednich wentów. Konieczne więc staje się indywidualne dobranie odpowiednich powierzchni materiałów mających różne właściwości cieplne i izolacyjne. Wykonanie ścian, sufitu, podłogi z tynku gipsowego przyczynia się do zupełnie odmiennego rozwoju pożaru, aniżeli w przypadku zastosowania drewna. Dużego znaczenia nabierają również reakcje zachodzące w trakcie spalania, ubytek masy i ilość wydzielanego ciepła. Podstawowym algorytmem matematycznym dla programu było przyjęcie, iż rozwój pożaru następuje zgodnie z funkcją kwadratową, do momentu uzyskania pełnej mocy.

Rejestratory danych

Jedną z najważniejszych cech symulacji FDS jest możliwość ciągłej rejestracji wielu parametrów wewnątrz sieci obliczeniowej oraz symulowania bardziej złożonych czujników i systemów wpływających na rozwój pożaru, np. tryskacze i zraszacze. W trakcie wykonywania modelu symulacyjnego zaimplementowane zostały trzy płaszczyzny monitorujące rozkład temperatury. Rozmieszczone zostały: na suficie, w osi mieszkania i równoległe do okna, przecinając środek źródła pożaru. Do celów badawczych wykorzystano również czujkę temperatury umieszczoną nad źródłem pożaru oraz czujkę dymu zlokalizowaną przy drzwiach wejściowych do pokoju.

Modelowanie stałych urządzeń gaśniczych

Aby w pełni wykorzystać możliwości, jakie daje program, przeprowadzone zostały dwie symulacje, dla których zadano te same zmienne, z wyjątkiem jednego z parametrów – tryskaczy. Pierwsza symulacja została wykonana bez stałych urządzeń gaśniczych, natomiast w drugiej dodany został tryskacz. Umieszczenie tryskacza oraz zadanie jego parametrów zostało wykonane na podstawie normy [8].

Scenariusze pożarowe

Na postawie posiadanych materiałów oraz przygotowanego modelu wykonane zostały dwie symulacje według odrębnych scenariuszy pożarowych:

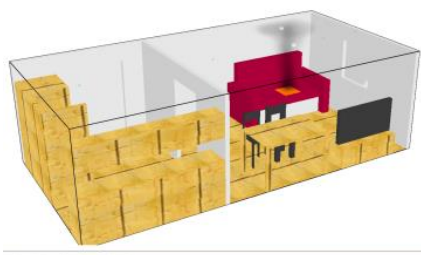
Pierwszy scenariusz pożarowy dotyczył odwzorowania rzeczywistego pożaru. Uwzględniono rozmieszczenie wielu składowych elementów wyposażenia mieszkania oraz zachodzące w nich reakcje mogące mieć wpływ na przebieg i rozwój pożaru. Podobnie jak w przypadku realnego zdarzenia pożar ograniczony został do powierzchni łóżka. Na podstawie ustaleń biegłych, jako przyczynę pożaru przyjęto żarzący się papieros, który spowodował zapalenie się materiałów wykończeniowych łóżka. Otrzymane wyniki symulacyjne zostały

skonfrontowane z zdjęciami popożarowymi w celu weryfikacji przydatności komputerowych metod inżynierskich do prognozowania potencjalnych zagrożeń pożarowych.

Drugi scenariusz opracowano dla tego samego pomieszczenia oraz takich samych warunków zainicjowania pożaru. Jako dodatkową zmienną mającą wpływ na rozwój pożaru wprowadzono system zabezpieczający w postaci stałych urządzeń gaśniczych o parametrach zgodnych z wymaganiami adekwatnych przepisów i dokumentów normatywnych. Dla obu scenariuszy przyjęty czas trwania pożaru ustalono na poziomie 1080 sekund, a temperaturę początkową otoczenia wynoszącą 20°C, przyjęto gęstość mocy pożaru na poziomie 250 kW/m², która została osiągnięta po czasie 420 sekund.

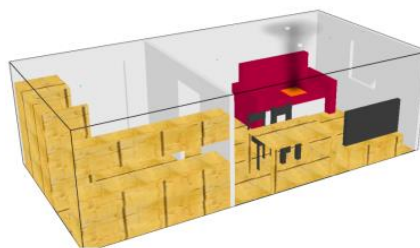
Interpretacja graficzna symulacji

Scenariusz pożarowy nr 1

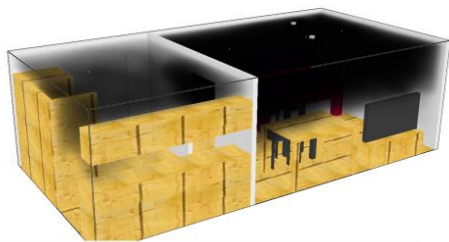


Rys. 4. Stan po czasie T=30 s, początek pożaru

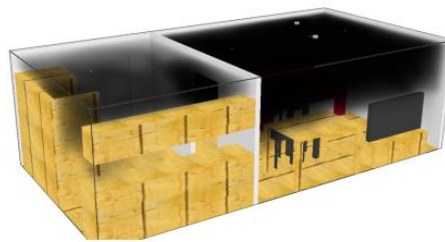
Scenariusz pożarowy nr 2



Rys. 5. Stan po czasie T=30 s, początek pożaru

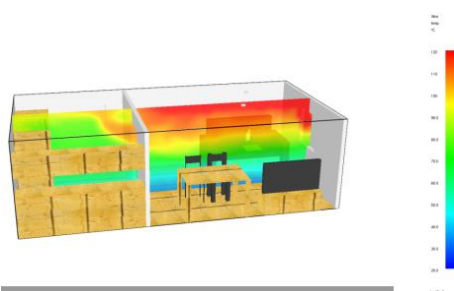


Rys. 6. Stan po czasie T=150 s, rozwój pożaru



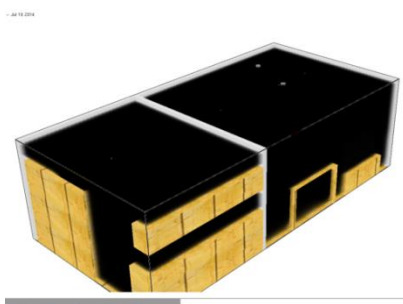
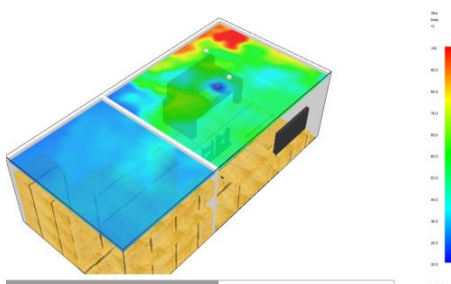
Rys. 7. Stan po czasie T=150 s, rozwój pożaru

Scenariusz pożarowy nr 1

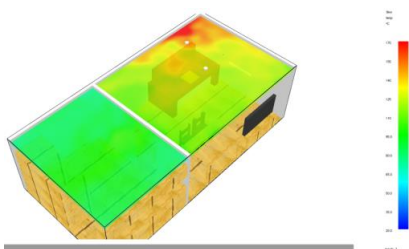


Rys. 8. Rozkład temperatury w miejscu pożaru względem płaszczyzny X

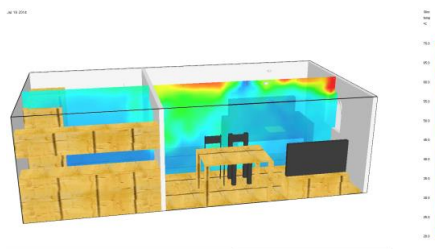
Scenariusz pożarowy nr 2

Rys. 9. Stan po czasie $T=308$ s, zadziałanie tryskacza.Rys. 10. Stan po czasie $T=420$ s, osiągnięcie maksymalnej gęstości mocy pożaru i otwarcie okna

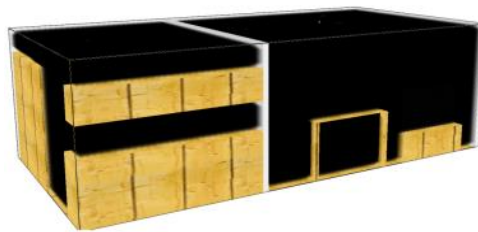
Rys. 11. Rozkład temperatury w miejscu pożaru względem płaszczyzny Z.



Rys. 12. Rozkład temperatury w miejscu pożaru względem płaszczyzny Z.



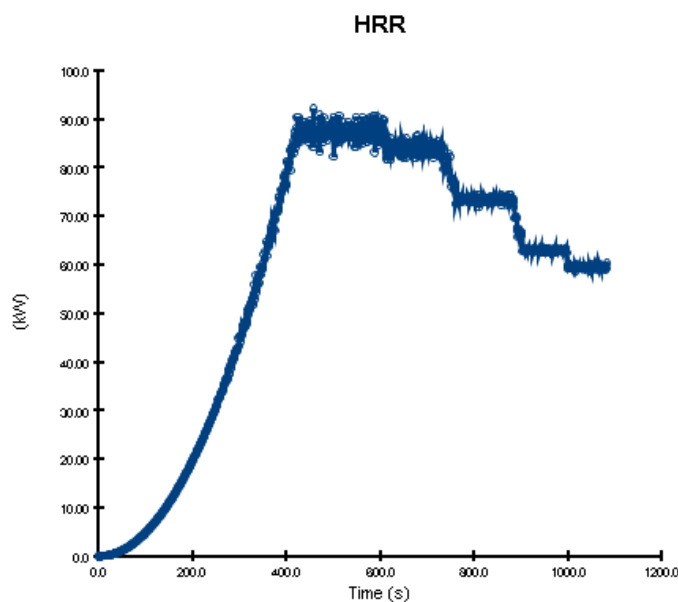
Rys. 13. Rozkład temperatury w miejscu pożaru względem płaszczyzny X.

Scenariusz pożarowy nr 1Rys. 14. Stan po czasie $T=1080$ s, Koniec symulacji**Scenariusz pożarowy nr 2**Rys. 15. Stan po czasie $T=700$ s, koniec pożaru.**Analiza wyników symulacji scenariusza pożarowego nr 1**

Scenariusz rozwoju pożaru nr 1 odzwierciedla warunki panujące w obiekcie w czasie wystąpienia pożaru, a więc bez wyposażenia w systemy ochrony przeciwpożarowej. Do symulacji przyjęto skrajnie niekorzystną sytuację zakładającą, iż pożar może rozwijać się swobodnie przez 18 minut. Badanie rozpoczęto w momencie zainicjowania pożaru obicia łóżka w czasie $t = 0,0$ s. Po 30 sekundach widoczne były pierwsze cząsteczki dymu docierające do sufitu, a wzrost temperatury był niezauważalny w skali całego pomieszczenia. Niewidoczne były również płomienie oraz ubytek masy materiału. Z biegiem czasu następuje rozrost pożaru, wytworzona ilość dymu i ciepła gwałtownie wzrasta. Po upływie czasu $t = 150$ s połowa pomieszczenia w którym zainicjowany został pożar wypełniona została przez dym. Widoczny jest już niewielki płomień i wzrost temperatury w płaszczyźnie Y przebiegającej przez źródło pożaru. Kolejny punkt pomiarowy nastąpił w momencie osiągnięcia przez pożar maksymalnej mocy ($t = 420$ s). Płomień nabrał dużych rozmiarów, a temperatura w miejscu ogniska pożaru wyniosła ok. 370°C . Analizując rozkład temperatury względem płaszczyzny Y można zaobserwować duże ilości ciepła obejmujące swym zakresem źródło ognia oraz oparcie łóżka. Nastąpił proces przekazywania ciepła przez kondukcję i częściowo przez konwekcję. W strefie podsufitowej nad miejscem pożaru, temperatura osiągnęła 170°C . Natomiast w pozostałej poziomej przestrzeni pomieszczenia wartość ta oscyluje w granicach $110\text{--}125^{\circ}\text{C}$. W drugim pomieszczeniu poziom temperatury jest znacznie niższy i z biegiem czasu wzrasta. Wynika to z ograniczeń stawianych przez ściany, gdzie droga przepływu ciepła skupia się w obrębie drzwi. Dla płaszczyzny pionowej rozkład temperatury w osi pomieszczeń przebiega w sposób regularny. Największe nagromadzenie gorących mas powietrza znajduje się w stre-

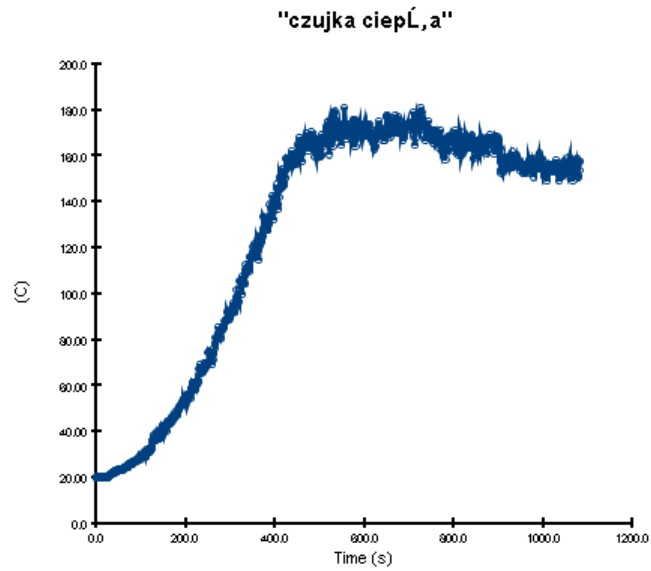
fie podsufitowej i wraz ze zmniejszeniem wysokości wartość temperaturowa maleje.

Następna próba pomiarowa miała miejsce w $\frac{3}{4}$ czasu trwania pożaru. Widoczne jest już pełne zadymienie pomieszczenia. Moc pożaru zmalała w wyniku procesu spalania tapicerki łóżka. Zauważalny jest również spadek temperatury w okolicach źródła pożaru. Względem płaszczyzny X temperatura w niższych partiach pomieszczenia osiągnęła wyższą wartość. Można dostrzec, że na wysokości dwóch metrów temperatura wynosiła ok. 110°C . Podobne zmiany możliwe są do zaobserwowania w strefie podsufitowej, gdzie również nastąpił wzrost temperatury na większym obszarze. Ostatnia próba miała miejsce na koniec badania dla czasu $t = 1080$ s. Widoczne jest dalsze utrzymywanie się dużej ilości dymu. Podobnie jak w poprzednim pomiarze można zauważyć ubytek materiału wykończeniowego łóżka i spadek mocy pożaru. Potwierdzeniem tego jest charakterystyka HRR wykreślona przez program.



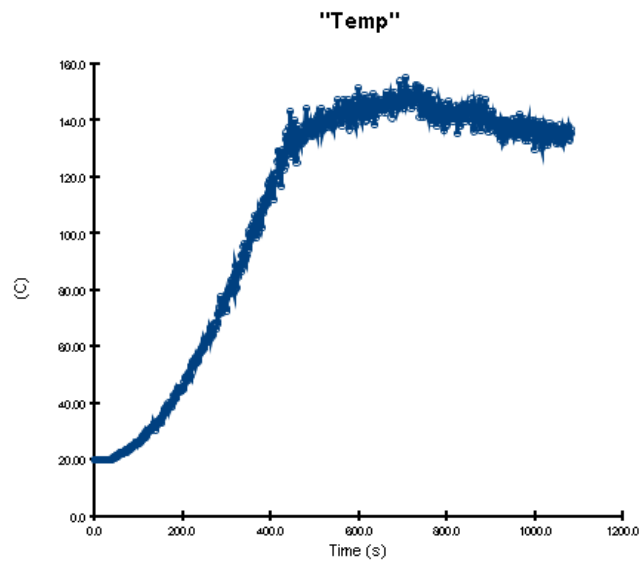
Rys. 16. Krzywa mocy pożaru w funkcji czasu

Zauważalny jest również spadek temperatury w każdej płaszczyźnie pożarowej, a w szczególności nad źródłem pożaru, gdzie umiejscowiona była czujka ciepła.



Rys. 17. Krzywa temperatury zarejestrowana przez czujkę pomiarową

Zmiany temperatury rejestrowane przez termopary pokazują, iż najwyższą temperaturę zanotowała pierwsza i druga termopara, które umiejscowione były najbliższej okna.



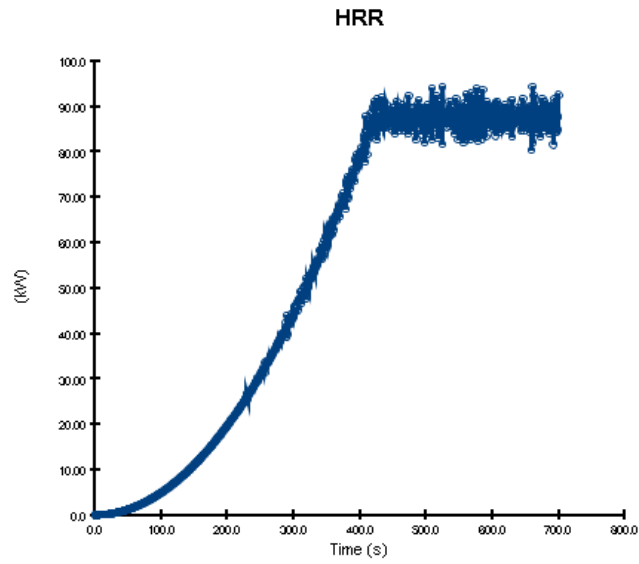
Rys. 18. Zmiany temperatury w punkcie termopary 1

Podobnie jak w przypadku graficznego obrazu przebiegu pożaru, analizując uzyskane charakterystyki można zauważyć, że pożar po ok. 800 s zaczął tracić na sile. Wnioskować można, iż mimo licznych materiałów palnych zgromadzonych w obrębie pożaru, nie nastąpiło jego dalsze przemieszczenie. Spowodowane to, być może ograniczeniami wynikającymi z samej charakterystyki programu bądź nieprawidłowo zadanymi warunkami brzegowymi. Porównując sam rozwój pożaru oraz ilość wytworzonego dymu z rzeczywistym zdarzeniem, stanowczo można stwierdzić, że wykonane symulacje odzwierciedlają faktyczny stan rzeczy. Rzucający się w oczy czarny osad na ścianach i meblach świadczyć może o występowaniu dużych ilości dymu, co w porównaniu z wynikami otrzymanymi w symulacji zdaje się potwierdzać poprawność wykonanych badań.

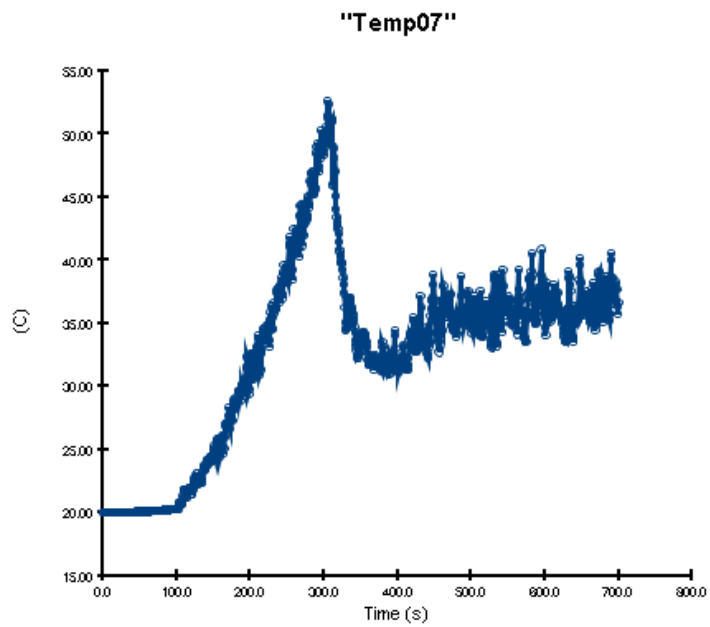
Analiza wyników symulacji scenariusza pożarowego nr 2

W oparciu o uzyskane wyniki symulacyjne wykonano jeszcze jedną serię badań. Drugi scenariusz pożarowy zakładał przeprowadzenie obliczeń komputerowych dla takich samych warunków początkowych inicjujących pożar oraz wprowadzenie do symulacji środków podwyższających bezpieczeństwo przeciwpożarowe, w postaci stałych urządzeń gaśniczych. Ten sposób badań posłużył do pełniejszego obraz wpływu czynników zewnętrznych na rozwój pożaru. Badanie rozpoczęto w momencie wystąpienia pożaru dla czasu $t = 0,0$ s. Jego przebieg wyglądał identycznie jak w scenariuszu nr 1, aż do czasu $t = 308,0$ s. Dla tego momentu symulacji temperatura znajdująca się w strefie podsufitowej w obrębie tryskacza przekroczyła wartość graniczną samej ampułki wynoszącą 74°C , doprowadzając do jej pęknięcia i wypływu wody. W początkowej fazie działania tryskacza, temperatura utrzymywała się na bardzo wysokim poziomie, dlatego niewidoczne są żadne rezultaty. W płaszczyźnie pomiarowej Y zauważalny jest duży strumień gorącego powietrza posiadający najwyższą uzyskaną temperaturę wynoszącą 170°C . Jednoznacznie można stwierdzić, iż pomimo nieosiągnięcia przez pożar swojej maksymalnej mocy, wydzielająca się temperatura wpłynęła na pełen rozwój pożaru (Rys. 19).

Po upływie czasu $t = 420$ s, widoczne są efekty oddziaływania wody na źródło pożaru. Wielkość płomieni wyraźnie zmalała w stosunku do symulacji nr 1 (Rys. 20). Dzięki zadziałaniu tryskacza w większości obszaru pomieszczenia rozkład wysokiej temperatury stanowczo się zmniejszył. Pojedyncze fragmenty widoczne są w rogu pomieszczenia, nad źródłem pożaru, jednak jej wartość jest niższa i wyniosła ok. 100°C , aniżeli dla badania nr 1. Symulacja została przerwana w 700 s, ponieważ dalsze działanie tryskacza nie powoduje całkowitego ugaszenia pożaru.



Rys. 19. Krzywa mocy pożaru w funkcji czasu



Rys. 20. Zmiany temperatury w punkcie termopary 4

Podsumowanie

Programy komputerowe znalazły zastosowanie w różnych aspektach szeroko pojętego bezpieczeństwa [1]. Od kilkunastu lat prowadzone są prace nad tym, aby możliwe było przewidzenie wystąpienia pożaru oraz jego skutków. Obecny rozwój techniki, możliwości komputerowych oraz posiadana wiedza w zakresie nauk ścisłych pozwala w pewnym zakresie na odwzorowanie rzeczywistego pożaru i jego następstw. Uzyskane wyniki symulacyjne w dużym stopniu odzwierciedlają przebieg pożaru. Należy jednak pamiętać, że tego typu programy wymagają posiadania szerokiej bazy zasobów materiałowych, ich reakcji na ogień, zmian wynikających z procesu pirolizy itp. oraz wielu zmiennych modelujących sam proces rozprzestrzeniania się ognia wpływający bezpośrednio na otrzymane wyniki. Przeprowadzone symulacje nie wykazały przemieszczania się ognia. Wnioskować można, że jest to spowodowane niewłaściwym zamodelowaniem samego źródła ciepła lub ograniczeniami, jakie posiada program. Ponadto, uzyskane temperatury i bliskie otoczenie materiałów łatwopalnych sugeruje przyspieszony proces pirolizy, a tym samym dalszy rozwój pożaru na znajdujących się w pobliżu ognia meblach i suficie. Niestety uzyskane wyniki nie dają odpowiedzi na to pytanie, niemniej jednak występowanie takich ograniczeń znacząco zawęża krąg potencjalnych odbiorców symulacji. Niezbędne staje się więc prowadzenie dalszych badań nad udoskonalaniem tego typu programów. Godny podkreślenia jest również fakt, iż pożar, jako zjawisko w żaden sposób niekontrolowane, podlega wielu bodźcom zewnętrznym, niemożliwym do przewidzenia na etapie projektowania w programie symulacyjnym. Konieczne zatem staje się interpretowanie uzyskanych wyników z pewną dozą zdrowego rozsądku.

Literatura

- [1] Bajor T., Krakowiak M., Rydz D., Narzędzia komputerowe do prognozowania zdarzeń podczas sytuacji kryzysowych, Inżynieria bezpieczeństwa a zagrożenia cywilizacyjne. Zmienność zagrożeń a innowacje w ratownictwie, (red.) Gil A., Nowacka U., Chmiel M., Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie, Częstochowa, 2014.
- [2] Bielecki P., Taktyka działań gaśniczych, Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa, 2004.
- [3] Kociołek K., Fietz-Strychalska U., Półka M., Kołdej J., Król B., Fizykochemia spalania i środki gaśnicze, Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa, 2005.

-
- [4] Kostrzewa S., Zastosowanie zaawansowanych metod inżynierskich w procesie projektowania bezpieczeństwa pożarowego obiektów na przykładzie programu PyroSim, AJD, 2015.
 - [5] Krakowiak M., Bajor T., Rydz D., Bezpieczeństwo przeciwpożarowe w budynkach wielokondygnacyjnych, Inżynieria bezpieczeństwa a zagrożenia cywilizacyjne. Zmienność zagrożeń a innowacje w ratownictwie, (red.) Gil A., Nowacka U., Chmiel M., Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie, Częstochowa, 2014.
 - [6] Krakowiak M., Warunki sprawnej i skutecznej ewakuacji, Analiza zagrożeń podstawą funkcjonowania współczesnej organizacji, (red.) Bajor T., Berski S., Monografie nr 71, Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2017.
 - [7] McGrattan K., McDermott R., Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide, NIST, USA, 2010.
 - [8] PN-EN 12845+A2:2010 Stałe urządzenia gaśnicze – Automatyczne urządzenia tryskaczowe -- Projektowanie, instalowanie i konserwacja.
 - [9] PyroSim 2011 Instrukcja obsługi, ver.2011.1, STIGO Sp. z o.o. Sp.k.



**Tomasz Prauzner, Jarosław Krzywański, Marcin Sosnowski,
Karolina Grabowska, Anna Żyłka, Anna Kułakowska**
*Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa
e-mail: t.prauzner@ajd.czyst.pl*

**NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE
SYSTEMÓW CHŁODNICZYCH, JAKO PRZYKŁAD
RACJONALIZACJI UŻYTKOWANIA ENERGII,
BEZPIECZEŃSTWA EKSPLOATACJI I OCHRONY
ŚRODOWISKA**

Streszczenie. W artykule przedstawione zostaną aktualne kierunki badań naukowych związanych z nowoczesną konstrukcją systemów chłodzenia. Głównym celem badań jest zwiększenie sprawności pracy tych urządzeń poprzez opracowanie innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych wykorzystujących ciepło odpadowe oraz energię odnawialną solarną i geotermalną.

Słowa kluczowe: chłodziarki adsorpcyjne, sorpcja, ochrona środowiska.

**MODERN DESIGN SOLUTIONS OF COOLING SYSTEMS,
AS AN EXAMPLE OF ENERGY EFFICIENCY RATIONING,
OPERATIONAL SAFETY AND ENVIRONMENTAL
PROTECTION**

Abstract. The article presents the current directions of scientific research related to the modern design of cooling systems. The main aim of the research is to increase the efficiency of these devices by developing innovative construction solutions using waste heat as well as solar and geothermal renewable energy.

Keywords: adsorption chillers, sorption, environmental protection.

Rozwój technologiczny w konstrukcji nowoczesnych systemów chłodniczych wyznacza nowe kierunki badań dotyczących poprawy efektywności pracy urządzeń. Główną grupą urządzeń chłodniczych są urządzenia, do których zaliczyć można chociażby chłodziarki sprężarkowe, termoelektryczne, absorpcyjne oraz adsorpcyjne. Innowacyjne podejście technologiczne związane jest z zastosowaniem całkowicie nowych rozwiązań konstrukcyjnych opartych na przykład na wykorzystaniu tzw. efektu magnetokalorycznego, czy chociażby tzw. rurek ciepła. Innym kierunkiem prowadzonych badań dotyczących poprawienia efektywności COP¹ są propozycje ulepszenia warunków pracy urządzenia dzięki wprowadzonym innowacjom w dotychczasowej budowie urządzenia, jak i wzajemnym łączeniu i uzupełnieniu dotychczasowych konstrukcji o elementy innych rozwiązań konstrukcyjnych. Analiza literatury oraz przegląd ofert rynku skłania do refleksji i określenia głównych kierunków badań prowadzonych zarówno w ośrodkach badawczych w kraju, jak i na świecie. Już pobieżna analiza wskazuje na niezwykle obszerną skalę i zakres prowadzonych badań naukowych w tym zakresie. W niniejszej pracy przedstawione zostaną jedynie wybrane przykłady charakterystyczne dla obecnego obszaru prowadzonych badań.

Na szeroką skalę prowadzone są badania w Narodowym Laboratorium Berkeley Lawrence'a (Lawrence Berkeley National Laboratory), związane z wykorzystaniem zjawiska magnetokalorycznego. Stosuje się w nich nowoczesne materiały, które pod wpływem zmiennego pola magnetycznego obniżają swoją temperaturę. Metoda ta posiada szereg zalet w stosunku do metod tradycyjnych. Nie wykorzystuje się tu części mechanicznych ani gazów szkodliwych dla środowiska, natomiast aparatura wykorzystująca rozmagnesowanie adiabatyczne nie zużywa się. Dużą zaletą tej metody jest również mniejsza waga urządzeń do obecnie produkowanych sprężarek. Niestety, na obecnym etapie dużym problemem jest opracowanie na szerszą skalę odpowiednich stopów metali wykazujących efekt magnetokaloryczny, które przy swojej objętości i wadze dorównałyby mocy obecnych chłodziarek powszechnie wykorzystywanych. Na obecną chwilę prowadzone są badania nad wykorzystaniem stopu niklowo-manganowo-galowego wykazującego bardzo duży efekt magnetokaloryczny. Szczegółowe informacje dotyczące technologii magnesowania i rozmagnesowania są utajnione, a pojawiające się informacje są jedynie uogólnionymi danymi. Wiadomo jednak, że domieszkowanie stopów różnymi pierwiastkami wpływa na właściwości magnetokaloryczne. Wiadomo już, że wraz z domieszkowaniem miedzi, wiązania pomiędzy niklem i galem stają się mocniejsze, zaś właściwości magnetyczne stopu zmieniają się [7].

¹COP – współczynnik (termiczny) wydajności chłodniczej systemu DEC definiowany, jako stosunek zapotrzebowania chłodniczego obiektu oraz energii cieplnej potrzebnej do regeneracji wypełnienia sorpcyjnego osuszacza.

Urządzenia klimatyzacyjne wykorzystują zarówno adsorpcję, jak i absorpcję fizyczną lub chemiczną. Proces adsorpcji polega na wiązaniu się cząsteczek, atomów lub jonów na powierzchni lub granicy faz fizycznych, co powoduje lokalne zmiany stężenia graniczących ze sobą faz. Najczęściej jedną z nich jest ciało stałe (tzw. adsorbent), na którego powierzchni lub w jego porach następuje zagęszczenie pochłanianej substancji (adsorbentu). Proces adsorpcji zachodzi w adsorberze, a więc różnego rodzaju zbiornikach (wymyennikach ciepła). To w nim znajduje się adsorbent, do którego doprowadza się w postaci ciekłej lub gazowej adsorbat. Nieco odmiennym sposobem działania urządzeń chłodniczych jest działanie oparte nie, na adsorpcji a absorpcji, która jest procesem wnikania do wnętrza fazy adsorbentu. Wspomniane zjawiska chemiczno-fizyczne często zachodzą jednocześnie, a ich dominacja określona jest poprzez odpowiedni dobór warunków i określonych faz. Aktualnie prowadzone na szeroką skalę badania naukowe związane z urządzeniami chłodniczymi skupiają się na precyzyjnym zdefiniowaniu warunków otoczenia, w jakich zachodzi zjawisko sorpcji. Analiza dostępnych w literaturze projektów wskazuje, iż trudno określić wspólne cechy, jakimi powinno charakteryzować się takie urządzenie. Wyznacznikiem ich przydatności są przede wszystkim warunki otoczenia, w jakich dane urządzenie będzie pracować. Urządzenia klimatyzacyjne pracujące w warunkach charakterystycznych dla krajów położonych w cieplej czy wręcz gorącej strefie klimatycznej są konstruowane odmiennie niż te, które pracować będą w krajach o umiarkowanym czy chłodnym klimacie. Pomimo że zasada ich działania opiera się na tym samym zjawisku adsorpcji czy desorpcji, różnić się będą wprowadzonymi odmiennymi rozwiązaniami budowy. Przykładowo, efektywność urządzeń wykorzystujących adsorpcję fizyczną zależeć będzie przede wszystkim od parametrów transportu ciepła i masy w złożu adsorbentu w postaci pary roboczej, którą wcześniej należy uzyskać z określonego źródła. Kolejnym istotnym czynnikiem będą własności termofizyczne zastosowanych substancji w procesie. Zakres przewidywanego zastosowania i konstrukcji urządzenia, będzie uzależniony od zdefiniowanej odpowiednimi parametrami pary roboczej możliwej do uzyskania w danych warunkach otoczenia. W praktyce wykorzystuje się uniwersalne adsorbenty, które od wielu lat są jedynymi na obecnym etapie rozwoju technologii ich pozyskiwania na szeroką skalę [14]. Zaliczyć można do nich takie adsorbenty wykorzystywane w adsorpcji fizycznej, jak węgle aktywne, aktywne włókna węglowe, silikażele czy zeolity. Czynnikiem chłodniczym najczęściej wykorzystywanym jest woda. Silikażel jest niczym innym jak syntetycznym silikonem, który składa się z bardzo małych ziaren uwodnionego SiO_2 . Dzięki obecności w strukturze grup hydroksylowych $-\text{OH}$, wykazuje skłonność do interakcji z innymi spolaryzowanymi tlenkami, np. wodą lub alkoholami. Obecnie mamy do dyspozycji różne typy silikażeli, a ich podstawowym (praktycznym) parametrem jest typ (wielkość) por. Najczęściej mieszczą się one w granicach od 2nm do 0,7nm.

Obecne badania naukowe skupiają się najczęściej wokół dokładnego wyznaczenia charakterystyki pracy urządzenia poprzez określenie wartości przebiegu izostery, izotermy i izobary adsorpcji.

Problem opracowania wielu rozwiązań konstrukcyjnych związany jest również z opracowaniem przeróżnych rozwiązań mechanicznych, elektrycznych oraz automatyki poprawiających przebieg tego procesu. Proces adsorpcji wykorzystywany jest nie tylko w układach chłodzących, ale również w tzw. osuszaczach adsorpcyjnych. Są to urządzenia służące eliminacji wilgotności z pomieszczeń dzięki zastosowaniu złóż sorbentu, upakowanych np. w postaci układów obrotowych, bębnow (rotorów) sorpcyjnych. Głównym elementem takiego osuszacza jest rotor wykonany na przykład z odpowiednio ukształtowanych elementów metalowych-aluminiowych, dzięki czemu uzyskuje się większą powierzchnię wymiany ciepła. Elementy aluminiowe tworzą tzw. kapilary osiowe pokryte substancją higroskopijną, na przykład silikażelem. W tym samym czasie zachodzi proces suszenia powietrza oraz regeneracji substancji pochłaniającej. W konstrukcji osuszaczy także wykorzystuje się różne konstrukcje (np. DEC², SDEC³), jednak najistotniejszym elementem takiego układu jest sam rotor, który zdecydowanie usprawnia cykl adsorpcji. Przykładem zastosowania takiego rozwiązania w konstrukcji osuszacza powietrza są urządzenia oferowane przez firmę DST Polska Sp.z o.o.

Do regeneracji złoża pochłaniającego można wykorzystać zarówno ciepło odpadowe, jak i energię promieniowania słonecznego pozyskiwaną przy pomocy instalacji słonecznych [9]. Systemy klimatyzacyjne SDEC są coraz częściej stosowane ze względu na odnawialność energii cieplnej, co wiąże się z ochroną środowiska. W zależności od przeznaczenia takiego urządzenia, mogą to być konstrukcje wykorzystujące konwersję energii promieniowania słonecznego na energię chłodniczą na drodze termicznej (kolektory słoneczne lub elektrycznej ogniwa fotowoltaiczne). Wśród nich wykorzystuje się urządzenia pracujące w układach otwartych (z płynnym oraz ze stałym sorbentem) i zamkniętych (absorpcyjne oraz adsorpcyjne) [9].

Charakterystycznymi elementami takiego rozwiązania w układzie klimatyzacyjnym są: sorpcyjny osuszacz powietrza (obrotowy), instalacja słoneczna, obrotowy wymiennik do odzysku ciepła jawnego (nawilżacze adiabaticzne powietrza procesowego oraz regeneracyjnego) oraz konwencjonalna nagrzewnica powietrza regeneracyjnego. Tak rozbudowany układ, wykorzystujący wiele ciekawych rozwiązań technologicznych spełnia obecnie podstawowe

² DEC (z ang. Desiccant and Evaporative Cooling) – system klimatyzacyjny, w którym powietrze klimatyzacyjne w wyniku procesów osuszania sorpcyjnego, chłodzenia adiabaticznego obniża swoją temperaturę.

³ SDEC (z ang. Solar Desiccant and Evaporative Cooling) – system klimatyzacyjny DEC, w którym źródło energii cieplnej do procesu regeneracji wypełnienia sorpcyjnego stanowi instalacja słoneczna.

założenia nowoczesnej instalacji klimatyzacyjnej. Uwzględnia on niskie koszty eksploatacji poprzez niskie zużycie niezbędnej energii pierwotnej (energia cieplna), spełnia normy ekologiczne dzięki zastosowaniu materiałów niewpływających negatywnie na otoczenie w układzie sorpcji opartej na: wodzie, powietrzu, silikażelu, chlorku litu. Jest to układ uniwersalny, który może być zastosowany w niemalże każdych warunkach klimatycznych. Układ może być wykorzystywać odnawialne źródła energii, odpadowej i konwencjonalnej. Ponadto, urządzenie to charakteryzuje się niskim poziomem hałasu charakterystycznym dla urządzeń adsorpcyjnych. Niestety żadne z aktualnie stosowanych rozwiązań technologicznych nie jest pozbawione wad. Tak jest również z układami adsorpcyjnymi, przykładem mogą być dość wysokie – jak na obecną chwilę – koszty inwestycyjne, niezbyt wysokie osiągnięte współczynniki efektywności COP dla układu adsorpcyjnego, wykorzystanie energii słonecznej nie zapewnia pewności w uzyskaniu wymaganych parametrów powietrza wewnętrznego. Ponadto urządzenia absorpcyjne i adsorpcyjne ze względu na skomplikowaną budowę są urządzeniami dużymi, co ogranicza ich powszechne wykorzystanie, a zastosowanie elementów obrotowych (wentylatory, pompy ciepła) zwiększa zużycie energii elektrycznej. Uzyskanie optymalnego współczynnika COP wymaga więc precyzyjnego ustawienia pracy każdego z elementów z układu, co w konsekwencji przekłada się na precyzyjność wykonania podzespołów i wykorzystaniu inteligentnego układu sterującego (nadzorującego pracę). Najistotniejszym elementem zwiększającym efektywność urządzenia jest zwiększenie sprawności pracy obrotowego osuszacza wynikającej chociażby z faktu zwiększenia oporów przepływu powietrza przez rotor poprzez zwiększenie grubości wypełnienia adsorbentu czy też zmianę strumienia przepływu adsorbentu [9]. Wykorzystanie układów mechanicznych, takich jak obrotowe wymienniki ciepła z jednej strony prowadzi do zwiększenia efektywności układu sorpcyjnego, z drugiej strony automatycznie wprowadza bardziej skomplikowaną budowę chłodziarki, głośniejszą pracę poprzez pojawiającą się wibrację elementów obrotowych oraz zwiększoną energochłonność zasilania urządzenia. Być może, dlatego też w literaturze nie odnajdziemy propozycji wykorzystania urządzeń wibracyjnych układu adsorpcyjnego, a obecne badania skupiają się przede wszystkim wokół poprawy parametrów materiałów w układzie adsorbent-adsorbent oraz poszukiwaniu bardziej efektywnych rozwiązań konstrukcyjnych i warunków pracy układu, w którym zachodzi zjawisko sorpcji.

Natomiast nieliczne badania dotyczące wpływu wykorzystania mechanizmu wibracyjnego w układzie chłodziarki absorpcyjnej na współczynnik COP wskazują, iż mechanizm ten poprawia procesy przenoszenia ciepła i masy w złożu [Shen, 2016]. Zdaniem autora, może być stosowany przez producentów komercyjnych jako technologia poprawiająca działanie chillerów absorpcyjnych. Jak podano w badaniach, istnieje optymalna dla określonego agregatu i jego konfiguracji kombinacja częstotliwości drgań i amplitudy, która może polepszyć

przenoszenie ciepła i masy w obrębie złożeń. Jest to więc zagadnienie, które wymaga innowacyjnego podejścia i może stanowić nowy obszar badawczy.

Wykorzystaniu adsorpcji fizycznej w rozwiązaniach klimatyzacyjnych poświęca się najwięcej uwagi. Przykładem mogą być prowadzone na szeroką skalę badania z wykorzystaniem silikażelu jako sorbentu dla wody. Ma on zdolność do adsorpcji dużych ilości wody w niskich temperaturach i do regeneracji w temperaturze poniżej 90°C, a ponadto jest trwały, nietoksyczny i niekorozyjny. Maksymalna wartość COP chłodziarki adsorpcyjnej jest określona przez stosunek ciepła parowania adsorbentu do izosterycznego ciepła adsorpcji dla danego układu [4]. Poprawa współczynnika COP wynika nie tylko z samych parametrów charakteryzujących silikażel, ale również z zastosowanego spoiwa ziarnistego silikażelu naniesionego na płaską powierzchnię.

Podstawowym parametrem, który ma wpływ na efektywność pracy układu sorpcyjnego jest intensyfikacja transportu ciepła (wymiany) na granicy złożeń faz układu sorpcyjnego. Ta intensyfikacja określona jest z kolei m.in. poprzez granulację ziaren silikażelu, grubość jego warstwy w wymienniku ciepła oraz oporu cieplnego wynikającego z geometrycznego rozmieszczenia elementów układu [4]. Powszechnie stosowanym, a jednocześnie podstawowym rozwiązaniem chłodziarki adsorpcyjnej jest układ dwóch jednostek chłodzących pracujących na przemienne, a działających na tej samej zasadzie [3]. W układzie adsorpcyjnym w odróżnieniu od układu absorpcyjnego, adsorbent jest elementem stacjonarnym, co wyznacza i narzuca odpowiednie założenia układu budowy takiego urządzenia. Urządzenie adsorpcyjne działa na zasadzie powtarzających się czterech etapów (ogrzewanie złoża, desorpcja (regeneracja), chłodzenie i adsorpcja) zachodzących przemienne w każdej z jednostek chłodniczych⁴. Kolejnym ciekawym rozwiązaniem chłodziarki adsorpcyjnej jest układ bardziej rozbudowany, z czterema jednostkami chłodniczymi w którym do zasilania urządzenia wykorzystywana jest energia słoneczna [6]. Projekt powstał z myślą o wykorzystaniu urządzenia pod kątem klimatu malezyjskiego. Czynnikiem chłodniczymi są tu, podobnie jak uprzednio, żel krzemionkowy oraz woda. Wydajność układu określona została dzięki symulacji komputerowej uwzględniającej dane meteorologiczne z Kuala Lumpur. Według uzyskanych wyników, agregat może osiągnąć moc 14 kW. Współczynnik COP można zamodelować w programie TRNSYS w odniesieniu do czasu cykli adsorpcji i desorpcji oraz temperatury.

W tym miejscu warto wspomnieć również o prowadzonych na szeroką skalę badaniach naukowych w Instytucie Techniki i Systemów Bezpieczeństwa Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Instytut ten, pomimo iż w powyższym obszarze dociekań naukowych działa od niedawna, wniósł istotny

⁴ Dokładny opis działania urządzenia jest powszechnie opisywany w przytoczonej bibliografii, dlatego też zostanie on pominięty w niniejszej pracy.

wkład w rozwój nowoczesnych urządzeń chłodniczych opartych na zjawisku adsorpcji. Co więcej, efekty nowatorskich rozwiązań technologicznych uzyskały znaczące wyróżnienia w zakresie innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych. Głównym zadaniem zespołu badaczy jest minimalizacja rozmiarów chłodziarek adsorpcyjnych wykorzystywanych do produkcji wody lodowej. Podobnie jak w poprzednich projektach, główną myślą badaczy było uzyskanie jak najwyższego współczynnika COP przy użyciu metody polegającej na zastosowaniu wypełnienia złoża adsorbentu warstwą pasty lub materiału wiążącego (kleju) w przestrzeni złoża przylegającej do powierzchni wymiennika ciepła [10]. Uwzględniając konstrukcję chłodziarek adsorpcyjnych, zbudowanych ze stałych złóż adsorbentu, wymianę ciepła pogarsza cechująca takie warstwy porowatość, szczególnie w strefie przyściennej wymiennika. Prowadzone prace badawcze ukierunkowane są, więc w stronę poprawy procesów wymiany ciepła w obrębie złóż. Modyfikacji podlegają, więc wszelkie czynniki mające wpływ na poprawę pracy urządzenia. Są nimi koncepcje modyfikacji konstrukcji złóż adsorbentu poprzez poszukiwanie najodpowiedniejszych miejsc styku adsorbentu z powierzchnią wymiennika ciepła, wykorzystaniu złóż polidispersyjnych i zastosowanie fluidyzacji złóż adsorbentu itp. [11].

Podsumowanie

Problem uzyskania wysokiego współczynnika skuteczności chłodzenia w urządzeniach klimatycznych jest głównym celem licznych badań naukowych, prezentowanych zarówno w polskiej, jak i zagranicznej literaturze. Aktualne badania ukierunkowane są na wykorzystanie zjawiska sorpcji (adsorpcji i absorpcji), z uwzględnieniem różnych rozwiązań konstrukcyjnych urządzenia. Powszechnie stosowane są typowe i dobrze poznane materiały sorpcyjne, jednak ich przydatność w układach klimatyzacyjnych znajduje zastosowanie i popularność w innowacyjnych rozwiązaniach konstrukcyjnych urządzeń. Głównym kierunkiem modyfikacji technologicznej jest wykorzystanie urządzeń wspomagających wiązanie adsorbentu (rotory, układy wibracyjne) oraz modyfikacja rozwiązań wymienników ciepła poprzez zmianę wymiarów geometrycznych i modyfikację konstrukcji w celu optymalizacji. Ze względu na zmniejszenie kosztów związanych z zasilaniem układów klimatycznych, wykorzystuje się tzw. ciepło odpadowe lub energię odnawialną solarną, geotermalną itp. W aplikacjach przemysłowych, w agregatach absorpcyjnych wykorzystuje się najczęściej absorpcje bromolitowe LiBr/H₂O, w agregatach adsorpcyjnych – żel krzemionkowy, zeolity i węgiel aktywny. Podkreśla się opinię, iż wadą chłodziarek adsorpcyjnych jest ich niska sprawność, która powoduje, że mają one dużą masę i rozmiary, co ogranicza ich powszechne zastosowanie. Zaletą jest

niski koszt pozyskiwanego i wykorzystywanego ciepła odpadowego oraz ciche (niewibracyjne) działanie urządzenia.

Na obecnym etapie rozwoju technologii, głównym kierunkiem badań są działania ukierunkowane na zwiększenie zdolności adsorpcyjnych stosowanych układów adsorbent-adsorbat (np. poprzez dobór rozmiaru ziaren adsorbentu), lepsze zarządzanie wymianą ciepła podczas cyklu adsorpcyjno-desorpcyjnego oraz poprawa intensywności transportu masy i ciepła [5]. Stwierdzono, że im mniejszy jest rozmiar ziaren adsorbentu, tym większa jest szybkość procesu adsorpcji. Ponadto, zwiększenie natężenia przepływu gazu skraca czas potrzebny do przebiccia złoża adsorbentu [5].

Stosowane rozwiązania konstrukcyjne chłodziarek uzależnione są od wielu czynników, zarówno naturalnych (warunki klimatyczne), jak i ekonomicznych. Przykładem chłodziarek, które łączą w sobie trzy różne technologie – adsorpcję, absorpcję oraz standardowe chłodzenie elektryczne jest nowatorskie rozwiązanie instalacji wykorzystywanej przez powszechnie znany na świecie koncern Fortum we Wrocławiu, który zajmuje się między innymi produkcją energii cieplnej i elektrycznej [2]. Nowatorska instalacja (w fazie ustawicznych badań) funkcjonuje pod nazwą Laboratorium Ciepła i Chłodu. Instalacja pozwala ogrzewać pomieszczenia w zimie z węzła cieplnego, z kolei w ciepłych miesiącach je chłodzić. Układy nadzorujące pracę urządzeń, również adekwatnie do bieżących potrzeb, dokonują korekcyj pracy urządzenia ze względu na przesunięcie szczytu zapotrzebowania na energię elektryczną z zimy na lato. Układy sorpcyjne wykorzystują ciepło sieciowe oraz pochodzące z kolektorów słonecznych. Z perspektywy miejskich przedsiębiorstw energetyki cieplnej lepszym rozwiązaniem jest instalowanie chłodziarek adsorpcyjnych, albowiem do zasilania agregatów wykorzystuje się wodę grzewczą o temperaturze niższej, czyli 60–75°C. Jest to parametr zbliżony do wody zasilającej systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej poza sezonem grzewczym, co stanowi ułatwienie w dostarczaniu ciepła do odbiorcy [8].

Literatura

- [1] Adsorpcyjne osuszacze powietrza, <http://www.dst-polska.com.pl>, (data dostępu 2017).
- [2] Fortum chce we Wrocławiu pozyskiwać chłód z ciepła, Polska Agencja Prasowa (PAP), 2017.
- [3] Gwadera M., Kupiec K., Adsorpcyjne układy chłodnicze, *Inż. Ap. Chem.* 2011, 50, 5.
- [4] Gwadera M., Adsorpcja wody na silikażelu w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych, *Inż. Ap. Chem.* 2013, 52, 4, s. 317–318.

-
- [5] Gwadera M., Wpływ parametrów procesowych na wymianę masy i ciepła podczas adsorpcji wody na silikażelu, *Technical Issues* 3/2015, s. 25–32.
 - [6] Habib K., et al, Study of solar driven silica gel-water based adsorption chiller, 2015 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 88 012068.
 - [7] Jurgawka A., Jak chłodzić polem magnetycznym?, <http://kopalniawiedzy.pl>, (data dostępu 2018).
 - [8] Kalawa W., Rompska N., Wolny M., Analiza techniczno-ekonomiczna produkcji chłodu z wykorzystaniem miejskiej sieci ciepłowniczej, Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska, <http://kne.itc.pw.edu.pl>, (data dostępu 2018).
 - [9] Kowalski P., Wymiana ciepła i masy w obrotowym osuszaczu solarnego systemu klimatyzacyjnego. Rozprawa doktorska. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2013, s. 10-13, 17, 27–28.
 - [10] Krzywański J., Grabowska K., Wesołowska M., Nowak W., Widuch A., Minimalizacja rozmiarów chłodziarek adsorpcyjnych wykorzystywanych do produkcji wody lodowej, Cz.2, *Energetyka Ciepła i Zawodowa*, 2017a.
 - [11] Krzywański J., Nowak W., Grabowska K., Widuch A., Wesołowska M., Chłodniej: minimalizacja rozmiarów chłodziarek adsorpcyjnych wykorzystywanych do produkcji wody lodowej, Cz.1, *Energetyka Ciepła i Zawodowa*. 2017b, nr 3, 61, s. 6.
 - [12] Pabiś A., Koszut A., Rurki ciepła - zasada działania, budowa, zastosowania, *Czasopismo Techniczne. Chemia*. Nr12/2012.
 - [13] Shen Z., The experiment and analysis of active mechanisms for enhancing heat and mass transfer in sorption fluids, *Architectural Engineering - Dissertations and Student Research*, 42, 2016.
 - [14] Zajączkowski B., Sorpcyjne Systemy Energetyczne. Procesy adsorpcji i desorpcji w systemach chłodniczych. Politechnika Wrocławska, http://fluid.itcmp.pwr.wroc.pl/~zajaczkowski/files/ESN1024W/SSE_1_2016.pdf, (data dostępu 2018).



Tomasz Prauzner¹, Kinga Olszewska²

¹ *Instytut Techniki i Systemów Bezpieczeństwa
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa
e-mail: t.prauzner@ajd.czyst.pl*

² *Wydział Zarządzania
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa*

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE OCENY RYZYKA ZAWODOWEGO ZA POMOCĄ PROGRAMU STER

Streszczenie. W artykule przedstawiony został przykład wykorzystania technologii informacyjnej i programu STER do oceny ryzyka zawodowego wybranego stanowiska pracy. Uzyskane wyniki porównano z innymi metodami oceny ryzyka zawodowego. Na podstawie analizy porównawczej wykazano zasadność wykorzystania oprogramowania komputerowego w praktyce, wskazano jego wady i zalety.

Słowa kluczowe: STER, program komputerowy, ocena ryzyka zawodowego.

COMPUTER ASSISTANCE OF EMPLOYMENT RISK ASSESSMENT WITH THE STER PROGRAM

Abstract. The article presents an example of using information technology and the STER program to assess the occupational risk of a selected job. The obtained results were compared with other methods of occupational risk assessment. On the basis of a comparative analysis, usefulness of computer software were proved in practice, its advantages and disadvantages were pointed out, too.

Keywords: STER, computer program, risk assessment.

Wstęp

Analiza ryzyka stanowi bardzo użyteczne narzędzie pozwalające na identyfikację różnych rodzajów ryzyka. Ułatwia także dobranie odpowiednich środków służących do zarządzania ryzykiem i rozwiązywania problemów z nim związanych. Informacje uzyskane w wyniku przeprowadzenia analizy ryzyka mają szereg zastosowań dla osoby decyzyjnej. Wśród korzyści wynikających z analizy ryzyka można wymienić między innymi [2]:

- pomoc przy ustalaniu dopuszczalnego poziomu ryzyka,
- pomoc przy wyborze odpowiednich środków ochrony,
- pomoc w wyborze środków pozwalających na całkowite uniknięcie ryzyka,
- ciągłą identyfikację potencjalnych oraz istniejących zagrożeń oraz możliwych uszkodzeń,
- ilościowy opis ryzyka,
- pomoc przy identyfikacji słabych punktów w systemie zapobiegania ryzyku,
- pomoc przy identyfikacji istotnych czynników wpływających na poziom ryzyka,
- pomoc przy ustalaniu odpowiednich działań profilaktycznych,
- wyznaczenie priorytetów w kwestii zwiększania bezpieczeństwa,
- umożliwienie zapobiegania występującemu ryzyku.

Analiza ryzyka obejmuje swoim zasięgiem szeroki zakres działalności wykonywanych w zakładzie pracy. Z tego względu wymaga ona podejścia multidyscyplinarnego, które pozwoli na jak najdokładniejszą ocenę ryzyka. Często specjaliści w przebiegu analizy ryzyka odwołują się do takich dziedzin, jak: nauki fizyczne, społeczne, chemiczne, medyczne, biologiczne, inżynieria chemiczna, elektryczna, mechaniczna itp. Analiza ryzyka stanowi element zarządzania ryzykiem i jego oceny. Składa się na nią:

- określenie zakresu ryzyka,
- sposób identyfikacji zagrożeń,
- proces oszacowania ryzyka.

Funkcjonowanie całego systemu zarządzania BHP w jednostkach gospodarczych zależy od sposobu podejścia do oceny ryzyka i rzetelnego przeprowadzania związanych z nią czynności. Ważne jest, by ocena ryzyka zawodowego była przeprowadzana systematycznie oraz traktowana jako stała część pracy zakładu, jeden z jego procesów ciągłych, a nie coś, co zdarza się, gdy dojdzie do wypadku.

Można, zatem wyróżnić najważniejsze cele procesu przeprowadzania oceny ryzyka zawodowego. Należą do nich [6]:

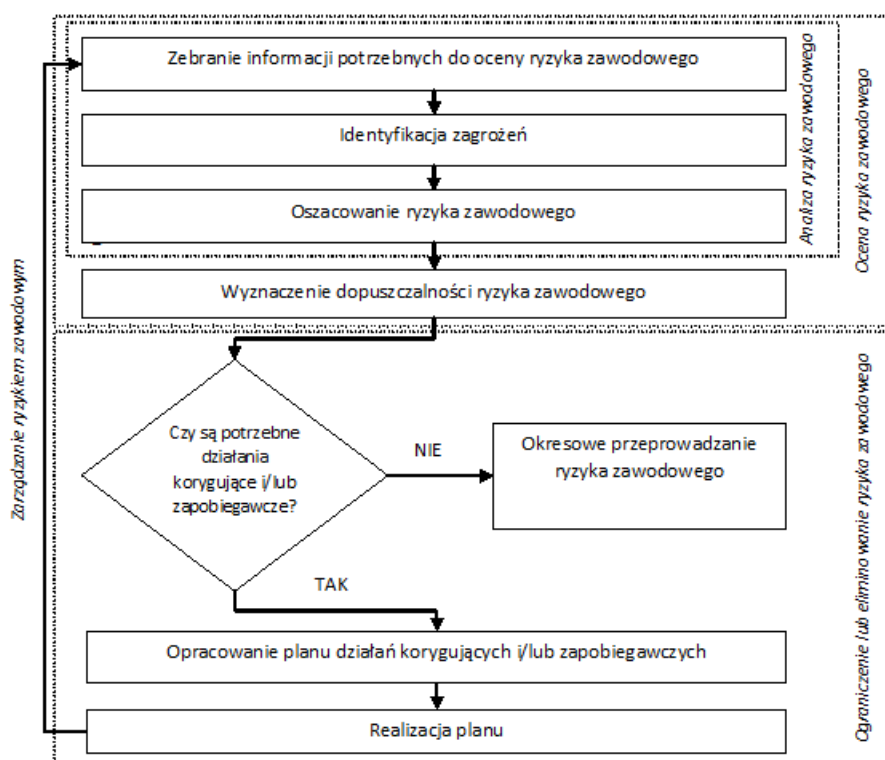
- weryfikacja aktualności zagrożeń występujących na stanowisku pracy i ustalenie poziomu ryzyka zawodowego z nimi związanego,

- informacja dla pracowników, instytucji i organów kontroli, że w zakładzie przeprowadzona została analiza zagrożeń i na jej podstawie dobrano środki ochronne,
- umożliwienie właściwego doboru wyposażenia stanowisk pracy, materiałów na nich używanych oraz sposobu organizacji pracy,
- umożliwienie wyodrębnienia działań mających na celu eliminację lub ograniczenie występującego ryzyka zawodowego,
- stała poprawa warunków pracy i zwiększanie bezpieczeństwa i higieny pracy.

Osiągnięcie powyższych celów pozwala na skuteczne planowanie i wdrażanie działań korygujących oraz zapobiegawczych na stanowiskach pracy, co w efekcie doprowadzi do zmniejszenia ryzyka zawodowego.

Proces oceny ryzyka zawodowego

Proces badania ryzyka zawodowego składa się z kilku elementów. Należą do nich zbieranie informacji, identyfikacja zagrożeń oraz szacowanie ryzyka. Przebieg procesu oceny ryzyka zawodowego został przedstawiony na Rysunku 1.



Rys. 1. Przebieg oceny ryzyka zawodowego

Źródło: Kowalczyk, 2010, s. 12.

Pierwszym etapem procesu oceny ryzyka zawodowego jest zbieranie informacji. Część z nich pozyskiwana jest od pracownika w postaci szkoleń z zakresu BHP, aktualnych badań lekarskich oraz dokumentów poświadczających dodatkowe uprawnienia. Ocena ryzyka zawodowego wymaga także informacji z zakresu [1]:

- charakterystyki stanowiska pracy – obejmujących miejsce i sposób wykonywania pracy przez pracownika, zakres jego zadań,
- wyposażenia stanowiska – obejmujących wykorzystywane na stanowisku urządzenia i maszyny, narzędzia oraz środki ochronne,
- chorób zawodowych i wypadków – obejmujących częstotliwość ich występowania oraz zakres szkód przez nie spowodowanych,
- uciążliwości procesu pracy – obejmujących warunki i pozycje w jakich pracuje pracownik,
- osób pracujących na danym stanowisku – dotyczących pracujących młodocianych, kobiet w ciąży, osób niepełnosprawnych oraz podwykonawców.

Informacje niezbędne do przeprowadzenia oceny mogą pochodzić z różnych źródeł. Należą do nich między innymi:

- wyniki pomiarów czynników szkodliwych na badanym stanowisku pracy,
- instrukcje bezpiecznej obsługi narzędzi, maszyn, urządzeń itp. występujących na stanowisku,
- dokumentacja dotycząca wypadków,
- dokumentacja dotycząca chorób zawodowych,
- karty charakterystyk substancji chemicznych,
- dokumentacja techniczno-ruchowa maszyn oraz urządzeń,
- usytuowanie stanowiska pracy,
- przepisy prawne,
- normy techniczne,
- obserwacja stanowiska pracy,
- rozmowy z pracownikami.

Drugim etapem oceny ryzyka zawodowego jest identyfikacja zagrożeń. Jest to bardzo ważny element, który umożliwia prawidłowe rozpoznanie czynników zagrażających życiu i zdrowiu pracownika. Wymaga on dokładnego poznania stanowiska pracy i czynności przy nim wykonywanych. Na tej podstawie można ustalić, na jakie ewentualne zagrożenia może być narażony pracownik [4]. Zagrożenia te mogą dotyczyć na przykład poparzenia, upadku z wysokości, przecięcia, pochwycenia lub uderzenia przez ruchome części maszyny, czy porażenia prądem elektrycznym. Zagrożenia i stopień ich wpływu na pracownika będą różniły się w zależności od stanowiska. Wynikiem prawidłowo przeprowadzonej identyfikacji zagrożeń powinna być pełna lista zagrożeń występujących na badanym stanowisku pracy. Dodatkowo, ważne jest w jakim stopniu dane zagrożenie wpływa na poziom ryzyka. Kolejnym etapem oceny ryzyka zawodowego jest

oszacowanie ryzyka. Polega ono między innymi na pomiarze czynników szkodliwych występujących na stanowisku pracy [6]. Ostatnim etapem analizy ryzyka jest określenie dopuszczalności ryzyka zawodowego. Zawsze powinno występować założenie pełnej ochrony pracownika, a więc sposób zabezpieczenia go przed występującymi zagrożeniami musi być skuteczny, pewny i nie budzić wątpliwości. Stopień zagrożenia różnymi czynnikami określa się na podstawie wyników dokonanych pomiarów. Ryzyko uznaje się za dopuszczalne, jeżeli najwyższe dopuszczalne stężenie lub natężenie badanego czynnika nie przekraczają dopuszczalnych wartości dla niego ustalonych. Istnieje wiele różnych metod szacowania ryzyka zawodowego. Obejmują one różne parametry i są bardziej lub mniej rozbudowane. Wśród metod oceny ryzyka zawodowego można wymienić między innymi metodę pięciu kroków, matrycę ryzyka, metodę PHA oraz metodę RiskScore. Możliwe jest także dokonanie oceny ryzyka przy wykorzystaniu programu komputerowego [5]. Jednym z oprogramowań, które to umożliwiają jest program STER udostępniany przez Centralny Instytut Ochrony Pracy [9].

Wykorzystanie programu STER do oceny ryzyka zawodowego

Program STER został stworzony przez Centralny Instytut Ochrony Pracy w 1997 roku. Wspomaga on wykonywanie działań z zakresu BHP. W związku z tym jest on skierowany głównie do pracowników służb BHP oraz pracodawców. Program STER posiada kilka modułów, które opierają się na wspólnej bazie danych. Pozwala on na dokonywanie wielu działań z zakresu i prewencji wypadkowej [7]. Działania te obejmują między innymi:

- ocenę ryzyka zawodowego,
 - ewidencję wypadków przy pracy,
 - opracowywanie wyników pomiarów czynników uciążliwych oraz szkodliwych,
 - określenie zakresu świadczeń przysługujących pracownikom związanych z BHP,
 - dobór środków ochrony indywidualnej.
- Pełna wersja programu STER zawiera osiem modułów. Należą do nich [3]:
- moduł BHP – umożliwiający prowadzenie ewidencji danych pracowników,
 - moduł Ryzyko – pozwalający na identyfikację zagrożeń oraz chorób zawodowych, dokumentowanie czynników niebezpiecznych i uciążliwych oraz przeprowadzanie oceny ryzyka zawodowego,
 - moduł Dobór – pozwalający na dobieranie odpowiednich środków ochrony indywidualnej,
 - moduł Wypadki – wspomaga rejestrację wypadków przy pracy i ich dokumentowanie,

- moduł Administracja – element łączący pozostałe moduły i umożliwiający wprowadzanie danych administracyjnych. Pozwala on na stworzenie struktury przedsiębiorstwa i wprowadzenie do niej pracowników.
- moduł Asystent – moduł działający w tle, którego zadaniem jest przypominanie użytkownikom o terminie wykonania określonego działania z zakresu BHP,
- moduł Obieg – wspomagający zarządzanie obiegiem dokumentów wygenerowanych w pozostałych modułach,
- moduł Synchronizacja – umożliwiający synchronizację różnych kopii bazy danych na różnych komputerach.

Praktyczne zastosowanie programu STER na przykładzie wybranego zawodu

Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku pracy w programie STER rozpoczyna się od dodania stanowiska. Na potrzeby niniejszej pracy do oceny ryzyka zawodowego wybrano stanowisko spawacza. Kolejnym etapem jest dodanie czynników szkodliwych i uciążliwych występujących na badanym stanowisku pracy. To zadanie wykonuje się w module Ryzyko. Międzynarodowa Karta Charakterystyki Zagrożeń Zawodowych, opracowana przez Centralny Instytut Ochrony Pracy wskazuje na zagrożenia mogące występować na stanowisku spawacza. Na podstawie powyższych zagrożeń uwzględniono wybrane czynniki występujące na stanowisku spawacza, a są nimi: hałas, powierzchnie gorące lub zimne, żrące substancje, kadm, mangan, obciążenia psychiczne i statystyczne, ograniczone przestrzenie, natężenie oświetlenia, promieniowanie podczerwone, śliskie i nierówne powierzchnie, wysiłek fizyczny, zagrożenie wybuchem i pożarem. Następnym krokiem jest dokonanie pomiarów zidentyfikowanych czynników występujących na wybranym stanowisku pracy. Pomiar przykładowego czynnika został przedstawiony na Rysunku 2.

Po dokonaniu wszystkich pomiarów program dokonuje ogólnej oceny ryzyka na wybranym stanowisku. W przypadku przykładowego stanowiska spawacza poziom ryzyka oceniony został jako średni. Program STER umożliwia dobór środków ochrony indywidualnej i uzupełnienie kartoteki pracownika o dodatkowe szkolenia, co wpływa na poziom ryzyka zawodowego. Doboru dokonuje się w module BHP. Kartoteka dla wybranego stanowiska została przedstawiona na Rysunku 3.

Sesja pomiarowa - 3 / Stanowisko - Spawacz

Czynniki na stanowisku: Inne: np. powierzchnie gorące lub zimne, złącze substancji...
 Kadm i jego związki nieorganiczne (w przeliczeniu na Mangan i jego związki nieorganiczne - w przeliczeniu na...
 Pełna nazwa czynnika: Kadm i jego związki nieorganiczne (w przeliczeniu na...
 Mierzony w bieżącej sesji

Kadm i jego związki nieorganiczne (w przeliczeniu na... Czynnik Chemiczny - Łączne Narażenie

Dane ogólne

Data pomiaru: 2018-05-03
 Pomiar wykonał:
 Kod uprawnień:
 Nazwa laboratorium:
 Czas ekspozycji [min]: 480
 Źródło czynnika:
 Miejsce pomiaru:
 Pracownik: Makota Krystian
 Opis czynności:
 Aparatura:

Środki ochrony... Metody pomiaru... Wypadki i choroby zaw. Dodatkowe Info

Środki ochrony indywidualnej:
 Środki ochrony zbiorowej:
 Metody zmniejszania ryzyka:
 dane ogólne
 dane pomiar.
 Kopiuj Wstaw

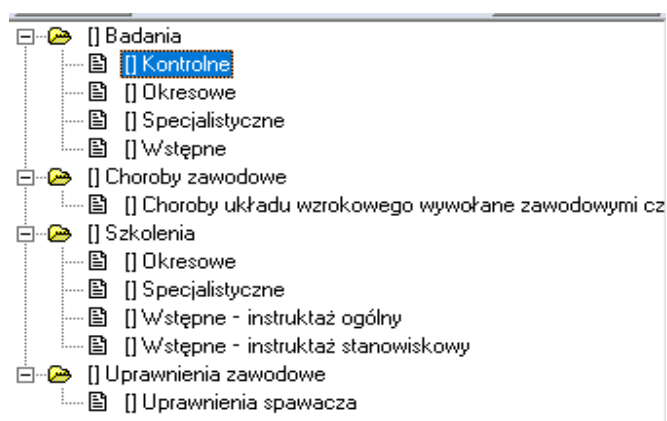
Dane Pomiarowe Wydruk Karty Pełny Wydruk Karty Skrócony

Ocena ryzyka: Mężczyźni: 1 Kobiety: 0 Kobiety w ciąży: 0 Młodociani: 0 Ocena łączna: Ocena końcowa: Termin następnego badania: 2019-05-03
 Duże Średnie Małe
 Duże Średnie Małe
 Duże Średnie Małe
 Duże Średnie Małe
 Duże Średnie Małe
 Duże Średnie Małe
 własny termin

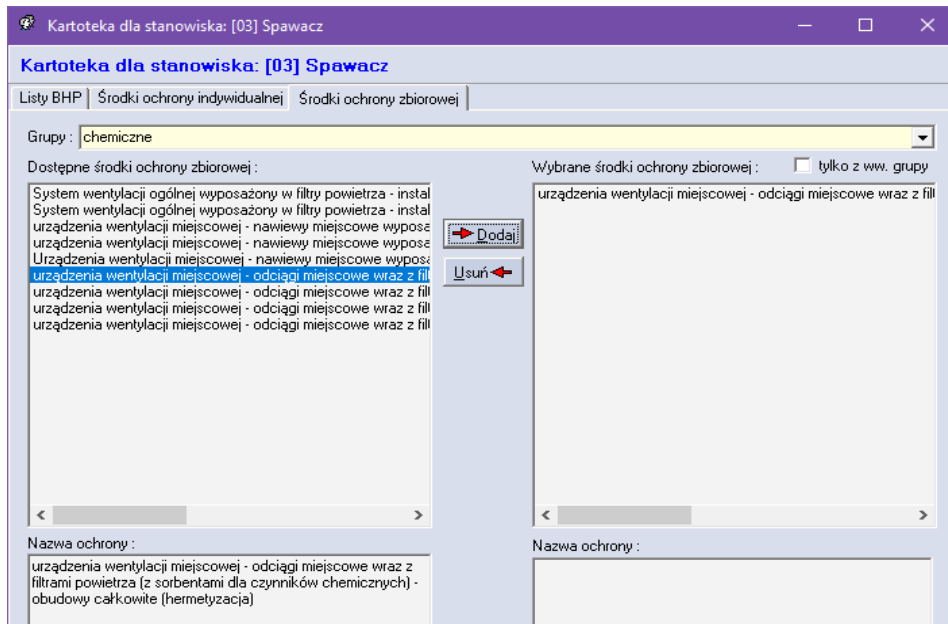
Ok Anuluj

Wprowadzone wartości pomiaru			
Grupa cz.	Fizyczne	Chemiczne	Chemiczne
Nazwa cz.	Inne: np. pov	Kadm i jego z	Mangan i
Nazwa par	a) Wskaźnik	Wskaźniki na	Wskaźnik
Miejsce pom.			
Metoda pom.			
Czas eksp.	480	480	480
Wynik pom.	a) 0b) Znikon	a) 0.01	a) -
NDS/NDN	-	a) 0.01	a) 0.3
Krotn.	-	a) 1	a) -
Źródło cz.			
Ochr. zb.			
Ochr. ind.			
Kto wykonał			
Data pom.			
Stw. chor. i			
Ocena ryzyk.		Średnie	

Rys. 2. Pomiar czynnika szkodliwego, Źródło: opracowanie własne w programie STER

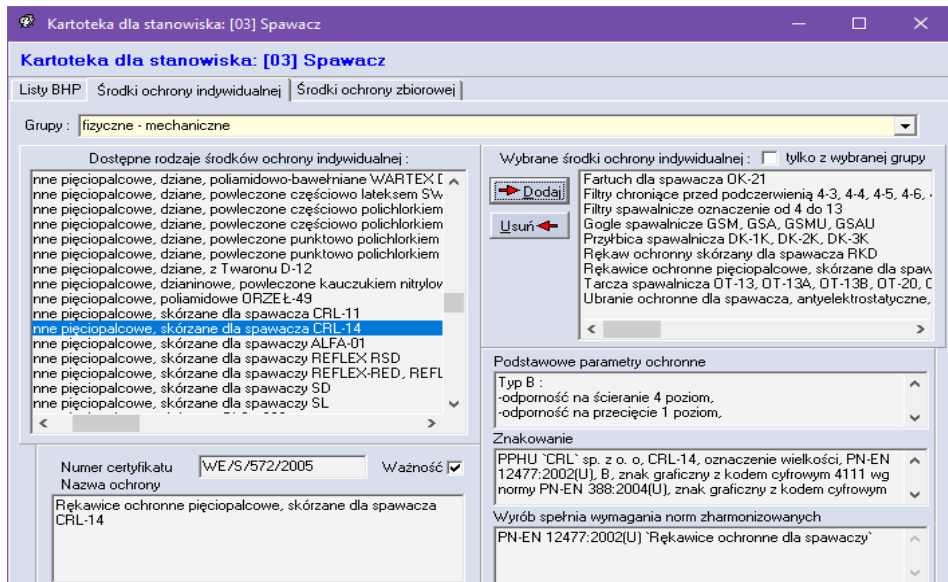
Rys. 3. Kartoteka dla stanowiska spawacza
 Źródło: opracowanie własne w programie STER.

Kolejnym etapem jest dobranie środków ochrony zbiorowej. Przedstawione zostały one na Rysunku 4.



Rys. 4. Środki ochrony zbiorowej na stanowisku spawacza
 Źródło: opracowanie własne w programie STER.

Ostatnim etapem jest dobór środków ochrony indywidualnej. Został on przedstawiony na Rysunku 5.



Rys. 5. Dobór środków ochrony indywidualnej na stanowisku spawacza
 Źródło: opracowanie własne w programie STER.

Dodanie odpowiednich środków ochrony powoduje automatyczne zmniejszenie poziomu ryzyka na badanym stanowisku.

Analiza porównawcza funkcjonalności programu STER i pozostałych metod oceny ryzyka

Ocena ryzyka zawodowego może być wykonywana przy użyciu wielu różnych metod. W zależności od charakteru stanowiska pracy można dobrać mniej lub bardziej złożone metody oceny. W przypadku większości opisanych w niniejszej pracy metod do szacowania ryzyka stosuje się wariancje kilku zmiennych. Zmienne te dotyczą prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia, ekspozycji na zagrożenie, następstw zdarzenia oraz stopnia szkód. Na podstawie wytycznych przewidzianych dla danej metody osoba przeprowadzająca ocenę ryzyka zawodowego dokonuje wyboru odpowiednich wartości zmiennych i na tej podstawie szacuje ryzyko. Wszelkie pomiary dokonywane są niejako poza właściwą oceną ryzyka. Są niezbędne do jej przeprowadzenia, metody te nie uwzględniają samego procesu, korzystają jedynie z uzyskanych wyników. Także proces doboru środków ochrony zbiorowej oraz indywidualnej jest uwzględniany w ocenie ryzyka, wykorzystywane są tylko ostateczne efekty. Sprawia to, że wykorzystanie tych metod wymaga krótszego czasu, jednakże nie obejmują one kompleksowo wszystkich obszarów, których dotyczy ocena ryzyka zawodowego, a jedynie korzystają z gotowych wyników. Program STER oferuje możliwość przeprowadzania oceny ryzyka zawodowego dla wprowadzonych do bazy danych stanowisk. Dokonanie oceny ryzyka jest niemożliwe bez określenia wielu czynników. Obejmują one między innymi płeć i status pracownika (np. pracownik młodociany albo kobieta w ciąży), zajmowane stanowisko, czynniki szkodliwe i uciążliwe występujące na danym stanowisku, pomiary zidentyfikowanych czynników oraz czas ekspozycji. Ponadto, jeśli takie dane zostały wprowadzone, ocena ryzyka obejmuje też wykorzystywane środki ochrony zbiorowej oraz indywidualnej. Ze względu na konieczność wprowadzenia wielu danych, np. pomiarów wszystkich czynników występujących na stanowisku pracy, ocena ryzyka zawodowego przy użyciu programu STER jest czasochłonna. Pozwala to jednak na kompleksowe opracowanie oceny ryzyka dla wybranego stanowiska, co wpływa na jakość bezpieczeństwa. Porównanie wybranych aspektów dotyczących oceny ryzyka przy użyciu metody pięciu kroków, PHA, RiskScore, matrycy ryzyka oraz program STER zostało zaprezentowane w Tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie wybranych metody oceny ryzyka zawodowego

	Metoda pięciu kroków, PHA, RiskScore, matryca ryzyka	Program STER
Przechowywanie danych dot. pracowników (teczki pracownicze, szkolenia, oceny ryzyka, badania lekarskie)	Osobno w wersji papierowej	Zintegrowana baza danych
Wykonywanie pomiarów NDS i NDN	Przeprowadzane niezależnie od oceny ryzyka	Dane wprowadzane do programu jako element bazy danych
Dobór środków ochrony zbiorowej i indywidualnej	Ręczny	Wybór z bazy danych istniejącej w programie
Instrukcja użytkownika środków ochrony	Brak	Instrukcje i filmy instruktażowe zawarte są w programie
Czas potrzebny na wykonanie oceny ryzyka	Względnie krótki	Długi
Przygotowywanie sprawozdań	Ręczne, ocena ryzyka ich nie obejmuje	Generowane automatycznie

Źródło: opracowanie własne

Warto zaznaczyć, że program STER ma możliwość przypominania o terminie wykonania kolejnych pomiarów wartości NDS i NDN, ustawiania przypomnień o konieczności sporządzania sprawozdań oraz dokonywania oceny ryzyka zawodowego na danym stanowisku.

Podsumowanie

Konkludując, metody oceny ryzyka zawodowego, takie jak metoda pięciu kroków, PHA, RiskScore oraz matryca ryzyka są przydane ze względu na swoją prostotę i szybkość dokonywania oceny. Sprawdzają się dobrze na stanowiskach, na których występujące zagrożenia nie wymagają dokładnego opisywania wieloma zmiennymi, na przykład stanowisko księgowej czy pracownika administracyjnego. Jednakże do oceny stanowisk pracy o bardziej złożonym charakterze występujących zagrożeń bardziej przydane będą metody dokładnie

opisujące dane ryzyko, na przykład w przypadku stanowiska spawacza albo tokarza. W tej sytuacji dobrze sprawdzi się program STER, w którym konieczne jest bardzo dokładne scharakteryzowanie występujących zagrożeń i dokonanie właściwych pomiarów. Pomimo tego, że jest to metoda praco- i czasochłonna pozwala ona na kompleksową obsługę związaną z obszarem BHP i nie ogranicza się jedynie do oceny ryzyka zawodowego.

Analiza porównawcza wybranych metod oceny ryzyka pokazała, że nie ma jednej uniwersalnej i najlepszej metody. W każdym przypadku konieczne jest określenie potrzeb informacyjnych dla danego stanowiska pracy i wybranie na tej podstawie najlepszej metody, zarówno pod względem ekonomicznym, jak i informacyjnym. Wspomniane metody oceny, takie jak metoda pięciu kroków, PHA, RiskScore czy matryca ryzyka pozwalają na dosyć szybką ocenę za pomocą różnych zmiennych. Są to metody niewątpliwie mniej czas- i kosztochłonne niż wykorzystanie programu STER. Z drugiej jednak strony, wykorzystanie programu STER wiąże się z kompleksową obsługą z zakresu BHP, a zintegrowana baza danych pozwala na wielokrotne i różnorodne wykorzystywanie raz wprowadzonych do systemu danych, co w przypadku tradycyjnych metod oceny ryzyka zawodowego jest niemożliwe. Zatem decyzja o wyborze najlepszej metody pozostaje w rękach pracodawcy i to on powinien określić, która metoda będzie najbardziej opłacalna w przypadku jego działalności.

Przedstawiony program jest także przykładem oprogramowania komputerowego występującego w wersji edukacyjnej, a więc może być wykorzystywany przez studentów zainteresowanych poruszaną tematyką, w celu podnoszenia własnych kwalifikacji w zakresie wykorzystania technologii informacyjnej w obszarze BHP [8].

Literatura

- [1] Analiza i ocena ryzyka zawodowego osób, www.rcre.pl, s. 54. (dostęp: 15.05.2018 r.)
- [2] Andrzejczak D., Podstawy działalności handlowej. Wydawnictwo WSiP, Warszawa 2010.
- [3] Babicz W., Oprogramowanie do zarządzania bezpieczeństwem pracy, analiza i koncepcja budowy nowego systemu. Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, 2010, s. 9–11.
- [4] Boratyński J., Obsługa klienta: prawo pracy, higiena pracy. Wydawnictwo WSiP, Warszawa 2003.
- [5] Jaśkowski K., Meritum Prawo Pracy 2014. Wydawnictwo Wolters Kluwer, Warszawa 2013, s. 227.
- [6] Kowalczyk C., Jak ocenić ryzyko zawodowe? Główny Inspektorat Pracy, Warszawa 2010, s. 6–13.

- [7] Piętka M., Biernacki A., STER 6.5 SP - wersja specjalna. Program do zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwie. CIOP-BIP, Warszawa 2007, s. 20.
- [8] Prauzner T., Środowisko informatyczne wspomagające edukację w zakresie oceny ryzyka zawodowego i rejestracji zagrożeń na podstawie programu komputerowego STER. Częstochowa 2014.
- [9] Suhecka M., Biernacki A., Kurowski J., Narzędzia wspomagające zarządzanie bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie – komputerowy program STER. Centralny Instytut Ochrony Pracy. „Bezpieczeństwo Pracy” 12/2000, 2000.



Henryk Noga¹, Zbigniew Małodobry², Joanna Jarczak³

¹Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie

ul. Podchorążych 2, 30–084 Kraków

²Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa

im. rtm. Witolda Pileckiego w Oświęcimiu

ul. M. Kolbego 8, 32–600 Oświęcim

³Akademia Ignatianum w Krakowie

ul. M. Kopernika 26, 31–501 Kraków

CYBERPRZESTRZEŃ WSPÓŁCZESNYM MIEJSCEM PRZESTĘPSTWA

Streszczenie. Od drugiej dekady XXI wieku do chwili obecnej obserwujemy ciągły rozwój sieci komputerowej. Towarzyszą temu zagrożenia różnego typu przestępczością. W opracowaniu ukazano terminy i wyrażenia związane z cyberprzestępczością oraz wskazano na możliwości związane z występowaniem przestępstw i przeciwdziałaniem im w przestrzeni internetowej. Przytoczono również terminologię związaną z cyberterroryzmem i cyberbezpieczeństwem, która dotychczas nie została wprowadzona do przepisów międzynarodowych jako ogólnie akceptowalna. Zwrócono także uwagę, że nie można pominąć ograniczeń i braku kontroli nad nowymi technologiami i możliwościami Internetu dla przeciętnego użytkownika.

Słowa kluczowe: cyberprzestrzeń, cyberbezpieczeństwo, zagrożenie, terroryzm, infrastruktura internetowa, świadomość odbiorców, ochrona prywatności, bezpieczeństwo informatyczne i informacyjne.

CYBERSPACE IS A MODERN CRIME SCENE

Abstract. From the second decade of the 21st century to the present, we observe the continuous development of the computer network. This is accompanied by threats of various types of crime. The paper presents terms and expressions related to cybercrime and indicates the possibilities related to the occurrence and counteracting of crimes in the Internet space. The terminology related to cyberterrorism and cybersecurity was also cited, which has not been introduced into international regulations as generally accepta-

ble. It was also pointed out that the limitations and lack of control over new technologies and Internet possibilities for the average user can not be overlooked.

Keywords: cyberspace, cybersecurity, threat, terrorism, Internet infrastructure, audience awareness, privacy protection, IT and information security.

Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach wyzwaniem staje się zapewnienie bezpieczeństwa i ochrony informacji, ponieważ bezpieczeństwo informacyjne stanowiące dobro wyższe dla całego społeczeństwa jest trudne do osiągnięcia w obliczu wojen cybernetycznych i terroryzmu cybernetycznego. Definicji terminu *cyberbezpieczeństwo* jest wiele, uzależnione są one od osób, które tym słowem się posługują. Przede wszystkim definiować mogą ten termin pojedynczy użytkownicy internetu oraz całe przedsiębiorstwa korzystające z bogatszej infrastruktury w tym zakresie. Jednak to państwo wyznacza zadania i podejmuje działania dotyczące obrony swoich obywateli w cyberprzestrzeni przed zagrożeniami i atakami cyberterroryzmu [3]. W XXI wieku fenomenem o najbardziej rozbudowanej złożoności jest właśnie bezpieczeństwo informatyczne, zawierające takie elementy, jak: świadomość odbiorców, ochrona prywatności, zarządzanie dostępem do danych itp. Stały i nieograniczony dostęp do internetu oraz technologii informacyjnych jest obecnie nieodłącznym elementem życia każdego człowieka z osobna oraz całych grup i populacji, definiuje on współczesne społeczeństwo jako społeczeństwo informacyjne.

Możliwości cyberprzestrzeni

Dzisiejsze możliwości rozwoju cyberprzestrzeni stawiają ustawodawcom nie tylko krajowym, lecz również międzynarodowym, liczne wyzwania [3]. Historia internetu sięga przełomu lat 60. i 70. XX wieku. W latach 90. XX wieku rozpoczął się niekontrolowany rozwój sfery związanej z internetem. Spowodowany był wprowadzeniem nowego rodzaju usług dostępnych dotychczas jedynie w sferze podstawowego wymieniania, takich jak np. usługi pocztowe, które do lat 90. polegały na obsłudze indywidualnej w punkcie obsługi, tzn. w budynkach. W latach 90. ubiegłego wieku powstały poczty elektroniczne, przedsiębiorstwa za pośrednictwem stron internetowych rozpoczęły ekspansję na nowe rynki sprzedażowe, a sieci społecznościowe, np. Facebook, połączyły społeczeństwa z różnych kontynentów. Cyberprzestrzeń w XXI wieku jest określeniem transgranicznym, i jako taka potrzebuje regulacji ogólnonarodowych [2]. Początkowe cele badawcze i edukacyjne z biegiem czasu ewoluowały, a cyberprzestrzeń osiągnęła wymiar międzynarodowego nośnika informa-

cji, co wymagało już wprowadzenia nowych zabezpieczeń, ponieważ wzrosła liczba możliwych zagrożeń cyberprzestępczością. W krajach europejskich do lat 90. XX wieku nie było odpowiednich ustaw i regulacji prawnych mogących skutecznie zapewnić bezpieczeństwo różnego rodzaju użytkownikom. A trzeba sobie zdać sprawę, że w XXI wieku użytkownicy ci to już ogólnoswiatowe społeczeństwa, przedsiębiorstwa i nawet całe państwa opierające swoje istnienie na sieci informatycznej. Obecnie dostęp do internetu, do różnego rodzaju usług i możliwości jest nieograniczony, a co za tym idzie, sfera zabezpieczeń również powinna podążać za tym rozwojem.

Bezpieczeństwo w wirtualnej rzeczywistości

Stosowanie dotychczas znanych rozwiązań w zakresie zabezpieczeń okazuje się dziś niewystarczające, i na dodatek całkowitej gwarancji bezpieczeństwa w taki sposób nie uda się osiągnąć [3]. Współpraca wielu krajów w tym aspekcie jest cały czas aktualna i ciągle aktualizowane są formy zabezpieczeń. Stosuje się różnego rodzaju zapory, programy itp., jednakże nie zawsze okazują się one wystarczające. Międzynarodowy charakter zjawiska, jakim jest internet nałożył na ustawodawców obowiązek wprowadzenia odpowiednich regulacji prawno-karnych. Obowiązek ten jest utrudniony przez rodzaj tego zjawiska, które nie posiada granic, a stwarza realne zagrożenie nie tylko w świecie wirtualnym, lecz również w pozawirtualnym [4]. Badania statystyczne prowadzone już od końca lat 90. ubiegłego wieku potwierdzają przerażającą i ciągle zwiększającą się liczbę nie tylko samych przestępstw w cyberprzestrzeni, ale również ich coraz to nowszych rodzajów. Od początku XXI wieku wprowadzono wiele nowatorskich inicjatyw dotyczących koniecznych szkoleń profilowanych, masowych kursów i specjalistycznych badań opinii publicznej dotyczących udogodnień i możliwości, jakie daje obecny, łatwy dostęp do internetu i treści w nim zawartych [2]. Dziś każda osoba z osobna przestała być anonimową liczbą statystyczną, bowiem sami bez zastanowienia udostępniamy, nie tylko innym ludziom, lecz również każdej z instytucji, w tym również przestępcom, dane osobowe, mogące w znaczący sposób narazić nas i nasze otoczenie na atak. Wraz z rozwojem społeczeństwa informacyjnego oraz rozszerzaniem zasięgu internetu postępuje również widoczne i celowe przenikanie i przejmowanie przez sferę internetu kolejnych aspektów działania i działalności człowieka. Dostęp do takich usług, jak zakupy online, poczta elektroniczna, czy też bankowość elektroniczna w dzisiejszych czasach jest czymś całkowicie normalnym, tzn nikt nie jest w stanie wyobrazić sobie cofnięcia się do rzeczywistości lat 80. ubiegłego wieku, gdzie te wszystkie usługi dostępne były jedynie w wyspecjalizowanych punktach. Na poczcie lub w okienku kasowym banku doko-

nywało się płatności za rachunki, teraz większość osób korzysta z tych usług przez odpowiednie strony internetowe [2]. Dostęp do internetu mamy teraz już nie tylko przez komputery, ponieważ cyfryzacja rośnie w tym samym tempie, co zwiększające się możliwości internetu. Postęp geometryczny, z jakim można mierzyć możliwości obecnego internetu wiąże się również z postępem, wzrostem przestępstw. Dostęp do internetu mamy również przez smartfony, tablety, samochody i innego rodzaju gadżety, które stały się przede wszystkim synonimem niczym nieograniczonego przepływu informacji i wolności słowa, tym samym stały się również narzędziem władzy mogącej wprowadzać rewolucje i zmiany społeczne na skale międzynarodową. Różne formy ludzkiej działalności te pozytywne, jak i negatywne są odzwierciedlane w wirtualnej rzeczywistości, przez ogólne poczucie anonimowości wykorzystujemy również świat internetu do swoich tzw. osobistych, nie zawsze zgodnych z prawem, celów [4]. Pewne firmy specjalistyczne zajmujące się badaniem zjawiska zwanego teraz cyberprzestępczością, stwierdzają w swoich raportach, że działalność cyberprzestępców w czasach dzisiejszych jest porównywalnie tak samo wysoka jak działalność przestępców w świecie niewirtualnym, a straty powstałe w wyniku takich działań są przeliczane na miliardy dolarów w skali roku. Wraz z rozwojem możliwości, które daje internet, wzrasta również słownik pojęć i terminów związanych z tego rodzaju działalnością. Większość tych terminów jest zaczerpnięta z terminologii amerykańskiej, np. od słowa *hate* w terminologii współczesnego internauty pojawiło się słowo *hejter* określające osobę, która w ciężkich, czasem również niekulturalnych słowach wypowiada się o innej osobie lub innym aspekcie [4].

Przestępstwa w „sieci”

Jak wynika z raportów firm specjalistycznych, prawie połowa użytkowników internetu, którzy padli ofiarą cyberprzestępstwa, jest winna sama sobie. Przez nieuwagę lub niedokładne sprawdzenie udostępnianych publicznie prywatnych danych internauci ci stali się ofiarami przestępstw. Głównym motywem działań przestępców ze sfery wirtualnej jest chęć zysku, co jest tym samym motywem, jakim kierują się przestępcy w świecie realnym. Pamiętać należy, że ogromna ilość przestępstw występujących w cyberprzestrzeni nadal znajduje się w szarej strefie, a tym samym nie jest brana pod uwagę w trakcie tworzenia tabel statystycznych [7]. Przestępstwa popełniane w cyberprzestrzeni posiadają charakterystyczny i niepowtarzalny profil, co czyni je często trudnymi do zidentyfikowania lub wykrycia. Podstawowymi powodami takiego stanu rzeczy są sami użytkownicy, którzy nie są w posiadaniu odpowiednich informacji, tzn. nie są świadomymi użytkownikami, jak również ich braki w odpowied-

nich i aktualizowanych programach zabezpieczających wrażliwe dane prywatne. Wszelkie słabości cyberprzestrzeni są współcześnie wykorzystywane przez cyberprzestępców do taniego, szybkiego i prawie niewykrywalnego zarobku. Stanowią tym samym siłę napędową tych rodzajów działalności. Terminologia związana z cyberprzestępczością i cyberprzestrzenią nie została jeszcze dokładnie zdefiniowana, tym samym nie została również umieszczona w regulacjach prawno-karnych dotyczących tej działalności [7]. Wymaga się jednakże od międzynarodowych i krajowych ustawodawców, w celu usprawnienia działania prawa i zapewnienia skutecznego zwalczania zagrożeń w cyberprzestrzeni, prowadzenia szczegółowych analiz i badań dotyczących cyberprzestępczości, a tym samym ujednoczenia terminologii w skali międzynarodowej. Zwalczanie nowoczesnych form przestępczości internetowej i komputerowej na dzień dzisiejszy nie jest oparte na odpowiednich rozwiązaniach prawnych, a powodem takiej sytuacji jest niechęć lub niezdolność określenia wspólnych stanowisk poszczególnych krajów. Terminologia i pojęcia stosowane i używane w piśmiennictwie są uważane za terminologię bardziej publicystyczną niż naukową, dającą zbyt szerokie możliwości coraz to nowszym grupom przestępczym [7]. Autor stwierdza również, że dotychczasowe pojęcia i definicje tworzone są bez zastanowienia, na gorąco, często krzyżują się znaczeniowo, a powodem tego są ustawiczne zmiany rozwojowe nowoczesnych technologii, stanowiące podstawowy budulec cyberprzestrzeni. A. Adamski określa również, że według prawa karnego materialnego wyróżnia się dwa rodzaje przestępstw związanych z komputerem: jedno z nich to przestępstwo przy użyciu komputera, tzn. to komputer jest narzędziem przestępstwa, a drugie to sytuacja, w której następuje zamach na systemy, dane lub programy komputerowe [1]. Przez kilka lat polscy ustawodawcy wprowadzali nowelizacje do Kodeksu karnego uchwalonego 6 czerwca 1997 roku tak, aby nowe regulacje dopasować do nowego rodzaju popełnianych przestępstw. Spopularyzowanie szerokiego dostępu do Internetu przy możliwości zachowania anonimowości oraz możliwość popełniania przestępstw na terenie innego kraju stały się początkiem nowego rodzaju przestępczości prowadzonej zarówno przez osoby indywidualne, jak i całe grupy. Ich działalność zwana jest cyberprzestępczością. Najpopularniejszymi rodzajami przestępstw internetowych są w obecnych czasach oszustwa z wykorzystaniem elektronicznych instrumentów płatniczych, przede wszystkim chodzi o pozyskiwanie wrażliwych danych, takich jak hasła, loginy, numery pesel i piny. Pozyskanie tego typu danych umożliwia przestępcom wiele różnego rodzaju przestępstw, np. przelanie wszystkich środków finansowych z konta jednego użytkownika na konto przestępcy, bez możliwości namierzenia tego przestępcy. Przestępca będący w posiadaniu danych użytkownika internetu może na jego konto zaciągać pożyczki, do których spłaty zostaje zobowiązany użytkownik [7]. Sprawy sądowe dotyczące wyjaśnienia takich sytuacji ciągną się bardzo długo, jednakże spłata zaciągniętych w ten sposób długów nie zosta-

je wstrzymana, tym samym użytkownik ponosi podwójne koszty (zapłata za zaciągnięty dług oraz koszty sądowe). Groźnym rodzajem przestępstwa staje się również pornografia, rozsyłana i rozpowszechniana za pośrednictwem internetu, nie tylko dotycząca osób dorosłych, lecz przede wszystkim dzieci. Osoby posiadające skłonności pedofilskie bardzo często pozyskują i rozpowszechniają treści i materiały zawierające pornografię dziecięcą oraz nawiązują kontakty z małoletnimi w celach seksualnych. Osoby takie wykorzystują wiele różnych sposobów w celu przyciągnięcia uwagi małoletniego, np. na współczucie, obrażanie szkoły i nauczycieli itp. [7]. Nieuświadomieni małoletni bardzo często ulegają wpływowi pedofili, a rodzice małoletnich nieświadomi rozpoczęcia kontaktów swoich pociech z osobą nieodpowiednią lub nawet groźną, nie są w stanie w odpowiednim momencie skutecznie zareagować, tym samym bardzo często dochodzi do przestępstw na tle seksualnym dokonywanych przez osoby posiadające skłonności pedofilskie. Często również ofiary takich ataków przez wstyd i bezradność nie informują osób dorosłych o takich sytuacjach lub takich próbach, w ten sposób lista potencjalnych przestępców nie jest aktualna i pełna. Do codzienności cyberprzestępstw należy już zaliczyć handel nielegalnymi towarami akcyzowymi, bezprawne pobieranie i rozpowszechnianie filmów, gier, muzyki, oprogramowania. Do najświeższych nowo powstałych rodzajów przestępstw internetowych należy sprzedaż nielegalnych środków odurzających nazywanych często błędnie dopalaczami. Grupy przestępcze specjalizują się w wymuszaniu oraz stosowaniu gróźb karalnych w stosunku do przedsiębiorstw. Przestępcy uzyskują dostęp do wrażliwych danych lub bardzo skutecznie ograniczają przedsiębiorstwu możliwość działania poprzez wprowadzenie złośliwego oprogramowania. Cyberterroryzmem określa się planowane, dokonywane i koordynowane w cyberprzestrzeni działania związane z używaniem sieci komputerowej w celu utrzymywania łączności między terrorystami lub też w celu dzielenia się informacjami mogącymi posłużyć do ataku terrorystycznego [5]. We współczesnym świecie elektronika jest głównym źródłem wszystkich informacji i wpływa bezpośrednio i pośrednio na wszystkie sfery ludzkiego życia. To komputery bowiem zbierają, wytwarzają, gromadzą i przesyłają informacje wykorzystywane we wszystkich dziedzinach, takich jak: szkolnictwo, nauka, bezpieczeństwo, handel, obronność kraju, transport, finanse, ochrona zdrowia, sport itd. Komputery i internet tworzą wspólnie jedną wielką globalną infrastrukturę, która funkcjonuje w cyberprzestrzeni i jest w posiadaniu danych i systemów, które są kluczowymi czynnikami dla wielu dziedzin ludzkiego życia. Dzisiaj internet nie ma żadnych granic, ponieważ możliwości, jakie daje użytkownikom, to również możliwość skutecznego usunięcia lub ukrycia dowodów popełnionego przestępstwa, pozwalająca przestępcom na osiągnięcie zamierzonych celów niskim kosztem oraz nagłymi i niemożliwymi do przewidzenia atakami [5]. Wielu użytkowników internetu nie jest świadomych, że stali się ofiarami przestępstw. To uświadomienie przychodzi bardzo

późno, a skutki bycia ofiarą takiego przestępstwa mogą być bardzo różnorakie. Analizując opinie na temat portali społecznościowych, bardzo często napotyka się na opisy wręcz dramatycznych sytuacji, w których użytkownik lub dana grupa użytkowników stali się ofiarami ataku, a w konsekwencji ostracyzmu społecznościowego zdecydowali się na uciezki lub zastosowanie nawet bardziej dramatycznych rozwiązań, jak np. samobójstwo. Z powodu ostracyzmu społecznościowego największą liczbę ofiar odnotowywuje się u małoletnich, gdzie średnia wieku to 11–15 lat. Wiek ten jest bardzo trudny, ponieważ dzieci wchodzi wtedy w okres dojrzewania, a zmiany zachodzące w ciele i na ciele mogą powodować u rówieśników brak akceptacji oraz ataki. W czasach przed rozpowszechnieniem dostępu do internetu takich ataków nie odnotowywano, bowiem miały one charakter bardzo zawężony, tzn. do danej grupy rówieśniczej, do danej miejscowości, więc ich rozpowszechnienie nie mogło być tak skuteczne jak w dzisiejszych czasach. Fenomenem nowoczesnej przestępczości są systemy teleinformatyczne oraz sieci, które mogą służyć przede wszystkim do popełniania tradycyjnych przestępstw, takich jak oszustwo lub zniewaga, ale mogą służyć również w przestępstwach takich, które pojawiły się dopiero wraz z rozpowszechnieniem się cyberprzestrzeni, np. przechwytywanie transmisji, kradzież zasobów informatycznych i baz danych [5]. Gospodarki na całym świecie już od pół wieku mierzą się ze wzrastającą falą przestępstw w cyberprzestrzeni. Straty poniesione w wyniku cyberprzestępczości liczone są już nie w milionach, lecz w miliardach dolarów w skali globalnej. Niezwykle trudnym jest określenie skali zjawiska cyberprzestępczości, ponieważ wykracza ono ponad możliwości poznawcze kryminologii w Polsce. Związane jest to również z faktem nieposiadania wystarczających i odpowiednich mechanizmów dotyczących gromadzenia danych, tym samym wszystkie dane zebrane stanowią jedynie ułamek faktycznej skali zjawiska [5]. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest w pierwszej kolejności ogromna problematyczność definicyjna, co przekłada się na problemy funkcjonariuszy policji i organów ścigania co do prawidłowego zakwalifikowania prawnego danego przestępstwa. Dotychczas znane metody i sposoby poszukiwania sprawców przestępstw w odniesieniu do cyberprzestrzeni nie mogą zostać zastosowane, a zmienność i ciągła ewolucja rodzajów przestępstw związanych z infrastrukturą internetową jeszcze bardziej utrudniają pracę funkcjonariuszy policji, tym samym utrudniając im złapanie i ukaranie sprawcy przestępstwa w odpowiedni sposób, opisany w Kodeksie karnym. W dzisiejszych czasach łatwiej stać się ofiarą cyberprzestępstwa niż pospolitego przestępstwa, np. kradzieży portfela. Nie oznacza to jednak, że pospolite przestępstwa nie występują, one nadal się pojawiają, tylko ich liczba nie rośnie tak szybko i z taką prędkością jak liczba przestępstw związanych z cyberprzestrzenią [5]. Na fakt ten mają również wpływ otwarte granice państwowe w Europie oraz ogromna możliwość anonimowości i ukrycia się przed odpowiedzialnością, także karną. W przypadku pospolitego przestępstwa prę-

dziej czy później jakieś fakty, dane, ślady itp. wskażą przestępcę, w przypadku zaś przestępcy poruszającego się w cyberprzestrzeni i posiadającego odpowiednią wiedzę i technologię, jego wykrycie jest bardzo utrudnione. Najbardziej popularnym rodzajem przestępstwa w cyberprzestrzeni jest obecnie tworzenie tzw. botów [5]. Bot jest to program, który usuwa wszystkie informacje z komputera użytkownika, umożliwiając tym samym przejęcie go przez sprawcę przestępstwa i pozyskanie wrażliwych danych, które w późniejszym czasie mogą posłużyć do innych przestępstw z użyciem tych danych. Boty są to programy, które wpuszczone do sieci krążą sobie swobodnie i wyszukują komputery o słabej formie zabezpieczeń (w tym również słabo zabezpieczone komputery w przedsiębiorstwach) lub komputery w ogóle nie posiadające zabezpieczeń. Są to tzw. wirusy komputerowe, przed którymi bronić użytkowników powinny odpowiednio skonstruowane programy antywirusowe. Niestety, jak pokazują niechlubne statystyki, twórcy takich wirusów posiadają większe zasoby finansowe, a co za tym idzie, również technologiczne, co przekłada się na fakt, że większość programów antywirusowych już w momencie zaistnienia na rynku można określić jako przestarzałe i niewystarczające [4]. Tworzenie bowiem programów antywirusowych opiera się w głównej mierze na analizie już istniejących zagrożeń, tym samym jakakolwiek zmiana i unowocześnienie wirusa powoduje, że dopiero co stworzony program mający przeciwdziałać takim zagrożeniom staje się bezużyteczny. Portale społecznościowe, takie jak Facebook, Instagram, Tweeter również mają w swoich statystykach zapisane próby ataków, bowiem cyberprzestępcy, tworząc bardzo podobne do oryginalnych stron odsyłacze powodowali, że użytkownicy tych portali nieświadomie i nieodpowiednim osobom podawali swoje wrażliwe dane. Firmy zajmujące się na co dzień opracowywaniem programów antywirusowych i innych mających zabezpieczać użytkowników przed atakami ze strony cyberprzestępców również są w podobny sposób wykorzystywane. W XXI wieku większość osób przyzwyczaiła się do korzystania ze smartfonów, które także umożliwiają stały dostęp do sieci internetowej, do portali społecznościowych, do usług finansowych itp., tym samym one również stały się celem ataków przestępców. Na fakt ogromnego przyrostu liczby ataków cyberprzestępców ma przede wszystkim wpływ niekontrolowane i nieświadome podawanie wrażliwych danych w momencie pobierania aplikacji na telefon mających ułatwić życie użytkownikowi [3]. Jak wynika z przeprowadzonych ankiet, ¼ użytkowników przyznaje się do niesprawdzania przekazywanych informacji podczas pobierania aplikacji, a ponad połowa ankietowanych wręcz świadomie przekazałaby swoje wrażliwe dane w zamian za uzyskanie dostępu do *darmowych* lub w *promocyjnej cenie* możliwości skorzystania z interesujących propozycji [1].

Ryzyko funkcjonowania w cyberprzestrzeni

Straty finansowe kraju związane z nielegalnym handlem za pośrednictwem internetu, lub sprzedażą nielicencjonowanych produktów są ogromne. Powiększająca się liczba sprzedawców oferujących nie tylko swoje produkty, lecz również usługi w internecie w konkurencyjnych cenach w stosunku do rynku tradycyjnego powoduje wzrost liczby transakcji dokonywanych właśnie drogą elektroniczną [2]. Nabywcy są świadomi ryzyka związanego z możliwością stania się ofiarą przestępstwa, a niejednokrotnie robią to świadomie, np. rynek muzyczny funkcjonujący w Polsce szacuje, że w wyniku piractwa i nielegalnego udostępniania treści traci co roku wiele milionów dolarów. Straty te muszą się przełożyć na wzrost cen towarów i usług dostępnych na rynku rzeczywistym (nie wirtualnym). Nabywca, mając do wyboru zakup towaru lub usługi w korzystniejszej cenie, godzi się na ryzyko związane z przestępstwem, nawet ze świadomością, że czyniąc tak, sam staje się przestępcą. Zakup oprogramowań komputerowych w cenach rynku rzeczywistego jest możliwy i w większości realizowany przez przedsiębiorstwa, które przez przepisy prawa polskiego są zmuszone do takiego zakupu. Osoby prywatne lub zwykli użytkownicy, nie czując presji prawa karnego, korzystają z możliwości, jakie daje im dostęp do nieograniczonego zasobu internetowych towarów i usług. W obecnych czasach zakupy internetowe, nawet z dalekiej zagranicy, np. z Chin, wychodzą w przeliczeniu na krajową walutę dużo taniej niż zakupy tych samych produktów na rynku rzeczywistym [6]. Niejednokrotnie sami przedsiębiorcy, jeśli tylko mogą, korzystają z *promocyjnych* ofert z zagranicy, a towar zakupiony w promocyjnych cenach sprzedają na rynku krajowym z dużo większą marżą, czym powodują kolejne straty finansowe dla skarbu państwa. Do niepokojących wniosków dochodzi się, patrząc na analizy statystyczne, gdzie aż 75% populacji ankietowanych przyznaje się otwarcie do korzystania z nielegalnego oprogramowania lub zakupu podrobionych towarów w celu zaoszczędzenia pieniędzy. Faktem staje się to, że niedostateczna wiedza użytkowników internetu na temat zagrożeń i możliwości popełnienia przestępstwa jest najważniejszym problemem, z jakim musi zmierzyć się każde państwo, aby w przyszłości ograniczyć straty finansowe. Określenie konkretnego użytkownika będącego przestępcą internetowym lub też grupy takich osób jest trudne, ponieważ do szeregu użytkowników należy również dopisać dostawców tych usług, którzy pomimo posiadania możliwości monitorowania wykonywanych czynności na udostępnionych serwerach, nie robią tego z przyczyn prozaicznych – finansowych. Ponieważ za udostępnienie miejsca na serwerze użytkownik musi zapłacić, jednocześnie podpisując zobowiązanie, że na udostępnionym miejscu nie będzie publikował niczego o charakterze wykraczającym poza przepisy prawa lub mogącym przyczynić się do popełnienia przestępstwa. W Kodeksie karnym obecne nowelizacje pozwalają również ścigać usługodawców, którzy

nie kontrolują swoich klientów, a tym samym wyrażają niemą zgodę na popełnienie przestępstwa [1]. Strony pośredniczące w wymianie informacji są odpowiedzialne za upowszechnione materiały jedynie w sytuacji, gdy posiadają odpowiednią wiedzę o charakterze przechowywanych lub udostępnianych treści oraz jeśli posiadają rzeczywistą możliwość techniczną usunięcia tych treści. Tym samym nie do każdego usługodawcy da się zastosować w praktyce reguły ogólne, niejednokrotnie wymaga to bardzo wielu godzin pracy analityków i prawników. Ofiarami przestępstw internetowych mogą stać się również instytucje publiczne, które w sytuacji wykrycia u siebie takiego ataku z powodu posiadania np. niewystarczającego lub niezgodnego z obowiązującym prawem oprogramowania nie informują użytkowników o tym, aby w pierwszej kolejności nie zawieść zaufania klientów lub też, w drugiej kolejności, uniknąć wielomilionowych odszkodowań. W takich sytuacjach często instytucje, takie jak np. banki, swoje uchybienia w kwestii posiadania odpowiednich zabezpieczeń zrzucają na osoby trzecie, aby uniknąć odpowiedzialności.

Podsumowanie

Powstrzymanie nielegalnego wykorzystywania Internetu nie może opierać się jedynie na poszukiwaniu nowych środków zapobiegania cyberprzestępczości [3]. Przestępcy wykorzystują fakt złożoności zjawiska cyberprzestępczości oraz jego charakter transgraniczny. W celu zmniejszenia występowania przestępstw związanych z internetem należy w większym stopniu skupić się na uświadamianiu użytkowników internetu, a przede wszystkim na uświadamianiu usługodawców dostępu do internetu, o szkodliwości ich działań wynikających z zaniechania lub z tzw. przemykania oczu na fakt łamania przepisów prawa. Wszyscy użytkownicy internetu, zarówno usługodawcy, jak i odbiorcy pośredni i bezpośredni, muszą być informowani na bieżąco, na jakie straty narażają państwo oraz na jak ogromne ryzyko narażają się sami. W opinii M. Siwickiego, większy i lepszy skutek może przynieść uświadamianie korzystających z internetu niż zastraszanie represjami karnymi.

Od dnia 25 maja 2018 roku wchodzi w życie przepisy dotyczące ochrony danych osobowych kandydatów do pracy i pracowników, które do tej pory były określone w Kodeksie pracy oraz ustawie o ochronie danych osobowych [3]. Wiele podmiotów będących w posiadaniu takich danych zostało zobowiązanych do przygotowania i przeprowadzenia audytów przygotowawczych mających na celu przedstawienie, jakie dane osobowe są przetwarzane, skąd te dane pochodzą, jakie uprawnienia są związane z tymi danymi, czy dane te są lub będą komuś udostępniane oraz w jaki sposób są one zabezpieczone przed wyciekiem. Audyt taki ma przygotować rejestr czynności przetwarzania takich danych, aby

w przyszłości móc w prosty i szybki sposób odpowiedzieć na pytanie czy podmiot będący w posiadaniu wrażliwych danych był sprawcą czy też ofiarą cyberprzestępstwa [3].

Literatura

- [1] Adamski A., Prawo karne komputerowe, Warszawa 2000
- [2] Grzelak M., Liedel K., Bezpieczeństwo w cyberprzestrzeni. Zagrożenia i wyzwania dla Polski – zarys problemu, [w:] Kwartalnik Bezpieczeństwo Narodowe, nr 22, 02.2012, Biuro Bezpieczeństwa Narodowego, Warszawa 2012.
- [3] Jaroszewska I., Wybrane aspekty przestępczości w cyberprzestrzeni, [w:] KPP. Monografie. Studium prawnokarne i kryminologiczne, Olsztyn 2017.
- [4] Kulesza J., Międzynarodowe Prawo Internetu, Poznań 2010.
- [5] Siwicki M., Cyberprzestępczość, Warszawa 2013, s. 47–48.
- [6] Siwicki M., Nielegalna i szkodliwa treść w Internecie. Aspekty prawa karne, wyd. Wolters Kluwer Polska, Warszawa 2011, s. 258–259.
- [7] <http://prawo.vagla.pl/node/905>, Przestępczość w Internecie. Zagadnienia podstawowe (data dostępu: 4.05.2018).
- [8] http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/other_resources/b-istr_main_report_v19_21291018.en-us.pdf, Symantec: Internet Security Threat Raport 2014 [on-line], Volume 19 (data dostępu: 4.05.2018).



Joanna Jarczak¹, Henryk Noga², Zbigniew Małodobry³

¹Akademia Ignatianum w Krakowie

ul. M. Kopernika 26, 31–501 Kraków

²Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie

ul. Podchorążych 2, 30–084 Kraków

³Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa

im. rtm. Witolda Pileckiego w Oświęcimiu

ul. M. Kolbego 8, 32–600 Oświęcim

STRES JAKO ZAGROŻENIE PSYCHOSPOŁECZNE W PRACY POLICJANTA

Streszczenie. Praca policjanta jest wyczerpująca i wymagająca. Jest to zawód, któremu towarzyszy ciągle napięcie i stres. Głównym jego powodem jest ciągle narażanie życia, kontakt ze środowiskiem przestępczym, zmianowy charakter służby oraz często poświęcanie życia prywatnego na rzecz służby w policji. Stres u policjantów przekłada się także na życie prywatne. W niniejszej publikacji zostaną omówione rodzaje stresu, przyczyny występowania stresu u policjantów oraz rozwiązania wykorzystywane do tego, by sobie z nim radzić. Przedmiotem opisu będą również psychospołeczne zagrożenia pracy funkcjonariusza policji.

Słowa kluczowe: stres, radzenie sobie ze stresem, policja, służby mundurowe, funkcjonariusz policji.

STRESS AS A PSYCHOSOCIAL THREAT IN THE WORK OF A POLICEMAN

Abstrakt. The policeman's job is exhausting and demanding. It is a profession that is accompanied by constant tension and stress. The main reason for this is the constant exposure to life, contact with the criminal community, the shift of service and the dedication of private life to the service of the police. Stress among police officers is put among others into private life. This publication will discuss types of stress, causes of stress in policemen and ways of dealing with it. The psychosocial hazards of the police officer's work will also be discussed.

Keywords: stress, coping with stress, police, uniformed services, police officer.

Wprowadzenie

Każdy człowiek, w tym również policjant, podczas swojego życia niejednokrotnie doświadcza stresu i sytuacji stresowej. Niemniej jednak zawód policjanta jest jednym z najbardziej stresogennych zawodów. Policjanci podczas wykonywania czynności służbowych narażeni są na agresję oraz nienawiść ze strony innych ludzi. Policjant na co dzień spotyka się z ludzką tragedią, problemami oraz śmiercią. Funkcjonariusze policji muszą być ciągle gotowi na działanie, działać pod presją czasu, podejmować szybko decyzje, które mogą za sobą nieść poważne konsekwencje. Powyższe czynniki są bardzo uciążliwe, obciążają organizm i przyczyniają się do zwiększenia stresu.

Na wstępie należy zastanowić się, czym jest stres. Samo pojęcie stresu jest pojęciem bardzo złożonym i nie można go ograniczać jedynie do stanu organizmu, który wpływa ujemnie na stan zdrowia człowieka. Termin stres został zapożyczony z nauk technicznych, a mianowicie oznacza zdolność różnych konstrukcji i substancji do wytrzymywania obciążeń. Obciążenie danej konstrukcji ma określone granice, przekroczenie tych granic powoduje zniszczenie konstrukcji [7]. Badania nad zagadnieniem stresu zapoczątkował Hans Selye, który jako pierwszy użył terminu stres. Poprzez ten termin określił nieswoiste reakcje organizmu na wszelkie stawiane mu żądania. Te reakcje nazwał Ogólnym Zespołem Adaptacyjnym, który przebiega w trzech kolejno następujących po sobie fazach: stadium reakcji alarmowej, stadium odporności i stadium wyczerpania. W stadium reakcji alarmowej organizm mobilizuje siły obronne i reaguje określonymi zmianami fizjologicznymi. W celu przeciwdziałania tym zmianom organizm podejmuje działania obronne, np. podwyższone ciśnienie krwi lub podwyższona temperatura ciała. Stadium odporności to etap względnej adaptacji organizmu. Organizm przeciwstawia się działającemu szkodliwie czynnikowi. W tym stadium organizm dobrze znosi wpływający na niego sensor, natomiast zmniejszona jest odporność na inne bodźce, które wcześniej były nieszkodliwe. Ostatnie stadium czyli stadium wyczerpania, pojawia się wtedy, gdy działanie czynników szkodliwych jest zbyt długie i uciążliwe. Organizm reaguje wzrostem uogólnionego pobudzenia. W tym stadium następuje deregulacja funkcji fizjologicznych człowieka oraz spadek możliwości obronnych [8]. W ostatniej fazie mogą pojawić się względnie stałe reakcje patologiczne, które podczas dalszego działania sensora mogą prowadzić do śmierci [9].

Problematyka stresu w ujęciu teoretycznym

W ujęciu psychologicznym pojęcie stresu określa stan wywołany emocją, zarówno pozytywną, jak i negatywną, od porażek i wątpliwości do twórczych przeżyć. Określany jest jako psychofizyczna reakcja przystosowująca organizm

człowieka do sytuacji trudnej, wymagającej od niego wzmożonego wysiłku, napięcia oraz stanu pełnej mobilizacji. Stres określany jest również jako stan wewnętrzny oznaczający napięcie emocjonalne o znaku ujemnym [7].

W psychologii można wyróżnić trzy odrębne, jednak ściśle ze sobą powiązane definicje stresu. Po pierwsze, stres jest reakcją fizjologiczną organizmu człowieka. Jest całokształtem zmian, którymi organizm odpowiada na czynniki, będące źródłem zagrożenia lub lęku. Jeżeli takie zmiany występują często, nabierają charakteru stałego, to mogą prowadzić do powstania wielu schorzeń. Czynniki, które są źródłem lęku powodują zmiany fizjologiczne, a ich powstanie jest sterowane przez autonomiczny układ nerwowy. Często powtarzający się i długotrwały stres może powodować trwałą frustrację i powstanie motywacji niedoboru o właściwościach awersyjnych, która jest podstawą lęku i strachu. Osoby posiadające wysoki poziom stresu z uwagi na obniżony próg odporności, czynniki stresu odbierają z większym nasileniem. Osoby takie mają problemy z podejmowaniem decyzji, ustawiają motywację obronną, czy wycofują się z trudnych sytuacji. Może wystąpić również proces tzw. wypalenia psychicznego. Ten stan oznacza, że osoby takie nie znajdują żadnej motywacji na podstawie wkładanego wysiłku i nie wykazują żadnego zainteresowania swoją pracą. Wypalenie psychiczne powstaje wskutek długotrwałego działania negatywnych odczuć [7]. Po drugie stres spowodowany jest różnorodnymi stresorami. Stresory są to bodźce wywołujące reakcję obronną organizmu, który przeżywa przeciążenia z powodu trudnej lub konfliktowej sytuacji, nieprzychylności kogoś ze środowiska, choroby, zmartwień itp. Stan stresu jest mobilizacją organizmu wobec wymagań wynikających z otoczenia. Im większe są rozbieżności między wymaganiami stawianymi przez środowisko a wydolnością organizmu, tym większy jest jego stres. W takim właśnie rozumieniu stres jest stanem organizmu, na który składają się wszystkie nietypowe zmiany biologiczne występujące w organizmie pod wpływem zmian otoczenia. Należy również mieć na uwadze, że reakcja organizmu na stres zależy od typu charakterologicznego osoby, tzn. od jej indywidualności. Po trzecie stres jest niemożnością radzenia sobie w pracy i w życiu. W takim ujęciu stres oznacza rozbieżność pomiędzy wymaganiami stawianymi przez daną osobę a możliwościami spełnienia tych wymagań. Rozbieżność ta u jednych osób powoduje wzrost pobudzenia i nasilenie działań, natomiast u innych wywołuje sytuacje stresowe, niejednokrotnie niewspółmierne do skali trudności. Sytuacje takie wynikają z emocjonalnej oceny sytuacji, irracjonalnego pesymizmu [7].

Problem stresu na stanowisku pracy na przykładzie pracy policjanta

Ponadto można wyróżnić trzy rodzaje stresu: stres ostry, chroniczny i traumatyczny. Stres ostry jest ostrą reakcją organizmu na zagrożenie o charak-

terze fizycznym, psychicznym lub ekonomicznym. Ten rodzaj stresu może być zarówno realny, jak i wyobrażony. Stres ostry w sposób gwałtowny zaburza równowagę psychiczną człowieka, pojawia się nagle i trwa stosunkowo krótko, jednak wymaga intensywnej mobilizacji organizmu. Stres chroniczny jest wynikiem długotrwałego narażenia na sensory. Występuje stałe napięcie psychiczne, któremu towarzyszy ograniczona wydolność organizmu i zmniejszona zdolność organizmu do regeneracji. Natomiast stres traumatyczny jest reakcją organizmu na sytuację zagrażającą życiu i zdrowiu. W takiej sytuacji występuje szok, uczucie niedowierzania, silne reakcje emocjonalne. Na poziomie fizjologicznym dla stresu traumatycznego charakterystyczne jest silne pobudzenie i zaburzenie uwagi, pamięci, snu oraz trudności z kontrolą emocji. Objawy te skutkują problemami w realizacji codziennych obowiązków zawodowych i pozazawodowych [5].

Nie ulega wątpliwości, że zawód policjanta należy do zawodów o wysokim poziomie stresu. Z badań przeprowadzonych w różnych krajach europejskich wynika, że pod względem ryzyka i niebezpieczeństwa zawód policjanta znalazł się wśród czołówek stresogennych zawodów. W Wielkiej Brytanii – na drugim miejscu wśród wszystkich zawodów. Z badań przeprowadzonych w Polsce, które objęły grupę 2,5 tys. przedstawicieli 47 różnych zawodów, wynika, że najwyższy poziom stresu notowany jest w zawodzie policjanta [6].

Brunon Hołyst traumatyczne sensory, z którymi stykają się policjanci, dzieli na dwie grupy. Pierwszą z nich są zdarzenia związane z przemocą, w których policjant może być uczestnikiem, i które związane są z przeżywaniem silnego lęku, natomiast drugą grupę stanowią przygnębiające zdarzenia, w których policjant spotyka się z wydarzeniami, które wywołują u niego stany silnej depresji. Przykład pierwszej grupy stanowią zdarzenia związane z użyciem przez policjanta broni palnej wobec niego lub przez niego, konfrontacja z agresywnym tłumem, które mogą doprowadzić do zranienia lub śmierci, bycie zakładnikiem lub ofiarą użycia przemocy itp. Natomiast drugą grupę stanowią m.in. sytuacje, w których policjant jest świadkiem ludzkiej śmierci, okaleczonych ciał, zwłok, katastrof i czynów przestępczych, gdzie ofiarami są dzieci lub inne osoby, z którymi policjant się identyfikuje, lub jeżeli ofiarą jest inny policjant [1]. Należy zauważyć, że grupą policjantów wykazujących największy stres są policjanci z ogniwa patrolowo–interwencyjnego oraz policjanci wydziału kryminalnego. Wyżej wymienieni policjanci pracują w ciągłym napięciu, spotykają się z problemami innych ludzi, tragediami i śmiercią. Ponadto policjanci w ogniwach patrolowo–interwencyjnych są pierwsi na miejscu zdarzenia. To oni spotykają się z agresją osób, wobec których interweniują, to właśnie na nich głównie kierowana jest złość, wyzwiska i obelgi. Policjanci na co dzień widzą śmierć, zło, ludzką tragedię. Można wyróżnić trzy źródła stresu policjanta: po pierwsze trudna interakcja między policją i społeczeństwem (nierealne oczekiwania i roszczenia ze strony obywateli pod adresem policji), po drugie

akcje służbowe połączone z wysokim stopniem ryzyka, dla których brakuje wypracowanych wzorców działania (nieprzewidywalne akcje, pościgi za przestępcami), po trzecie organizacja pracy (praca zmianowa, praca w nocy) [10].

Narażenie człowieka na ciągły i wysoki poziom stresu w miejscu pracy niesie ze sobą poważne konsekwencje, m.in. wysoki wskaźnik absencji chorobowej, spadek efektywności, trudności w przystosowaniu się, złe relacje rodzinne, pogorszenie stanu zdrowia psychicznego i fizycznego. Konsekwencje stresu zawodowego policjanta mogą przejawiać się słabszym funkcjonowaniem zawodowym, osłabieniem dyscypliny służbowej, drobnymi, ale powtarzającymi się wykroczeniami w służbie i poza nią, zwiększoną absencją chorobową, skłonnością do sięgania po alkohol lub inne używki, obniżonym nastrojem czy zaniedbanym wyglądem. Działanie stresorów w pracy bardzo często przenosi się do życia rodzinnego [6]. Zdarzają się sytuacje, kiedy policjant pod wpływem sytuacji stresowych w pracy ma złe relacje z małżonkiem czy dziećmi. Działanie stresorów w pracy policjanta, w połączeniu z indywidualnymi uwarunkowaniami człowieka, może również prowadzić do negatywnych zachowań, takich jak niekontrolowane wybuchy gniewu, skłonność do nadużywania alkoholu czy też stosowanie przemocy fizycznej. Z amerykańskich badań wynika, że około 25% policjantów ma problemy z alkoholem, natomiast brytyjskie badania wskazują, że 15% funkcjonariuszy ocenia poziom spożywania alkoholu na umiarkowany lub wysoki [6].

Skutki stresu

Ponadto do konsekwencji stresu można zaliczyć zaburzenia psychosomatyczne oraz zmiany w stanie zdrowia, zachowaniu i poziomie wykonywania zadań. Konsekwencją stresu jest również wypalenie zawodowe, które powstaje wskutek przepracowania. Osoby dotknięte wypaleniem zawodowym mają mniej energii i są mniej zainteresowane pracą. Są wyczerpane emocjonalnie, apatyczne, depresyjne, poirytowane lub znużone. Osoby takie mają skłonności doszukiwania się złych stron w pracy oraz reagują negatywnie na sugestie innych ludzi. Jakość ich pracy ulega pogorszeniu. Wypalenie zawodowe często dotyka ludzi zaangażowanych i oddanych pracy. Początkowym sygnałem wypalenia zawodowego jest przeznaczenie na taką samą pracę większej ilości czasu, bez poprawy jej efektywności. Osobom dotkniętym wypaleniem zawodowym może brakować poczucia bezpieczeństwa lub spełnienia w życiu osobistym [2]. Można wyróżnić kilka stadiów wypalenia zawodowego:

- Stadium fizjologiczne – którego objawami są m.in. różnego rodzaju bóle, brak apetytu, senność, odczuwanie zmęczenia,

- Stadium społeczne – objawy: powtarzające się stany irytacji, okresy bezczynności, niepewność w kontaktach z ludźmi, pretensje i żale do innych ludzi, dystansowanie się,
- Stadium intelektualne – objawy: pojawiają się zaburzenia w logicznym myśleniu, w mówieniu i pisaniu,
- Stadium psycho-emocjonalne – objawy: nuda, nadużywanie alkoholu, narkotyków lub leków, zatarcie poczucia ryzyka i odpowiedzialności,
- Stadium duchowe – objawy: stany określane mianem dna, utrata wiary w fundamentalne zasady i wartości [7].

Policjant podczas służby narażony jest na wiele sytuacji traumatycznych, szczególnie takich, gdzie zagrożone jest jego życie lub zdrowie. Takie sytuacje prowadzą do przeżycia traumy, czyli gwałtownego urazu, który może spowodować zaburzenia somatyczne i psychiczne. Kumulacją stresu oraz nieradzenie sobie z nim może prowadzić do wielu negatywnych skutków, np. chorób somatycznych, wypalenia zawodowego, nerwicy, depresji czy samobójstwa [3].

Radzenie sobie ze stresem

Przeprowadzone przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi badania ukazują przyczyny rodzące sytuacje stresogenne wśród policjantów. Sytuacje te można podzielić na dwie grupy:

Pierwsza z nich dotyczy stosunków służbowych:

- zbyt wolne wprowadzanie systemowych rozwiązań, które pozwalałyby na rozwiązywanie problemów dotyczących policjantów, zarówno stresujących, jak i frustrujących,
- duży stopień dezintegracji środowiska policyjnego,
- niskie uposażenie policjantów na stanowiskach podstawowych, niezapewniające utrzymania rodziny,
- przedmiotowe traktowanie policjantów,
- praca w stałym zagrożeniu dyscyplinarnym, tworząca lękową motywację do pracy,
- lęk przed odpowiedzialnością dyscyplinarną za popełnione przewinienia,
- poczucie, że w swojej pracy policjant zdany jest tylko na siebie i nie może liczyć na pomoc ze strony współpracowników czy przełożonych,
- niewystarczający poziom wiedzy zawodowej,
- bardzo niejasny i niesprawiedliwy system premiowania i nagród,
- brak troski o warunki socjalne w jednostkach Policji w odniesieniu do służb podstawowych,

- stale wzrastający poziom obciążenia pracą typu biurokratycznego wymagającą dużego zaangażowania, która de facto nie jest dostrzegana, gdyż liczą się tylko konkretne wyniki potrzebne do wymaganej statystyki,
- poczucie niepewności wynikające z działania przy dużym niedoborze informacji i braku jasno określonego celu, a także działanie pod silną presją czasu.

Druga grupa dotyczy życia osobistego policjantów:

- problemy alkoholowe policjantów,
- konflikty małżeńskie i rodzinne,
- niski poziom egzystencji,
- zadłużenie w bankach,
- brak możliwości zaspokojenia oczekiwań rodziny policjanta,
- niska akceptacja społeczna wykonywanego zawodu [3].

Radzenie sobie ze stresem pojmowane jest jako proces, który obejmuje całość wysiłków poznawczych i behawioralnych, jakie podejmuje podmiot, aby sprostać specyficznym wewnętrznym lub zewnętrznym wymaganiom związanym z sprawdzeniem lub przekroczeniem osobistych zasobów [4]. W sytuacjach stresowych człowiek uruchamia mechanizmy obronne w celu zmniejszenia lub wyeliminowania napięcia lub niepokoju. Do głównych mechanizmów można zaliczyć:

- substytucję, czyli podstawienie celów zastępczych w miejsce nieakceptowalnych lub niemożliwych do osiągnięcia, uznanie, że cel trudny do osiągnięcia nie ma dla zestresowanego człowieka większego znaczenia,
- racjonalizację – szukanie logicznych lub pozornie wiarygodnych powodów, usprawiedliwień dla czynów, usprawiedliwianie swoich nieracjonalnych zachowań,
- projekcję: przypisywanie własnych słabości i błędów innym ludziom, obarczanie ich winą za własne niepowodzenia.

Wymienione wyżej mechanizmy obronne mogą nie wystarczyć do zapewnienia spokoju i uwolnienia się od lęku [7].

Oprócz wskazania wymienionych mechanizmów obronnych należy również wspomnieć o strategiach przewycięzania stresu, są nimi strategia zachowania zdrowia, strategia zachowania dystansu emocjonalnego i strategia wsparcia społecznego. Strategia zachowania zdrowia obejmuje takie działania, jak zwiększenie aktywności ruchowej, ćwiczenia fizyczne, ćwiczenia koncentracyjno–medytacyjne i innego rodzaju formy relaksu. Wszystkie formy relaksu osłabiają podatność człowieka na stres, wzmacniają skuteczną kontrolę nad ciałem i psychiką oraz zapewniają większą odporność na działanie czynników stresogennych. Strategia zachowania dystansu emocjonalnego polega na wykształceniu umiejętności reagowania na stres i opanowania stresu. W sytuacji niepowodzeń nie należy rozpaczać i obwiniać siebie, należy sytuację spokojnie przemy-

śleć i spokojnie ją ocenić. Ponadto trzeba umieć wyciągać wnioski, uczyć się na błędach i traktować porażkę jako element strategii działania. Strategia wsparcia społecznego opiera się na pomocy przełożonych, rodziny i przyjaciół. Wsparcie społeczne stanowi stopień, w jakim podstawowe potrzeby społeczne jednostki są zaspokajane przez kontakt z innymi ludźmi, którzy darzą jednostkę uczuciem przyjaźni, sympatii i służą jej pomocą [7].

W odniesieniu do funkcjonariuszy Policji należy zauważyć, że nie są oni pozostawieni sami sobie, nie zostają sami ze swoimi problemami, ze stresem. W każdej Komendzie Wojewódzkiej Policji tworzone są zespoły psychologów, które zajmują się między innymi pomocą psychologiczną i psychoterapeutyczną dla policjantów i innych pracowników Policji. Ponadto, psychologowie zajmują się również profilaktyką i edukacją. W 2010 roku został zrealizowany program z zakresu przeciwdziałania alkoholizmowi, identyfikowania i przeciwdziałania przemocy domowej w rodzinach policyjnych oraz profilaktyki stresu. Dodatkowo w celu redukcji stresu organizowane są warsztaty antystresowe. Podczas takich wyjazdów policjanci mają możliwość podreperowania swojego zdrowia psychicznego oraz mają szansę nauczenia się, jak w codziennym życiu zawodowym radzić sobie ze stresem. Psychologowie policyjni prowadzą również warsztaty dotyczące uzależnień, zachowań samobójczych, komunikacji, radzenia sobie z emocjami i wypaleniem zawodowym [11].

Podsumowanie

Podsumowując, należy zaznaczyć, że zawód policjanta ma bardzo duży wpływ na jego osobowość. Funkcjonariusz Policji bardzo często przenosi problemy zawodowe na życie prywatne, a efektywność zawodowa zależy między innymi od atmosfery rodzinnej. Każdy człowiek stara się radzić sobie ze stresem w różny sposób, na miarę swoich możliwości. Możliwości człowieka uzależnione są od wiedzy, zdobytego doświadczenia, temperamentu, wrażliwości emocjonalnej itp. Należy mieć jednak na uwadze, że każdy człowiek ma pewne granice odporności psychicznej i fizycznej, które wyznaczają, jak wiele sytuacji stresowych jest w stanie znieść i z nimi sobie poradzić [3]. Należy jeszcze raz podkreślić, że zawód policjanta jest jednym z najbardziej stresogennych zawodów. Wynika to między innymi z pracy w ciągłej gotowości do działania, wiąże się z nadmiernym obciążeniem obowiązkami oraz trudnościami z pogodzeniem życia zawodowego z rodzinnym. Duże znaczenie ma również służba w nieregularnych godzinach, w nocy oraz częste zmiany grafików. Policjant w czasie służby spotyka się z agresją, przemocą, ludzką tragedią. Niejednokrotnie informuje rodziny o śmierci ich najbliższych. Dodatkowo, policjant uczestniczy w różnego rodzaju interwencjach, podczas których pośrednio lub bezpośrednio naraża swoje życie i zdrowie. Celowym w tym miejscu będzie wskazanie, że

zawód policjanta nie jest zawodem dla każdego, a wysoki poziom stresu jest wpisany w jego wykonywanie. Nie należy zapominać, że każda służba w formacjach ukierunkowanych na utrzymanie bezpieczeństwa i porządku publicznego będzie zawodem zawsze wymagającym i stresogennym.

Literatura

- [1] Hołyst B., *Policja na świecie*, Wydawnictwo LexisNexis, Warszawa 2013.
- [2] Kołakowska W., *Stres zawodowy służb mundurowych. Konsekwencje i profilaktyka*, [w:] K. Popiołek (red.), *Kryzysy. Katastrofy. Katakлизmy. Zjawiska współczesnej cywilizacji*, Wydawnictwo Stowarzyszenie Psychologii i Architektury, Poznań 2004.
- [3] Królikowska A., *Samobójstwa wśród policjantów jako skutek nieefektywnego radzenia sobie z sytuacjami stresowymi*, [w:] Popiołek K. (red.), *Kryzysy. Katastrofy. Katakлизmy. Zjawiska współczesnej cywilizacji*, Wydawnictwo Stowarzyszenie Psychologii i Architektury, Poznań 2004, s. 282–288.
- [4] Kuczyńska A., Janda – Dąbek B., *Subiektywna interpretacja sytuacji a style radzenia sobie ze stresem*, [w:] Heszen – Niejodek I. (red.), *Konteksty stresu psychologicznego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2002.
- [5] Merecz D., Potocka A., Wężyk A., Waszkowska M., *Mini przewodnik po psychospołecznych zagrożeniach zawodowych przewodnik dla specjalistów BHP PIP, PIS, pracowników i pracodawców*, Oficyna Wydawnicza – Reklamowa, Łódź 2012.
- [6] Ogińska-Bulik N., *Stres zawodowy policjantów. Źródła – konsekwencje – zapobieganie*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Humanistyczno-Ekonomicznej, Łódź 2007.
- [7] Penc J., *Kreowanie zachowań w organizacji. Konflikty i stesy pracownicze. Zmiany i rozwój organizacji*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2001.
- [8] Piotrowski A., *Stres i Wypalenie zawodowe funkcjonariuszy Służby Więziennej*, Wydawnictwo Delfin, Warszawa 2010.
- [9] Terelak J. F., *Człowiek i stres*, Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz–Warszawa 2008.
- [10] Wiszowaty E., *Etyka w policji. Między moralnością i skutecznością*, Oficyna Wydawnicza Łośgraf, Warszawa 2011,
- [11] <http://www.policja.pl/pol/aktualnosci/68323,Psychologowie-policyjni.html> (data dostępu: 30.04.2018).



Szymon Berski, Dorota Wojtyto

Instytut Przeróbki Plastycznej i Inżynierii Bezpieczeństwa

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

e-mail: berski.szymon@wip.pcz.pl

ZASTOSOWANIE WOLNEGO OPROGRAMOWANIA DO ADMINISTROWANIA DANymi PRZESTRZENNYMI W ZARZĄDZANIU KRYZYSOWYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości zastosowania przestrzennych baz danych w zarządzaniu sytuacjami kryzysowymi w jednostkach samorządu terytorialnego, na przykładzie tworzenia i administrowania bazą danych obiektów kwarantannowych wykorzystanych w ćwiczeniach z zakresu zarządzania kryzysowego (ZK) Kwarantanna 2015. Na podstawie analizy wniosków z ćwiczeń wojewódzkich z zakresu zagrożeń epidemiologicznych utworzono bazę danych obiektów kwarantannowych w województwie śląskim przy użyciu narzędzi opartych o licencje typu Open Source (OS) lub wolnego oprogramowania do rozwoju narzędzi informatycznych dla jednostek samorządu terytorialnego.

Słowa kluczowe: bazy danych, dane przestrzenne, zarządzanie kryzysowe, wolne oprogramowanie, PostgreSQL, PostGIS, QGIS.

APPLICATION OF OPEN SOURCE SOFTWARE TO MANAGE THE SPATIAL DATA IN CRISIS MANAGEMENT

Abstract. In the article possibilities of using spatial databases in management of crisis situations in self-government units on the example of creating and administration a database of quarantine objects used in crisis management exercises Quarantine 2015 were presented. Based on the analysis of applications from provincial exercises in the field of epidemiological threats, a database of quarantine objects in the Śląskie Voivodeship using tools based on open source licenses (OS) for the development of IT tools for local government units was created.

Keywords: databases, spatial data, crisis management, open source, PostgreSQL, PostGIS, QGIS.

Wstęp

Dobłą praktyką w krajach Unii Europejskiej jest utrzymywanie wysokich standardów w służbach związanych z Zarządzaniem Kryzysowym na szczeblu samorządowym. Jednym ze sposobów utrzymania wysokiej gotowości i aktualności sił środków i procedur z zwalczaniu różnego rodzaju zagrożeń są organizowane na szeroką skalę ćwiczenia służb kryzysowych. W Polsce, w roku 2015 odbyły się wojewódzkie ćwiczenia z zakresu zarządzania kryzysowego, które obejmowały swoim działaniem całe województwo śląskie. Tematem ćwiczenia było zwalczanie choroby ludzi szczególnie niebezpiecznej i wysoce zakaźnej pk. „Kwarantanna 2015”. Ogólnym celem ćwiczenia były: sprawdzenie procedur administracyjnych w przypadku ogłoszenia stanu zagrożenia epidemicznego, weryfikacja miejsc kwarantannowych oraz weryfikacja kompetencji poszczególnych jednostek biorących udział w ćwiczeniu. Ćwiczenie zostało zarządzane przez wojewodę śląskiego [1], natomiast pieczę nad jego organizacją powierzono dyrektorowi Wydziału Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego ŚUW. Jednym z wielu wniosków podsumowujących w/w ćwiczenie była aktualizacja obiektów kwarantannowych wymienionych w załączniku nr 20 do wojewódzkiego planu działania na wypadek wystąpienia epidemii w województwie śląskim [2]. WCZK, jak i wszystkie służby związane z planowaniem działań Zarządzania Kryzysowego, powinny mieć bezpośredni dostęp do aktualnych danych o obiektach kwarantannowych, takich jak: ich stan gotowości do przyjęcia osób poddanych kwarantannie, ilość miejsc kwarantannowych, odległości od miejsca zdarzenia, czas dojazdu itp. Utworzenie bazy danych tego typu obiektów pozwoli na bieżące informacje nt. stanu tych obiektów i możliwości optymalnego ich wykorzystania w wypadku wystąpienia epidemii.

Cel i zakres pracy

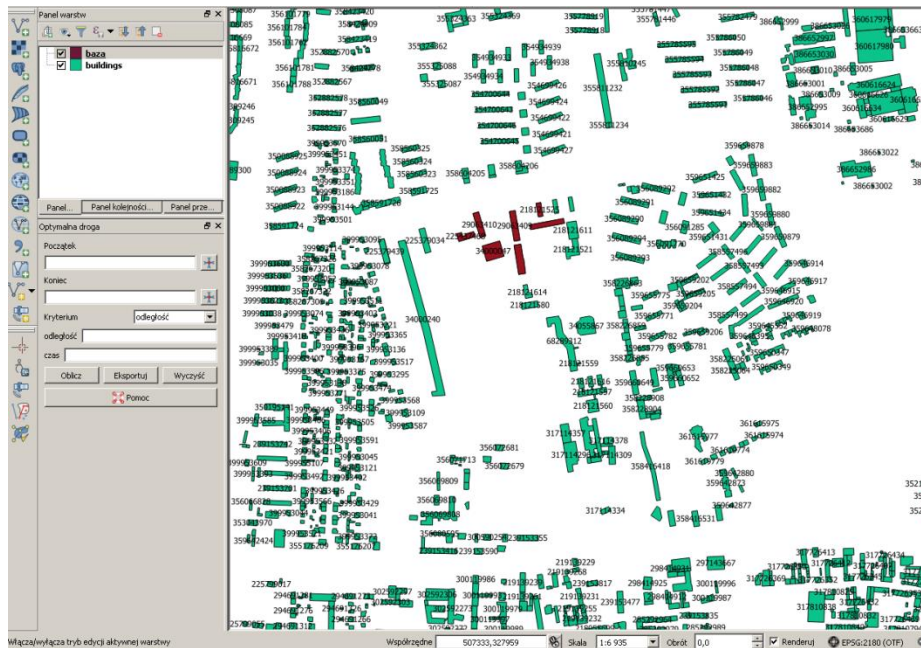
W pracy [3] przedstawiono model, który może być wykorzystany do zarządzania informacjami w trakcie działań służb ZK związanymi z obiektami kwarantannowymi, zbudowany z kilku warstw obiektów geometrycznych jedno- i dwuwymiarowych, który opisuje rozmieszczenie poszczególnych budynków obiektu, dróg transportowych i punktów charakterystycznych akcji, np. przyjęcie osób do kwarantanny, dekontaminacja czy określenie miejsca odosobnienia, które zostały pokazane na przykładzie wybranego obiektu. Uzupełnieniem, a właściwie rozszerzeniem możliwości działania tego modelu jest utworzenie współpracującej z tym modelem aktualnej i kompletnej bazy danych obiektów kwarantannowych w województwie śląskim, która będzie wspomagała działania służb ZK głównie w fazach przygotowania i reagowania. Celem niniejszej pracy było utworzenie na podstawie ostatecznych wniosków z prze-

prorowadzenia wojewódzkiego ćwiczenia z zagrożenia epidemiologicznego Kwarantanna 2015 bazy danych obiektów kwarantannowych (OK) województwa śląskiego. W artykule przedstawiono dobór oprogramowania, którego licencje pod pewnymi warunkami pozwalają na jego bezpłatne wykorzystanie nawet w celach komercyjnych. Do utworzenia struktury bazy obiektów i uzupełnienia jej danymi wykorzystano system zarządzania relacyjno-obiektową bazą danych (SZROBD) PostgreSQL, którego licencja [4] spełnia warunki wolnego oprogramowania i jej warunki są bardzo podobne do licencji GNU (GPL) [5]. System PostgreSQL jest rozszerzony o obsługę danych przestrzennych (geograficznych) PostGIS zgodnie ze standardami OGC [6] na licencji GNU (GPL) wersja 2. Do obróbki danych przestrzennych użyto programu QGIS opartego na licencji GNU (GPL) oraz projektu OpenStreetMap, którego użycie i wykorzystanie reguluje licencja ODbL [7]. Ostatecznie baza może być wykorzystana, jako samodzielne narzędzie lub może być dołączona do wykorzystywanych narzędzi, takich jak: pakiety biurowe SZBD programy narzędziowe czy użytkowe. Baza może również zawierać inne zbiory obiektów ważnych z punktu widzenia ZK, na przykład obiekty infrastruktury krytycznej.

Metodyka i etapy powstawania bazy danych oraz schemat działania

Zaproponowany model oparty jest głównie o środowisko bazodanowe tj. SZROBD PostgreSQL w stabilnej wersji 9.3.22 na 64-bitowej wersji systemu linux-gnu Ubuntu 14.04 wraz z rozszerzeniem o informację nt. przestrzennych obiektów PostGIS w wersji 2.1 oraz bazy danych obiektów kwarantannowych o strukturze w formie relacji (tabeli) obejmującej atrybuty opisowe i przestrzenne. Struktura tabeli w części danych opisowych powstała na podstawie informacji o danych uzyskanych przy opracowaniu dokumentów w trakcie przeprowadzanych ćwiczeń Kwarantanna 2015, jak również na podstawie dokumentów zawartych w wojewódzkim planie na wypadek wystąpienia epidemii [8], natomiast część struktury związanej z danymi przestrzennymi powstała przy wykorzystaniu Systemu PostgreSQL oraz projektu OpenStreetMap. Do utworzenia przykładowej bazy wybrano 28 obiektów kwarantannowych, które spełniały podstawowe wymagania związane z kwalifikacją do tego typu obiektów. Do tworzenia i modyfikacji obiektów przestrzennych bazy można wykorzystać obiekty wcześniej utworzone np. w ramach projektu Openstreet-Map [9] i dostosowywać je do własnych potrzeb lub utworzyć nowe. Obu typów operacji można dokonywać w systemie QGIS, który umożliwia tworzenie map i współpracę z serwerami baz danych zarówno rastrowych, jak i wektorowych w różnych formatach. Na podstawie tego projektu w niniejszym artykule

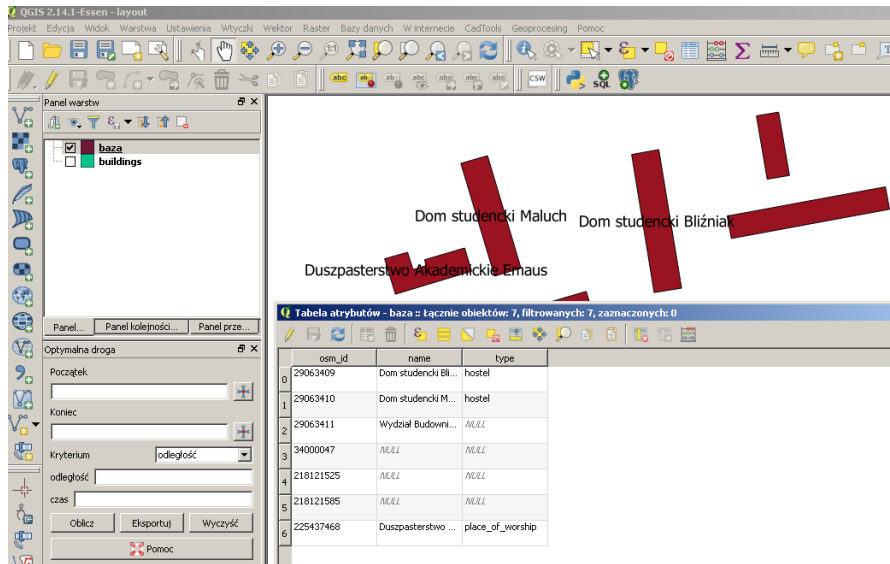
do tworzenia części obiektów kwarantannowych wykorzystano geometrie bazy obiektów z województwa śląskiego zawarte w warstwie Buildings. Ze strony projektu [9] pobrano bazę obiektów z województwa śląskiego w formie warstwy .shp i wczytano do programu QGIS (Rys. 1), następnie przy użyciu narzędzi edycyjnych ustawiono układ przestrzenny EPSG2180 oraz zmodyfikowano istniejące obiekty tak, aby je zastosować w bazie obiektów kwarantannowych.



Rys. 1. Warstwy bazy *slaskie.shp* wykorzystane do modyfikacji w programie QGIS

Modyfikacja danych polegała na wybraniu odpowiednich danych geometrycznych oraz ustawieniu etykiet dla poszczególnych rekordów oraz ponownej numeracji atrybutów identyfikacyjnych *osm_id* (Rys. 2). Na tym etapie tworzenia bazy dla wybranych obiektów po analizie struktury ustalono układ tabeli atrybutów (Rys. 2), która składa się z trzech atrybutów *osm_id*, *name* i *type*. Atrybuty *name* i *type* to atrybuty zawierające dane opisowe natomiast w atrybucie *osm_id* zawarte są informacje o ilości i wzajemnym oraz globalnym położeniu wierzchołków tworzących wielokąt (typ MULTIPOLYGON).

Tak przygotowana bazę obiektów typu MULTIPOLYGON w formie pliku shp przy użyciu programu shtptopgsql (Rys. 3) przekonwertowano na plik z danymi przestrzennymi w formacie gotowym do importu do SZROBD PostgreSQL z wcześniej skonfigurowanym rozszerzeniem PostGIS.



Rys. 2. Tabele atrybutów wybranych obiektów wraz z ich geometrycznymi reprezentacjami i etykietami

```
szymek@szymekBD:~/shp/baza$ shp2pgsql /home/szymek/shp/baza/baza.shp baz > baz.s
ql
Shapefile type: Polygon
Postgis type: MULTIPOLYGON[2]
szymek@szymekBD:~/shp/baza$ ls -la
razem 92
```

Rys. 3. Konwersja pliku *shp* do pliku bazy *.sql* wybranych obiektów przestrzennych

Do tego celu posłużył zdalny serwer baz danych oparty na stabilnym systemie operacyjnym Linux Ubuntu 14.04 wersja gcc 4.8.4-2, a konwersji dokonano na pliku *baza.shp* (a właściwie pakietu plików składających się na warstwę *shp* czyli plików z rozszerzeniami: *.cpg* zawierający system kodowania czcionek, *.dbf* zawierający atrybuty zdefiniowane w programie QGIS, *.prj* i *.qpj* zawierające informacje o układzie współrzędnych WGS 1984 oraz *.shp* i *.shx* z danymi geometrycznymi). Część operacji na danych w środowisku opartym o systemy operacyjne typu UNIX należy przeprowadzać po uprzednim ustawieniu dostępu dla użytkowników (rys.4).

```
szymek@szymekBD:~/shp/baza$ sudo chown postgres baz.sql
```

Rys. 4. Ustawienie praw dostępu do plików dla użytkownika bazy danych

Przy użyciu programu *psql* będącego *częścią* SZROBD PostgreSQL z pliku bazy danych przestrzennych *.sql* utworzono bazę danych zawierających

dane przestrzenne zgodne ze standardem OpenGIS i opisowe powiązane odpowiednimi relacjami i w tym zakresie zgodne z normą ISO/IEC 9075:2011 [10]. Wynik działania programu *psql* przedstawiono na Rys. 5.

```

szymek@szymekBD:~/shp/baza$ psql -d Kwar2018 -f baz.sql -U postgres
Password for user postgres:
SET
SET
BEGIN
CREATE TABLE
ALTER TABLE
      addgeometrycolumn
-----
public.baz.geom SRID:0 TYPE:MULTIPOLYGON DIMS:2
(1 row)

INSERT 0 1
INSERT 0 1
INSERT 0 1
INSERT 0 1
INSERT 0 1
INSERT 0 1
INSERT 0 1
INSERT 0 1
COMMIT

```

Rys. 5. Utworzenie bazy danych przestrzennych obiektów kwarantannowych w systemie PostgreSQL

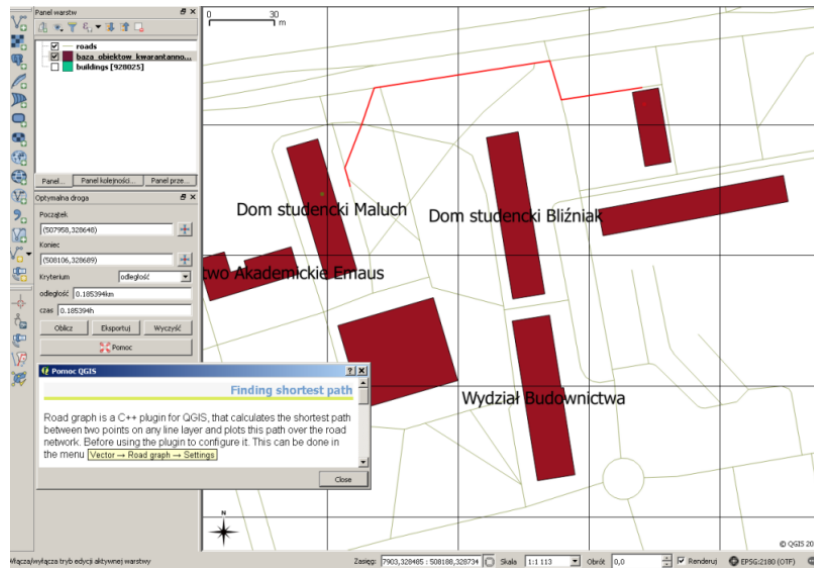
Zawartość relacji Obiekty kwarantannowe przedstawiono na Rys.6 można zaobserwować pojawienie się nowych atrybutów *gid* z autonumeracją oraz *geom* z danymi o geometrii i układzie współrzędnych w formie binarnej.

gid (PK) serial	osm_id character varying(48)	name character varying(48)	type character varying(16)	geom geometry(MultiPolygon)
1	29063409	Dom studencki Elifniak	hostel	010600000001000000010300000001000000050000000C1E7E2CA34D33401260A28B9769494031A0CD604
2	29063410	Dom studencki Maluch	hostel	010600000001000000010300000001000000050000003AFD4575DF1C3340CB812F96694940F85278D0E
3	29063411	Wydział Budownictwa		010600000001000000010300000001000000090000000CEFA39AA3FD3340A1421ABA7E6949404E38AB4
4	34000047			010600000001000000010300000001000000050000000FALFAA3AF31C33404E8C76267E6949405EC328081
5	218121525			010600000001000000010300000001000000050000000FBEBD477ED3340C70BE379E694940A591859E3
6	218121585			010600000001000000010300000001000000050000003D15CB8661D3340D44053D6A694940F69C47786
7	225437468	Burszasterstwo Akademickie Ensus	place_of_worship	0106000000010000000103000000010000000900000003609394AB91C33402692431F87694940DC580D4

Rys. 6. Struktura relacji Obiekty kwarantannowe z danymi wstępnymi

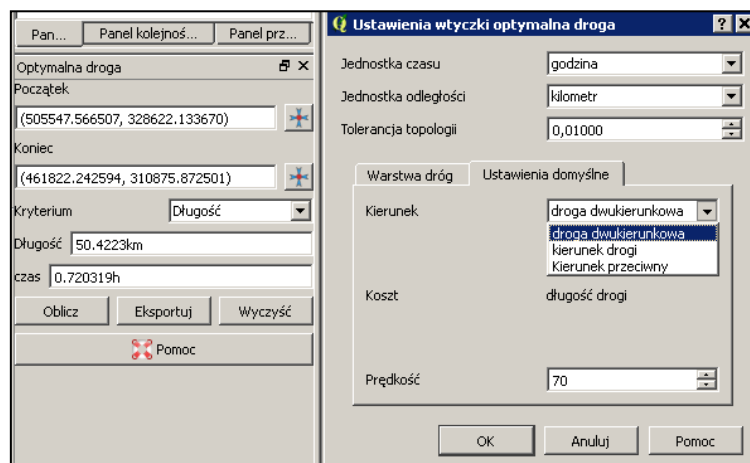
Na tym etapie otrzymano właściwą strukturę bazy związaną z położeniem obiektów i ich identyfikacją. Wykorzystując narzędzia SZROBD PostgreSQL, dodano elementy struktury relacji zawierające informacje niezbędne z punktu widzenia wykorzystania bazy danych obiektów kwarantannowych (OK) w ZK, tj. atrybuty opisowe: ilość miejsc dla osób poddanych kwarantannie, dane administratora obiektu czy dane kontaktowe.

W następnym etapie dodano warstwę geometryczną Roads, która zawiera elementy geometryczne typu MULTILINESTRING i umożliwia przewidywanie czasu dojazdu do obiektu z miejsca zdarzenia oraz wybór najbardziej optymalnego rozwiązania dla danego zdarzenia. W artykule zaproponowano dodanie warstwy zawierającej zbiór dopuszczalnych elementów po których można się poruszać między obiektami kwarantannowymi, a dowolnym miejscem zdarzenia w województwie śląskim, wykorzystując program QGIS (Rys.7).



Rys. 7. Wykorzystanie warstwy geometrycznej Roads do obliczania czasu dostępu do obiektu

W programie QGIS, aby korzystać z możliwości pomiaru odległości i czasu dojazdu, należy zainstalować i skonfigurować wtyczkę C++ Road Graph (Rys. 7), która pozwala na odnalezienie najkrótszej drogi między dwoma punktami, wykorzystując dostępną warstwę elementów geometrycznych, np. Roads. Na Rys. 8 przedstawiono przykładowe wyznaczenie najkrótszej drogi między budynkami obiektu oraz wyliczenie czasu ich przebycia przy użyciu wtyczki Road Graph.



Rys. 8. Konfiguracja niektórych elementów wtyczki Road Graph

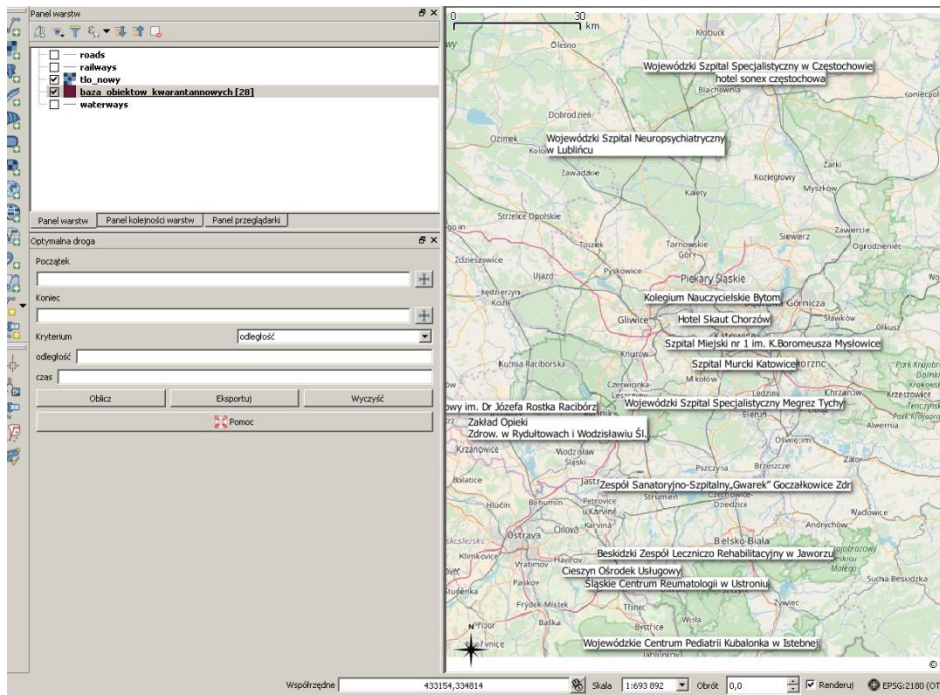
Po skonfigurowaniu wtyczek oraz dodaniu niezbędnych warstw, jak również uzupełnieniu rekordów bazy obiektów kwarantannowych otrzymano bazę danych o pełnej funkcjonalności wraz z możliwością monitorowania stanu tych obiektów (Rys. 9). Spójność bazy może być zapewniona przez odpowiednio wcześniej ustalone procedury, które będą określać, na jakich zasadach, jakimi kanałami, i z jaką częstotliwością administratorzy obiektów lub osoby odpowiedzialne w poszczególnych centrach ZK będą dokonywać migracji aktualnych danych o stanie obiektu.

gid [PK] serial	osm_id character varying(62)	name character varying(62)	type character varying(62)	geom geometry(M, numeric)	ilosc_m numeric	administrato character varying(62)	stan_got boolean
1	29063409	Dom studencki Bliźniak Częstochowa	hostel	01060000000	35	Adam S.	TRUE
2	29063410	Dom studencki Maluch Częstochowa	hostel	01060000000	142	Tadeusz B.	TRUE
3	225437468	Duszpasterstwo Akademickie Emaus Częstochowa	place_of_worship	01060000000	10	Genwefa M.	TRUE
4	109411839	Beskidzki Zespół Leczniczo Rehabilitacyjny w Jaworznie	hospital	01060000000	55	Ada Z.	TRUE
5	243060221	Śląskie Centrum Reumatologii w Ustroniu	hospital	01060000000	244	Monika Cz.	TRUE
6	331040143	Wojewódzkie Centrum Pediatrii Kubalonka w Istebnej	hospital	01060000000	60	Anna S.	TRUE
7	232573119	Bursa dla Młodzieży Żeńskiej, Cieszyń, Górny Rynek	hostel	01060000000	51	Damian C.	TRUE
8	180618730	Zespół Szkół Tech-Inf. Ślązaczek w Gliwicach	hostel	01060000000	49	Robert H.	FALSE
9	254509179	Wojewódzki Szpital Neuropsychiatryczny w Lublińcu	hospital	01060000000	32	Szczepan T.	TRUE
10	215469397	Szpital Rejonowy im. Dr Józefa Rostka Racibórz	hospital	01060000000	25	Grzegorz W.	TRUE
11	201774424	Szpital Murcki Katowice	hospital	01060000000	35	Adrian T.	TRUE
12	167978343	Hotel Blues Chorzów	hotel	01060000000	20	Olaf O.	TRUE
13	221127406	Szpital Miejski Siemianowice Śląskie	hospital	01060000000	29	Wiesława S.	TRUE
14	414657744	Kemping Olenka Częstochowa	hostel	01060000000	80	Michał E.	FALSE
15	295868302	Wojewódzki Szpital Specjalistyczny Megrez Tychy	hospital	01060000000	15	Edmund P.	TRUE
16	210045241	Dom Sportowca OSIR Racibórz	hotel	01060000000	37	Elwira U.	TRUE
17	215462259	Specjalny Ośrodek Szkolno-Wych. dla Miesz. Racibórz	school	01060000000	100	Romuald E.	TRUE
18	236791393	Zakład Opieki Zdrow. w Rydułtowach i Wodzisławiu Śląskim	hospital	01060000000	91	Alicja B.	TRUE
19	201994388	Zespół Sanatoryjno-Szpitalny „Gwarek” Goczałkowice	hospital	01060000000	23	Dariusz R.	FALSE
20	239153434	Wojewódzki Szpital Specjalistyczny w Częstochowie	hospital	01060000000	24	Wiesław K.	TRUE
21	215198549	hotel grand Częstochowa	hotel	01060000000	16	Dorota M.	TRUE
22	300180584	hotel sonex częstochowa	hotel	01060000000	28	Ewa i.	TRUE
23	2238457	Kolegium Nauczycielskie Bytom	multipolygo	01060000000	36	Inga M.	TRUE
24	239191748	Ośrodek Leczniczo Rehabilitacyjny „Bucze” w Górkach	hospital	01060000000	49	Paweł F.	TRUE
25	129930552	Cieszyń Ośrodek Usługowy	ośrodek	01060000000	13	Szymon S.	TRUE
26	170616794	Szpital Miejski nr 1 im. K.Boromeusza Mysłowice	szpital	01060000000	69	Dorota W.	TRUE
27	299285670	ZOZ Świętochłowice	hospital	01060000000	83	Agata S.	TRUE

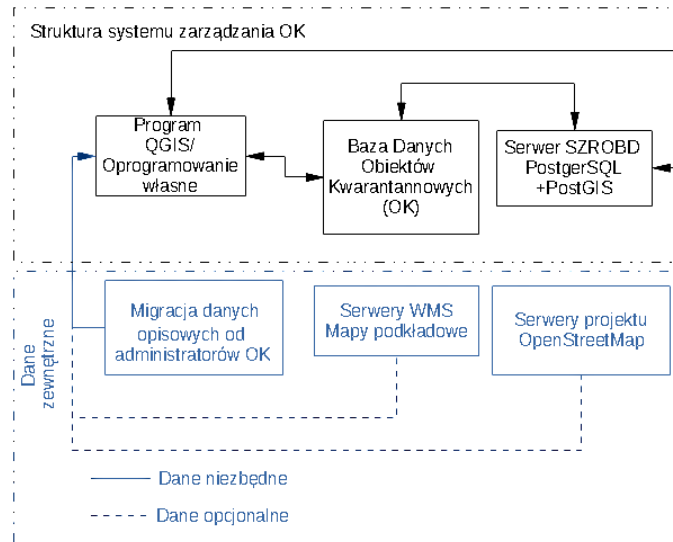
Rys. 9. Relacja obiekty kwarantannowe z atrybutami opisowymi i przestrzennymi

Podkład mapowy można uzyskać w zależności od potrzeb, jako rastrowy podkład dowolnego obrazu, np. mapy (Rys. 10), zdjęcia czy zdjęcia satelitarne lub rastrowy podkład obiektów wektorowych utworzonych na własne potrzeby, wtedy operacji dokonuje się poprzez narzędzie Georeferencer programu QGIS (wykorzystane w tym opracowaniu) albo też można wykorzystać gotowe podkłady mapowe przy użyciu danych udostępnianych przez serwery WMS.

Strukturę zarządzania obiektami kwarantannowymi według modelu opisanego w niniejszym artykule można opisać przy użyciu schematu przedstawionego na Rys. 11.



Rys. 10. Rastrowy podkład wraz z danymi wektorowymi obiektów kwarantannowych



Rys. 11. Schemat modelu zarządzania bazą danych obiektów kwarantannowych przy wykorzystaniu OS

Przedstawiony na Rys. 11 schemat pozwala prześledzić przepływ informacji między głównymi elementami modelu zarządzania bazą OK. Podzielony został na dwie warstwy: narzędzia informatyczne wraz ze strukturą bazy danych i głównymi danymi oraz warstwą dostarczającą dane zewnętrzne, tj. dane, które wymagają posłużenia się zewnętrzną infrastrukturą IT (Serwery WMS/WFS, OpenStreetMap). Część z tych danych jest niezbędna, czyli np. wszelkie informacje od administratorów OK, natomiast ze względu na bezpieczeństwo przesyłania danych oraz niezależność rozwiązania informatycznego część może być stosowana opcjonalnie.

Podsumowanie i wnioski

Zastosowane oprogramowanie i utworzona baza danych obiektów pozwalają na zarządzanie danymi wykorzystanymi do tworzenia bazy OK, między innymi pozwalają na bieżąco uzyskiwać informacje, takie jak gotowość obiektu, liczbę miejsc kwarantannowych, odległość, czas dojazdu oraz inne statystyki umożliwiające sprawną i szybką ocenę wykorzystania tych danych w sytuacji kryzysowej i odpowiednie reagowanie. Model umożliwia również bieżące śledzenie sytuacji, nanoszenie nowych warstw obiektów i tworzenie map. Przedstawiony w pracy sposób tworzenia bazy danych oraz zarządzania nimi poprzez użycie wolnego oprogramowania może być wykorzystywany w jednostkach administracji samorządowej zarówno związanych z ZK, jak i w innych jednostkach wykonujących zadaniach związane z monitoringiem i utrzymaniem aktualnych danych o obiektach różnego przeznaczenia. Utworzona baza danych może być administrowana na wiele wariantów, np. wykorzystując własną infrastrukturę „*hardware*” lub korzystając z serwerów zewnętrznych, integrując bazę z własnym oprogramowaniem, tworząc autonomiczne lub wykorzystując oprogramowanie komercyjne zakupione wcześniej. Warunkiem utrzymania spójności bazy jest utworzenie odpowiednich procedur aktualizacji danych z jednostek administrujących wybranymi OK. Innym wariantem zastosowania bazy jest korzystanie z zewnętrznych serwerów WMS lub korzystanie z projektu OpenStreetMap. Dobór odpowiedniego rozwiązania zależy od potrzeb konkretnej jednostki samorządowej, typu zadania, typu informacji (niezbędnych poziomów zabezpieczeń informacji) czy integracji z innymi bazami.

Literatura

- [1] <http://www.archiwalnastrona.slask.eu/download/26657.pdf> Zarządzenie nr 47/15 Wojewody Śląskiego - ćwiczenie KWARRANTANNA 2015 (dostęp 14.05.2018)

-
- [2] <http://bip.katowice.uw.gov.pl/download/490.zip> Wykaz obiektów wytypowanych do utworzenia obiektów kwarantannowych terenie województwa śląskiego wraz z postępowaniem w obiektach kwarantannowych załącznik nr 20 do Wojewódzkiego planu działań na wypadek wystąpienia epidemii (dostęp 14.05.2018)
 - [3] Berski S.: Zastosowanie bazy danych przestrzennych w zarządzaniu kryzysowym / Application of spatial data bases in crisis management. Seria Monografie nr 62 pod red. Kawalek A. i Strycharskiej D., Częstochowa, 2016, s. 110-124.
 - [4] <https://www.postgresql.org/about/licence/> Licencja BSD (dostęp 22.03.2018)
 - [5] <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pl.html> Wolne oprogramowanie (dostęp 22.03.2018)
 - [6] <http://www.opengeospatial.org/docs/as> Standardy OGC (dostęp 30.05.2018)
 - [7] <https://www.openstreetmap.org/copyright> licencja Open Data Commons Open Database License (dostęp 22.03.2018).
 - [8] <http://bip.katowice.uw.gov.pl/download/490.zip> Wojewódzki Plan Działań na Wypadek Wystąpienia Epidemii (dostęp 14.05.2018).
 - [9] <http://download.geofabrik.de/europe/poland.html> Projekt OpenStreetMap (dostęp 11.05.2018).
 - [10] <https://www.iso.org/standard/53685.html> Norma ISO/IEC 9075:2011 (dostęp 23.05.2018).



Jolanta Wilsz

*Wyższa Szkoła Informatyki, Zarządzania i Administracji w Warszawie
ul. Łabiszyńska 25, 03–204 Warszawa*

ZACHOWANIA JEDNOSTKI W SYTUACJACH ZAGROŻENIA W KONTEKŚCIE DOZNAWANYCH EMOCJI - UJĘCIE CYBERNETYCZNE

Streszczenie. Znajomość wewnętrznego homeostatycznego mechanizmu człowieka pozwala określić wpływ emocji na jego zachowania. W artykule zacytowane zostały opinie specjalistów, głównie psychologów, na temat emocji. W oparciu o cybernetyczną teorię systemu autonomicznego autorka omówiła mechanizm powstawania emocji. Uzasadniona została teza, że emocje u człowieka pojawiają się wówczas, gdy zostaje naruszana jego równowaga funkcjonalna albo gdy zostaje przywracana. Głównym przedmiotem rozważań autorki są trzy obiegi korelacyjne występujące w systemie autonomicznym i ich wpływ na zachowania człowieka. Wskazane zostały implikacje mechanizmu wywołującego emocje dla zachowań człowieka w sytuacjach zagrożenia.

Słowa kluczowe: sytuacje zagrożenia, emocje, zachowania, równowaga funkcjonalna, obieg korelacyjny.

BEHAVIOR OF AN INDIVIDUAL IN EMERGENCY SITUATIONS IN THE CONTEXT OF SUFFERED EMOTIONS - CYBERNETIC APPROACH

Abstract. Understanding of internal homeostatic mechanism of a human allows to quantify the influence of emotions on his behavior. In the article various specialists' opinions, in particular of psychologists' regarding emotions, were presented. Based on the cybernetic theory of autonomic system the author discussed mechanism of creating emotions. The thesis on the occurrence of emotions at a time of a disturbance in or recovery of his functional balance, was given grounds to. The main areas of the author's deliberations are of the three correlative circulations existing in an autonomic system and their influence on behavior of a human.

Keywords: emergency situations, emotions, behaviors, functional balance, correlative circulation.

Wprowadzenie

W otoczeniu człowieka, w związku z postępującymi procesami globalizacyjnymi, dokonują się dynamiczne zmiany, bezustannie pojawiają się nowe zagrożenia, w związku z tym bezpieczeństwo stało się jednym „z najbardziej fundamentalnych, powszechnie występujących i aktualnych problemów człowieka. (...) jest jedną z najważniejszych potrzeb człowieka, a jej zaspokajanie pozwala na jego prawidłowy rozwój osobowy, emocjonalny i psychiczny. Potrzeba i pragnienie bezpieczeństwa to najważniejsze problemy nurtujące ludzi i społeczności w skali globalnej, lokalnej oraz w wymiarze indywidualnym”¹.

Nowe sytuacje, których człowiek nie jest w stanie zaakceptować, ani nie potrafi się do nich przystosować, których często nie rozumie, budzą jego niepokój, a nawet grozę i przerażenie, odczuwa je jako **sytuacje zagrożenia**², których skutki mają głównie charakter psychologiczny. Sytuacje powodujące duże naruszenie równowagi funkcjonalnej człowieka, wywołują u niego między innymi: niepokój, lęk, przerażenie, zdenerwowanie – świadczące o wysokim poziomie **emocji negatywnych**.

Człowiek, u którego prawidłowo działa homeostatyczny mechanizm samoregulacji wewnętrznej jest w stanie sam podjąć właściwe, korzystne dla siebie decyzje/działania, w wyniku których uruchomiony zostanie proces powracania do stanu równowagi funkcjonalnej, który zredukuje/usunie powstałe zakłócenia, a więc również emocje negatywne, dzięki czemu poprawi się jego stan psychiczny.

Wyjście z „opresji” w sytuacji zagrożenia często jest możliwe jedynie dzięki podjęciu błyskawicznej decyzji, wymaga natychmiastowej reakcji, często ze względu na brak czasu, bez możliwości poszukiwania logicznych zależności między przyczynami i skutkami, ani bez szansy dokonania wnikliwej analizy chociażby najważniejszych aspektów zaistniałej sytuacji. Wówczas – jak pisze wykładowca Uniwersytetu Harvarda w USA, doktor Daniel Goleman, autor światowego bestsellera „Inteligencja emocjonalna” – decyzje podejmowane są „polegając na pierwszym wrażeniu, reagując na ogólny obraz sytuacji albo na jej najbardziej rzucające się w oczy aspekty i cechy. Ogarnia się całość jednym spojrzeniem i reaguje nie tracąc czasu na rozsądną analizę tego, co się

¹ B. Hołyst, *Bezpieczeństwo. Ogólne problemy badawcze*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2014, s. 9–10.

² Tego rodzaju sytuacje nie spowodują uszczerbku stanu fizycznego człowieka, zakłócają jedynie jego równowagę psychiczną. Jednakże decyzje podjęte przez człowieka znajdującego się w stanie naruszenia równowagi psychicznej przez sytuacje zagrożenia mogą być złymi decyzjami, które mogą doprowadzić do dramatycznych skutków również w sferze fizycznej, do kalectwa, a nawet do utraty życia. Dlatego tak ważne jest właściwe zachowanie człowieka we wszelkiego rodzaju sytuacjach zagrożenia.

dostrzeża. Wrażenie mogą zdominować i określić jaskrawe elementy sytuacji, przeważając nad dokładną oceną jej pozostałych szczegółów”³. Przy tego typu reakcjach dzięki **procesom emocjonalnym**, człowiek jest w stanie natychmiast określić emocjonalną wagę sytuacji, dokonując jej błyskawicznej oceny i momentalnie podjąć trafną decyzję często określaną jako **decyzja intuicyjna**.

Wpływu emocji na zachowania człowieka, nie kwestionuje żaden naukowiec, chociaż jeszcze niedawne wypowiedzi niektórych psychologów na ten temat, w świetle aktualnej wiedzy, należy zaliczyć do relikwów przeszłości. Dziś, nie tylko dla naukowców, oczywiste jest, że na podejmowane przez człowieka decyzje, na jego zachowania – szczególnie w sytuacjach trudnych, konfliktowych, kryzysowych, krytycznych, decydujący wpływ mają **emocje**.

Niestety zachowań człowieka w sytuacjach zagrożenia ani w żadnych innych nie da się wyjaśnić w oparciu o teorie psychologiczne, gdyż zachowania pojawiają się w efekcie wewnętrznego procesu transformacji uruchomionego przez docierające do człowieka bodźce. Psychologia jako nauka empiryczna nie ma dostępu do tego sterowniczego procesu.

Naukowe argumenty wywodzące się z nauk ścisłych dowodzą, że w oparciu o obserwacje nie można „rozszyfrować” mechanizmu wewnętrznego człowieka, który znajduje się poza zasięgiem obserwacji.

Zachowania człowieka, podobnie jak emocje, są zjawiskiem sterowniczym zachodzącym w człowieku, w jego wnętrzu. Możliwości wyjaśnienia tego zjawiska ma jedynie nauka ścisła o sterowaniu – cybernetyka, w oparciu o opracowane w niej teorie. Szczególne znaczenie ma cybernetyczna teoria systemów autonomicznych Mariana Mazura⁴, w której wewnętrzne mechanizmy homeostatyczne, sterujące zachowaniami tych systemów zostały przedstawione jako zjawiska fizyczne o charakterze informacyjno-energetycznym. Analiza homeostatycznego mechanizmu zachodzącego w systemie autonomicznym pozwala określić występujące w nim zależności zachodzącą między procesami poznawczymi i emocjami.

Emocje i ich wpływ na podejmowane działania – opinie specjalistów

Specjaliści badający emocje formułują na ich temat często różniące się opinie, zacytuję niektóre z nich:

³ D. Goleman, *Inteligencja emocjonalna*, Wydawnictwo Media Rodzina, Poznań 1997, s. 446.

⁴ M. Mazur, *Cybernetyczna teoria systemów samodzielnych*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1966.

- „stany emocjonalne informują o potrzebie odpowiedniego działania”;
- „psychologia oparta jedynie na koncepcji przetwarzania informacji nigdy nie przekaze nam całej prawdy o człowieku”⁵;
- „emocja jest subiektywnym stanem psychicznym uruchamiającym priorytet dla związanego z nią programu działania. Jej odczuwaniu towarzyszą zwykle zmiany somatyczne, ekspresje mimiczne i pantomimiczne”⁶;
- „emocje są nie tylko ważne, ale absolutnie konieczne do podejmowania dobrych decyzji, wykonywania właściwych działań w celu rozwiązywania problemów, radzenia sobie ze zmianami i odnoszenia sukcesów”⁷;
- „im większa intensywność emocji, tym ich wpływ na działania człowieka szybszy i silniejszy. Emocje mogą działania wzmacniać, jeśli na przykład już pierwsze efekty działań wywołują emocje przyjemne, kolejne działania są intensywniejsze, natomiast emocje przykre blokują działania, spowalniają je i osłabiają ich siłę”⁸;
- „emocje wpływają na życie jednostek i zbiorowości. Pobudzają do podjęcia działania, ukierunkowują je i decydują o wytrwałości w dążeniu do celu, (...) zacieśniają pozytywne więzy międzyludzkie lub pozwalają zachować dystans wobec spraw i osób demonstrujących wrogość. Często aktywizują działania prospołeczne”⁹;
- „emocje w swojej postaci pierwotnej nie są niczym innym niż stanem wyróżnionym organizmu, oznaczającym zakłócenie homeostazy”¹⁰;
- „emocje zwykle określają wewnętrzne wrażenia jednostki, zasadniczo związane z doznaniem psychicznymi będącymi reakcją na konkretne wydarzenia”¹¹;
- „emocje pomagają poszczególnym osobom zachować spójność w grupach społecznych, pomagają określić priorytety w relacjach międzyludzkich, sygnalizują jednostce stan, w jakim znajduje się jej środowisko, a środowisku – stan emocjonalny i motywacyjny jednostki doświad-

⁵ B. Parkinson, *Emocje*, [w:] *Emocje i motywacja*, red. B. Parkinson, A.M. Colman, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 1999, s. 9, 13.

⁶ D. Doliński, *Mechanizmy zbudzenia emocji*, [w:] *Psychologia. podręcznik akademicki*, tom 2, red. J. Strelau, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2000, s. 322.

⁷ D.R. Caruso, P. Salovey, *Inteligentny emocjonalnie menedżer*, Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2009, s. 7.

⁸ J. Wilsz, *Aktywność zawodowa człowieka w kontekście mechanizmów interakcji procesów umysłowych i procesów emocjonalnych*, [w:] *Kształcenie zawodowe: pedagogika i psychologia*, nr VIII, red. T. Lewowicki, J. Wilsz, I. Ziaziun i N. Nyczkało, Wydawnictwo Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Częstochowa–Kijów 2006, s. 52–53.

⁹ J. Koziński, *Psychotransgresjonizm. Nowy kierunek w psychologii*, Wydawnictwo Akademickie „Żak”, Warszawa 2001, s. 133.

¹⁰ K. Obuchowski, *Kody umysłu i emocje*, Wydawnictwo Szkoły Humanistyczno-Ekonomicznej, Łódź 2004, s. 226.

¹¹ D.A. de Catanzaro, *Motywacje i emocje*, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2003, s. 18.

czającej emocji. Mogą motywować również działania adaptacyjne u tego, kto ich doświadcza. Ponadto komunikowanie emocji może wywołać zachowania adaptacyjne także u tej osoby, która je odbiera”¹²;

- „emocje nie tylko wpływają na zmianę gotowości, lecz także pobudzają do poszukiwania możliwych planów działania; zmieniając organizację poznawczą, pomagają kierować tym poszukiwaniem”¹³;
- „emocje mają duże znaczenie dla racjonalnego postępowania”; emocje „mogą wywierać potężny wpływ na nasze postrzeganie i reakcje, nawet jeśli nie zdajemy sobie sprawy z ich istnienia”¹⁴;
- „procesy emocjonalno-motywacyjne mają także wpływ na przebieg procesów poznawczych. Mogą one ułatwiać bądź utrudniać przebieg czynności umysłowych poprzez określoną selekcję informacji”¹⁵;
- „naszymi emocjami kierują także wyższe procesy percepcyjne i poznawcze (...). Wpływ pobudzenia na ludzkie emocje zależy od interakcji pomiędzy zmiennymi poznawczymi a sytuacyjnymi (...). Ponadto wiedza i rozum mogą wyzwalać konkretne emocje”¹⁶;
- „obecnie emocje nie są już rozpatrywane jako proste konsekwencje sytuacji bodźcowych czy też reakcji na nie. Stanowią one część złożonego systemu, w którym mają silny, motywujący wpływ i są równocześnie pod wpływem działań i myśli jednostki”¹⁷;
- niemożliwe jest zrozumienie procesu emocjonalnego, bez uwzględniania „samoregulującego charakteru impulsów emocjonalnych i przystosowawczej roli emocji”¹⁸;
- „intensywność doznawanych emocji, jak też ich zmienność towarzyszy każdej aktywności”¹⁹;
- „pozytywne emocje poprawiają myślenie”²⁰;
- „umiejętność rozpoznawania własnych emocji, ich komunikowania, ale równocześnie kontrolowania, a przede wszystkim adekwatnego odczyty-

¹² P.M. Niedenthal, S. Krauth-Gruber, F. Ric, *Zrozumieć emocje. Perspektywy poznawcze i psychospołeczne*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków 2015, s. 10.

¹³ K. Oatley, J.M. Jenkins, *Zrozumieć emocje*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, s. 261.

¹⁴ D. Goleman, *Inteligencja emocjonalna*, Wydawnictwo Media Rodzina, Poznań 1997, s. 60, 98.

¹⁵ B. Galas, T. Lewowicki, *Osobowość a aspiracje*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1991, s. 88.

¹⁶ D.A. de Catanzaro, *Motywacje i emocje*, Zys i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2003, s. 396.

¹⁷ H. Hurme, *Rozwój emocjonalny*, [w:] *Psychologia rozwoju człowieka. Rozwój funkcji psychicznych*, red. B. Harwas-Napierała i J. Trempata, t. 3, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, s. 66.

¹⁸ P.K. Anochin, *Przedmowa*, [w:] E. Gellhom, G.N. Looftbourrow, *Emotions and Emotional Disorders. A neurophysiological study*, New York 1963 - cyt. za K. Obuchowski, dz. cyt., s. 224.

¹⁹ E. Nęcka, *Psychologia twórczości*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2002, s. 79.

²⁰ K. Imbir, *Pozytywne emocje poprawiają myślenie: znaczenie genezy emocji i trudności zadania dla sprawnego wnioskowania sylogistycznego*, „Przegląd Psychologiczny”, 2015, Tom 58, Nr 2, s. 231.

wania emocji u innych osób z otoczenia, jest ogromnie ważna w interakcji z innymi ludźmi”²¹;

- „centralnym aspektem emocji jest zmiana w gotowości do działania, która daje pierwszeństwo jednym celom i planom przed innymi oraz pośredniczy w relacjach społecznych”²²;
- „jeśli wyrażanie danej emocji w jakimś kontekście będzie funkcjonalne, to zahamowanie jej ekspresji w tym samym kontekście będzie afunkcjonalne lub wręcz dysfunkcjonalne”²³;
- „coraz głębsza wiedza o sferze emocjonalnej i jej znaczeniu w życiu osobistym i zawodowym podważa przekonanie, że wysokie IQ wystarczy, by odnieść sukces. (...) obserwowano zdolne i wybijające się umysły, które nie radziły sobie w życiu codziennym, w kontaktach międzyludzkich. Na tej podstawie przyjęto, że emocje odgrywają ogromną rolę w środowisku pracy”²⁴.

Kamil Imbir wyraża opinię, że „warto podejmować dalsze badania związane z testowaniem modelu specyficzności/niespecyficzności systemowej związków emocji i funkcjonowania poznawczego”²⁵. Skomentowałabym tę wypowiedź następująco: warto wyspecyfikować naukowe prawa pozwalające określić związki emocji z funkcjonowaniem poznawczym, co umożliwi cybernetyczna teoria systemów autonomicznych M. Mazura, wówczas okaże się, że nie ma tu mowy o „niespecyficzności”, ale zostanie wykazane, że występujące zjawiska są konsekwencją procesów sterowniczych, o przebiegu których decydują wzajemne oddziaływania poszczególnych elementów systemu autonomicznego, wywołujące określone potencjały.

Emocje w kontekście homeostatycznego mechanizmu samoregulacji

System autonomiczny²⁶ steruje samym sobą i otoczeniem w interesie własnym. Może to czynić dzięki temu, że ma właściwości sterownicze niezależne od oddziaływań otoczenia oraz, że procesy informacyjne i energetyczne zachodzące

²¹ K. Stasiuk, D. Maison, *Psychologia konsumenta*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014, s. 224.

²² Ibidem, s. 131.

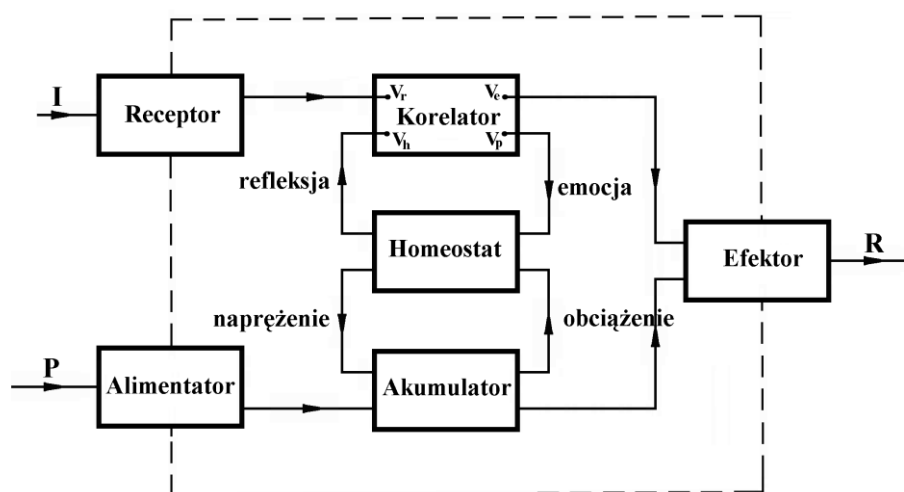
²³ J.R. Averill, *Doskonałość emocji*, [w:] *Natura emocji. Podstawowe zagadnienia*, red. P. Ekman, R.J. Davidson, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2012, s. 93.

²⁴ B.R. Kuc, J.M. Moczydłowska, *Zachowania organizacyjne*, Difin, Warszawa 2009, s. 47.

²⁵ K. Imbir, *Pozytywne emocje poprawiają myślenie: znaczenie genezy emocji i trudności zadania dla sprawnego wnioskowania sylogistycznego*, „Przegląd Psychologiczny”, 2015, Tom 58, Nr 2, s. 246.

²⁶ Teoria systemu autonomicznego opracowana przez M. Mazura, została opublikowana [w:] M. Mazur, *Cybernetyczna teoria systemów samodzielnych*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1966.

w nim są ze sobą sprzężone, w sposób gwarantujący systemowi utrzymywanie się w stanie równowagi funkcjonalnej. Homeostat będący podsystemem tego systemu, który dba o jego interes własny, o utrzymywanie tego systemu w stanie równowagi funkcjonalnej, pomimo niekorzystnych zmian zachodzących w jego otoczeniu, przeciwdziała przepływom informacji i energii zmniejszającym możliwość oddziaływania systemu na otoczenie. System autonomiczny²⁷ ma zdolność sterowania oraz zdolność przeciwdziałania utracie zdolności sterowania. Schemat systemu autonomicznego przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Schemat systemu autonomicznego

Źródło: M. Mazur, *Cybernetyka a zarządzanie*, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych. Departament Szkolenia i Wydawnictw, Warszawa 1969, s. 67.

Człowieka można traktować jako przypadek szczególny systemu autonomicznego, gdyż wszystkie funkcje systemu autonomicznego występują w ludzkim organizmie, a także dlatego, że:

- człowiek ma zdolność sterowania sobą i zdolność przeciwdziałania utracie zdolności sterowania;
- człowiek jest zdolny do utrzymywania się w równowadze funkcjonalnej pomimo zmian zachodzących w otoczeniu;
- człowiek dąży do utrzymywania swojej egzystencji;
- człowiek funkcjonuje we własnym interesie²⁸.

²⁷ System autonomiczny i jego funkcjonowanie omówiłam [w:] J. Wilsz, *Teoria pracy. Implikacje dla pedagogiki pracy*, Oficyna Wydawnicza „Impuls”, Kraków 2009, s. 149–157.

²⁸ M. Mazur, *Cybernetyka i charakter*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1976, s. 168.

Wszystkie zależności opracowane w teorii systemu autonomicznego można więc odnosić do człowieka i wykorzystać do badania zachodzących w nim procesów psychicznych, gdyż są one procesami sterowniczymi.

W systemie autonomicznym/człowieku procesy informacyjne wpływają na procesy energetyczne za pośrednictwem homeostatu. W związku z tym występują cztery oddziaływania²⁹, dwa pomiędzy homeostatem i korelatorem³⁰, tzn. **emocja**, będąca oddziaływaniem korelatora na homeostat i **refleksja**, będąca oddziaływaniem homeostatu na korelator oraz dwa pomiędzy homeostatem i akumulatorem, tzn. **obciążenie**, będące oddziaływaniem akumulatora na homeostat i **naprężenie**, będące oddziaływaniem homeostatu na akumulator. Wszystkie te oddziaływania wpływają na siebie wzajemnie w następujący sposób:

- na **refleksję** wpływa **emocja i obciążenie**;
- na **naprężenie** wpływa **obciążenie i emocja**;
- **emocja** wpływa na **refleksję i naprężenie**;
- **obciążenie** wpływa na **naprężenie i refleksję**.

Emocje w systemie autonomicznym, a więc również w człowieku, pojawiają się wówczas, gdy naruszana zostaje jego równowaga funkcjonalna albo, gdy zostaje mu przywracana. Przy czym, im większe naruszenie, albo intensywniejsze powrót do stanu równowagi funkcjonalnej, tym emocje są silniejsze.

Należy podkreślić, że emocje będące oddziaływaniami korelatora na homeostat polegają na zmianach potencjału perturbacyjnego³¹, „emocje polegające na wzroście potencjału perturbacyjnego będziemy nazywać *emocjami zakłócającymi*. Emocje polegające na zmniejszeniu potencjału perturbacyjnego będziemy nazywać *emocjami odkłócającymi*”³².

Zakłóceniu równowagi funkcjonalnej, które ma miejsce wówczas, kiedy bodziec oddala stan organizmu człowieka od stanu równowagi funkcjonalnej, towarzyszą przykre dla człowieka **emocje zakłócające**, czyli **negatywne** (złość, smutek, gniew, frustracje itp.). Otoczenie „wysyłające” oddziaływania wywołujące takie emocje nazwałam otoczeniem **niechętnym** człowiekowi.

Kiedy bodziec przybliża stan organizmu człowieka do stanu równowagi funkcjonalnej pojawiają się **emocje odkłócające**, czyli **pozytywne** (radość, ulga, zadowolenie, szczęście itp.), do ich wystąpienia przyczynia się między

²⁹ Oddziaływania te zostały oznaczone na Rys. 1.

³⁰ **Korelator** jest to podsystem służący do odbierania informacji od receptorów, przechowywania ich, do przetwarzania przechowywanych informacji i wykorzystywania przetworzonych informacji przez przekazywanie ich do efektorów. Na to, co „dzieje się” w korelatorze mają wpływ informacje z otoczenia przekazywane mu przez receptory oraz oddziaływanie homeostatu.

³¹ **Potencjał perturbacyjny** jest to potencjał wprowadzony do homeostatu przez korelator.

³² M. Mazur, *Cybernetyczna teoria układów...*, dz. cyt., s. 109.

Potencjał perturbacyjny jest to potencjał wprowadzony do homeostatu przez korelator.

innymi okazywane człowiekowi zaufanie, życzliwość, zrozumienie, wsparcie, kierowane pod jego adresem pochwały itd. Otoczenie „wysyłające” oddziaływanie wywołujące emocje pozytywne nazwałam otoczeniem **sprzyjającym** człowiekowi³³.

Emocje pozytywne uruchamiają między innymi twórczą aktywność człowieka, stymulują zachowania innowacyjne, sprawiają człowiekowi przyjemność, wywołują zadowolenie, sprzyjają gotowości działania. Emocje te są wynikiem dochodzenia do stanu równowagi funkcjonalnej, a nie tkwienia w stagnacyjnym stanie tej równowagi, który w praktyce jest stanem przejściowym. Po osiągnięciu stanu równowagi funkcjonalnej nasilenie pobudzenia emocjonalnego maleje i wówczas sam człowiek może spowodować zakłócenie własnej równowagi funkcjonalnej po to, by powracając do niej, odczuwać emocje pozytywne.

Ponieważ emocje podlegają regulacji za pośrednictwem oddziaływań zewnętrznych oraz wewnętrznych mechanizmów samoregulacji, proponuję następujące **funkcje emocji**:

- funkcja **regulacyjna**, gdyż emocje wpływają na reakcje człowieka, a za ich pośrednictwem oddziałują na otoczenie;
- funkcja **motywacyjna**, gdyż emocje sprzyjają powstawaniu reakcji albo przeciwstawiają się ich pojawieniu;
- funkcja **sterownicza**, gdyż emocje sterują procesami wewnętrznymi człowieka, a także za jego pośrednictwem sterują otoczeniem;
- funkcja **selekcyjna** emocji w stosunku do docierających informacji, polegająca na tym, że ograniczane są informacje niekorzystne dla człowieka, a wspierane informacje korzystne;
- funkcja **angażująca**, gdyż emocje nakłaniają człowieka do podejmowania działań korzystnych dla niego, tzn. zgodnych z jego interesem własnym a zniechęcają do podejmowania działań szkodzących mu;
- funkcja **przystosowawcza**, gdyż emocje sygnalizują, kiedy zmiany przystosowawcze w strukturze człowieka są konieczne, by zmniejszyło się zakłócenie jego równowagi funkcjonalnej, albo nawet by osiągnął stan równowagi funkcjonalnej;
- funkcja **zaspokajania potrzeb**, gdyż emocje sprzyjają podejmowaniu przez człowieka działań, które zaspokajają jego potrzeby;
- funkcja **interpersonalna**, gdyż emocje wpływają na przebieg procesu komunikowania się.

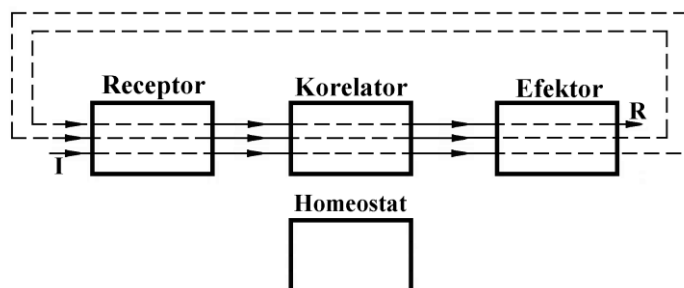
³³ Na temat otoczenia sprzyjającego człowiekowi, obojętnego i niechętnego mu, pisałam [w:] J. Wilsz, *Przemiany edukacyjne z punktu widzenia podejścia systemowego i koncepcji stałych indywidualnych cech osobowości człowieka*, [w:] *Kształcenie zawodowe: pedagogika i psychologia*, nr I, red. T. Lewowicki, J. Wilsz, I. Ziaziun, N. Nyczkało, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Częstochowie, Częstochowa – Kijów 1999, s. 80–82.

Im większa intensywność emocji, tym ich wpływ na działania człowieka może być szybszy i silniejszy. Emocje mogą działania wzmacniać wówczas, gdy efekty tych działań wywołują doznania przyjemne/pozytywne albo, gdy człowiek jest przekonany, że jego działania wywołają takie doznania. Emocje mogą też działania osłabiać/spowalniać/blokować wtedy, gdy wywołują przeżycia przykre/negatywne albo, gdy człowiek spodziewa się, że jego działania wywołają tego rodzaju przeżycia.

W systemie autonomicznym, pomiędzy jego podsystemami są przekazywane oddziaływania. W zależności od tego, które z podsystemów uczestniczą w tym procesie, mogą wystąpić trzy obiegi korelacyjne:

- obieg reakcyjny (Rys. 2);
- obieg refleksyjny (Rys. 3);
- obieg refleksyjno-reakcyjny (Rys. 4).

W obiegu reakcyjnym (Rys. 2) występuje wyłącznie sprzężenie korelatora z otoczeniem. Obieg ten odbywa się bez udziału homeostatu. Pojawi się on wtedy, gdy odebrany przez system bodziec wywoła dostatecznie dużą moc korelacyjną³⁴ i doprowadzi do przekroczenia potencjału decyzyjnego, powodując reakcję przed wystąpieniem zmiany potencjału refleksyjnego/homeostatycznego³⁵, wywołanego przez homeostat.



Rys. 2. Obieg reakcyjny systemu autonomicznego

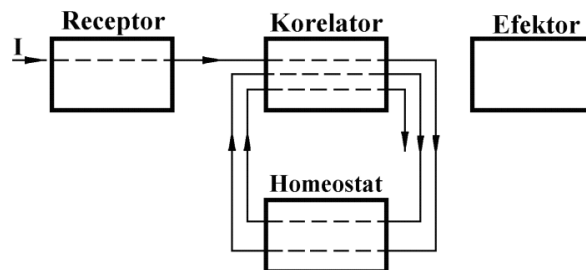
Źródło: M. Mazur, *Cybernetyka a zarządzanie*, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych. Departament Szkolenia i Wydawnictw, Warszawa 1969, s. 76.

³⁴ Moc korelacyjna (K) jest to stosunek energii korelacyjnej do czasu, przy czym energia korelacyjna jest energią sterowniczą, której przepływ towarzyszy wszystkim procesom zachodzącym w korelatorze.

³⁵ W korelatorze można wyróżnić następujące potencjały: potencjał rejestracyjny/receptorowy (V_r) – wprowadzony do korelatora przez receptory, potencjał estymacyjny/efektorowy (V_e) – wprowadzony do efektora przez korelator, potencjał perturbacyjny – wprowadzony do homeostatu przez korelator, potencjał perturbacyjny (V_p) – wprowadzony do homeostatu przez korelator, potencjał refleksyjny/homeostatyczny (V_h) – wprowadzony do korelatora przez homeostat. Występuje również potencjał decyzyjny (V_d) jako wartość graniczna, którą musi przekroczyć potencjał estymacyjny, by zadziałał efektor, a więc by pojawiła się reakcja. Potencjały: V_r , V_e , V_p i V_h zostały oznaczone na Rys. 1.

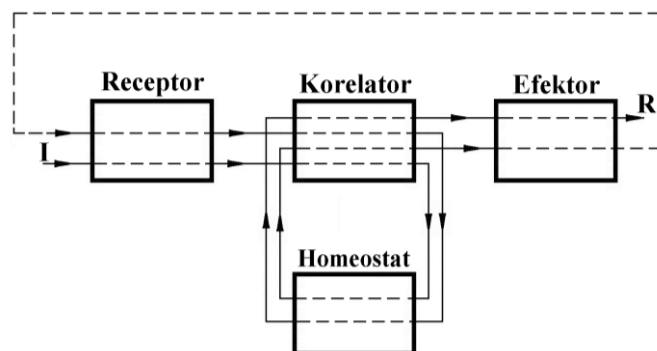
Reakcja taka spowoduje zmianę w otoczeniu, która z kolei, jako nowy bodziec dla systemu, wywoła taki rozplływ mocy korelacyjnej, który także wywoła reakcję i nie zdąży jej powstrzymać zmiana potencjału refleksyjnego/homeostatycznego wprowadzonego do korelatora przez homeostat. Reakcje w obiegu reakcyjnym są wymuszane przez bodźce oddziałujące na system, nawet, jeśli są to reakcje szkodliwe dla niego.

W obiegu refleksyjnym systemu autonomicznego, odbywającym się bez udziału efektorów (Rys. 3) reakcja nie wystąpi, jeśli po odebraniu przez homeostat oddziaływania korelatora nastąpi zmniejszenie potencjału refleksyjnego/homeostatycznego, wskutek czego zmniejszy się moc korelacyjna oraz potencjał estymacyjny/efektorowy. W następnych cyklach obiegu refleksyjnego kolejne zmiany: mocy korelacyjnej, potencjału perturbacyjnego i potencjału refleksyjnego również nie doprowadzą do reakcji. W obiegu tym system nie oddziałuje na otoczenie, gdyż nie pojawia się reakcja, dzięki czemu może on, z jednej strony uniknąć szkodliwych dla siebie skutków reakcji, a z drugiej strony pozbawić się możliwości wpłynięcia na otoczenie.



Rys. 3. Obieg refleksyjny systemu autonomicznego

Źródło: M. Mazur, *Cybernetyka a zarządzanie*, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych. Departament Szkolenia i Wydawnictw, Warszawa 1969, s. 77.



Rys. 4. Obieg reakcyjno-refleksyjny systemu autonomicznego

Źródło: M. Mazur, *Cybernetyka a zarządzanie*, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych. Departament Szkolenia i Wydawnictw, Warszawa 1969, s. 78.

Poza omówionymi obiegami korelacyjnymi: reakcyjnym i refleksyjnym, występują obiegi pośrednie, nazywane obiegami refleksyjno-reakcyjnymi (Rys. 4). W obiegach tych po obiegu refleksyjnym pojawia się obieg reakcyjny, a następnie ponownie obieg refleksyjny itd., itd. W obiegach reakcyjno-refleksyjnych w następujących po sobie cyklach kolejne odbierane bodźce wywołują w systemie emocje i powodują jego reakcje.

Reasumując, można powiedzieć, że emocje o różnym nasileniu pojawiają się w obiegu refleksyjno-reakcyjnym oraz w obiegu refleksyjnym, jedynie w obiegu reakcyjnym brak jest emocji – chodzi oczywiście o emocje wywołane oddziaływaniami otoczenia.

Implikacje mechanizmu emocji dla zachowań człowieka w sytuacjach zagrożenia

Zachowania człowieka w sytuacjach zagrożenia należy rozpatrywać w odniesieniu do modelowych przypadków, adekwatnych do trzech obiegów korelacyjnych (reakcyjnego, refleksyjnego i reakcyjno-refleksyjnego), które zostały przedstawione w poprzednim rozdziale.

System autonomiczny/człowiek pojawienie się emocji zawdzięcza funkcji homeostatycznej. Jeśli ta funkcja nie zadziała, to na zachowanie człowieka ma wpływ wyłącznie otoczenie – ma to miejsce w przypadku, który odpowiada obiegowi reakcyjnemu.

Człowiek w tym obiegu będzie zachowywał się tak, jak system sterowany przez organizatora zewnętrznego, tzn. system samosterowny³⁶ a nie tak, jak zachowuje się system autonomiczny. Jeśli otrzyma polecenie od organizatora zewnętrznego, to bez względu na efekty uzyskane po jego zrealizowaniu, wykona je, nawet wówczas, gdy jest ono dla niego niekorzystne. Jego reakcja będzie „powtórzeniem” bodźca odebranego z otoczenia, można ją określić jako odruchową, automatyczną, bezmyślną, machinalną, bezwolną. Zachowania człowieka w tym przypadku są całkowicie pozbawione emocji, postępuje on dokładnie tak, jak „nakazuje”/„sugeruje” mu bodziec, również wtedy, gdy postępowanie tego człowieka narusza jego interes własny. Reakcje człowieka w przypadku tego obiegu korelacyjnego zależą głównie od: rodzaju informacji, które przekaże mu otoczenie, siły z jaką nadawca tych informacji przekaże je temu człowiekowi oraz od stanu korelatora tego człowieka.

³⁶ **System samosterowny** jest to system, który w odróżnieniu od systemu autonomicznego nie ma homeostatu, będącego podsystemem pozwalającym mu funkcjonować w interesie własnym. Schemat systemu samosterownego M. Mazur zamieścił [w:] M. Mazur, *Cybernetyka a zarządzanie*, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych. Departament Szkolenia i Wydawnictw, Warszawa 1969, s. 67.

Człowiek, który znalazł się w sytuacji zagrażającej jego zdrowiu albo życiu, by ratować się powinien na przykład natychmiast uciekać, albo schronić się, powinna pojawić się u niego umożliwiająca to aktywność własna. Jednakże przy obiegu reakcyjnym, jego interes własny nie ma wpływu na podjętą decyzję. Człowiek sam z własnej inicjatywy nie poderwie się do ucieczki – nie zachowa się jak system autonomiczny, tzn. system działający w interesie własnym. Wówczas **ratownik** powinien zachować się tak, jak system będący organizatorem zewnętrznym tego człowieka i wydał mu polecenie natychmiastowej ucieczki. Jeśli sformułuje je w jasny i zwięzły sposób³⁷ oraz głośno wypowie, jest bardzo duże prawdopodobieństwo, że człowiek ten wykona polecenie, oczywiście jeśli pozwoli mu na to stan fizyczny. Ucieczkę może utrudnić/uniemożliwić zły stan energetyczny jego organizmu. Jeśli akumulator tego człowieka ma bardzo małe zasoby energii, to pomimo intensywnych, przekazywanych mu z ogromną siłą poleceń, może nie być w stanie zareagować na nie i uciec z zagrożonego miejsca. Dzieje się tak ponieważ w procesie informacyjnym (a takim procesem, jest odbiór informacji docierających do człowieka z otoczenia) zostaje określony rodzaj reakcji, która pojawi się wówczas, gdy zostanie doprowadzona ilość energii konieczna do spowodowania reakcji.

W przypadku odpowiadającym obiegowi refleksyjnemu oddziaływanie otoczenia, czyli bodźce odebrane przez receptory człowieka, przekazane są do korelatora, który oddziałuje na homeostat i jeśli dzięki funkcji homeostatycznej okaże się, że oddziaływanie to zaburza równowagę funkcjonalną człowieka, to gdyby adekwatnie do niego zachował się, to mogłoby to spowodować, szkodliwe dla niego, zwiększenie zakłócenia równowagi funkcjonalnej – nie zareaguje więc na to oddziaływanie. W tym przypadku człowiek w sytuacji zagrożenia będzie doświadczać silnych emocji negatywnych wywołanych przez oddziaływanie homeostatu, jednak nie przejawia się żadne jego zachowanie, nie „dojrzeje” w nim gotowość do podjęcia decyzji, nie „opuści” niebezpiecznej sytuacji, gdyż w tym obiegu jest to niemożliwe.

W przypadku obiegu refleksyjnego ratownik ma dwie możliwości. Jedną, to wyniesienie „na rękach” osoby znajdującej się w zagrażającej jej sytuacji, drugą, to oddziaływanie informacyjne na tę osobę, w celu zmienienia jej obiegu korelacyjnego na obieg reakcyjno-refleksyjny, w którym będzie w stanie podjąć korzystną dla siebie decyzję. Co może spowodować, że u człowieka pojawi się ten obieg reakcyjno-refleksyjny? Uważam, że należy temu człowiekowi dostarczyć takich nowych informacji, które zarejestrowane w korelatorze zmie-

³⁷ Ratownik nie powinien zniekształcać przekazywanych informacji. Niektóre aspekty zniekształcania/deformowania przekazywanych informacji omówiłam w artykule zatytułowanym *Informacyjne aspekty dialogu – ujęcie cybernetyczne*, który jest zamieszczony na stronie internetowej <http://www.jolantawilsz.pl> w linku „Publikacje do pobrania” numer 47.

nią jego stan, wówczas homeostat adekwatnie do tego stanu, w interesie systemu, swoim zwrotnym oddziaływaniem na korelator może wpłynąć na korzystną dla człowieka reakcję. Przekazywane człowiekowi informacje, które mogą spowodować zmianę jego postawy, mogą dotyczyć, np. prawidłowej oceny wielkości zagrożeń, czy sposobu właściwego postępowania w zaistniałej sytuacji, pozwalającego mu na wyjście z „opresji”.

W przypadku, który odpowiada obiegowi reakcyjno-refleksyjnemu u człowieka pojawiają się emocje i reakcje o różnym nasileniu. W tym przypadku emocje człowieka zawsze będą wpływały na jego zachowania bez względu na to, czy będą to emocje na tyle silne, że będzie świadomy ich istnienia, czy też wtedy, gdy będą to emocje słabe, których sobie nie uświadamia. W przypadku tym wsparcie i pomoc ratownika może przyczynić się do tego, by zagrożona osoba szybciej podjęła właściwą decyzję. W przypadku, gdy u osoby występuje obieg reakcyjny oraz w przypadku, gdy pojawia się obieg refleksyjny, pomoc ratownika wydaje się być konieczna.

Rodzaj obiegu korelacyjnego, który występuje u człowieka w danej sytuacji zależy od jego struktury oraz od bodźców, dostarczanych mu przez tę sytuację. Może okazać się, że w identycznej sytuacji u jednej osoby pojawi się obieg reakcyjny, u drugiej – obieg refleksyjny, a jeszcze u innej obieg reakcyjno-refleksyjny. To, który z tych obiegów pojawi się zależy od struktury człowieka. W praktyce nie ma możliwości, by ratownik określił strukturę człowieka, jest możliwe, by na podstawie obserwacji zachowań tego człowieka określił, który obieg korelacyjny występuje u niego. Wiedza ta zwiększy skuteczność działań ratownika. Bez tej wiedzy ratownik zdany jest wyłącznie na własną intuicję, która szczególnie w przypadku młodych ratowników (ze względu na ich małe doświadczenia zawodowe) może zawieść.

Zakończenie

W artykule wskazałam na celowość wyjaśniania zachowań jednostki w sytuacjach zagrożenia w kontekście doznawanych emocji wywoływanych przez wewnętrzny homeostatyczny mechanizm samoregulacji, który ukazuje cybernetyczna teoria systemów autonomicznych. W artykule nie omówiłam wpływu stałych indywidualnych cech osobowości człowieka w dziedzinie funkcji intelektualnych oraz w dziedzinie stosunków interpersonalnych, na zachowania człowieka w sytuacjach zagrożenia. Zagadnieniu temu poświęcę jedno z kolejnych opracowań dotyczących zagadnień bezpieczeństwa człowieka, gdyż wpływ stałych indywidualnych cech osobowości na zachowania człowieka, szczególnie w sytuacjach dla niego ekstremalnych, może być bardzo istotny.

Literatura

- [1] Anochin P.K., *Przedmowa*, [w:] E. Gellhom, G.N. Looftbourrow, *Emotions and Emotional Disorders. A neurophysiological study*, New York 1963.
- [2] Averill J.R., *Doskonałość emocji*, [w:] *Natura emocji. Podstawowe zagadnienia*, red. P. Ekman, R.J. Davidson, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2012.
- [3] Caruso D.R., Salovey P., *Inteligentny emocjonalnie menedżer*, Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2009.
- [4] de Catanzaro D.A., *Motywacje i emocje*, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2003.
- [5] Doliński D., *Mechanizmy zbudzania emocji*, [w:] *Psychologia. podręcznik akademicki*, tom 2, red. J. Strelau, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2000.
- [6] Galas B., Lewowicki T., *Osobowość a aspiracje*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1991.
- [7] Goleman D., *Inteligencja emocjonalna*, Wydawnictwo Media Rodzina, Poznań 1997.
- [8] Hołyst B., *Bezpieczeństwo. Ogólne problemy badawcze*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2014.
- [9] Hurme H., *Rozwój emocjonalny*, [w:] *Psychologia rozwoju człowieka. Rozwój funkcji psychicznych*, red. B. Harwas-Napierała i J. Trempata, t. 3, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
- [10] Imbir K., *Pozytywne emocje poprawiają myślenie: znaczenie genezy emocji i trudności zadania dla sprawnego wnioskowania sylogistycznego*, „Przegląd Psychologiczny”, 2015, Tom 58, Nr 2.
- [11] Imbir K., *Pozytywne emocje poprawiają myślenie: znaczenie genezy emocji i trudności zadania dla sprawnego wnioskowania sylogistycznego*, „Przegląd Psychologiczny”, 2015, Tom 58, Nr 2.
- [12] Koziński J., *Psychotransgresjonizm. Nowy kierunek w psychologii*, Wydawnictwo Akademickie „Żak”, Warszawa 2001.
- [13] Kuc B.R., Moczyłowska J.M., *Zachowania organizacyjne*, Difin, Warszawa 2009.
- [14] Mazur M., *Cybernetyczna teoria systemów samodzielnych*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1966.
- [15] Mazur M., *Cybernetyka a zarządzanie*, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych. Departament Szkolenia i Wydawnictw, Warszawa 1969.
- [16] Mazur M., *Cybernetyka i charakter*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1976.
- [17] Nęcka E., *Psychologia twórczości*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2002.

-
- [18] Niedenthal P.M., Krauth-Gruber S., Ric F., *Zrozumieć emocje. Perspektywy poznawcze i psychospołeczne*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków 2015.
- [19] Oatley K., Jenkins J.M., *Zrozumieć emocje*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
- [20] Obuchowski K., *Kody umysłu i emocje*, Wydawnictwo Szkoły Humanistyczno-Ekonomicznej, Łódź 2004.
- [21] Parkinson B., *Emocje*, [w:] *Emocje i motywacja*, red. B. Parkinson, A.M. Colman, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 1999.
- [22] Stasiuk K., Maison D., *Psychologia konsumenta*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.
- [23] Wilsz J., *Aktywność zawodowa człowieka w kontekście mechanizmów interakcji procesów umysłowych i procesów emocjonalnych*, [w:] *Kształcenie zawodowe: pedagogika i psychologia*, nr VIII, red. T. Lewowicki, J. Wilsz, I. Ziaziun i N. Nyczkało, Wydawnictwo Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Częstochowa – Kijów 2006.
- [24] Wilsz J., *Informacyjne aspekty dialogu – ujęcie cybernetyczne*, artykuł ten jest zamieszczony na stronie internetowej <http://www.jolantawilsz.pl> w linku „Publikacje do pobrania” numer 47 (data dostępu: 26.03.2018).
- [25] Wilsz J., *Przemiany edukacyjne z punktu widzenia podejścia systemowego i koncepcji stałych indywidualnych cech osobowości człowieka*, [w:] *Kształcenie zawodowe: pedagogika i psychologia*, nr I, red. T. Lewowicki, J. Wilsz, I. Ziaziun, N. Nyczkało, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Częstochowie, Częstochowa – Kijów 1999.
- [26] Wilsz J., *Teoria pracy. Implikacje dla pedagogiki pracy*, Oficyna Wydawnicza „Impuls”, Kraków 2009.



Dariusz Rydz, Michał Pałęga, Dorota Wojtyto

Politechnika Częstochowska

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

Instytut Przeróbki Plastycznej i Inżynierii Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

e-mail: rydz@wip.pcz.pl

ANALIZA SZKODLIWOŚCI PROCESU TECHNOLOGICZNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę szkodliwości procesu technologicznego przeprowadzoną dla jednej z firm branży metalowej. W tym celu dokonano identyfikacji istniejących w przedsiębiorstwie zagrożeń dla życia i zdrowia pracowników. Omówiono analizowany proces technologiczny, określono rodzaj i stopień istniejących zagrożeń występujących na stanowiskach pracy. Przeprowadzono analizę istniejących zagrożeń dla środowiska naturalnego wynikających z prowadzenia procesu technologicznego. W ramach prowadzonych w pracy rozważań uwidoczniło się zastosowane w przedsiębiorstwie procedury mające na celu zapobieganie i ograniczanie istniejących zagrożeń technicznych występujących w omawianym procesie produkcyjnym.

Słowa kluczowe: identyfikacja zagrożeń przemysłowych, proces technologiczny, BHP.

ANALYSIS OF THE HARMFULNESS OF A TECHNOLOGICAL PROCESS

Abstract. The article presents analysis of the harmfulness of the technological process carried out in one of the companies in the metal industry. In the work were identified threats to the life and health of employees existing the company. The analyzed technological process was discussed, identified the type and degree of existing hazards occurring at workplaces. An analysis of the existing threats to the natural environment resulting from the technological process. As part of the work was taken under consideration, the procedures applied in the enterprise aimed preventing and limiting existing technical hazards occurring in the discussed production process.

Keywords: identification of industrial hazards, technological process, health and safety.

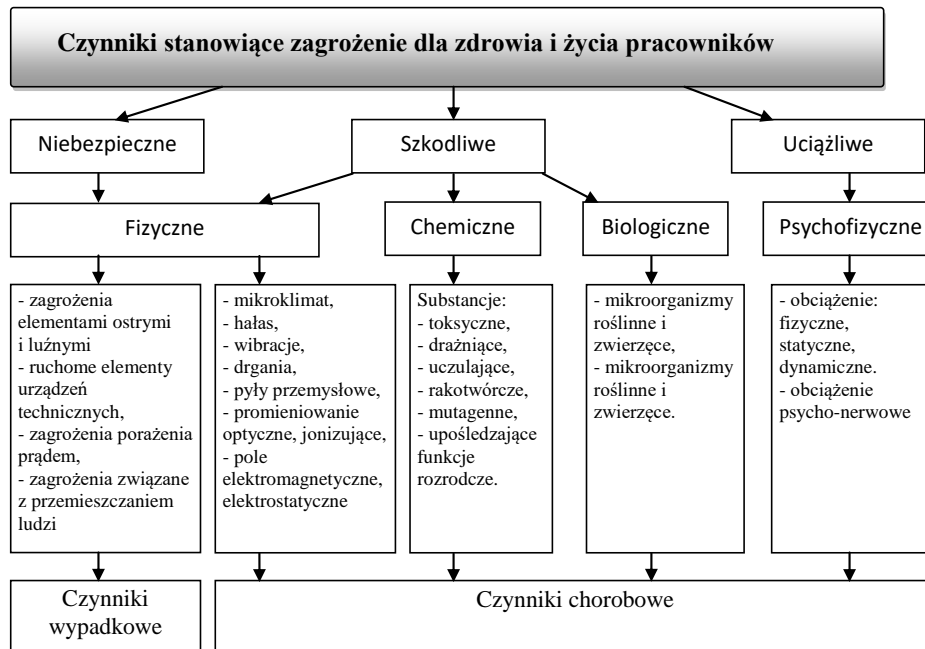
Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się ciągle dążenie do zwiększenia bezpieczeństwa i poprawy warunków pracy. Dlatego, wraz z poszukiwaniem coraz to nowszych i bardziej ekonomicznych rozwiązań technologicznych, nie wolno zapominać, że bezpieczeństwo pracowników w czasie wykonywania ich pracy jest najważniejszą wartością [5]. Głównym zadaniem w firmach jest ciągle monitorowanie i analizowanie procesów i obiektów technicznych mających na celu osiągnięcie możliwie największej efektywności pracy oraz ograniczanie negatywnego wpływu na otoczenie (ludzi i środowisko naturalne). Przeprowadzanie oceny zagrożeń związanych z realizacją procesu technologicznego, jak i środowiska pracy, umożliwia podjęcie działań w celu zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pracy [6].

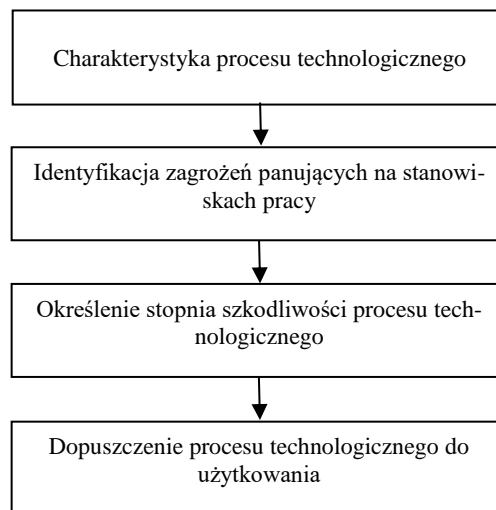
W niniejszej pracy analizie został poddany zakład produkcyjny branży metalowej. Branża hutnicza określana jest jako ciężka i niebezpieczna dla pracowników. Firma badana prowadzi jednak działalność, w której wytwarzane są elementy metalowe poprzez obróbkę skrawaniem bądź też przeróbkę plastyczną. Nie występują podczas prowadzenia procesu technologicznego zagrożenia związane z ciekłym metalem. Jednak, jak każdy proces technologiczny, realizowany jest on w określonych dla siebie warunkach, które można określić jako środowisko pracy. Podczas prowadzenia procesu technologicznego mogą i bardzo często występują różnego rodzaju zagrożenia, które bezpośrednio mogą być niebezpieczne, uciążliwe lub szkodliwe dla ludzkiego życia i zdrowia. Dlatego też bardzo istotne jest ciągle monitorowanie i udoskonalanie procesu technologicznego pod kątem zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Przystępując do oceny szkodliwości procesu produkcyjnego, należy dokonać podziału czynników będących zagrożeniami dla zdrowia i życia pracowników (Rys. 1) [1].

Proces technologiczny jest najważniejszym etapem procesu produkcyjnego. Dlatego bardzo istotne jest prawidłowe dokonanie oceny szkodliwości procesu technologicznego przed podjęciem ostatecznej decyzji o jego dopuszczeniu do praktycznego stosowania. Na Rys. 2 przedstawiono etapy prowadzonej oceny szkodliwości procesu technologicznego [2].

Wyniki przeprowadzonej oceny szkodliwości procesu technologicznego często przyczyniają się do zmniejszenia tego parametru poprzez wprowadzenie w miejsca o dużym zagrożeniu czy to środków ochrony, czy też zastosowanie nowszych rozwiązań technologicznych.



Rys. 1. Podział czynników stanowiących zagrożenie dla życia i zdrowia człowieka [1]



Rys. 2. Etapy oceny szkodliwości procesu technologicznego [2]

Charakterystyka procesu technologicznego

W ramach niniejszej pracy analizie poddano bezpieczeństwo procesu technologicznego w firmie branży metalowej. Proces technologiczny związany jest z produkcją elementów metalowych wykonywanych obróbką skrawaniem oraz przeróbki plastycznej, głównie dla przemysłu maszynowego. Proces technologiczny realizowany jest za pomocą następujących maszyn i urządzeń:

- prasy hydraulicznej,
- nożyce gilotynowej,
- maszyny CNC,
- szlifierki,
- innych urządzeń niezbędnych do wykonywania prac związanych z obróbką metali.

Do podstawowych operacji omawianego procesu technologicznego można zaliczyć [3]:

- przygotowanie materiału wsadowego do obróbki skrawaniem,
- dobór parametrów obróbki skrawaniem, uruchamianie, obsługiwane oraz nadzorowanie pracy maszyn tokarskich CNC,
- zamocowanie materiału przeznaczonego do obróbki na obrabiarkach sterowanych numerycznie,
- operacje kontroli międzyoperacyjnej oraz ostatecznej gotowego wyrobu,
- kontrola sprawności maszyn i urządzeń,
- prace związane z mocowaniem narzędzi, przyrządów i uchwytów na obrabiarkach,
- wykrywanie i usuwanie drobnych usterek pojawiających się podczas pracy obrabiarek,
- uruchamianie i zatrzymywanie obrabiarek,
- czyszczenie i konserwację maszyn i urządzeń,
- przygotowanie stanowisk pracy zgodnie z obowiązującymi przepisami BHP i ppoż.

Analiza materialnego środowiska pracy

W zdecydowanej większości przypadków materialne środowisko pracy jest wytworem nienaturalnym. Stanowi go szereg czynników z którymi człowiek spotyka się podczas wykonywania pracy. Ponieważ praca wykonywana jest w hali produkcyjnej towarzyszy jej oświetlenie naturalne (dienne) i sztuczne. Dokonując analizy stanu zapylenia w badanym przedsiębiorstwie, można stwierdzić, że zastosowane urządzenia odpylające zapewniają utrzymanie normatywnie bezpiecznych warunków pracy podczas realizacji procesu

technologicznego. Również wartości dopuszczalne, jak i poziom ekspozycji na hałas w poddanej analizie firmie nie przekraczają dopuszczalnych przez normy wartości. Do podobnych stwierdzeń dochodzimy, poddając analizie mikroklimat, w jakim pracują pracownicy. Na podstawie ciągłych pomiarów temperatury oraz wilgotności powietrza można zauważyć, że i ten czynnik nie wpływa negatywnie na warunki pracy w analizowanym przedsiębiorstwie.

Identyfikacja zagrożeń

Dokonując analizy procesu technologicznego, można stwierdzić, że zdecydowana większość operacji wykonywana jest na stanowiskach maszyn CNC. Prace prowadzone na prasie hydraulicznej czy też nożycy gilotynowej nie są prowadzone ciągle. Czas ich pracy można oszacować na około 2–3 godzin podczas 8-godzinnego systemu pracy. Zdecydowana większość prac spoczywa na operatorach oraz programistach maszyn CNC. W tabeli 1 przedstawiono identyfikację zagrożeń podczas prowadzenia procesu technologicznego. Do rozważań przyjęto stanowiska pracy bezpośrednio związane z realizacją procesu produkcyjnego. Na podstawie polskiej normy [4] określono w skali trójstopniowej prawdopodobieństwo wystąpienia danego zagrożenia.

Do identyfikacji zagrożeń przyjęto stanowiska na których prowadzone są prace bezpośrednio związane z procesem produkcyjnym. Należy również zaznaczyć, że prace prowadzone czy to na prasie hydraulicznej, czy też nożycy gilotynowej nie są pracami ciągłymi w procesie produkcyjnym. Ich czas pracy można oszacować na około 4–5 godzin w 8-godzinnym cyklu pracy.

Ocena szkodliwości i dopuszczenie procesu technologicznego do użytkowania

Proces technologiczny jest zasadniczym elementem procesu produkcyjnego danego przedsiębiorstwa. Niezmiernie ważnym czynnikiem w zarządzaniu bezpieczeństwem jest ciągła analiza szkodliwości procesu technologicznego. Przeprowadzanie takiej oceny powinno być realizowane zarówno na etapie jego projektowania, jak również podczas jego realizacji. To na podstawie wyników takiej oceny jesteśmy w stanie podjąć decyzję o dopuszczeniu danego procesu technologicznego do praktycznego stosowania. Do przeprowadzenia analizy szkodliwości konkretnego procesu technologicznego niezbędna jest identyfikacja zagrożeń występujących na poszczególnych stanowiskach pracy oraz określenie stopnia szkodliwości procesu technologicznego w zależności od wskaźnika szkodliwości.

Tabela 1. Identyfikacja zagrożeń podczas procesu technologicznego

Zagrożenia procesie technologicznym				
Zagrożenia na stanowisku pracy		Operator CNC	Operator prasy hydraulicznej	Operator nożycy gilotynowej
Zagrożenie		Ryzyko zawodowe		
1	Upadki na tym samym poziomie	Małe	Małe	Małe
2	Upadki z poziomu wyższego na niższy	–	Małe	–
3	Poślizgnięcia	Małe	Małe	Małe
4	Hałas	Małe	Średnie	Średnie
5	Porażenie prądem elektrycznym	Małe	Małe	Małe
6	Substancje chemiczne drażniące	Małe	Małe	Małe
7	Pary, opary oleju	Małe	Małe	Małe
8	Drgania	Małe	Małe	Małe
9	Mikroklimat	Małe	Małe	Małe
10	Przeciążenie kończyn górnych	Małe	Małe	Małe
11	Przeciążenie układu ruchu	Małe	Małe	Małe
12	Stres	Małe	Małe	Małe
13	Gorące powierzchnie	Małe	Małe	Małe
14	Ostre krawędzie narzędzi, wiórów i przedmiotów	Małe	Małe	Średnie
15	Uderzenie przez spadające przedmioty	Małe	Małe	Małe
16	Uderzenie o nieruchome przedmioty	Małe	Średnie	Średnie
17	Pożar	Małe	Małe	Małe

Wartość wskaźnika szkodliwości procesu wyznacza się na podstawie następującej zależności [2]:

$$W = \sum_{i=1}^n (300D + 10S + M)L_i(1)$$

gdzie:

D – liczba zagrożeń na i-tym stanowisku pracy, z którymi związane jest ryzyko duże,

S – liczba zagrożeń na i-tym stanowisku pracy, z którymi związane jest ryzyko średnie,

M - liczba zagrożeń na i-tym stanowisku pracy, z którymi związane jest ryzyko małe,

L_i – liczba osób na i-tym stanowisku pracy podlegających oddziaływaniu tych zagrożeń,

n – liczba stanowisk pracy związanych z obsługiwaniem procesu.

Na podstawie danych przedstawionych w tabeli 1 odnoszących się do zidentyfikowanych zagrożeń oraz na podstawie zależności 1 określono wartość wskaźnika szkodliwości procesu technologicznego:

$$W = 16 * 1 + (10 * 2 + 15) * 1 + (10 * 3 + 13) = 94$$

Obliczona wartość wskaźnika szkodliwości procesu technologicznego pozwala określić stopień jego szkodliwości na podstawie ogólnie przyjętej zależności przedstawionej w tabeli 2.

Tabela 2. Zależność stopnia szkodliwości od wartości wskaźnika szkodliwości procesu [4]

Wskaźnik szkodliwości	Określenie stopnia szkodliwości
$W \geq 1500$	bardzo duży
$1500 > W \geq 300$	duży
$300 > W \geq 100$	średni
$100 > W \geq 10$	mały
$10 > W$	bardzo mały

Na podstawie przeprowadzonych rozważań można stwierdzić, że stopień szkodliwości badanego procesu technologicznego jest mały.

Przeprowadzona analiza, jak i dane literaturowe dowodzą że badany proces technologiczny może być dopuszczony do użytkowania bez konieczności opracowywania tablicy rozkładu ryzyka.

Podsumowanie

W przedstawionej pracy dokonano analizy szkodliwości procesu technologicznego przeprowadzonej dla jednej z firm branży metalowej. Ogólnie warunki pracy związane z procesami obróbki metali w przeświadczeniu wielu ludzi uznawane są za dosyć uciążliwe i trudne. Postęp technologiczny sprawił, że i w procesach wytwarzania wyrobów metalowych warunki pracy uległy znacznej poprawie. Na podstawie przeprowadzonych w pracy rozważań można stwierdzić, że szkodliwość procesu technologicznego związanego z obróbką skrawaniem czy też przeróbką plastyczną metali jest stosunkowo mała, a większość zidentyfikowanych zagrożeń jest na poziomie niskim. Można zatem stwierdzić, że proces technologiczny jest stosunkowo bezpieczny i może on być z powodzeniem dopuszczony do praktycznego stosowania. Przeprowadzanie okresowych ocen szkodliwości procesu technologicznego dostarcza wielu niezbędnych informacji w procesie zarządzania bezpieczeństwem w firmie. Należy podkreślić, że prawidłowe zarządzanie bezpieczeństwem pracy bezpośrednio przekłada się na jej wydajność.

Literatura

- [1] Hoła B., Modelowanie jakościowe i ilościowe wypadkowości w budownictwie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2008.
- [2] Pawłowska Z., Pietrzak L., Ogólne zasady oceny szkodliwości procesów technologicznych, *Bezpieczeństwo pracy* nr 7–8, 2000.
- [3] Bryła R., Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku obróbki skrawaniem metali, *Stal - Metale & Nowe Technologie*, 5–6, 2007.
- [4] PN-N-18002:2011 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.
- [5] R Drozd, R Bielski, Zarządzanie ryzykiem zawodowym w procesie produkcyjnym-zagadnienia teoretyczne i przypadek praktyczny, *Quarterly Journal*, nr 1, s. 7–15, 2017.
- [6] Ocena zagrożeń psychospołecznych i warunków pracy w związku z nowymi formami pracy i modelami zatrudnienia. GIP, Warszawa 2009.



Agnieszka Bąbelewska, Renata Musielińska, Wojciech Ciesielski

Zakład Biologii i Ochrony Środowiska

Instytut Chemii, Ochrony Środowiska i Biotechnologii,

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa

e-mail: a.babelewska@ajd.czyst.pl

BIOINDYKACYJNA OCENA STOPNIA ZAGROŻENIA METALAMI CIĘŻKIMI ZBIOROWISK LEŚNYCH ZAŁĘCZAŃSKIEGO PARKU KRAJOBRAZOWEGO PRZY WYKORZYSTANIU ZDOLNOŚCI KUMULACJI PLECH POROSTU *HYPOGYMNIA PHYSODES* L.

Streszczenie. Ocenę stopnia zagrożenia chronionych zbiorowisk leśnych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego zanieczyszczeniami przemysłowymi, tj. metalami ciężkimi, dokonano przy użyciu metod biologicznych (bioindykacyjnych) i chemicznych. W metodzie bioindykacyjnej został wykorzystany aspekt kumulacji metali ciężkich w plechach porostu *Hypogymnia physodes* L., które w dalszej kolejności zostały ilościowo zbadane przy wykorzystaniu metod instrumentalnych. *Hypogymnia physodes* L. jest porostem powszechnie występującym w środowisku, dostępnym całorocznie i wykazującym dużą tolerancję dla badanych zanieczyszczeń. Celem badań była ocena stopnia zagrożenia metalami ciężkimi: Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co zbiorowisk leśnych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego (ZPK) przy pomocy bioindykatora o właściwościach kumulacyjnych – porostu *Hypogymnia physodes* (L.). ZPK został wybrany do badań ze względu na niekorzystne usytuowanie, ze względu na stały napływ zanieczyszczeń przemysłowych wraz z wiatrami z terenów województwa śląskiego, opolskiego i łódzkiego. Na terenie parku wyznaczono 10 stanowisk zbioru prób plech porostu do analiz ilościowych, równomiernie rozmieszczonych na całym jego terenie. Zawartość wybranych pierwiastków oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) z wykorzystaniem aparatu VARIAN AA 240. Analizy zawartości metali ciężkich: Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co w plechach pustułki pęcherzykowatej na 10 stanowiskach badawczych w Załęczańskim Parku Krajobrazowym wykazały niskie stężenia badanych metali ciężkich, w porównaniu do stężeń tych metali w parkach krajobrazowych południowej części województwa śląskiego. Najwięcej w ZPK plechy pustułki pęcherzykowatej zgromadziły żelaza (35,2–43,6 µg/g), najmniej kobaltu (0,002–0,010 µg/g), chromu (0,021–0,038 µg/g), miedzi (0,011–0,027 µg/g) i kadmu (0,020–0,043 µg/g). Kumulacja niebezpiecznego dla organizmów ołowiu na wszystkich

stanowiskach badawczych była zbliżona i wynosiła: 1,573–1,940 $\mu\text{g/g}$. Analiza stężeń dziewięciu badanych pierwiastków w plechach *Hypogymnia physodes* na 10 stanowiskach parku, przedstawiona jako sumaryczny indeks obciążenia metalami ciężkimi (S_j), wykazała najwyższe jego wartości w północnej części ZPK (stanowisko nr 1 – $S_j = 1,23$) oraz w jego części środkowej i wschodniej (stanowiska nr 5 ($S_j = 1,03$) i 6 ($S_j = 1,01$)), co oznacza, że obszary te są najsilniej obciążone metalami ciężkimi. Najmniej metalami ciężkimi są obciążone zbiorowiska leśne w południowo-wschodniej części ZPK - stanowisko nr 7 ($S_j = -1,21$). Przyczyną większego zanieczyszczenia części północnej ZPK w porównaniu do jego części południowo-wschodniej jest fakt napływu zanieczyszczeń wraz z wiatrami z kierunku południowo-zachodniego, głównie z aglomeracji opolskiej.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, porosty *Hypogymnia physodes* (L.), zbiorowiska leśne, Załęczański Park Krajobrazowy.

BIOINDICALLY RATING OF HEAVY METALS HAZARD ASSOCIATION FOR LAND FORESTS OF THE ZAŁĘCZE LANDSCAPE PARK WITH THE USE OF CUMULATION CAPACITY OF THE *HYPOGYMNINGIA PHYSODES* L.

Abstract. The assessment of the degree of threat to protected forest communities of Załęczański Landscape Park with industrial pollution, i.e. heavy metals, was made using biological (bioindicative) and chemical methods. In the bioindication method, the aspect of heavy metals accumulation in *Hypogymnia physodes* L. lichen lichen was used, which were subsequently quantitatively tested using instrumental methods. *Hypogymnia physodes* L. is a lichen commonly found in the environment, available all year round and showing high tolerance for the pollutants tested. The aim of the research was to assess the risk of heavy metals: Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co forest communities of Załęcze Landscape Park (ZPK) using a bioindicator with cumulative properties - *Hypogymnia physodes* (L.). ZPK was selected for research due to the unfavorable location, due to the constant inflow of industrial pollution along with the winds from the areas of the Śląskie, Opolskie and Łódzkie Voivodships. In the park, 10 sets of lichen sample sets were designated for quantitative analyzes, evenly distributed throughout its entire area. The content of selected elements was determined by atomic absorption spectrometry (ASA) using the camera VARIAN AA 240. Analysis of heavy metals content: Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co in the *H. physodes* of the alveolus at 10 test sites in Załęcze Landscape Park showed low concentrations of the heavy metals tested, compared to the concentrations of these metals in landscape parks of the southern part of the Silesian Voivodship. The most in ZPK *H. physodes* accumulated iron (35.2–43.6 $\mu\text{g/g}$), the least cobalt (0.002–0.010 $\mu\text{g/g}$), chromium (0.021–0.038 $\mu\text{g/g}$), copper (0.011–0.027 $\mu\text{g/g}$) and cadmium (0.020–0.043 $\mu\text{g/g}$). The accumulation of dangerous for organisms of lead at all research stands was similar and amounted to: 1.573–1.940 $\mu\text{g/g}$. Analysis of the concentrations of the nine elements studied in the *Hypogymnia physodes* at 10 park sites, presented as a summary index of heavy metals load

(Sj), showed its highest values in the northern part of the ZPK (stand 1 – Sj = 1.23) and in its central part and eastern (stand number 5 (Sj = 1.03) and 6 (Sj = 1.01)), which means that these areas are heavily loaded with heavy metals. The smallest heavy metals are loaded with forest communities in the south-eastern part of the ZPK - stand no. 7 (Sj = -1.21). The reason for the greater pollution of the northern part of the ZPK in comparison to its south-eastern part is the fact that the inflow of pollutants along with the winds from the south-western direction, mainly from the Opole agglomeration

Keywords: heavy metals, lichens *Hypogymnia physodes* (L.), forest communities, Załęcze Landscape Park.

Wstęp

Ocenę stopnia zagrożenia chronionych zbiorowisk leśnych zanieczyszczeniami przemysłowymi, tj. metalami ciężkimi: Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co można dokonać, stosując połączenie metod biologicznych z chemicznymi. W metodach biologicznych zwanych bioindykacyjnymi wykorzystywany jest aspekt kumulacji w tkankach organizmów żywych zanieczyszczeń, w tym również metali ciężkich, które następnie przy wykorzystaniu metod instrumentalnych są określane ilościowo. Bioindykatory to organizmy powszechnie występujące, dostępne całorocznie, wykazujące dużą tolerancję dla badanych zanieczyszczeń oraz wyraźne, zewnętrzne oznaki szoku, jeśli zostanie przekroczone stężenie krytyczne zanieczyszczenia w ich otoczeniu. Charakteryzują się one prostą zależnością między stężeniem zanieczyszczenia a parametrem biowskaźnika, służącym do identyfikacji zanieczyszczenia [57]. W monitoringu powszechnie stosowane są biokumulatory, tj.: mchy [23, 51, 52, 26], grzyby zlichenizowane [6, 13, 15, 54, 47] oraz różne gatunki drzew, np. sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* (L.), [42, 59, 58, 54, 37, 47, 3, 4]. Do najczulszych wskaźników z powyższej grupy należą porosty [2].

Pustułka pęcherzykowata *Hypogymnia physodes* (L.) (Rys. 1), należy do najczęściej używanych bioindykatorów porostowych, zarówno w badaniach ilościowych - chemicznych, np. na zawartość toksyn, tj. metali ciężkich [36, 46, 25, 8, 28, 16, 53, 12, 9, 18] czy siarki [7]. Jest gatunkiem porostu pospolicie występującym na terenie Polski i charakteryzuje się dużą wrażliwością oraz szybką reakcją plechy na zanieczyszczenie ze względu na brak barier ochronnych [11]. Występuje naturalnie w środowisku o powietrzu czystym i średnio zanieczyszczonym SO₂, a górna granica jej występowania (powyżej której gienie) wynosi 100 µg SO₂/m³ [27, 31, 32].

Plechy porostów są aktywne fizjologicznie cały rok i nie posiadają systemu usuwania zgromadzonych toksyn w ich ciele, np. metali ciężkich, dlatego też ich systematyczna kumulacja, aż do wartości granicznych, może odbywać się w ciągu całego roku na drodze depozycji suchej i mokrej. Proces kumulacji me-

tali ciężkich przez porosty jest ściśle związany z sezonowością, w wyższych stężeniach są one gromadzone zimą, niż latem. Poziom kumulacji zanieczyszczeń, w tym także metali ciężkich w plechach porostu jest proporcjonalny do ich obecności w powietrzu atmosferycznym. Porosty rejestrują zmiany w poziomie zanieczyszczenia powietrza, zarówno w czasie, jak i miejscu [17], dlatego też są powszechnie wykorzystywane do monitorowania skażeń przemysłowych na różnych obszarach, np. terenach objętych prawną ochroną [33, 30, 50, 3].



Rys. 1. Pustułka pęcherzykowata *Hypogymnia physodes* (L.), fot. A. Bąbelewska

Większość zanieczyszczeń oddziałujących także na duże kompleksy leśne, np. parki krajobrazowe, pochodzi z aglomeracji miejskich. Emisje z miast są wypadkową zanieczyszczeń pochodzących z procesów technologicznych w zakładach przemysłowych, z procesów grzewczych w sektorze komunalnym i spalania paliw z transportu samochodowego [45]. Najczęściej występującymi zanieczyszczeniami powietrza są pyły, na powierzchniach których osadzają się metale ciężkie. Szczególnie szkodliwe w swoim oddziaływaniu na organizmy żywe są takie metale ciężkie, jak: Cd, Hg, Pb, Cu, Zn, Cr, Sn, których udział w procesach biochemicznych nie jest potwierdzony [29]. Metale śladowe występują naturalnie w niewielkich ilościach w tkankach organizmów żywych i jeśli nie przekraczają poziomu fizjologicznego zapotrzebowania, wspomagają przebieg wielu procesów życiowych, np. oddychanie, fotosyntezę. Jednakże nawet niewielki wzrost ich stężeń może skutkować groźnymi dla organizmów zaburzeniami w ich rozwoju i wzroście – mogą one działać toksycznie. Ilość wędrujących na cząstkach pyłowych metali ciężkich jest uzależniona od wielkości jej powierzchni, im bardziej jest ona rozbudowana, tym większa ilość osadzonych pierwiastków śladowych. Depozycja cząstek pyłowych uzależniona jest od wielu czynników, jednakże najważniejsze z nich to siła wiatru i opady. Zachodzi ona na drogach: sedymentacji (osadzanie się cząstek z atmosfery na

powierzchni roślin), dyfuzji, turbulencji (zwłaszcza w pobliżu powierzchni roślin), usuwania przez deszcz lub depozycję ukrytą – mgły [5].

Załęczański Park Krajobrazowy (ZPK) leży na pograniczu pasa wyżyn i nizin. Obejmuje rejon przełomu Warty przez Wyżynę Wieluńską w krańdziej strefie Jury Krakowsko-Wieluńskiej. Teren parku charakteryzuje się wysoką lesistością i występowaniem cennych przyrodniczo obszarów. Dominują siedliska borowe na ubogim, piaszczystym podłożu w większości w postaci sosnowych monokultur. Teren parku leży w niekorzystnym miejscu ze względu na stały napływ zanieczyszczeń z otaczających go województw: śląskiego, opolskiego i łódzkiego, które znajdują się jednocześnie w czołowie obszarów emitujących (w skali każdego roku) największe ilości zanieczyszczeń pyłowych i gazowych w Polsce. Zanieczyszczenia z tych obszarów przemysłowych są transportowane wraz z wiatrami o przewadze napływu w tym rejonie z kierunków: zachodniego i południowo-zachodniego nad badany obszar. Na terenie parku nie prowadzono badań stopnia kumulacji metali ciężkich, w tym niebezpiecznych dla organizmów toksyn, tj. kadm i ołów w plechach porostów.

Cel i metodyka badań

Celem badań była ocena stopnia zagrożenia metalami ciężkimi: Cd, Cu, Cr, Co, Mn, Ni, Pb, Zn, Fe zbiorowisk leśnych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego na podstawie oceny ich zawartości w plechach pustułki pęcherzykowatej *Hypogymnia physodes* (L.).

Na terenie Załęczańskiego Parku Krajobrazowego wyznaczono 10 równomiernie rozmieszczonych na całym jego terenie stanowisk zbioru prób (Rys. 2.). Stanowiskiem badawczym była grupa drzew (2–4) rosnących w podobnych warunkach siedliskowych, między innymi w tym samym zbiorowisku leśnym - kontynentalnym borze mieszanym *Quercus robur* - *Pinetum* [43], z dominacją w drzewostanie sosny zwyczajnej. Powierzchnie zbioru materiału wytyczono w oparciu o mapy leśne Nadleśnictwa Wieluń. Przesłanką w wyborze stanowiska była obecność drzew sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* w wieku 60–105 lat z dużą ilością plech pustułki pęcherzykowatej na korze pni. Zbierano plechy *H. physodes* o średnicy rozet ok. 3 cm. Taka wielkość plech jest charakterystyczna dla osobników kilkuletnich, z uwagi na dość szybkie tempo przyrostu plech tego gatunku w skali roku (od kilku do kilkudziesięciu %, zależnie od czynników siedliskowych). Zbiór materiału prowadzono od strony nawietrznej pnia – południowo-zachodniej, na wysokości ok. 1,3 m. Materiał oczyszczono z fragmentów kory i suszono w suszarce w temperaturze ok. 105°C przez 24 h. Wysuszone i pokruszone plechy pustułki poddano mineralizacji z zastosowaniem mineralizatora mikrofalowego MARSXpress firmy CEM oraz przy użyciu HNO₃ 65% cz.d.a. Zawartość wybranych pierwiastków oznaczono metodą atomowej spek-

trometrii absorpcyjnej (ASA) z wykorzystaniem aparatu VARIAN AA 240. W celu wskazania najsilniej obciążonych metalami ciężkimi stanowisk badawczych w ZPK dla każdego z nich wyliczono sumaryczny indeks zanieczyszczenia (S_j) dziewięcioma analizowanymi metalami, wg następującego wzoru [20]:

$$S_j = \sum_{i=1}^9 y_{ij}$$

po uprzedniej standaryzacji danych według formuły:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\bar{x}_i}, \text{ gdzie:}$$

y_{ij} – stężenie i – tego metalu ciężkiego w j – nym stanowisku badawczym transekt
 \bar{x}_i – średnia zawartość i – tego metalu ciężkiego we wszystkich 10 stanowiskach badawczych.

Wartości ujemne współczynnika świadczą o dużej czystości punktu badawczego, natomiast wartości dodatnie, wskazują na obciążenie środowiska. Im wyższa wartość dodatnia współczynnika, tym kontaminacja danym metalem jest większa.



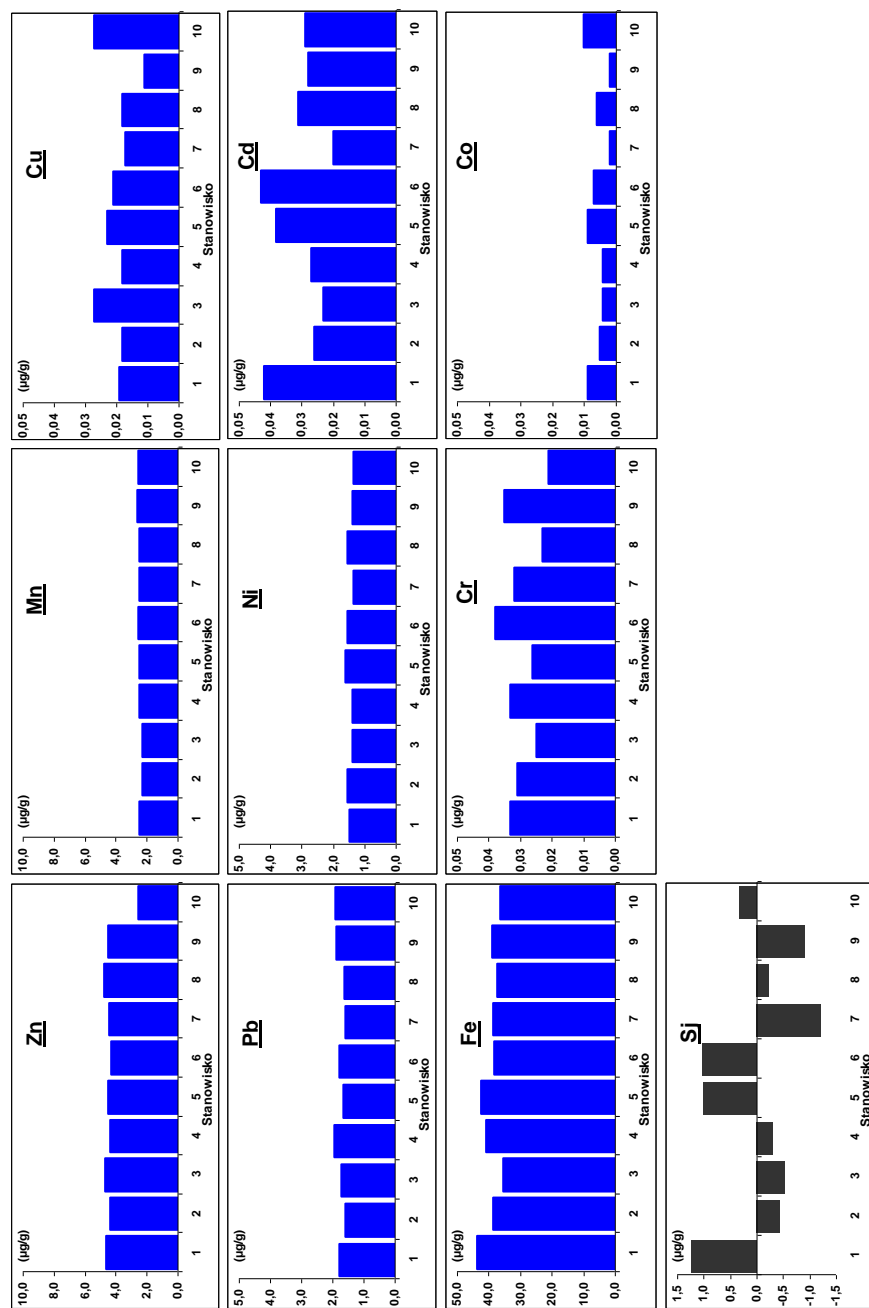
Rys. 2. Rozmieszczenie stanowisk zbioru plech pustułki pęcherzykowej *Hypogymnia physodes* (1–10) na terenie Załęczańskiego Parku Krajobrazowego

Wyniki

Analizy zawartości metali ciężkich: Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co w plechach pustułki pęcherzykowej na 10 stanowiskach badawczych w Załęczańskim Parku Krajobrazowym wykazały niskie stężenia badanych pierwiastków. Wyniki prezentuje Tab. 1, Rys. 3. Najwięcej plechy pustułki pęcherzykowej w ZPK zgromadziły żelaza (35,2–43,6 $\mu\text{g/g}$), najmniej kobaltu (0,002–0,010 $\mu\text{g/g}$), chromu (0,021–0,038 $\mu\text{g/g}$), miedzi (0,011–0,027 $\mu\text{g/g}$) i kadmu (0,020–0,043 $\mu\text{g/g}$). Kumulacja niebezpiecznego dla organizmów ołowiu na wszystkich stanowiskach badawczych była zbliżona i wynosiła: 1,573–1,940 $\mu\text{g/g}$. W żadnym z badanych stanowisk nie odnotowano ponadnormatywnych stężeń badanych pierwiastków.

Tab. 1. Stężenie metali ciężkich [$\mu\text{g/g}$ s.m.] oraz sumaryczny indeks obciążenia metalami ciężkimi (Sj) w plechach porostu *Hypogymnia physodes* w 10-ciu stanowiskach Załęczańskiego Parku Krajobrazowego

Nr stan.	Zn	Mn	Cu	Pb	Ni	Cd	Fe	Cr	Co	Sj
1	4,588	2,482	0,019	1,782	1,484	0,042	43,624	0,033	0,009	1,233
2	4,358	2,297	0,018	1,573	1,544	0,026	38,638	0,031	0,005	-0,431
3	4,665	2,250	0,027	1,707	1,376	0,023	35,241	0,025	0,004	-0,524
4	4,337	2,436	0,018	1,940	1,373	0,027	40,826	0,033	0,004	-0,302
5	4,482	2,494	0,023	1,642	1,600	0,038	42,298	0,026	0,009	1,014
6	4,300	2,530	0,021	1,774	1,524	0,043	38,325	0,038	0,007	1,030
7	4,432	2,439	0,017	1,579	1,360	0,020	38,505	0,032	0,002	-1,212
8	4,749	2,470	0,018	1,605	1,530	0,031	37,280	0,023	0,006	-0,229
9	4,463	2,571	0,011	1,878	1,364	0,028	38,779	0,035	0,002	-0,909
10	4,765	2,556	0,027	1,907	1,346	0,029	36,443	0,021	0,010	0,330



Rys. 3. Stężenie metali ciężkich Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co [$\mu\text{g/g}$ s.m.] oraz sumaryczny indeks obciążenia metalami ciężkimi (SI) w 10-ciu stanowiskach Załęczańskiego Parku Krajobrazowego.

Analiza stężeń dziewięciu badanych pierwiastków w plechach *Hypogymnia physodes* na 10 stanowiskach parku, przedstawiona jako sumaryczny indeks obciążenia metalami ciężkimi (S_j), wykazała najwyższe jego wartości w północnej części ZPK (stanowisko nr 1 – $S_j=1,23$) oraz w jego części środkowej i wschodniej (stanowiska nr 5 ($S_j = 1,03$) i 6 ($S_j = 1,01$)), co oznacza, że obszary te są najsilniej obciążone metalami ciężkimi. Najmniej metalami ciężkimi są obciążone zbiorowiska leśne w południowo-wschodniej części ZPK – stanowisko nr 7 ($S_j = -1,21$). Przyczyną większego zanieczyszczenia części północnej ZPK w porównaniu do jego części południowo-wschodniej jest fakt napływu zanieczyszczeń wraz z wiatrami z kierunku południowo-zachodniego, głównie z aglomeracji opolskiej.

Dyskusja

Zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego jest wynikiem postępu cywilizacyjnego. Głównymi źródłami zanieczyszczeń do powietrza są aglomeracje miejskie. Emisje z miast są wypadkową zanieczyszczeń pochodzących z procesów technologicznych realizowanych w licznych tam zakładach przemysłowych, z procesów grzewczych w sektorze komunalnym i spalania paliw z transportu samochodowego. W ostatnich 20-tu latach obserwowany jest stały wzrost i rozwój motoryzacji [45]. W obszarze zurbanizowanym dominującym składnikiem aerozolu są cząsteczki pyłu zawierające metale ciężkie [34, 55, 5]. Na powierzchni pyłów transportowane są metale ciężkie, które osiadają na powierzchni organizmów żywych, wpływając istotnie na ich żywotność. Jakość powietrza zależna jest od naturalnych i antropogenicznych źródeł zanieczyszczeń. Stan czystości powietrza zależny jest od emisji i imisji zanieczyszczeń. Dopływ i odpływ zanieczyszczeń gazowych i pyłowych w danym regionie, na skutek adwekcji mas powietrza, transformacji i opadu zanieczyszczeń w formie suchej lub mokrej kształtuje stan czystości powietrza [38]. Skala oddziaływania na duże ekosystemy leśne jest odmienna w różnych częściach Polski, jednakże na południu ze względu na umiejscowienie największych aglomeracji przemysłowych jest ona najsilniejsza. Województwa tj. śląskie, małopolskie, opolskie czy łódzkie należą do czołówki obszarów emitujących w Polsce największe ilości zanieczyszczeń gazowych i pyłowych.

Monitoring biologiczny jest procesem, w którym na podstawie ilościowych i (lub) jakościowych charakterystyk obiektu żywego (bioindykatora) określa się stan systemu ekologicznego oraz parametry biotycznych i abiotycznych jego komponentów, w tym substancji i oddziaływań antropogenicznych [24, 10, 35, 13, 60]. Dostarcza informacji o zintegrowanym efekcie działania wszystkich czynników na organizmy żywe i może być wykorzystany do stworzenia systemu oceny i ostrzeżenia przed zagrożeniem [48]. Monitoring

środowiska ma na celu ocenę jego stanu, kierunku zmian środowiska przyrodniczego, a także opracowanie prognoz i wczesnego ostrzegania o przewidywanych przeobrażeniach w systemie ciągłych lub powtarzalnych pomiarów i obserwacji [19]. Pełną informację o emisji zanieczyszczeń można uzyskać, tylko integrując system pomiarów fizyko-chemicznych z monitoringiem biologicznym [49]. Ta potrzeba połączenia powyższych pomiarów znalazła miejsce w systemie organizacyjnym Państwowego Monitoringu Środowiska jako jeden z podsystemów jego funkcjonowania. Gromadzenie zanieczyszczeń przez organizmy i ich tkanki jest mierzalnym wskaźnikiem obciążenia środowiska różnymi zanieczyszczeniami, np. metalami ciężkimi. Gatunki posiadające możliwość gromadzenia (biokumulowania) szczególnie wysokich stężeń, jak np. plechy porostów, są powszechnie używane w metodach bioindykacyjnych połączonych z analizą chemiczną [6, 13, 15, 54, 47, 2]. Pomiary ambulatoryjne poziomu stężenia metali ciężkich nie dają pełnej i jednoznacznej odpowiedzi na temat toksyczności danych zanieczyszczeń względem organizmów żywych, dopiero zastosowanie metod bioindykacyjnych pozwala ocenić stopień obciążenia ekosystemu. Istotą metod biologicznych jest ocena wpływu zanieczyszczeń na organizmy żywe [4]. W odróżnieniu od metod chemicznych dają rzeczywisty obraz stanu środowiska naturalnego, często różny od prognoz na podstawie badań chemicznych. Są one bardziej wartościowe, gdyż same organizmy żywe rejestrują kumulatywne, toksyczne działanie zanieczyszczeń i odpowiadają na nie określoną reakcją [22]. Gromadzenie zanieczyszczeń przez organizmy i ich tkanki jest mierzalnym wskaźnikiem obciążenia środowiska różnymi zanieczyszczeniami, np. metalami ciężkimi. Gatunki posiadające możliwość gromadzenia (biokumulowania) szczególnie wysokich stężeń, jak np. porosty są powszechnie używane w metodach bioindykacyjnych połączonych z analizą chemiczną. Przy ich pomocy oceniane jest zanieczyszczenie całych obszarów państw [14], regionów geograficznych [40] oraz obszarów chronionych, np. Parków krajobrazowych [3].

Szczególnie wysoką wrażliwością na zanieczyszczenie pyłowe i gazowe charakteryzują się porosty nadrzewne (epifityczne). Duża wrażliwość porostów jest podstawową cechą klasyfikującą tę grupę organizmów w rzędzie najbardziej czułych wskaźników zanieczyszczenia powietrza. Wykorzystywane są nie tylko do oceny jakości powietrza, ale także jako efektywny system wczesnego ostrzegania [44]. Wszelkie substancje potrzebne do życia (np. wodę często zanieczyszczoną) porosty czerpią wprost z atmosfery – wchłaniając całą powierzchnią plechy. Proces ten w przypadku porostów jest bardzo ułatwiony z uwagi na brak barier ochronnych na powierzchni plechy porostowej, np. tkanki okrywającej czy kutykuli, co sprawia, że wszystkie zanieczyszczenia bez trudu wnikają do jej wnętrza. Silna higroskopijność plech pozwala porostom korzystać z rosy i pary wodnej jako podstawowych źródeł wody. Porosty nie posiadają także żadnego systemu wydalania (np. opadania liści), stąd zaku-

mulowane składniki pozostają w nich, czasem bardzo długo. Często stałe składniki zanieczyszczeń, np. pyły z metalami ciężkimi, mogą najpierw osadzać się na powierzchni plech (a w późniejszym etapie wnikać do jej wnętrza, jak np. metale ciężkie), tworząc na korze drzew i powierzchni plech porostowych trudno zmywalną skorupę, ograniczającą dostęp światła, powietrza i wody, która skutecznie hamuje proces fotosyntezy, wymiany gazowej, i w konsekwencji prowadzi najpierw do defoliacji plech porostowych, ich deformacji, a w dalszym etapie do całkowitego obumarcia [39]. Ponadto porosty są aktywne fizjologicznie przez cały rok, również w zimie (przeciwnie do roślin), kiedy to poziom zanieczyszczeń w powietrzu jest wyższy niż w lecie [19]. W okresach suchych (np. w lecie) woda z łatwością jest odparowywana z plech, a rozpuszczone w niej zanieczyszczenia kumulowane są wewnątrz plechy porostu.

Poziom kumulacji metali ciężkich: Zn, Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Fe, Cr, Co w plechach porostu *Hypogymnia physodes* w Załęczańskim Parku Krajobrazowym klasyfikuje ten teren do grupy parków o stosunkowo niskim poziomie obciążenia metalami ciężkimi. W porównaniu, np. do parku krajobrazowego „Orle Gniazda” leżącego w sąsiedztwie aglomeracji częstochowskiej, kilkadziesiąt kilometrów na południe od ZPK, stężenia badanych metali ciężkich (za wyjątkiem niebadanego Co) były wyższe. Największe różnice kilkusetkrotne w poziomie kumulacji badanych metali ciężkich w plechach pęcherzykowatej z obu chronionych terenów badawczych dotyczyły takich metali, jak: miedź i chrom. Różnica kilkudziesięciokrotna dotyczyła kumulacji kadmu, natomiast różnice kilkunastokrotne dotyczyły takich metali ciężkich, jak: Pb, Mn, Zn, Fe i Ni [3].

Do pierwiastków najbardziej toksycznych dla organizmów żywych zaliczany jest kadm i ołów. Na badanym terenie odnotowano niskie stężenia obu tych pierwiastków, Cd: 0,027–0,059 $\mu\text{g/g}$ s.m., Pb: 1,154–1,458 $\mu\text{g/g}$ s.m. Cd i jego związki należą do substancji najbardziej niebezpiecznych i znajdują się na tak zwanej czarnej liście, natomiast pozostałe badane w niniejszej pracy metale ciężkie (Pb, Cu, Cr, Ni, Mn, Zn, Fe) zostały umieszczone na liście szarej (Zarządzenie Unii Europejskiej 76/464/EEC). W przypadku roślin nie udowodniono pozytywnego wpływu kadmu na ich wzrost i fizjologię, jak ma to miejsce w przypadku innych metali ciężkich, np. Fe, Zn i in. [48]. Ponadto wzrost zawartości Cd w tkankach organów asymilujących, obok miedzi i cynku, powoduje spadek zawartości chlorofilu [41]. Kadm w roślinach z terenów niezanieczyszczonych występuje w śladowych ilościach od 0,12 do 0,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ s.m. [48], natomiast w roślinach z terenów silnie uprzemysłowionych zawartość tego metalu może dochodzić nawet do 50 $\mu\text{g g}^{-1}$ [48]. W plechach wrażliwych bioindykatorów, jakimi są porosty, kadm oddziałuje na procesy fizjologiczne, prowadząc często do zamierania plechy i braku możliwości wykonania analiz ilościowych [29]. Zanieczyszczenia kadmem pochodzą głównie z obszarów zurbanizowanych i przemysłu metalurgicznego, gdzie transportowane są na różne

odległości na cząstkach aerozoli [1]. Obniżenie pobierania lub toksyczności kadmu występuje często przy podwyższonej zawartości Zn (interakcje antagonistyczne). Ołów, tak jak kadm, nie jest pierwiastkiem koniecznym dla rozwoju roślin, należy do grupy metali bardzo toksycznych i nawet niewielkie przekroczenia dopuszczalnego poziomu mogą stanowić zagrożenie. Ważnym źródłem zanieczyszczenia zbiorowisk leśnych Pb, oprócz emisji z transportu samochodowego, jest także hutnictwo. Wszystkie związki Pb występują w stanie dużej dyspersji i podlegają łatwo sorpcji na powierzchni cząstek pyłu atmosferycznego. Część związków ołowiu spada na ziemię wraz z opadającym pyłem i mokrym opadem, a pozostała ilość unoszona jest do górnych warstw atmosfery (Pb podlega tym procesom w większym stopniu niż inne pierwiastki), z którą zostaje przemieszczona na dalekie odległości [29]. We wszystkich punktach badawczych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego, największe ilości zgromadziły plechy pustułki pęcherzykowatej żelaza (Fe), cynku (Zn) i manganu (Mn). Głównym źródłem zanieczyszczenia środowiska żelazem, cynkiem i manganem jest przemysł metalurgiczny [56]. Ponadto Mn używany jest także w przemyśle chemicznym i w rolnictwie jako mikronawozy.

Sumaryczny indeks (S_j) pozwolił na wskazanie obszarów najsilniej i najslabiej obciążonych dziewięcioma badanymi metalami ciężkimi (Cd, Pb, Cr, Cu, Co, Mn, Ni, Zn i Fe) Załęczańskiego Parku Krajobrazowego. Najwyższe współczynniki (S_j), oznaczające jednocześnie obszary najsilniej obciążone metalami ciężkimi stwierdzono w północnej części ZPK (stanowisko nr a nr 1 – $S_j = 1,23$) oraz w jego części środkowej i wschodniej (stanowiska nr 5 ($S_j = 1,03$) i 6 ($S_j = 1,01$)). Najniższe wartości współczynników (S_j), oznaczające jednocześnie miejsca najmniej obciążone metalami ciężkimi określono dla stanowisk położonych w południowo-wschodniej części ZPK – stanowisko nr 7 ($S_j = -1,21$). W porównaniu do sumarycznych indeksów obciążeń metalami ciężkimi uzyskanych w badaniach parków narodowych Polski przez Grodzińską [20, 21] i Sawicką-Kapustę i in. [49, 50] uzyskane wskaźniki S_j na stanowiskach 1,5 i 6 Załęczańskiego Parku Krajobrazowego są stosunkowo niskie. Stan obciążenia ZPK jest wypadkową zanieczyszczeń pochodzących z emisji bliskiej (regionalnej), np. z terenu Wielunia oraz emisji dalekiej, napływającej głównie z województw ościennych, tj. województwa opolskiego, łódzkiego i śląskiego. Badany obszar chroniony usytuowany jest na pograniczu powyższych trzech województw, które także są głównymi obszarami emisji zanieczyszczeń w skali całego kraju. Interesujący był zatem fakt sprawdzenia stanu obciążenia metalami ciężkimi tego obszaru leśnego w tak niekorzystnym usytuowaniu. Badania kumulacji metali ciężkich w plechach porostu *Hypogymnia physodes* wykazały, iż ekosystemy leśne Załęczańskiego Parku Krajobrazowego są obciążone w niewielkim stopniu tymi pierwiastkami i powyższe kumulacje nie stanowią zagrożenia dla ich rozwoju. Większe obciążenie metalami ciężkimi (S_j) północnej części parku może wynikać zarówno z emisji dalekiej

pochodzącej głównie z województwa opolskiego, a także z emisji bliskiej pochodzącej z emitorów leżących w sąsiedztwie parku, głównie jego części północnej, np. w Wieluniu (Energetyka Ciepła sp. z o.o. – emisja 241,03 Mg/rok – 14 miejsce na liście) czy Działoszynie (Cementownia „Warta” SA – emisja 1233,35 Mg/rok – 4 miejsce na liście) [61]. Nad badanym terenem chronionym przeważają bowiem wiatry z kierunków zachodniego i południowo-zachodniego, które mogą transportować zanieczyszczenia z tych obszarów.

Wnioski

Załęczański Park Krajobrazowy jest obszarem chronionym o niskim poziomie zanieczyszczenia metalami ciężkimi, tj. Cd, Cu, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn i Fe.

Silniej obciążona badanymi metalami ciężkimi Cd, Cr, Cu, Co, Mn, Pb, Ni, Zn, Fe (z wyższymi wartościami indeksów (Sj) jest północna, środkowa i wschodnia część ZPK.

Głównym źródłem emisji zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich na zbiorowiska leśne Załęczańskiego Parku Krajobrazowego była aglomeracja opolska.

Stężenia poszczególnych metali ciężkich określone w plechach porostu *Hypogymnia physodes* (L.) pozwalają na uszeregowanie pierwiastków w następującej kolejności: Fe>Zn>Mn>Pb>Ni>Cd>Cr>Cu>Co.

Literatura

- [1] Alloway B. J., Ayres D. C., *Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska*, PWN, Warszawa 1999.
- [2] Bąbelewska A., *Zastosowanie biotestów kory sosnowej i plech *Hypogymnia physodes* do oceny oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych na zbiorowiska leśne*. Sylwan, Vol. 158 (4), 2014, p. 251–257.
- [3] Bąbelewska A., *Zanieczyszczenie parków krajobrazowych ziemi częstochowskiej metalami ciężkimi (monografia)*, Wyd. Akademii im. J. Długosza w Częstochowie, Częstochowa 2012.
- [4] Bąbelewska A., Musielińska R., Ciesielski W., *Zanieczyszczenie metalami ciężkimi kory sosny zwyczajnej Załęczańskiego Parku Krajobrazowego - ocena zagrożenia*, Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa, Vol. 4, 2016, p. 33–48, doi.org/10.16926/tiib.2016.04.03.
- [5] Bell J. N. B., Treshow M., *Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
- [6] Branquinho C., Catarino F., Brown D.H., Pereira M.J., Soares A., *Improving the use of lichens as biomonitors of atmospheric metal pollution*.

- The Science of the Total Environment, vol. 232, 1999, p. 67–77, [doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00111-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00111-4).
- [7] Boratyński J., *Bioindykacja skażenia związkami siarki okolic elektrowni węglowej „Adamów” koło Turku* [w:] Bioindykacja skażeń przemysłowych i rolniczych. Komisja Nauk o Ziemi, 1983, p. 157–169.
- [8] Bruteig I. E., *Distribution, ecology and biomonitoring studies of epiphytic lichens on conifers*. Guenneria, 1994, p. 68.
- [9] Budka D., Przybyłowicz W. J., Mesjasz – Przybyłowicz J., Sawicka – Kapusta K., *Elemental distribution in lichens transplanted to polluted forest sites near Kraków (Poland)*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 189, 2002, p. 499–505, [doi.org/10.1016/S0168-583X\(01\)01131-4](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(01)01131-4).
- [10] Burton M. A. S., *Biological monitoring of environmental contaminants (plants)*. Rapost 32, GEMS – Monitoring and Assessment Research Centre, King’s College London. University of London, 1986.
- [11] Bystrek J., *Podstawy lichenologii*. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 1997.
- [12] Carreras H. A., Pignata M. L., *Biomonitoring of heavy metals and air quality in Cordoba City, Argentina, using transplanted lichens*. Environmental Pollution, Vol. 117, 2002, p. 77–87, [doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00164-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00164-6).
- [13] Conti M.E., Cecchetti G. *Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment - a review*. Environmental Pollution, vol. 114, 2001, p. 471–492, [doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00224-4](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00224-4).
- [14] Freitas M. C., Reis M. A., Alves L.C., Wolterbeek H. Th., *Distribution in Portugal of some pollutants in the lichen *Parmelia sulcata**. Environmental Pollution, Vol. 106, 1999, p. 229–235, [doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00071-8).
- [15] Garty J., *Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application*. Critical Review in Plant Sciences, vol. 20, 2001, p. 309–371, [doi.org/10.1016/S0735-2689\(01\)80040-X](https://doi.org/10.1016/S0735-2689(01)80040-X).
- [16] Godzik B., Kiszka J. *Concentration of heavy metals in thalluses of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. in the Czarna Wisielka and Biała Wisielka catchments* [w:] Studia Naturae, Vol. 44, 1998, p. 73–80.
- [17] Godzik B., Szarek-Łukaszewska G., *Plants as a bioindicators in environmental studies*. Chemia i Inżynieria Ekologiczna Vol. 12 (7), 2005, p. 677–693.
- [18] Gombert S., Asta J., Seaward M. R. D., *Correlation between the nitrogen concentration of two epiphytic lichens and the traffic density in an urban area*. Environmental Pollution, vol. 123, 2003, p. 281–290, [doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00367-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00367-6).

- [19] Greszta J., Gruszka A., Kowalkowska M., *Wpływ imisji na ekosystem*, Wydawnictwo Naukowe „Śląsk”, Katowice 2002.
- [20] Grodzińska K., *Bioindykacja skażeń środowiska Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego związkami siarki i metalami ciężkimi*, [w:] Komisja Nauk o Ziemi, Oddz. we Wrocławiu, 1979, p. 299–308.
- [21] Grodzińska K., *Zanieczyszczenie polskich parków narodowych metalami ciężkimi*, [w:] Ochrona Przyrody, Vol. 43, 1980, p. 9–27.
- [22] Grodzińska K., *Zakwaszenie korowiny drzew Puszczy Niepołomickiej*, [w:] Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, vol. 9, 1981, p. 303–312.
- [23] Grodzińska K., Szarek-Łukaszewska G., *Response of mosses to the heavy metal deposition in Poland - an overview*. Environmental Pollution, vol. 114, 2001, p. 443–451, [doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00227-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00227-X).
- [24] Grodziński W., *Biowskażniki w służbie ochrony środowiska*. Wszechświat, vol. 7–8, 1980, p. 161–166.
- [25] Halonen P., Hyvärinen M., Kauppi M., *Emission related and repeated monitoring of element concentrations in the epiphytic lichen Hypogymnia physodes in a coastal area, Finland*. Ann. Bot. Fennici, vol. 30, 1993, p. 251–261.
- [26] Harmens H., Norris D., *Spatial and Temporal Trends in Heavy Metal Accumulation in Mosses in Europe (1990-2005)*, Centre for Ecology & Hydrology, WGE, Bangor 2008.
- [27] Hawksworth D. L., Rose F., *Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens*, Nature, 227: 1970, 145–148.
- [28] Jeran Z., Byrne A. R., Batič F., *Transplanted epiphytic lichens as bio-monitors of air-contamination by natural radionuclides around the Žirovski vrh uranium mine, Slovenia*. Lichenologist, Vol. 27 (5), 1995, p. 37–385, doi.org/10.1016/lich.1995.0035.
- [29] Kabata-Pendias A., Pendias H., *Biogeochemia pierwiastków śladowych*, PWN, Warszawa 1999.
- [30] Kapusta P., Szarek-Łukaszewska G., Kiszka J., *Spatial analysis of lichen species richness in a disturbed ecosystem (Niepołomice Forest, S Poland)*, The Lichenologist, vol. 36 (3–4), 2004, p. 249–260, doi.org/10.1017/S0024282904014112.
- [31] Kiszka J., *Wpływ emisji miejskich i przemysłowych na florę porostów Krakowa i Puszczy Niepołomickiej*, Prace Monogr. WSP w Krakowie, vol. 19, 1977, p. 5–137.
- [32] Kiszka J., *Mapa lichenoindykacyjna województwa krakowskiego*, Studia Ośr. Dok. Fizjogr. PAN, Vol. 18, 1990, p. 201–212.
- [33] Kiszka J., Grodzińska K., *Lichen flora and air pollution in the Niepołomice Forest (S Poland) in 1960–2000*, Biologia, Bratislava, vol. 59 (1), 2004, p. 25–37.

- [34] Konarski P., Iwanejko I., Mierzejewska A., Cwil M., Diduszko R., *Analiza spektralna miko- i nanocząsteczek zanieczyszczających środowisko w Legnicy*, mat. II konferencji naukowo-technicznej „Ekologia w elektronice” Warszawa, 2002, p. 75–81.
- [35] Kovács K. (ed.). *Biological indicators in environmental protection*. Akademia Kiado, Budapest 1992.
- [36] Laaksovirta K., Olkkonen H., *Epiphytic lichen vegetation and element contents of Hypogymnia physodes and pine needles examined as indicators of air pollution at Kokkola*, W Finland. Ann. Bot. Fennici, vol. 14, 1977, p. 112–130.
- [37] Laureysens I., Blust R., Temmerman L., Lemmens C., Ceulemans R., *Clonal variation in heavy metal accumulation and biomass production in a poplar coppice culture: I. Seasonal variation in leaf, wood and bark concentrations*, Environmental Pollution, vol. 131, 2004, p. 485–494. [doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00227-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00227-X).
- [38] Lewińska J., *Klimat miasta – vademecum urbanistyczne*, IGPi K, Kraków 1991.
- [39] Lipnicki L., *Porosty Borów Tucholskich. Park Narodowy „Bory Tucholskie”*, Charzykowy 2003.
- [40] Loppi S., Pirintsos S., *Epiphytic lichens as sentinels for heavy metal pollution at forest ecosystems (central Italy)*, Environmental Pollution, vol. 121, 2003, p. 327–332, [doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00269-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00269-5).
- [41] Łukasik I., Palowski B., Ciepał R., *Correlation bet heavy metals contents and chlorophyll pigments concentration in plant tissues around power plant “Elektrownia Jaworzno SA”*, [w:] Chemia i Inżynieria, vol. 11, 2004, p. 201–208.
- [42] Malzahn E., *Monitoring zagrożeń i zanieczyszczenia środowiska leśnego Puszczy Białowieskiej*, Kosmos, vol. 51(4), 2002, p. 435–441.
- [43] Matuszkiewicz W., *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, PWN, Warszawa 2001.
- [44] Nimis P. L., Scheidegger C., Wolseley P. A. (eds.), *Monitoring with Lichens and Monitoring Lichens*, Kluwer, Amsterdam 2002, doi.org/10.1007/978-94-010-0423-7.
- [45] Ochrona Środowiska, Główny Urząd Statystyczny. *Informacje i opracowania statystyczne*, Warszawa 2008.
- [46] Pilegaard K., *Heavy metals in bulk precipitation and transplanted Hypogymnia physodes and Dicranoweisia cirrata in the vicinity of a danish steelworks*, Water, Air, and Soil Pollution, vol. 11, 1979, p. 77–91, doi.org/10.1007/BF00163521.
- [47] Rusu A.-M., Jones G. C., Chimonides P. D. J., Purvis O. W., *Biomonitoring using the lichen Hypogymnia physodes and bark samples near Zlatna*,

- Romania immediately following closure of a copper ore-processing plant*, [in:] *Environmental Pollution*, Vol. 143, 2006, p. 81–88, doi.org/10.1016/j.envpol.2005.11.002.
- [48] Sawicka-Kapusta K., *Reakcja roślin na dwutlenek siarki i metale ciężkie w środowisku – bioindykacja*, [w:] *Wiadomości ekologiczne*, vol. 36, 1990, p. 95–109.
- [49] Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Idzi G., Jasińska K., *Ocena skażenia polskich parków narodowych metalami ciężkimi przy pomocy porostu *Hypogymnia physodes* jako biowskaźnika*. [w:] *Ogólnopolskie Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Kampinoski Park Narodowy, Wojskowa Akademia Techniczna*, 1999, p. 66–68.
- [50] Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Gdula-Argasińska J., Stochmal M., *Zanieczyszczenie metalami i SO₂ parków narodowych. Ocena narażenia środowiska obszarów chronionych*, [w:] *Centrum Doskonałości Unii Europejskiej IBAES, Instytut Nauk o Środowisku UJ, Kraków*, 2005, p. 1–110.
- [51] Suchara I., Florek M., Godzik B., Mańkowska B., Rabnecz G., Sucharová J., Tuba Z., Kapusta P., *Mapping of main sources of pollutants and their transport in the visegrad space. Part I*, Průhonice 2007.
- [52] Sucharová J., Suchara I., Hola M., *Contents of 37 elements in moss and their temporal and spatial trends in the Czech Republic during the last 15 years*, Průhonice 2008.
- [53] van Dobben H. F., Braak C. J. F., *Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales*, *Lichenologist*, vol. 31 (1), 1999, p. 27–39, doi.org/10.1017/S0024282999000079.
- [54] van Dobben H. F., Wolterbeek H. Th., Wamelink G. W. W., Braak C. J. F., *Relationship between epiphytic lichens, trace elements and gaseous atmospheric pollutants*, [in:] *Environmental Pollution*, vol. 112, 2001, p. 163–169, [doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00121-4](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00121-4).
- [55] Samara C., Kouimtzis Th., Tsitouridou R., Kaniás G., Simeonov V., *Chemical mass balance source apportionment of PM 10 in an industrialized urban area of Northern Greece*, *Atmospheric Environment*, vol. 37, 2003, p. 41–54, [doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00772-0](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00772-0).
- [56] Strzałko J., Mossor- Pietraszewska T., *Kompendium wiedzy o ekologii*, PWN, Warszawa - Poznań 2001.
- [57] Synak E., Szafranek B., Kaczyński Z., Stepnowski P., *Monitoring i analiza zanieczyszczeń w środowisku*, Uniwersytet Gdański 2010.
- [58] Yilmaz S., Zengin M., *Monitoring environmental pollution in Erzurum by chemical analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles*, *Environmental International*, vol. 29, 2004, p. 1041–1047, [doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00097-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00097-7).

- [59] Zabłocki Z., Podlasińska J., *Zmiany w akumulacji siarki i fluoru w igłach sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. oraz mchu *Pleurozjum schreberi* (Brid.) Mittl. na obszarze oddziaływania emisji Zakładów Chemicznych „Police” w latach 1978–2000* [w:] *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe*, 2002, p.267–276.
- [60] Zimny H., *Bioindykacja i biomonitoring środowiska*, Warszawa 2006.
- [61] Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi, *Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim, Powietrze*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Łódź 2014.



**Andrzej Pieczywok, Zbigniew Dziamski, Małgorzata Schneider,
Waldemar Nowosielski**

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Instytut Techniki

ul. Chodkiewicza 30, 85–064 Bydgoszcz

KSZTAŁTOWANIE POCZUCIA BEZPIECZEŃSTWA MŁODYCH MIESZKAŃCÓW WOJEWÓDZTWA KUJAWSKO-POMORSKIEGO NA PRZYKŁADZIE OCHOTNICZYCH STRAŻY POŻARNYCH

Streszczenie. Autorzy artykułu główną uwagę skupili na procesie kształtowania poczucia bezpieczeństwa mieszkańców województwa kujawsko-pomorskiego na przykładzie Ochotniczych Straży Pożarnych. Artykuł składa się z trzech zasadniczych części, dwie pierwsze są teoretyczne, a ostatnia jest empiryczna. W pierwszej kolejności dokonano teoretycznego wglądu w pojęcie bezpieczeństwo, porządek publiczny i poczucie bezpieczeństwa, a także przedstawiono organizację systemu bezpieczeństwa w społeczności lokalnej. Druga część zawiera najważniejsze informacje dotyczące uwarunkowań historyczno-prawnych związanych z powstaniem i funkcjonowaniem Ochotniczych Straży Pożarnych, w tym podstawowych zadań realizowanych w obszarze zarządzania kryzysowego. Ostatnia część artykułu poświęcona jest badaniom empirycznym przeprowadzonym na podstawie kwestionariusza ankiety wśród studentów UKW. Badania w głównej mierze dotyczyły oceny pracy strażaków OSP w kształtowaniu poczucia bezpieczeństwa wybranych środowisk województwa kujawsko-pomorskiego.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, zagrożenia, poczucie bezpieczeństwa, Ochotnicza Straż Pożarna.

FORMING OF SENSE OF SECURITY OF KUYAVIAN-POMERANIAN VOIVODESHIP BASED ON EXAMPLE OF VOLUNTARY FIRE BRIGADE

Abstract. The authors of the article have focused their attention on process of forming the sense of security of Kuyavian-Pomeranian Voivodeship based on example of

Voluntary Fire Brigade. Article contains of 3 parts: two theoretical and one empirical. First of all authors present theory of security, public order and sense of security and organisation of security system in local society. Second part contains important is about history and legal aspects of origin and activity of Voluntary Fire Brigades. Specially their goals in crisis management. Last part is about empirical researches based on questionnaire survey form for UKW students. It refers to assessment of firefighters work and its influence to sense of security in selected areas of Kuyavian-Pomeranian Voivodeship.

Keywords: security, threats, sense of security, Voluntary Fire Brigade.

Wprowadzenie

Kwestia bezpieczeństwa była poruszana wielokrotnie w wielu miejscach publicznego funkcjonowania człowieka oraz definiowana w różnoraki sposób. Można bezpieczeństwo pojmować subiektywnie lub obiektywnie. Każdy obywatel potrzebuje poczucia bezpieczeństwa. Jest to kluczowy aspekt funkcjonowania jednostki, co zauważył już Maslow, tworząc piramidę potrzeb. Potrzebę bezpieczeństwa umieścił na drugim miejscu, co tylko świadczy o istocie zapewnienia tego stanu.

Przeciwdziałanie zagrożeniom związane jest z kształtowaniem poczucia bezpieczeństwa obywateli w zakresie przestrzegania kultury bycia, kultury bezpieczeństwa. Możliwe jest to poprzez uznanie i przestrzeganie istotnych wartości uniwersalnych i społecznych.

Poczucie bezpieczeństwa jest czymś bardzo istotnym w życiu każdego z nas. Jego brak może być przyczyną poważnych zaburzeń psychicznych, a najczęściej spotykanym objawem bywa lęk. W odróżnieniu od fizjologicznego strachu, będącego reakcją na autentyczne zagrożenie, lęk jest irracjonalny. Poczucie bezpieczeństwa jest przeciwieństwem jedną z podstawowych potrzeb człowieka w relacji jednostka-społeczeństwo. Dzięki jej zaspokojeniu można w stu procentach cieszyć się pełnią rozwoju, a także być świadkiem powstawania różnych, nowych form życia społecznego.

Szczególnie ważnym w procesie bezpieczeństwa ludności jest sprawność działania oraz funkcjonowania organów państwa czy jednostki administracyjnej. Aby mieszkańcy czuli się bezpiecznie muszą mieć pewność dobrego zarządzania i funkcjonowania np. sądownictwa i Policji w przypadku przestępstw, czy Straży Pożarnej w przypadku np. pożaru lub wypadku komunikacyjnego.

Jednym z podmiotów mających zapewnić owo bezpieczeństwo jest Straż Pożarna. Jest ona jednym z elementów systemu bezpieczeństwa narodowego. Posiada zhierarchizowaną strukturę. Działa w oparciu o Ustawę z dnia 24 sierpnia 1991 roku o Państwowej Straży Pożarnej. Dokument ten określa, czym jest Straż Pożarna, nakłada na tą formację konkretne zadania, jakie ma realizować w celu sprawnego działania oraz zapewnienia i utrzymania bezpieczeństwa.

Celem artykułu jest przede wszystkim pokazanie, jak strażacy OSP kształtują poczucie bezpieczeństwa wśród społeczności lokalnych, za pomocą jakich form i metod oraz jakie miejsce zajmuje instytucja OSP w systemie bezpieczeństwa lokalnego.

Autorzy artykułu prowadzą od kilku lat szersze badania statutowe wśród społeczności lokalnych województwa kujawsko-pomorskiego dotyczące ich stanu bezpieczeństwa, jakości życia, organizacji i funkcjonowania zarządzania kryzysowego na poziomie gminy, powiatu i województwa oraz funkcjonowania różnych grup dyspozycyjnych m.in. wojska, Policji, PSP, OSP, a także organizacji pozarządowych i stowarzyszeń. Ponadto pracownicy zakładu dość ściśle współpracują w tym zakresie z Wojewódzkim Centrum Zarządzania Kryzysowego w Bydgoszczy oraz z Podoficerską Szkołą Straży Pożarnej. Artykuł ten stanowi ważne dopełnienie powyższych badań i może stać się przedmiotem dyskusji oraz szerszego spojrzenia na bezpieczeństwo i porządek publiczny w społeczności lokalnej.

Implementacja pojęć dotyczących poczucia bezpieczeństwa

Bezpieczeństwo znane jest człowiekowi od początków jego istnienia. Rozumiane jest dosłownie, jako osobliwy brak zagrożenia i pewne poczucie bezpieczeństwa. Analizując termin bezpieczeństwo, nie należy zapominać, iż w sposób pośredni bądź bezpośredni dotyczy on zawsze człowieka, rozumianego jako beneficjent bezpieczeństwa, który poprzez swoje działania starał się będzie oddalić wszelkie bodźce godzące w jego poczucie bezpieczeństwa [11]. Samo pojęcie bezpieczeństwa, rozumiane jest jako stan, który daje poczucie pewności i gwarancję jego zachowania oraz szanse na doskonalenie. Stanowi jedną z podstawowych potrzeb człowieka, to sytuacja odznaczająca się brakiem ryzyka utraty wartości szczególnie cennych, np. zdrowia, pracy, szacunku, uczuć, dóbr materialnych [3]. Nieco inaczej bezpieczeństwo definiuje J. Kuniowski, określając je jako pojęcie odzwierciedlające brak zagrożeń i jego poczucie. Jego zdaniem bezpieczeństwo to przede wszystkim zdolność narodu do ochrony jego wewnętrznych wartości przed zewnętrznymi zagrożeniami. Współczesny miernik szans istnienia, przetrwania i rozwoju państwa, społeczeństwa oraz jego obywateli [9]. J. Stefanowicz uważa, że bezpieczeństwo to „bezdiskusyjny wskaźnik szans do przetrwania i rozwoju danego państwa, oceniać je należy relatywnie, to jest w stosunku do potęgi, zamiarów i możliwości innych państw lub ugrupowań, niekoniecznie ościennych”[12].

Z pojęciem bezpieczeństwo powiązany jest dość ściśle termin bezpieczeństwo państwa, który jest rozumiany jako realny stan stabilności wewnętrznej i suwerenności państwa, który jednocześnie odzwierciedla brak lub występowanie jakichkolwiek zagrożeń (poprzez zaspokajanie potrzeb behawioralnych

społeczeństwa oraz podstawowych wymogów egzystencjalnych, traktowania państwa jako suwerennego podmiotu w stosunkach międzynarodowych) [4].

Innym ważnym pojęciem w tym obszarze jest termin bezpieczeństwo narodowe, które określa się jako „stan oznaczający poczucie pewności państwa w środowisku międzynarodowym, brak jego zagrożenia oraz ochronę przed zagrożeniem. W sensie ogólnospołecznym bezpieczeństwo obejmuje zaspokojenie potrzeb: istnienia, pewności przetrwania, stabilności i zadowolenia. Bezpieczeństwo, będąc naczelną potrzebą człowieka i grup społecznych, jest zarazem podstawową potrzebą państw i systemów międzynarodowych; jego brak wywołuje niepokój i poczucie zagrożenia [8]. Określenie pojęcia bezpieczeństwo narodowe znajduje również odzwierciedlenie w stosunku do potencjału obronnego państwa. I tak B. Balcerowicz rozumie bezpieczeństwo jako stan społeczeństwa określony stosunkiem wielkości potencjału obronnego, jakim ono dysponuje do skali zagrożeń [2].

Kolejną istotną definicją związaną z poczuciem bezpieczeństwa jest pojęcie bezpieczeństwa publicznego, które rozumiane jest jako przyzwalający stan w państwie. W jego zakres podmiotowo-przedmiotowy wchodzi państwo wspólnie ze swoim ustrojem i innymi urządzeniami oraz jego obywatele, ich mienie, zdrowie i życie [11]. Sama definicja kształtowana jest głównie poprzez ustrój prawny i funkcjonujące w państwie administrację publiczną oraz społeczeństwo.

W potocznym języku słowo porządek kojarzony jest z przejrzystością, schludnością, regularnością czy ułożeniem rzeczy w odpowiednim dla nich miejscu. Pojęcie to jest więc rozpatrywane jako pozytywny stan rzeczy i akceptowany przez większość ludzi, i najczęściej odnosi się do najbliższego otoczenia jednostki. Co się tyczy terminu „publiczny”, rozumiany on jest w kontekście państwowym, dotyczący ogółu, społeczny, jawny i powszechny, związany z urzędem czy z instytucją. Dlatego porządek publiczny jest nieprzerwalnym elementem współżycia ludzi, niezależnie od stopnia rozwoju państwowości.

Nierozerwalnie z bezpieczeństwem publicznym powiązane jest pojęcie porządku publicznego. Samo pojęcie „porządku publicznego” jest terminem trudnym do zdefiniowania, a co za tym idzie, nie posiada szczegółowego wyjaśnienia w obowiązującym stanie prawnym. Dlatego pojęcie to należy rozumieć w szerokim znaczeniu. W literaturze przedmiotu starano się zdefiniować porządek publiczny jako stan polegający na przestrzeganiu przez ludzi reguł postępowania (zasad, nakazów, zakazów), których nieprzestrzeganie, w warunkach życia w danej zbiorowości (lokalnej, zawodowej) narażałoby ich na konflikty i uciążliwości. Inaczej mówiąc, porządek publiczny to nic innego, tylko dostosowanie się ludzi do przyjętego wzorca przez ogół społeczeństwa, jako warunek konieczny do wspólnej koegzystencji ludzi w danej społeczności.

Dokonując charakterystyki pojęć bezpieczeństwo i porządek publiczny, ważną kwestią jest umiejętność wskazania zachodzących relacji pomiędzy nimi.

Bez wątpienia nie jest to łatwe zadanie, a przyczyną jest brak jednoznacznych i czytelnych kryteriów, które pozwalają rozróżnić te pojęcia i umożliwiają wyznaczenie granic, gdzie zaczyna się porządek publiczny, a kończy bezpieczeństwo. W tym momencie trafne jest spostrzeżenie W. Kawki, iż porządek publiczny i bezpieczeństwo „są dobrami prawem chronionymi, lecz są one pojęciami abstrakcyjnymi dlatego, że prawo pozytywne tych pojęć nie określa (...) są one niezbędnymi wymogami współżycia i rozwoju zorganizowanej grupy ludzkiej” [11].

Analizując powyższe definicje, nasuwa się pewna teza, iż porządek publiczny oraz bezpieczeństwo publiczne stanowią dwie jednakowo chronione konstytucyjne wartości, które pozostają w ścisłym związku, gdyż zapewnienie bezpieczeństwa publicznego stwarza potrzebne warunki dla bezpiecznego funkcjonowania państwa w danej społeczności, poprzez zbudowanie zasad, których należy przestrzegać w celu zapewnienia ładu i porządku. Natomiast zapewnienie ochrony porządku publicznemu ma na celu utrzymanie stanu bezpieczeństwa na terytorium państwa, przy wykorzystaniu kar za zachowania łamiące ustalony porządek i ład oraz zasady współżycia w społeczeństwie.

Należy przy analizie tych pojęć zauważyć, że poziom bezpieczeństwa publicznego w danym rejonie determinowany jest poprzez występujące tam zagrożenia. Pojęcie zagrożenie rozumiane jest jako coś szkodliwego, niebezpiecznego. Są to wszelkie negatywne czynniki, które oddziałują na uzgodniony układ czy wartość. Zagrożenie bezpieczeństwa państwa jest takim spłotem zdarzeń wewnętrznych lub w stosunkach międzynarodowych, w którym z dużym prawdopodobieństwem może nastąpić ograniczenie lub utrata warunków do niezakłóconego bytu państwa oraz jego partnerskiego traktowania w stosunkach międzynarodowych w wyniku zastosowania przemocy politycznej, psychologicznej, ekonomicznej, militarnej itp. [5].

Najogólniej pojęcie zagrożenia należy zrozumieć jako brak bezpieczeństwa, co z kolei doprowadza do nieuniknionego i niezmiennego stanu wpływającego na samopoczucie człowieka i jakość realizowanych czynności. Ścisłe powiązanie terminu zagrożenie z bezpieczeństwem, staje się podstawowym założeniem do prowadzenia działań z zakresu kształtowania poczucia bezpieczeństwa mieszkańców województwa kujawsko-pomorskiego przez strażaków z OSP.

Ostatnim pojęciem, wokół którego dotychczas budowano przestrzeń bezpieczeństwa jednostki jest poczucie bezpieczeństwa. Zatem poczucie bezpieczeństwa ujmujemy jako stan doświadczania spokoju, pewności, odczuwania braku zagrożeń, jak również przekonania o posiadaniu wystarczających zasobów do działań ochronnych. Jest to jednocześnie stan doznawania satysfakcji oraz zadowolenia osiągniętego poprzez posiadanie określonego zakresu bezpieczeństwa [7].

Dodatkowo możemy wspomnieć, że równowaga i stabilność pomiędzy działaniami przedsięwziętymi w celu wykluczenia zagrożeń, a ich realną możliwością wystąpienia w otoczeniu podmiotu jest niezbędna, żeby podmiot mógł funkcjonować w złożonych układach interpersonalnych. Człowiek jest istotą społeczną, umieszczoną w środowisku opanowanym zależnościami społeczno-kulturowymi, dlatego poczucie bezpieczeństwa ma także charakter społeczny. Dzięki tej tezie wyróżniamy poziomy bezpieczeństwa:

- intrapersonalny – wewnętrzny, odnosi się do sposobu, w jaki jednostka dostrzega własne bezpieczeństwo;
- interpersonalny – wypływa z bezpośredniego kontaktu człowieka z innymi jednostkami;
- grupowy – wypływa z relacji człowieka z grupą oraz pomiędzy grupami społecznymi;
- społeczny – odnosi się do zbiorowego poczucia bezpieczeństwa [13].

Istnieje bardzo duża zależność między powyższymi poziomami. Relacje z grupami społecznymi (rodziną, znajomymi z pracy, grupą koleżeńską) wpływają w sposób zasadniczy na poczucie bezpieczeństwa na poziomie intrapersonalnym.

Warto przy okazji charakterystyki pojęć związanych z poczuciem bezpieczeństwa przedstawić ogólną organizację systemu bezpieczeństwa w społeczności lokalnej. W pierwszej kolejności należy wymienić urząd wojewódzki, w którym funkcjonuje pełnomocnik (koordynator) ds. bezpieczeństwa i ochrony praw obywatelskich, współpracujący z komendantem wojewódzkim Policji (prewencja kryminalna) oraz marszałkiem województwa (osobą oddelegowaną do tej współpracy). Osobie tej podlega pełnomocnik ds. bezpieczeństwa i ochrony praw obywatelskich prezydenta (burmistrza) miasta, który z kolei współpracuje z komendantem miejskim Policji oraz pełnomocnikiem starosty ds. bezpieczeństwa i porządku i ochrony praw obywatelskich. Pełnomocnikowi prezydenta (burmistrza) podlega straż miejska (gminna), która w sprawach bezpieczeństwa publicznego współpracuje z organizacjami społecznymi i pozarządowymi. Ze strażą miejską (gminną) współpracuje komisja ds. bezpieczeństwa i porządku oraz Rada Miasta. Burmistrz, jako organ wykonawczy gminy, realizuje uchwały rady oraz bezpośrednio zadania gminy. Upoważniony jest również do kierowania bieżącymi sprawami gminy, w których zawiera się również sfera bezpieczeństwa i porządku publicznego, co w rzeczywistości daje mu legitymację do wydawania zarządzeń jednostkom samorządu gminnego. Burmistrz, jako organ samorządu terytorialnego, bierze odpowiedzialność za bezpieczeństwo i porządek publiczny, w sytuacji ogłoszenia stanu klęski żywiołowej, jeżeli taka została ogłoszona na terenie jednej, konkretnej gminy (w przypadku zaistnienia takiej sytuacji na obszarze kilku gmin, kierownictwo zostaje powierzone staroście).

Należy podkreślić, że kształtowanie wspólnego poczucia bezpieczeństwa to nie tylko zadania spoczywające na Policji, Straży Miejskiej (Gminnej), PSP, OSP, jednostkach administracji terytorialnej, ale także postawa społeczeństwa we wspólnym budowaniu porządku publicznego. Zwykły obywatel winien reagować nawet na najmniejsze załamania ogólnego porządku.

Uwarunkowania historyczno-prawne Ochotniczych Straży Pożarnych

Ochotnicze Straże Pożarne funkcjonują w Polsce jako stowarzyszenia. Stanowią tym samym bardzo ważną część sektora działalności pozarządowej. Jednakże bardzo wiele aspektów odróżnia je od innych działających w Polsce stowarzyszeń czy fundacji. Wśród najważniejszych różnic warto wskazać ich prawne otoczenie, w którym funkcjonują, ich specyfikę działania, potencjał instytucjonalno-prawny, zaplecze materialne, stopień zakrzewienia w tradycji i społecznej świadomości oraz kontekst historyczny, w jakim się kształtowały [1].

Ochotnicze Straże Pożarne należą do jednych z najstarszych i przy tym także najbardziej zasłużonych dla społeczeństwa organizacji pozarządowych w Polsce. Ich rola, w przeszłości, nie była ograniczona wyłącznie do gaszenia pożarów i walki z innymi zagrożeniami. OSP były bardzo często jedyną organizacją w mieście (miasteczku lub wsi), która integrowała ludność lokalną do wspólnej działalności politycznej, kulturowo-oświatowej, gospodarczej. OSP stwarzały niegdyś idealną możliwość do społecznej aktywności, robienia czegoś dla całego społeczeństwa [6].

Zmiany dotyczące ochrony przeciwpożarowej w Polsce oraz walki z pożarami nastąpiły dopiero na początku XIX wieku. Wtedy właśnie władze państwa uświadomiły sobie, że do skutecznej walki z żywiołem potrzebna jest specjalna, wyszkolona, zrzeszona formacja, która dodatkowo zostanie wyposażona w specjalistyczny sprzęt. Wtedy to w większych miastach zaczęły pojawiać się zawodowe straże ogniowe oraz pierwsze Ochotnicze Straże Pożarne [6].

Podczas zaborów społeczeństwo polskie miało bardzo ograniczone możliwości organizowania zrzeszania się. Zaborcy administracyjnie i bardzo skutecznie ograniczali aktywność Polaków, widząc w niej potencjalne zagrożenie dla swoich prywatnych interesów. Stosunkowo największą swobodą i autonomią cieszył się zabór austriacki. To właśnie tam, w Galicji, najwcześniej zaczął rozwijać się Polski Ruch Strażacki. Z inicjatywy Towarzystwa Ubezpieczeń od Ognia w Krakowie, w 1865 roku zorganizowano po raz pierwszy zawodową Ochotniczą Straż Ogniową. Jej głównym zadaniem było niesienie wszelakiej pomocy istniejącej już Miejskiej Zawodowej Straży Pożarnej. Pomoc ta miała

być realizowana podczas gaszenia pożarów. Za Krakowem, kolejne tego typu organizacje powstawały w innych większych miastach Galicji [6].

Pierwsze organizacje podobne do współczesnych Ochotniczych Straży Pożarnych działały dosyć luźno. Nie współdziałały ze sobą, jak to jest obecnie. Przejawiało się to różnicami w różnych regulaminach, umundurowaniu, odrębnych odznakach. Dlatego właśnie z biegiem czasu pojawiła się konieczność konsolidacji ruchu strażackiego. Upór różnych, niezwykle aktywnych działaczy strażackich doprowadził w konsekwencji do tego, iż władze zaborcze wyraziły zgodę na utworzenie Krajowego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych w Królestwie Galicji i Lodomerii [6].

W wyniku działalności wspomnianego wcześniej Związku opracowano wzorcowy statut, który zaczęły stopniowo uchwalać wszelkie organizacje ogniowe istniejące na terenie zaborów. Wpłynęło to bardzo pozytywnie na ujednoczenie się działalności poszczególnych organizacji walczących z pożarami. Rozpoczęto także wydawanie miesięcznika *Przewodnik Pożarniczy*. Na jego łamach można było przeczytać różne ciekawe artykuły z zakresu techniki pożarniczej oraz opisy działalności organizacji ogniowych, o ich udziale w różnych akcjach, sprzęcie itp. Dla wielu strażaków ochotników pismo to stanowiło fachowe źródło informacji o pożarnictwie. Związek dodatkowo nawiązał bardzo ważną współpracę z Towarzystwem Kółek Rolniczych. Ten ruch w późniejszym czasie skutkował niezwykle żywiołowym i prężnym rozwojem Ruchu Strażackiego na wsiach w Galicji. Organizowane były także niekiedy szkolenia dla podległych związkowi straży. To niewątpliwie podniosło sprawność działania tychże organizacji, które dały początki współczesnym OSP [6].

Po okresie zaborów w świeżo odrodzonym Królestwie Polskim pierwsze organizacje strażackie zaczęły powstawać dopiero w drugiej połowie XIX wieku. Pierwsza w pełni kwalifikowana i zawodowa straż została założona w Kaliszu w 1864 roku. W późniejszych okresach czasu systematycznie powstawały nowe straże. Formalnie wchodziły one w skład Rosyjskiego Towarzystwa Pożarniczego, ponieważ władze rosyjskie (carskie) nie dopuszczały do powstania autonomicznego związku polskiego. Formą kontroli nad strażami było także to, iż każda organizacja opierała swoją działalność na *Ustawie*, która każdorazowo musiała być akceptowana przez odpowiedniego terytorialnie gubernatora [6].

Pod koniec I wojny światowej w Polakach budziły się coraz większe nadzieje na niepodległość. Strażacy tamtego okresu myśleli tylko o tym, by nowo narodzone państwo polskie miała w pełni zorganizowaną, silną i gotową do działania organizację strażacką. Zaangażowanie oraz poświęcenie tysięcy strażaków – rzeźników aktywności społecznej i patriotycznej przynosiło upragnione skutki, szczególnie w końcowej fazie wojny. Straże Pożarne okresu odrodzenia państwa polskiego, pomimo wielu trudności, umacniały się i rozwijały dzięki kultywowaniu tradycji. Do ich naczelnych zasad należała walka z czerwonym kurem, czyli ogniem oraz niesienie pomocy społeczeństwu, gdy w za-

grożeniu było ich życie, zdrowie i mienie osobiste. W znacznej większości w Strażach Pożarnych okresu międzywojennego kultywowane były przede wszystkim wartości moralne (poświęcenie i służba innym), poszanowanie pracy, gospodarność, oszczędność, honor, patriotyzm, przywiązanie do ojczyzny i inne. Te właśnie wartości stały się symbolem ludzi prawych – strażaków, i wzbudzały w społeczeństwie ogromny szacunek [15].

Zauważalne zmiany w organizacji Straży Pożarnych w Polsce są dostrzegalne dopiero po ożywieniu politycznym w 1956 roku. Wtedy to właśnie zmniejszyły się znacznie represje wywierane przez państwo na społeczeństwo polskie. Całkowitym zamknięciem tego procesu było powołanie z dniem 28 grudnia 1956 roku Związku Ochotniczych Straży Pożarnych. Związek ten został uznany za stowarzyszenie wyższej użyteczności publicznej. Jednakże przez cały czas władze komunistyczne chciały podporządkować sobie ten Związek (na szczęście nieskutecznie). Wypracowano więc stwierdzenie, iż Ochotnicze Straże Pożarne będą nierozdzielnie łączyły sprawy służby pożarniczej wraz z interesami socjalistycznej Polski Ludowej. Powołanie omawianego Związku zostało odebrane niezwykle pozytywnie przez istniejące już OSP, a także przez aktyw strażacki. Wiele jednostek Straży bez namysłu przystąpiło do udziału w walnych zebraniach i wyboru nowych kadr zarządzających. Do środowiska strażackiego zostali przywróceni także jego dawni działacze, którzy zostali odsunięci od służby po 1950 roku. Podjęto na nowo szeroko zakrojoną działalność przeciwpożarową oraz społeczną. Z biegiem czasu poprawił się również stan wyposażenia OSP, przebudowywano, odnawiano i unowocześniano remizy strażackie. Stan liczebny strażaków ochotników znacznie wzrastał [14].

Kolejny przełom nastąpił w roku 1989, kiedy to w Polsce zaczął się proces transformacji systemowej. W tymże czasie zauważalne było także ożywienie w jednostkach OSP, które na nowo stały się wielkim ruchem społecznym. Podczas IX Krajowego Zjazdu Związku Ochotniczych Straży Pożarnych, który odbył się w dniach 4–5 kwietnia 1992 roku, podjęto niebagatelną decyzję o zmianie nazwy na Związek Ochotniczych Straży Pożarnych Rzeczypospolitej Polskiej. Prezesem ówczesnego Związku został Waldemar Pawlak, funkcję tę pełni do dzisiaj [14].

Wszystkie istniejące w Polsce jednostki Ochotniczych Straży Pożarnych funkcjonują w oparciu o przepisy [10]:

- ustawy z dnia 7 kwietnia 1989 r. – *Prawo o stowarzyszeniach* (Dz. U. z 2001 r. Nr 79 poz. 855 ze zm.);
- ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o *ochronie przeciwpożarowej* (Dz. U. z 2002 r. Nr 147 poz. 1229 ze zm.).

Stanowią one przy tym bardzo ważny element systemu bezpieczeństwa państwa polskiego. Ustawy te w bardzo dużej mierze określają ich sytuację, określają ich prawa i obowiązki, a także ich specyficzne źródła finansowania

i relacje z administracją rządową i samorządową. Dodatkowo, OSP funkcjonują jako stowarzyszenia i mogą ubiegać się o wszelkie inne środki przewidziane w ramach prawa dla trzeciego sektora – są to różne dotacje, np. na realizację zamówień publicznych, przyznawane w ramach Ustawy o działalności pożytku publicznego. Możliwości pozyskiwania tych środków są więc w przypadku OSP znacznie większe, a źródła ich dochodów znacznie stabilniejsze. Ustawa o ochronie przeciwpożarowej przewiduje finansowanie OSP [1]:

- z dochodów ubezpieczonych instytucji;
- ze środków jednostek samorządu terytorialnego;
- ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej;
- ze środków budżetu państwa, środków Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji oraz ze środków Państwowej Straży Pożarnej.

Ustawa nie precyzuje dokładnie, jakie wydatki mogą być pokrywane z wyżej wymienionych funduszy. Jednakże wymaga ona, aby to były cele związane z ochroną i ratownictwem pożarniczym. Podstawowym źródłem finansowania OSP są jednak urzędy gmin, właściwe terytorialnie. Ustawa o ochronie przeciwpożarowej jednoznacznie nakłada na te jednostki administracji samorządowej obowiązek finansowania OSP w zakresie [1]:

- Pokrywania wszelkich kosztów wyposażenia jednostek OSP, utrzymania, szkolenia i zapewnienia ich jak najwyższej gotowości bojowej. W zakres tych obowiązków wchodzi między innymi: kupno nowych urządzeń gaśniczych, sprzętu przeciwpożarowego, specjalistycznej odzieży ochronnej dla strażaków, środków gaśniczych niezbędnych do pełnienia służby, pokrycie kosztów zakupu paliwa, a także pokrywanie kosztów konserwacji i napraw środków transportu oraz budowa i modernizacja remiz.
- Przekazywania strażakom bezpłatnego umundurowania, ubezpieczenia na wypadek nieszczęśliwych zdarzeń podczas pełnienia służby, a także zapewnienie wszystkich potrzebnych okresowych badań lekarskich dla członków OSP.
- Środki gmin mogą być również przeznaczane na różnego rodzaju badania naukowe oraz działalność racjonalizatorską w zakresie bezpieczeństwa pożarowego regionu i innych występujących miejscowo zagrożeń.
- Środki finansowe gmin OSP można przekazywać na propagowanie bezpieczeństwa pożarowego.

Dodatkowo Ustawa pozwala wszystkim jednostkom samorządów terytorialnych na udzielanie OSP dotacji na podstawie Ustawy o finansach publicznych.

W praktyce, jak pokazują powyższe odniesienia, funkcjonują dwa podstawowe sposoby finansowania OSP przez gminy [1]:

- Wydatki związane z utrzymaniem pełnej gotowości bojowej jednostek OSP są pokrywane w sposób bezpośredni przez gminy (wydatki własne samorządu);
- Środki na pokrycie kosztów, które wiążą się z ochroną przeciwpożarową są przekazywane bezpośrednio jednostkom OSP w formie celowych dotacji.

Zadania działających na terenie Polski Ochotniczych Straży Pożarnych wynikają z ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej. OSP realizują wszystkie powierzane im zadania związane z ochroną ludności, ochroną przeciwpożarową oraz ratownictwa, a także prowadzą na dosyć szeroką skalę różne działania profilaktyczne skierowane przede wszystkim do młodzieży. Podstawowymi celami oraz zadaniami Ochotniczych Straży Pożarnych wynikającymi między innymi z ich statutów jest: prowadzenie działalności, która ma na celu zapobieganie przed wszystkim pożarom, udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych, przeprowadzanych w czasie pożarów oraz innych zdarzeń niebezpiecznych i podczas występowania klęsk żywiołowych, a także informowanie ludności o występowaniu zagrożeń [10].

Współpraca jednostek OSP w ramach działania Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KRSRG) to głównie współpraca podczas akcji ratowniczych na terenie całego kraju, z udziałem specjalistów, grup ratowniczych, wykorzystywanie dostępnego sprzętu ratowniczo-gaśniczego, przygotowywanie wspólnych szkoleń i kursów, dotyczących zasad udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej, stosowania podstawowych technik ratowniczych w akcjach ratunkowych, tworzenie programów informujących ludność o zagrożeniu katastrofą, klęską żywiołową, pożarem czy innymi miejscowymi zagrożeniami wywołanymi siłami natury lub działalnością ludzką. Do zadań należy także udostępnianie pozostających w dyspozycji OSP czy KRSRG zasobów niezbędnych na potrzeby wykonania akcji ratunkowych czy szkoleń [10].

Z informacji przekazanych przez Komendę Główną PSP wynika, iż do Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego włączonych jest ponad 3700 ochotniczych straży pożarnych (dane z grudnia 2017 roku). Daje to siłę około 120 tysięcy strażaków ochotników w wieku od 18 do 60 lat oraz około 7300 samochodów pożarniczych [1].

Z momentem rozpoczęcia procesu włączania jednostek OSP do KRSRG, to znaczy od 1995 roku, znacznie wzrósł zakres zadań strażaków działających w OSP. Do głównych zadań realizowanych przez jednostki OSP, w tym w ramach KRSRG należy [10]:

- gaszenie pożarów i likwidacja innych miejscowych zagrożeń (np. usuwanie skutków nawałnic czy burz, pomoc służbom ratunkowym przy wypadkach komunikacyjnych);
- ratownictwo techniczne, w szczególności na drogach lub w budynkach zagrożonych zawaleniem;

- ewakuacja poszkodowanych lub zagrożonych ludzi oraz zwierząt, a także zagrożonego mienia z miejsca katastrofy do miejsca bezpiecznego;
- odpowiednie oznakowanie i zabezpieczenie miejsc prowadzenia działań ratowniczych;
- prowadzenie działań ratowniczych na obszarach wodnych, w tym szczególnie podczas trwania powodzi;
- usuwanie skutków zdarzeń w szczególności po przejściu anomalii pogodowych i udzielanie pomocy socjalnej poszkodowanym.

Ochotnicze Straże Pożarne w Polsce działają w ścisłej współpracy z różnymi jednostkami organizacyjnymi Państwowej Straży Pożarnej, a także z najprzeróżniejszymi podmiotami i instytucjami użyteczności publicznej. Współpraca ta ma na celu zapewnienie jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa obywatelom zamieszkującym teren działania danej jednostki OSP (miasto, gmina), także wspomaganie sąsiadujących z nimi obszarów w ramach odwołów operacyjnych lub innych umów o wzajemnej pomocy i współpracy.

Potrzeby i zagrożenia społeczności lokalnych

Z punktu widzenia poczucia bezpieczeństwa, szczególnie ważne są potrzeby, które znajdują się tuż nad podstawowymi potrzebami fizjologicznymi. Potrzeba bezpieczeństwa jest niezmiernie istotna. Maslow zauważa, że ludzie potrzebują zapewnienia bezpieczeństwa w wielu aspektach, od gwarancji pracy, zatrudnienia do ochrony życia, zdrowia i mienia.

Potrzeby mieszkańców województwa kujawsko-pomorskiego bardzo często wynikają z istniejących zagrożeń. Potrzeba bezpieczeństwa wydaje się być trudna do osiągnięcia, do zaspokojenia, ze względu na liczne zagrożenia, jakie można spotkać. W tej części artykułu autorzy dokonali charakterystyki najbardziej uciążliwych dla mieszkańców zagrożeń. Są to zagrożenia występujące wśród nieletnich, zagrożenia narkomanią, zagrożenia w ruchu drogowym, bezpieczeństwo imprez masowych, zagrożenia pochodzenia naturalnego, zagrożenia komunikacyjne, zagrożenia ekologiczne i budowlane oraz awarie przemysłowe.

Zdecydowana większość nieletnich sprawców czynów karalnych wywodzi się z rodzin niepełnych, patologicznych i kryminogennych. Nieletni sprawcy czynów karalnych stanowią grupę wiekową w przedziale od 13–17 lat. Dla sposobu działania nieletnich sprawców, charakterystyczna jest skłonność do łączenia się w grupy przestępcze. Grupy te coraz częściej wykazują cechy wąskiej specjalizacji zarówno ze względu na rodzaje czynów, jak i sposób ich dokonywania. Nieletnich sprawców cechuje poczucie bezkarności oraz agresywność w działaniu. W wielu przypadkach sprawcy byli wcześniej znani organom ścigania.

Biorąc pod uwagę dane statystyczne, stwierdzić należy, że większość popełnionych przez nieletnich czynów to działania zamierzone. Podstawowe bodźce determinujące przestępczość nieletnich stanowiła chęć zdobycia pieniędzy, poczucie bezkarności za wcześniejszą działalność przestępczą, namowa kolegów, chęć przebywania i realizowania się w grupie rówieśników, jak również powielanie złych wzorców i zachowań z domu rodzinnego.

Na terenie województwa kujawsko-pomorskiego w ostatnim czasie nie odnotowano przypadków istnienia sekt oraz subkultur młodzieżowych. Odnotowano jednak przypadki zakłócania ładu i porządku przez pseudokibiców tzw. szalikowców.

Występujący w skali kraju stały wzrost popularności narkotyków, a co za tym idzie wzrost zagrożenia przestępczością narkotykową w postaci produkcji środków odurzających i substancji psychotropowych oraz rozbudowanie sieci dealerów oferujących do sprzedaży różnego rodzaju środki narkotyczne, znajduje również potwierdzenie na terenie województwa kujawsko-pomorskiego.

W większości przypadków narkotyki rozprawdane są w dużych miastach, m.in. Bydgoszczy, Toruniu, Włocławku, czy Grudziądzu, w lokalach rozrywkowych, do których chętnie uczęszcza młodzież. Są to puby, dyskoteki itp., usytuowane nie tylko w rejonach najczęściej uczęszczanych. Narkotyki rozprawdane są na terenie szkół przez dealerów bądź przez samych uczniów.

Motoryzacja jest jednym z ważniejszych elementów życia gospodarczego i społecznego. Jej ciągły rozwój, obok oczywistych korzyści, sprzyja również powstawaniu wielu zjawisk negatywnych i zagrożeń, z których najpoważniejsze występują w dziedzinie bezpieczeństwa ruchu.

Cechą charakterystyczną rozwoju motoryzacji jest szybki wzrost liczby pojazdów i ich rocznego przebiegu. Należy przy tym zauważyć, że pomimo tego modernizacja sieci drogowej na terenie województwa kujawsko-pomorskiego nie nadała za dynamiką wzrostu liczby pojazdów. Przyczyną znacznego wzrostu wypadków drogowych w ostatnich latach jest nie tylko nieprzestrzeganie przepisów ruchu drogowego, wzrost liczby pojazdów, czy niski poziom kultury motoryzacyjnej uczestników ruchu, ale także zły i stale pogarszający się stan infrastruktury drogowej.

Z punktu widzenia warunków drogowych, na bezpieczeństwo wpływa wiele czynników związanych nie tylko z przekrojem poprzecznym i podłużnym drogi, jej oznakowaniem, zastosowaniem różnego rodzaju urządzeń bezpieczeństwa ruchu, lokalizacją obiektów w pasie drogowym czy też w jego pobliżu, lecz także natężenie ruchu, jego struktura i prędkość.

Mimo licznych akcji i działań prewencyjnych prowadzonych na drogach województwa kujawsko-pomorskiego zagrożenie w ruchu drogowym jest nadal bardzo poważne. Dlatego konieczne są dalsze działania na rzecz podniesienia bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego.

Jeśli chodzi o największe zagrożenia podczas imprez masowych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego, to występują one w czasie meczów sportowych oraz dużych imprez muzycznych organizowanych na otwartym terenie. W odniesieniu do imprez sportowych, największe zagrożenie występuje w czasie rozgrywek lig: piłkarskich oraz żużlowej. Podczas pozostałych rozgrywek (hokej na lodzie, koszykówka, piłka ręczna, piłka halowa), stopień tego zagrożenia jest znacznie mniejszy.

W przypadku imprez muzycznych, największe, potencjalne zagrożenie stwarzają duże koncerty zespołów lub wykonawców muzyki młodzieżowej, organizowane na dużych otwartych przestrzeniach oraz w obiektach miejskich ośrodków sportu i rekreacji.

W celu prawidłowej realizacji zabezpieczenia imprez sportowych prowadzony jest bank danych o kibicach, ich zachowaniach i antagonizmach.

W trakcie realizacji zabezpieczenia imprez, komendy powiatowe Policji współpracują z innymi instytucjami, które w zakresie swoich obowiązków mają m.in. zabezpieczenie ładu i porządku na określonym obszarze lub w określonym zakresie. Należą do nich: Straż Miejska, Straż Ochrony Kolei oraz Żandarmeria Wojskowa. Współpracę tę należy uznać za poprawną.

Wymagania bezpieczeństwa pożarowego w przypadku organizowania imprez masowych na otwartych obiektach sportowych są zachowane. Występować mogą jedynie lokalne zagrożenia pożarowe spowodowane używaniem przez kibiców ognia otwartego, materiałów pirotechnicznych czy substancji pożarowo niebezpiecznych. Mogą one skutkować zakłóceniami porządku podczas trwania imprez.

Zdecydowanie największe zagrożenie istnieje w obiektach użyteczności publicznej, które sporadycznie wykorzystywane są do organizacji imprez. Do obiektów tych należy zaliczyć: aule, stadiony, lodowiska, hale sportowe. Wymienione obiekty zostały wyposażone w instalacje wykrywaczy pożaru, które połączono z siedzibą komend miejskich straży pożarnej.

Uwzględniając położenie geograficzne regionu, charakter, rolę i jego miejsce w gospodarce, podstawowych zagrożeń należy dopatrywać się w niebezpieczeństwach związanych z degradacją środowiska naturalnego, wynikającą z codziennej działalności człowieka, naruszeń zasad technologicznych i nieprzestrzegania przepisów bezpieczeństwa pracy, a także w nadzwyczajnych zagrożeniach powodowanych siłami przyrody. W związku z powyższym, na obszarze miast i powiatów województwa potencjalnie mogą wystąpić zagrożenia: pochodzenia naturalnego, związane z rozwojem cywilizacyjnym i działalnością człowieka.

Do zagrożeń pochodzenia naturalnego należy zaliczyć:

- powódzie spowodowane wylewaniami Wisły i Drwęcy oraz wynikiem z wystąpienia nawalnych opadów atmosferycznych i roztopów,
- pożary traw, zarośli i lasów, spowodowane uderzeniem pioruna,

- zakażenia biologiczne ludzi i zwierząt gospodarskich (epidemie i epizootie),
- wichury, śnieżyce, gradobicia.

Zakażenie biologiczne może spowodować epidemię chorób zakaźnych u ludzi i epizootię u zwierząt. Może ono wystąpić w wyniku każdej katastrofy ekologicznej (powódź, huragan itp.), a także w przypadku awarii systemu zaopatrzenia ludności w wodę, systemu usuwania i niszczenia nieczystości i odpadów (np. zatopienie studni na terenach zalewowych, oczyszczalni ścieków, awarii kolektora ścieków, awarii wodociągu publicznego itp.). Epidemia choroby zakaźnej może wystąpić też w następstwie użycia drobnoustrojów lub ich jadów w celach terrorystycznych. Rejony występowania takich zjawisk oraz ich skala są trudne do przewidzenia.

Największe potencjalne zagrożenie epidemiologiczne stwarzają oczyszczalnie ścieków znajdujące się w strefach zalewowych.

Wichury i inne silne wiatry mogą spowodować lokalne utrudnienia w przejeździe dróg oraz uszkodzenia napowietrznych linii energetycznych i telefonicznych. Miejscowe zagrożenia mogą stanowić linie energetyczne wysokich napięć 110 KV i 220 KV.

Obfite i długotrwałe opady śniegu w połączeniu z innymi zjawiskami atmosferycznymi (wiatr, niskie temperatury), mogą spowodować duże utrudnienia komunikacyjne. Na terenie niektórych powiatów specjalnego nadzoru i utrzymania przejeździe wymagają główne drogi krajowe, wojewódzkie i ważniejsze drogi lokalne.

Charakter rolniczo-usługowy poszczególnych gmin i powiatów w województwie kujawsko-pomorskim powoduje, że zakłady produkcyjno-usługowe przy wytwarzaniu wyrobów gotowych w ograniczonym zakresie wykorzystują niewielkie ilości substancji niebezpiecznych pożarowo. Największe zagrożenie pożarowe wynika ze składowania substancji niebezpiecznych pożarowo oraz usytuowania zakładu przylegającego bezpośrednio do kompleksu leśnego.

Dodatkowym zagrożeniem, które może mieć miejsce podczas rozszczelnienia podziemnych zbiorników paliwowych lub rozładunku paliw na froncie zlewowym cystern kolejowych, jest zagrożenie dla środowiska naturalnego, zwłaszcza gruntu oraz wód podziemnych. Wynika ono z braku odpowiednich zabezpieczeń chroniących grunt i wody podziemne przed skażeniem. Dotyczy to zarówno zbiorników, w których magazynuje się paliwa, jak i frontu zlewowego.

Przewóz większości materiałów niebezpiecznych przez obszar województwa kujawsko-pomorskiego odbywa się drogą krajową nr 1, drogami wojewódzkimi, a także powiatowymi. Największa ilość substancji przewożonych jest drogą krajową. Miejscami najbardziej zagrożonymi na terenie powiatu są drogi, które przechodzą przez przeprawy mostowe oraz wiodą wzdłuż spływu powierzchniowego rzeki Wisły i Drwęcy. Przy zwiększającym się nasileniu

ruchu pojazdów na drogach oraz przewożeniu Toksycznych Środków Przemysłowych (TŚP) głównie transportem drogowym, należy się liczyć ze zwiększoną ilością wypadków z udziałem jednostek przewożących substancje niebezpieczne pożarowo.

Transportem kolejowym TŚP na poszczególnych szlakach kolejowych przewożone są z różną intensywnością. Największe zagrożenie występuje w przypadku, gdy linie kolejowe między poszczególnymi stacjami są torami pojedynczymi lub przebiegają przez przeprawy mostowe. Każdorazowe rozszczelnienie cystern kolejowych lub wypadek na szlaku w pobliżu cieków wodnych lub w obrębie dworca kolejowego, stwarza potencjalne zagrożenie. Zagrożenie to zależy będzie od ilości, rodzaju substancji, czasu trwania emisji oraz stanu warunków meteorologicznych. Szczególne niebezpieczeństwo powstanie, gdy do rozszczelnienia dojdzie w obrębie skupisk ludzkich. Stacjami postoju awaryjnego cystern przewożących materiały niebezpieczne są dworce kolejowe znajdujące się na trasie przewozu.

Możliwości ograniczenia zagrożeń w transporcie drogowym i kolejowym związane są głównie z przestrzeganiem procedur bezpieczeństwa oraz odpowiednim stanem technicznym taboru drogowego i kolejowego.

Poważne zagrożenie dla środowiska stanowi transport rurociągowy ropy naftowej i jej produktów. W przypadku awarii powstaje niebezpieczeństwo zanieczyszczenia zasobów wód podziemnych i powierzchniowych oraz gruntu.

Skażenie wód powierzchniowych rzeki Wisły i Drwęcy oraz ich dopływów może zaistnieć w wyniku drogowego lub kolejowego wypadku transportu substancji niebezpiecznych pożarowo. Każde takie zdarzenie, mające nawet lokalny charakter, może doprowadzić w skrajnych przypadkach do skażenia dużego obszaru. Zasięg i intensywność skażeń zależy będą od warunków meteorologicznych, pory doby, czasu dotarcia zgłoszenia o zdarzeniu do służb ratowniczych. Szczególnie niebezpieczne może być skażenie rzeki Drwęcy w jej górnym biegu wskutek zaistnienia wypadku drogowego z udziałem jednostki transportującej substancję niebezpieczną.

Na stan zagrożenia pożarowego wpływ mają czynniki związane ze sposobem użytkowania obiektu, warunkami umożliwiającymi rozprzestrzeniania pożaru oraz stanem zabezpieczenia przeciwpożarowego.

Największe zagrożenie pożarem poszczególnych dzielnic dużych miast stwarza układ urbanistyczny i struktura zabudowy kompleksu staromiejskiego. Na tym obszarze usytuowane są budynki w zwartej zabudowie, pełniące zróżnicowane funkcje, w większości przypadków mające zabytkowy charakter.

Układ komunikacyjny oraz organizacja ruchu pojazdów na tym terenie, powodują trudności związane z dojazdem pojazdów ciężkich i specjalnych do obiektów potencjalnie objętych pożarem. Najbardziej radykalnym rozwiązaniem tego problemu byłoby całkowite ograniczenie ruchu pojazdów oraz ich

okresowego parkowania poprzez budowę sieci podziemnych parkingów okalających teren głównych części miast.

Zwiększająca się ilość pojazdów samochodowych, będących w użytkowaniu mieszkańców miast, przy jednocześnie nierozwiązanym problemie ich parkowania, powoduje w chwili zaistnienia pożaru lub wystąpienia innego miejscowego zagrożenia, istotne utrudnienia w dojeździe na miejsce zdarzenia samochodów ratowniczo-gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej (PSP), zwłaszcza do budynków mieszkalnych wielorodzinnych.

W ostatnim okresie czasu powstaje coraz więcej wspólnot mieszkaniowych, które do kwestii poprawy bezpieczeństwa swoich mieszkańców przywiązują dużą wagę. Działania prowadzone przez te wspólnoty polegają głównie na ograniczeniu dostępu do budynków mieszkalnych wielorodzinnych poprzez wykonywanie ogrodzenia terenu, na którym usytuowane są obiekty oraz montowanie bram sterowanych pilotem. W mniemaniu mieszkańców, wykonanie powyższych zabezpieczeń poprawi stan ich bezpieczeństwa. Nie biorą oni jednak pod uwagę zapewnienia możliwości podejmowania skutecznych działań ratowniczo-gaśniczych, wykonywanych przez jednostki ratowniczo-gaśnicze PSP. Wspomniane zabezpieczenia wydłużają bowiem czas wejścia do działań, zwłaszcza w porze nocnej.

Kształtowanie poczucia bezpieczeństwa mieszkańców – analiza wyników badań

Podstawowym celem badań była analiza i diagnoza kształtowania poczucia bezpieczeństwa mieszkańców województwa kujawsko-pomorskiego na przykładzie ochotniczych straży pożarnych.

Podjęcie powyższego tematu umożliwiło rozpoznanie i ocenę świadomości bezpieczeństwa środowisk województwa w obszarze objętym przedmiotem badań, a przez to stworzyło płaszczyznę do nowego podejścia do zagadnień związanych z bezpieczeństwem.

Badania zostały zrealizowane w kwietniu 2018 roku na próbie kwotowej 50 studentów z województwa kujawsko-pomorskiego studiujących na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, uwzględniającej zróżnicowanie populacji generalnej ze względu na:

- płeć (kobiety 54,1%, mężczyźni 45,1%),
- wiek (18–25, 86,3% 26–30, 13,7%),
- wykształcenie (średnie 100%).

Materiał empiryczny zebrany został przy zastosowaniu techniki anonimowej ankiety audytoryjnej. Zagadnienia problemowe w postaci pytań kwestionariusza ankiety umożliwiły uzyskanie opinii na powyższy temat. Uzyskane

dane empiryczne zostały poddane procedurom statystycznym przy wykorzystaniu programu SPSS.

Pierwsze pytanie skierowane do badanych było następujące: Czy jest Pan/Pani zainteresowany/a działalnością Ochotniczej Straży Pożarnej? Większość badanych (66,7%) nie jest zainteresowana taką działalnością, a tylko co trzeci badany odpowiedział pozytywnie (33,3%) na to pytanie.

Kolejna kwestia była związana z poprzednią i brzmiała: Czy wspiera Pan/Pani działania Ochotniczej Straży Pożarnej? Studenci, którzy odpowiedzieli pozytywnie na to pytanie należą do OSP (27,5%), jednak większość ankietowanych nie wspiera tej organizacji (72,5%).

Ważne pytanie diagnozujące zainteresowania studentów dotyczyło źródeł wiedzy o OSP: Skąd czerpie Pan/Pani wiedzę o działaniach i przedsięwzięciach podejmowanych przez OSP? Większość badanych posiada wiedzę z telewizji (74,3%) i Internetu (63,4%). Mniej było tych, którzy wiedzę o OSP uzyskują z prasy (27,6%) i radia (18,2%). Zdecydowana większość badanych studentów uważa, iż OSP spełnia funkcje, które są im przypisane (92,2%).

Na pytanie: Jakie czynniki wpływają na Pani/Pana poczucie bezpieczeństwa (związane z działalnością OSP)? Większość respondentów odpowiadała następująco: sprawność i szybkość przemieszczających się jednostek (99,1%), odpowiednio przeszkoleni strażacy (86,3%), cykliczne ćwiczenia strażaków, np. w budynkach użyteczności publicznej. Zdecydowanie mniej było tych, którzy uważali, że OSP ma dobre wyposażenie w sprzęt gaśniczy (26,3%).

43,1% spośród badanych wyraża chęć udziału w działaniach wspólnych z OSP (Czy wyraża Pan/Pani chęć udziału w działaniach wspólnych z OSP?). Jednak więcej niż co trzeci student/ka (35,3%) nie wie, czy ma takie chęci lub nie ma ich wcale (15,7%, brak odpowiedzi 5,9%).

Następne pytanie brzmiało: W jakiego rodzaju formach i metodach ingerujących społeczeństwo z OSP wzięłyby Pan, wzięłyby Pani udział? Na tak sformułowane pytanie uzyskano następujące odpowiedzi:

- 93,4% uważa, że najważniejsza jest praktyka (kursy pierwszej pomocy, podstaw ratownictwa, ochrony przeciwpożarowej),
- 88,6% wskazuje na konkursy oraz szkolenia dla mieszkańców oraz ponad połowa (59,1%) uważa, że ważne są akcje promocyjne dla dzieci i młodzieży (na temat bezpiecznego rozpalania ognisk i obchodzenia się z ogniem).

Mniej było tych, którzy uważali, że na integrację mają wpływ takie czynniki, jak: możliwość czynnego udziału w zawodach strażackich (40,4%), czy spotkania ze strażakami w obiektach użyteczności publicznej formie debaty, dyskusje na tematy bezpieczeństwa (47,8%) oraz otwartość Jednostek Ratowniczo-Gaśniczych, Komend PSP dla osób chętnych poznać pracę straży (46,7%).

Zdecydowana większość badanych dobrze i bardzo dobrze ocenia profesjonalizm strażaków OSP podczas działań ratowniczo-gaśniczych (78,4%).

Tylko nieliczni ocenili takie działania jako dostateczne (21,6%). Również zdecydowana większość respondentów uważa, że działania OSP są potrzebne (99,7%) i ma to duży wpływ na ogólne poczucie bezpieczeństwa badanych (95,1%) oraz na bezpieczeństwo w życiu codziennym (91,5%).

Kolejne pytania kwestionariusza były związane z bezpieczeństwem osobistym i społecznym. Na pytanie: Czy w sytuacji zagrożenia życia, mienia, środowiska, widząc działania OSP może czuć się Pani /Pan bezpiecznie?, zdecydowana większość badanych (86,3%) odpowiedziała pozytywnie. Tylko 13,7 % spośród badanych uchyliła się od odpowiedzi lub nie udzieliła jej wcale. Również większość respondentów uważa, iż OSP realizuje istotne zadania z zakresu kształtowania bezpieczeństwa (86,4%).

Na pytanie: Który z poniższych czynników Pani/ Pana zdaniem najbardziej wpływa na poczucie bezpieczeństwa? Badani wskazali na:

- mobilność i sprawność strażaków (92,3%),
- posiadanie odpowiednich kwalifikacji przez strażaków 88,2%),
- specyfika jednostki oraz posiadanie odpowiedniego wyposażenia (uzbrojenia – 86,4%).

Mniej wskazań było na łączność (62,5%) oraz na współpracę z różnorodnymi służbami i podmiotami (40,4%).

Ostatnie pytanie kwestionariusza skierowane do respondentów było następujące: Które z podanych przykładów Pani/ Pana zdaniem są najlepszą formą kształtowania poczucia bezpieczeństwa? Spośród czterech wymienionych w pytaniu największą ilość wskazań uzyskały następujące formy:

- organizowanie przez Straż Pożarną takich przedsięwzięć, jak: festyny, konkursy i zawody (91,7%),
- informowanie przez media o działaniach PSP (np. strony internetowe – 90,9%).

Mniej było tych respondentów, którzy wskazywali na: przekaz teoretyczny wiedzy o bezpieczeństwie (88,1%) oraz na wycieczki do jednostek OSP (44,5%).

Podsumowując całość badań, należy stwierdzić, iż na kształtowanie poczucia bezpieczeństwa respondentów ma wpływ zarówno wiedza badanych o działaniach OSP, jak i konkretne przedsięwzięcia straży pożarnej w środowisku lokalnym badanych.

Wiedza środowisk lokalnych o działaniach OSP czerpana jest przede wszystkim z telewizji (74,3%) i Internetu (63,4%).

Z kolei bezpośrednio działania OSP mające wpływ na kształtowanie poczucia bezpieczeństwa to:

- sprawność i szybkość przemieszczających się jednostek (99,1%),
- odpowiednio przeszkoleni strażacy (86,3%), cykliczne ćwiczenia strażaków np. w budynkach użyteczności publicznej,

- praktyka (kursy pierwszej pomocy, podstaw ratownictwa, ochrony przeciwpożarowej (93,4%),
- konkursy oraz szkolenia dla mieszkańców, akcje promocyjne dla dzieci i młodzieży (na temat bezpiecznego rozpalania ognisk i obchodzenia się z ogniem (88,6%),
- mobilność i sprawność strażaków (92,3%),
- posiadanie odpowiednich kwalifikacji przez strażaków 88,2%),
- specyfika jednostki oraz posiadanie odpowiedniego wyposażenia (uzbrojenia) - 86,4%).

Najlepszą formą kształtowania poczucia bezpieczeństwa jest:

- organizowanie przez Straż Pożarną takich przedsięwzięć, jak: festyny, konkursy i zawody (91,7%),
- informowanie przez media o działaniach OSP (np. strony internetowe – 90,9%).

Podsumowując, Ochotnicza Straż Pożarna pełni znaczącą rolę w procesie zapewnienia bezpieczeństwa społeczności lokalnej. Na poczucie bezpieczeństwa mieszkańców wpływają kursy i szkolenia specjalistyczne strażaków, ćwiczenia, w których biorą udział i które dają odczuć mieszkańcom, że służba ta przygotowana jest na każdą okoliczność wystąpienia sytuacji kryzysowej. Sprawność oraz szybkość przemieszczania również nie jest bez znaczenia w opinii lokalnej społeczności. Straż Pożarna musi również stale się rozwijać oraz wyposażać w specjalistyczny sprzęt oraz pojazdy.

Należy podkreślić, że na poczucie bezpieczeństwa mieszkańców ma również wpływ okolica, w której mieszkają. Patrząc przez pryzmat okolicy, jednostka nie czuje się pewnie i spokojnie. Uważa, że taka sytuacja ma miejsce wszędzie. Częściowym rozwiązaniem problemu jest częstsze patrolowanie okolicy przez służby ratownicze, mundurowe. Dają one odczuć mieszkańcom, że kontrolują sytuację oraz niwelują czy likwidują czyhające zagrożenia.

Obywatele czują się bezpieczniej, jeśli wiedzą, jak działają służby ratownicze i gdzie przebywają w razie pojawienia się takiej konieczności. Mowa tu o wszelkich akcjach mających zintegrować obywateli z np. służbami mundurowymi, ratowniczymi. Wymagana interakcja między uczestnikami wydarzeń, wzmacnia więź oraz poczucie bezpieczeństwa. Wzrasta wtedy znacznie zaufanie do służb. Obywatele nie będą mieli oporu ani pewnego rodzaju blokady przed wezwaniem służby w razie konieczności udzielenia pomocy im bądź osobom postronnym.

Ciągła kontrola obiektów również wpływa pozytywnie na poczucie bezpieczeństwa obywateli. W przypadku Ochotniczej Straży Pożarnej dotyczy to głównie kontroli obiektów ze względu na bezpieczeństwo przeciwpożarowe oraz ocenę przepisów dotyczących przestrzegania ochrony przeciwpożarowej.

Istotna w tym zakresie jest edukacja dla bezpieczeństwa realizowana przez strażaków w społeczeństwie lokalnym, także i w szkołach. Pogadanki z przedstawicielami np. PSP czy OSP zwiększają świadomość niebezpieczeństwa i zagrożenia, ale także sprawiają wrażenie, że w razie konieczności służby udzielą niezbędnej pomocy.

Literatura

- [1] Adamiak P., *Ochotnicze Straże Pożarne. Raport z badania 2012*, Stowarzyszenie Klon/Jawor, Warszawa 2013.
- [2] Balcerowicz B., *Słownik terminów dotyczących bezpieczeństwa państwa*, AON, Warszawa 1994.
- [3] Białoskórski R., *Słownik pojęć i skrótów bezpieczeństwa informacji*, Ubezpieczenia, Warszawa 2010.
- [4] Dworecki S., *Zagrożenia bezpieczeństwa państwa*, AON, Warszawa 1994.
- [5] Dworecki S., *Zagrożenia bezpieczeństwa państwa*, AON, Warszawa 2002.
- [6] Dzieciuchowicz A., *Historia Ochotniczych Straży Pożarnych*, źródło: <http://www.parzczew.info/?p=1795> (data dostępu: 28.04.2017).
- [7] Klamut R., *Bezpieczeństwo jako pojęcie psychologiczne*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej” 2012, nr 286.
- [8] Kukułka J. (red.), *Leksykon Pokoju*, Krajowa Agencja Wydawnicza, Warszawa 1987.
- [9] Kunikowski J., Turek A., *Bezpieczeństwo i dyplomacja. Słownik terminów*, Pedagogium, Warszawa 2008.
- [10] *Ochotnicze Straże Pożarne*, źródło: <https://msw.gov.pl/pl/bezpieczenstwo/ochrona-ludnosci/8758,Ochotnicze-Straze-Pozarne.html> (data dostępu: 20.04.2017).
- [11] Pieprzny S., *Administracja bezpieczeństwa i porządku publicznego*, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów 2012.
- [12] Stefanowicz J., *Bezpieczeństwo współczesnych państw*, PAX, Warszawa 1984.
- [13] Stefański M., *Poczucie bezpieczeństwa publicznego i ocena pracy policji w percepcji mieszkańców Słupska*, Urząd Miasta Słupsk, Słupsk 2013.
- [14] Szaflik J.R., *Dzieje ochotniczych straży pożarnych*, GREG, Warszawa 2001.
- [15] Zasada Z. J., *Organizacje strażackie okresu dwudziestolecia międzywojennego*, źródło: http://www.wtn.pl/Publikacje_nasze/Teksty/Straze_miedzywoj_Zasada.pdf (data dostępu: 18.03.2018).



Marcin Jasiński

Instytut Techniki

Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

ul. Podchorążych 2, 30–084 Kraków

e-mail: mjasinski@up.krakow.pl

BEZPIECZEŃSTWO STOSOWANIA NANOMATERIAŁÓW

Streszczenie. Nanomateriały stanowią ważną gałąź w rozwijającej się dziedzinie nauki i gospodarki. Redukcja rozmiarów może prowadzić do szeregu nowych właściwości fizykochemicznych i wielu potencjalnych zastosowań. Możliwość wykorzystania nanostrukturalnych materiałów wymaga jednak opracowania odpowiednich metod ich otrzymywania oraz uwzględnienia zasad bezpiecznego użytkowania.

W pracy podjęto próbę zanalizowania najnowszych informacji dotyczących międzynarodowych i polskich norm i ustaleń dotyczących nanomateriałów, zagrożeń związanych z użyciem nanomateriałów, a także obchodzenia się z nimi oraz sposobów zapobiegania nadmiernej ekspozycji na ich działanie.

Przedrostek „nano” stosowany w skalach jednostek fizycznych oznacza jedną miliardową lub 10^{-9} odpowiedniej jednostki. W tym przypadku odnosi się do nanometra lub miliardowej części metra. Należy zauważyć, że w systemie metrycznym „nanoskala” to zakres poniżej 1 mikrometra (μm) i powyżej 999 pikometrów (pm). Wiele opracowań zaleciło górną granicę dla nanomateriału o wartości około 100 nm i dolnej granicy około 1 nm, aby lepiej zilustrować niektóre z ważnych właściwości nanomateriału i jego wielkości mierzalnych. Fizyczne i chemiczne właściwości nanostruktur różnią się wyraźnie od właściwości pojedynczego atomu (cząsteczki) i ciała stałego o tym samym składzie chemicznym. Naturalne źródła pochodzenia nanomateriałów powodują, że są one obecne w naszym otoczeniu i występują na poziomie stanowiącym tzw. tło. Do naturalnych źródeł nanocząstek, możemy zaliczyć m.in.: czynne wulkany, materię organiczną, zachodzące procesy biologiczne, pożary lasów, burze piaskowe. Do nanocząstek pochodzenia antropogenicznego należą m. in. starte ogumienie, tlenki metali, dodatki do środków smarnych, popioły, produkty spalania, platyna z katalizatorów, biurowe urządzenia laserowe, kopiarki i drukarki.

Wielkie znaczenie nanotechnologii wynika z coraz większych możliwości poznawania zjawisk w nanoskali, znajdujących ogromne, potencjalne zastosowanie komercyjne. Wiele krajów (m.in. USA, Japonia, Niemcy, Australia, RPA, Izrael) opracowało już narodowe strategie rozwoju nanotechnologii i uruchomiło stosowne programy finansowania badań.

Bezpieczeństwo stosowania nanomateriałów jest badane przez wielu uczonych, jednostki naukowe, przemysł oraz ciała doradcze rządów na całym świecie. Wyniki badań są niejednoznaczne i rozbieżne. Jednakże część wyników wskazuje na istnienie realnego niebezpieczeństwa ze względu na toksyczne, mutagenne lub kancerogenne własności nowych materiałów. W związku z tym nanomateriały powinny być dalej badane, a ich dostępność limitowana do tych najlepiej poznanych i bezpiecznych. W licznych opracowaniach wskazuje się na obowiązek informacyjny o składzie i właściwościach fizykochemicznych nanomateriałów. Sugeruje się również znalezienie ponadnarodowego porozumienia i stworzenia międzynarodowej bazy nanomateriałów.

Słowa kluczowe: nanomateriały, nanotechnologia, bezpieczeństwo.

SAFETY OF USING NANOMATERIALS

Abstract. Nanomaterials are important branch in the growing field of science and economy. Size reduction can lead to a number of new physicochemical properties and many potential applications. However, the possibility of using nanostructural materials requires the development of appropriate methods for their preparation and consideration of the principles of safe use.

The paper attempts to analyze the latest information on international and Polish standards and arrangements for nanomaterials, hazards related to the use of nanomaterials, as well as handling them and ways to prevent excessive exposure to them.

The prefix „nano” used in the scales of physical units means one billionth or 10^{-9} of the corresponding unit. In this case, it refers to the nanometer or billionth of a meter. It should be noted that in the metric system „nanoscale” is a range below 1 micrometer (μm) and above 999 picometers (pm). Many studies have recommended an upper limit for a nanomaterial with a value of around 100 nm and a lower limit of around 1 nm, to better illustrate some of the important properties of the nanomaterial and its measurable quantities. The physical and chemical properties of nanostructures are clearly different from the properties of a single atom (molecule) and a solid body with the same chemical composition. Natural sources of origin of nanomaterials cause that they are present in our environment and occur at the level constituting the so-called background. To natural sources of nanoparticles, we can include among others: active volcanoes, organic matter, biological processes taking place, forest fires, sandstorms. The nanoparticles of anthropogenic origin include, among others worn tires, metal oxides, additives for lubricants, ashes, combustion products, platinum from catalysts, office laser devices, copiers and printers.

The great importance of nanotechnology results from the ever-increasing opportunities to learn about phenomena at the nanoscale, which have enormous, potential commercial applications. Many countries (including the USA, Japan, Germany, Australia, Republic of South Africa, Israel) have already developed national strategies for nanotechnology development and launched appropriate research funding programs. The safety of nanomaterials is investigated by many researchers, scientific units, industry and advisory

bodies of governments around the world. The results of the study are ambiguous and divergent. However, some of the results indicate a real danger due to toxic, mutagenic or carcinogenic properties of new materials. Therefore, nanomaterials should be further researched and their availability limited to those best known and safe. Numerous studies indicate an informational obligation on the composition and physicochemical properties of nanomaterials. It is also suggested to find a supranational agreement and create an international base of nanomaterials.

Keywords: nanomaterials, nanotechnology, safety.

Wprowadzenie

Nanomateriały stanowią ważną gałąź w rozwijającej się dziedzinie nauki i gospodarki. Redukcja rozmiarów może prowadzić do szeregu nowych właściwości fizykochemicznych i wielu potencjalnych zastosowań. Możliwość wykorzystania nanostrukturalnych materiałów wymaga jednak opracowania odpowiednich metod ich otrzymywania oraz uwzględnienia zasad bezpiecznego użytkowania.

Nanomateriały wkraczają we wszystkie aspekty naszego życia; materiały te są coraz częściej wykorzystywane w aplikacjach farmaceutycznych i medycznych, kosmetykach i produktach osobistych, magazynowaniu energii, uzdatnianiu wody i filtracji powietrza, rekultywacji środowiska, czujnikach chemicznych i biologicznych, obronności i materiałach wybuchowych [1] oraz w niezliczonych produktach użytku codziennego. Na przykład w dziedzinie żywności nanomateriały mogą być wykorzystywane do zapewniania nowych smaków; do wytwarzania żywności funkcjonalnej, higienicznego przetwarzania i pakowania żywności; produkcji inteligentnych, lekkich i mocnych opakowań umożliwiających wytworzenie żywności o dłuższym okresie przydatności do spożycia; przy zmniejszonej ilości środków agrochemicznych i konserwujących itd. [1].

W pracy podjęto próbę zanalizowania najnowszych informacji dotyczących międzynarodowych i polskich norm i ustaleń dotyczących nanomateriałów, zagrożeń związanych z użyciem nanomateriałów, a także obchodzenia się z nimi oraz sposobów zapobiegania nadmiernej ekspozycji na ich działanie.

Co to są nanomateriały?

Przedrostek „nano” stosowany w skalach jednostek fizycznych oznacza jedną miliardową lub 10^{-9} odpowiedniej jednostki. W tym przypadku odnosi się do nanometra lub miliardowej części metra. Używając terminu „nanomateriał”, określany jest rząd wielkości wymiaru geometrycznego. Materiałem jest materia,

która została przekształcona lub zaadaptowana, aby mogła spełnić jakąś określoną funkcję. Można stwierdzić, że materia została sfunkcjonalizowana. Wiele materiałów, które są używane, i które wydają się gołym okiem, że mają idealnie ciągłą budowę, składają się faktycznie z ziaren skryształizowanej materii o wymiarach często rzędu mikrona (jedna milionowa metra lub 10^{-6} m). Rozmiar ziaren może się także zmieniać w szerokim zakresie. Dotyczy to w szczególności większości powszechnie stosowanych metali i ceramiki, ale nie dotyczy to szkła i niektórych tworzyw sztucznych. Ziarna mikrometryczne są oczywiście bardzo małe w porównaniu z wymiarami przedmiotów generalnie wykonanych z takich materiałów. Jednak są one bardzo duże w porównaniu z wymiarami atomów, które je tworzą. Atomy mają średnicę dziesięć tysięcy razy mniejszą niż ziarna. Tabela 1 zawiera typowe wymiary różnych nanomateriałów.

Tabela 1. Rodzaje nanostruktur

Nanostruktura	Wymiar	Materiał
Klaster, nanokryształ, kropki kwantowe	Promień, 1–10 nm	Izolatory, półprzewodniki, metale, materiały magnetyczne
Inne nanocząstki	Promień, 1–100 nm	Tlenki ceramiczne
Nanobiomateriały, centra reakcji fotosyntezy	Promień, 5–10 nm	Membrany białkowe
Nanodrut	Średnica, 1–100 nm	Metale, półprzewodniki, tlenki, siarczki, azotki,
Nanorurki	Średnica, 1–100 nm	Węgiel, GaN, chalcogenki warstwowe
Nanobiopręty	Średnica, 5 nm	DNA
Dwu-wymiarowe sieci nanocząstek	Powierzchnia, kilka nm^2 – μm^2	Metale, półprzewodniki, materiały magnetyczne
Cienkie warstwy	Grubość, 1–100 nm	Izolatory, półprzewodniki, metale, DNA
Trójwymiarowe supersieci nanocząstek	Kilka nm w każdym kierunku	Metale, półprzewodniki, materiały magnetyczne

Nowe właściwości nanomateriałów

Fizyczne i chemiczne właściwości nanostruktur różnią się wyraźnie od właściwości pojedynczego atomu (cząsteczki) i ciała stałego o tym samym składzie chemicznym. Różnice między nanomateriałami a materiałami w postaci atomowej i materii skondensowanej, oprócz wymiarów odnoszą się także do struktury i kształtów przestrzennych, zmian fazowych, energetycznych, struktury elektronowej, reaktywności chemicznej i właściwości katalitycznych. Niektóre z ważnych zagadnień w nanonauce dotyczą efektów kwantowych i reakcji na zewnętrzne wzbudzenia elektryczne i optyczne. Efekty dotyczące wymiarów są najistotniejszym aspektem nanomateriałów.

Większość właściwości homogenicznego elementu masywnego o zwanym kształcie (np. sferycznym) i makroskopowym (milimetrowym) będzie związana z jego składem chemicznym i strukturą krystaliczną. Jest to tradycyjnie badane w fizyce i chemii ciał stałych. W przypadku obiektu tej wielkości atomy powierzchniowe zawierają pomijalną część całkowitej liczby atomów, a zatem odegrają pomijalną rolę w masowych właściwościach materiału. Należy jednak zauważyć, że atomy powierzchniowe odgrywają jednak dominującą rolę we właściwościach związanych z wymianami na styku obiektu z otaczającym medium. Dzieje się tak na przykład, gdy weźmiemy pod uwagę reaktywność chemiczną i katalizę. Gdy rozmiar obiektu zmniejsza się do zakresu nanometrycznego, tj. <10 nm, udział atomów powierzchniowych staje się bardziej istotny i może decydować o nowych właściwościach materiału.

Powstawanie nanomateriałów

Naturalne źródła pochodzenia nanomateriałów powodują, że są one obecne w naszym otoczeniu i występują na poziomie stanowiącym tzw. tło. Poziom ich jest przeważnie stały i zależy od warunków atmosferycznych panujących w danej chwili, takich jak: pora roku, wilgotność powietrza, opady atmosferyczne, ruch powietrza itp. Do naturalnych źródeł nanocząsteczek, możemy zaliczyć m.in.: czynne wulkany, materię organiczną, zachodzące procesy biologiczne, pożary lasów, burze piaskowe. Nanocząsteczki pochodzące z tych źródeł mogą wystąpić w odległych miejscach, przemieszczane z masami powietrza. Do nanocząstek pochodzenia antropogenicznego należą m. in. starte ogumienie, tlenki metali, dodatki do środków smarnych, popioły, produkty spalania, platyna z katalizatorów, cząstki emitowane przez biurowe urządzenia laserowe, kopiarki i drukarki. Nanocząsteczki zawsze były wytwarzane jako produkty spalania i gotowania żywności. Naturalnie występujące nanomateriały występują w wielu produktach żywnościowych. Na przykład mleko zawiera micelle kazeinowe, które składają się z nanostruktur i dostarczają fosforan wap-

nia do organizmu. Złote i srebrne nanocząsteczki tworzyły kolory w witrażach średniowiecznych kościołów setki lat temu. Artyści nie wiedzieli wtedy, że proces, w którym tworzyli te piękne dzieła, faktycznie doprowadził do zmian w składzie materiałów, z którymi pracowali. Związki srebra są używane od stuleci w produktach ochrony zdrowia jako środki antyseptyczne.

Perspektywy rozwoju nanomateriałów

Wielkie znaczenie nanotechnologii wynika z coraz większych możliwości poznawania zjawisk w nanoskali, znajdujących ogromne, potencjalne zastosowanie komercyjne. Obecnie możliwe jest kształtowanie materii przez celowe układanie jednostek struktury o nanometrowych rozmiarach. Wynikiem są odkrycia nieznanych dotychczas zjawisk, doskonalenie już istniejących produktów oraz rozwój nowych gałęzi przemysłu. Nanonauki i nanotechnologie będą najważniejszym czynnikiem rozwoju gospodarki w ciągu następnych 20 lat [2]. Od początku tego stulecia zaobserwowano znaczący wzrost badań i projektów związanych z nanomateriałami, a wzrost na rynku nanomateriałów szacuje się na 16,9% rocznie [3]. Do roku 2020 przewiduje się w USA 30% roczny wzrost wydatków na nanotechnologię [4]. W ramach programu finansowania badań naukowych i innowacji w Unii Europejskiej Horyzont 2020 tylko w latach 2018–2020 na tematy związane z nanotechnologią Unia Europejska przeznaczy ponad 373 mln Euro, tj. tylko o 100 mln mniej niż na tematy związane z transformacją europejskiego przemysłu.

Fakty te dowodzą, że nanotechnologia już obecnie jest dziedziną o dużym znaczeniu ekonomicznym, a jej gospodarcze i społeczne znaczenie będzie dynamicznie wzrastać w najbliższych kilkunastu latach. Wiele krajów (m.in. USA, Japonia, Niemcy, Australia, RPA, Izrael) opracowało już narodowe strategie rozwoju nanotechnologii i uruchomiło stosowne programy. Programy rozwoju nanotechnologii zostały opracowane nie tylko w wiodących technologicznie krajach, lecz również w krajach szybko rozwijających się takich, jak Wietnam, Iran, Pakistan czy Meksyk. W wyniku przeprowadzonych analiz zaproponowano narodową strategię rozwoju nanotechnologii, obejmującą działania pozwalające na efektywne wsparcie rozwoju tej dziedziny w Polsce. Wstępne kierunki rozwoju tej dziedziny sformułowano w dokumencie: Proponowane kierunki rozwoju nauki i technologii w Polsce do 2020 roku [5]. W raporcie nanotechnologie znalazły się wśród strategicznych priorytetów naukowych i technologicznych w grupie tematycznej Techno.

W raporcie Foresight [6] przeprowadzono analizę trendów rozwoju techniki światowej z punktu widzenia wyzwań społeczno-gospodarczych, przed jakimi stoi świat w perspektywie następnych 15 do 20 lat, i określono kluczowe technologie w skali globalnej. „Nanobiotechnologie w otrzymywaniu nośników

składników żywności”, „Nano-warstwy ochronne, metaliczne, ceramiczne i diamentopodobne”, „Nanokompozyty polimerowe”, „Nanomateriały konstrukcyjne”, „Nowe urządzenia dla nanotechnologii”, „Nanomedycyna”, „Nanobiotechnologia”, „Nanokataliza”, „Nanostruktury półprzewodnikowe”, „Nanostruktury węglowe dla elektroniki (grafen, nanorurki)”, „Nanostruktury dla spintroniki i nanomagnetyzm”, „Technologia mikro- i nanostrukturalnych specjalnych światłowodów fonicznych oraz światłowodowych struktur kompozytowych” to niektóre z technologii wysoko ocenionych przez specjalistów i posiadające wysoką wagę dla rozwoju polskiego przemysłu w kontekście roku 2030.

Definicje nanomateriałów

W tej części pracy podjęto próbę usystematyzowania informacji dotyczących norm i opracowań związanych z nanomateriałami, a także podano powszechne definicje słowa nanomateriał.

Należy zauważyć, że w systemie metrycznym „nanoskala” to zakres poniżej 1 mikrometra (μm) i powyżej 999 pikometrów (pm). Wiele opracowań zaleciło górną granicę dla nanomateriału o wartości około 100 nm i dolnej granicy około 1 nm, aby lepiej zilustrować niektóre z ważnych właściwości nanomateriału i jego wielkości mierzalnych.

Najbardziej znanym obecnie i powszechnie uznanym opracowaniem dotyczącym nanomateriałów są normy ISO. Norma ISO/TS 80004 [7], nanomateriał definiuje jako „materiał o dowolnym wymiarze zewnętrznym w nanoskali lub o strukturze wewnętrznej lub strukturze powierzchni w nanoskali”, z nanoskalą zdefiniowaną jako „zakres długości w przybliżeniu od 1 nm do 100 nm”. Obejmuje to zarówno nanoobiekty, które są odrębnymi kawałkami materiału, jak i nanostrukturizowane materiały o wewnętrznej lub powierzchniowej strukturze w nanoskali; nanomateriał może być częścią obu tych kategorii. Poprzednia norma ISO/TS 27687:2008 [8] wymienia także różne terminy i definicje obiektów nanometrycznych - nanocząstek, nanowłókien i nanopłytek. Definicja nanoskali to: zakres wielkości od około 1 nm do 100 nm. Definicji tej towarzyszy uwaga: Dolną granicę tej definicji (około 1 nm) wprowadza się w celu uniknięcia oznaczania pojedynczych i małych grup atomów jako nanopunktów lub elementów nanostruktur, co można implikować przez brak dolnej granicy.

W 2011 r. Komisja Europejska [9] przyjęła następującą definicję nanomateriału: „Naturalny, przypadkowy lub wytworzony materiał zawierający cząstki, w stanie niezwiązany lub w postaci agregatu lub aglomeratu zawierający 50% lub więcej cząstek w rozkładzie wielkości liczbowych, w których jeden lub więcej wymiarów zewnętrznych mieści się w przedziale wielkości 1 nm–100 nm. W szczególnych przypadkach i gdy uzasadniają to obawy o środowisko, zdrowie,

bezpieczeństwo lub konkurencyjność, próg rozkładu wielkości liczb wynoszący 50% może zostać zastąpiony przez próg pomiędzy 1% a 50%.

Jedno z rozporządzeń UE w sprawie produktów kosmetycznych [10] zawiera także definicję nanomateriałów. W tekście przewidziano konkretny artykuł (art. 2.3), aby umożliwić zmianę definicji w zależności od rozwoju naukowego i/lub międzynarodowego. Artykuł 2.1.k rozporządzenia EC/1223/2009 w sprawie produktów kosmetycznych (k) „nanomateriał” oznacza nierozpuszczalny lub biologicznie czysty i celowo wyprodukowany materiał o jednym lub większej liczbie zewnętrznych wymiarów w skali od 1 do 100 nm.

Chociaż nie jest formalnie opublikowany w dokumencie OECD, Grupa Robocza OECD ds. Wytwarzanych Nanomateriałów (WPMN) opublikowała opis nanomateriału [11]. OECD stwierdza: „Wytworzone nanomateriały: Nanomateriały celowo wytwarzane w celu uzyskania określonych właściwości lub określonego składu, zakres wielkości zazwyczaj od 1 nm do 100 nm. Materiały te mogą być nano-objektami (tj. Ograniczony do jednego, dwóch lub trzech wymiarów w nanoskali) lub są nanostrukturalne (tj. mają strukturę wewnętrzną lub powierzchnią w nanoskali)”. Ta definicja opiera się wyłącznie na rozmiarze.

SCENIHR to trzy niezależne komitety naukowe zapewniające Komisji Europejskiej doradztwo naukowe, przygotowując politykę i propozycje dotyczące bezpieczeństwa konsumentów, zdrowia publicznego i środowiska. Komitety te zajmują się kwestiami pojawiającymi się lub nowo zidentyfikowanymi zagrożeniami dla zdrowia i środowiska oraz szerokimi, złożonymi lub multidyscyplinarnymi kwestiami wymagającymi kompleksowej oceny zagrożeń dla bezpieczeństwa konsumentów lub zdrowia publicznego oraz zagadnień pokrewnych, które nie są objęte innymi wspólnotowymi organami oceniającymi ryzyko. W definicji nanomateriału SCENIHR [12] ocenił, że: - mając na uwadze, że właściwości fizyczne i chemiczne materiałów mogą zmieniać się wraz z rozmiarem, nie ma uzasadnienia naukowego dla jednej górnej i dolnej granicy wielkości związanej z tymi zmianami, które można zastosować w celu odpowiedniego zdefiniowania wszystkich nanomateriałów; - nie ma naukowych dowodów na istnienie pojedynczej metodologii (lub grupy testów), którą można zastosować do wszystkich nanomateriałów - rozmiar jest powszechnie stosowany do definiowania wszystkich nanomateriałów i jest najodpowiedniejszym wymiarem. Ponadto zrozumienie rozkładu wielkości nanomateriału ma zasadnicze znaczenie, a rozkład wielkości liczb jest najważniejszym czynnikiem. Ponieważ nie ma naukowych dowodów na to, aby kwalifikować nanomateriały jako posiadające maksymalny rozmiar 100 nm, ważne jest, aby wziąć pod uwagę całą nanometryczną skalę (1–999 nm). Można to osiągnąć poprzez zastosowanie podejścia wielopoziomowego z wykorzystaniem progów pośrednich. Na przykład, 500 nm może być użyte jako górny próg a 100 nm jako próg średni. W innej swojej opinii w sprawie naukowych aspektów istniejących i proponowanych definicji dotyczących produktów nanonauki i nanotechnologii [13]

z 2007 roku SCENIHR opisuje niektóre podstawowe zasady dotyczące nanotechnologii i nanoskali. W niektórych sytuacjach, w których wyjaśnienia są wymagane przy opracowywaniu odpowiednich ram dla terminologii nanomateriałów, szczególnie w celu oceny ryzyka, „można stwierdzić, że zgodnie z systemem metrycznym nanoskala oznacza w rzeczywistości rozmiar od 1 do 999 nm, będący wielkością powyżej pikometru (10^{-12}) i poniżej mikrometra (10^{-6})”. Jednak w celu oceny ryzyka związanego z produktami nanotechnologicznymi nanoskalę ograniczono do wielkości rzędu 100 nm lub mniej. Nanoskala: cecha charakteryzująca się wymiarami rzędu 100 nm lub mniejszą.

Według U.S. National Nanotechnology Initiative (NNI) [14] Nanotechnologia to kontrola i manipulacja materią w nanoskali, w zakresie wielkości około 1–100 nanometrów, w celu stworzenia materiałów, urządzeń i systemów o zasadniczo nowych właściwościach i funkcjach ze względu na ich niewielką strukturę. Nanotechnologia obejmuje obrazowanie, pomiary, modelowanie i manipulowanie materią w nauce, inżynierii i technologii.

Zalecenia i zagrożenia. Sposoby zapobiegania ekspozycji na nanomateriały

W tym rozdziale przedstawiono opinie międzynarodowych i polskich organizacji dotyczących zagrożeń związanych z nanomateriałami. Przedstawiono także sposoby przeciwdziałania ich potencjalnie szkodliwym właściwościom oraz sposoby zapobiegania ekspozycji na nie.

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) stwierdza, że jeśli chodzi o nanomateriały i nanocząsteczki, wielokrotnie obserwowano, że koncentracja masy może nie być najważniejszym wskaźnikiem oceny narażenia w odniesieniu do skutków zdrowotnych [15]. Określenie najbardziej odpowiedniej miary dla oceny narażenia jest ograniczone nie tylko znajomością możliwych mechanizmów działania, ale także szeregiem trudności technicznych, takich jak brak spójnego pobierania próbek i metod analitycznych do wykrywania i ilościowego oznaczania stężeń nanocząstek, lub według liczby cząstek, które można wykorzystać do charakteryzowania ekspozycji w czasie rzeczywistym. Istnieje pilna potrzeba rozważenia i oceny narażenia na nanomateriały u dzieci i innych wrażliwych podgrup. Powszechnie wiadomo, że dzieci są nieproporcjonalnie bardziej wrażliwe niż dorośli, jeśli chodzi o niebezpieczne chemikalia. Prawdopodobnie do tej pory badania koncentrowały się głównie na generowaniu danych i badaniu mechanizmów toksykologicznych i sposobów działania, przy mniejszym nacisku na ocenę narażenia. Może to wynikać ze stosunkowo wczesnego etapu produkcji nanomateriałów i niewielkiej możliwości przeprowadzenia szeroko zakrojonych badań narażenia. Jednakże, biorąc pod uwagę luki w wiedzy, ocena

narażenia ma ogromne znaczenie i jest potrzebna do ukierunkowania i ustalenia priorytetów w zakresie zbierania danych toksykologicznych w celu wykorzystania do oceny ryzyka.

Jakie są właściwości, które określają lub wpływają na nieodłączne zagrożenia nanocząstek? Jest to nadal kwestia otwarta, częściowo ze względu na ogólny brak charakterystyki badanych nanocząsteczek. Konkretnie opcje, które WHO proponuje rozważyć, obejmują: udostępnienie pełnej deklaracji składników w skali nano w każdym produkcie konsumenckim (z wyjątkiem produktów i urządzeń medycznych, które prawdopodobnie będą wymagać odrębnego systemu), przy czym pierwszeństwo mają produkty o wysokim narażeniu i/lub potencjale spożycia, takie jak żywność, kosmetyki i chemię gospodarczą. Istniejące wcześniej licencje, przyznane na wytwarzanie lub używanie materiałów większych niż nanoskalowe, nie powinny automatycznie zezwalać na wytwarzanie lub używanie tego samego materiału w nanoskali, bez konieczności dalszej oceny. Cel ten ułatwiłby rozwój publicznych baz danych zawierających dostępne informacje na temat rodzajów i właściwości nanomateriałów. Na przykład zestawienie danych ze wszystkich krajów, przy użyciu próbników powietrza o dużej objętości w celu monitorowania tendencji do wytwarzania nanocząsteczek w próbkach powietrza atmosferycznego i oceny zmieniających się wzorców w zakresie narażenia ludności, może mieć charakter informacyjny. Takie informacje umożliwiłyby z kolei opracowanie i udoskonalenie schematów klasyfikacji i taksonomii nanomateriałów, procesów produkcyjnych, zastosowań i produktów.

Natomiast Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (US Food and Drug Administration) jest odpowiedzialna za ochronę zdrowia publicznego poprzez zapewnienie bezpieczeństwa, skuteczności i bezpieczeństwa leków i produktów weterynaryjnych, biologicznych i urządzeń medycznych oraz poprzez zapewnienie bezpieczeństwa dostaw żywności, kosmetyków i produktów, które emitują promieniowanie. W swoim raporcie z 2006 roku [16] stwierdza ona, że następuje wzrost stężenia nanocząstek w narządach wewnętrznych wraz ze zmniejszeniem ich wielkości. Nanocząsteczki przekraczają barierę krew–mózg. Istnieje zatem potrzeba dalszych, zakrojonych na dużą skalę badań nanomateriałów. W swoim raporcie Agencja stwierdza, że obecnie dostępna jest ograniczona liczba badań oceniających toksyczność nanocząsteczek w ocenie ryzyka nanomateriałów [17]. Kluczową kwestią przy ocenie przydatności nanomateriałów jest ocena ich potencjalnej toksyczności ze względu na ich nieodłączny skład chemiczny lub na skutek właściwości nanoskalowych. Obszary badań obejmują ocenę genotoksyczności zmodyfikowanych nanocząstek lub materiałów, które są wykorzystywane w różnych aplikacjach regulowanych przez FDA, od inżynierii tkankowej do leczenia nowotworów. W raporcie dotyczącym produktów kosmetycznych, FDA stwierdza, że nanomateriały mogą mieć właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne, które różnią się od wła-

ściwości cząstek o większej skali o tym samym składzie chemicznym, a użycie nanomateriałów w produktach kosmetycznych może rodzić pytania dotyczące bezpieczeństwa produktu do zamierzonego zastosowania [18]. Z każdym produktem kosmetycznym, który ma nowe lub zmienione właściwości, potrzeby danych i metody testowania powinny być ocenione w celu uwzględnienia wszelkich unikalnych właściwości i funkcji nanomateriałów stosowanych w produktach kosmetycznych, a także pytań, które nadal pozostają na temat stosowalności tradycyjnych metody testowania bezpieczeństwa w produktach obejmujących nanotechnologię. FDA zaleca, aby ocena bezpieczeństwa produktów kosmetycznych wykorzystujących nanomateriały uwzględniała kilka ważnych czynników, w tym: właściwości fizykochemiczne, aglomerację i rozkład wielkości nanomateriałów w warunkach badań toksyczności i zgodnie z oczekiwaniami w produkcie końcowym, zanieczyszczenia, potencjalne drogi narażenia na nanomateriały, potencjał agregacji i aglomeracji nanocząstek w produkcie końcowym, dozymetrię do badań toksykologicznych *in vitro* i *in vivo* oraz dane toksykologiczne *in vitro* i *in vivo* dotyczące składników nanomateriałów i ich zanieczyszczeń, przenikania przez skórę, potencjalnego wdychania, podrażnienia (skóry i oczu) i badań uczulania, badań mutagenności / genotoksyczności.

Nanomateriały mogą mieć zwiększoną szybkość rozpuszczania i mogą poprawić biodostępność niektórych leków w porównaniu z tym samym materiałem, który nie jest wytwarzany jako nanomateriał. Ponadto, po wejściu do krążenia ogólnoustrojowego, nanomateriały mogą wpływać na rozkład, profil narażenia na reakcję i czas przebywania składnika aktywnego. Zmiany te mogą częściowo wynikać z interakcji nanomateriałów z wieloma białkami osocza [19].

The House of Lords, (Wielka Brytania) w swoim raporcie „Nanotechnologies and Food” [20] wzywa do rejestracji produktów spożywczych oraz opakowań zawierających nanomateriały. W świetle obecnej wiedzy konieczne jest indywidualne podejście do oceny ryzyka związanego z wyrobami medycznymi zawierającymi nanomateriały. Zaproponowano podejście etapowe w celu uniknięcia niepotrzebnych badań [21]. W fazie 1 wymagana jest ocena możliwości uwolnienia nanocząstek przez urządzenie bezpośrednio lub w wyniku zużycia urządzenia podczas użytkowania. W fazie 2 celem jest określenie rozkładu uwalnianych cząstek, a także ich potencjału trwałości. W przypadku urządzeń nieinwazyjnych najważniejszym czynnikiem jest potencjał cząstek wchodzących w krążenie ogólnoustrojowe, a tym samym rozprowadzanych do różnych tkanek. Jeżeli zostanie stwierdzone, że jest mało prawdopodobne, aby cząstki mogły dostać się do krążenia ogólnoustrojowego nawet w realistycznych najgorszych warunkach stosowania, wówczas wymagany jest jedynie bardzo ograniczony protokół badania toksyczności, który byłby ogólnie ograniczony do efektów lokalnych w miejscu kontaktu. W fazie 3 zagrożenie ocenia się, dobie-

rając odpowiednie badania toksyczności w zależności od charakteru obserwowanej ekspozycji i potencjału trwałego w określonych narządach.

W przypadku niektórych testów może być konieczne dokonanie oceny potencjalnych zagrożeń związanych z nanomateriałami. Zebrane informacje będą stanowić dane wejściowe do ostatecznej charakterystyki ryzyka (faza 4). Szacowane ryzyko należy porównać z ryzykiem wynikającym z zastosowania porównywalnych urządzeń niewłączających nanomateriałów do oceny dopuszczalności ryzyka. Podsumowując, potencjalne ryzyko związane z wykorzystaniem nanomateriałów w wyrobach medycznych związane jest głównie z możliwością uwalniania wolnych nanocząstek z urządzenia i czasem ekspozycji.

W opiece zdrowotnej stosowanie związków srebra jest postrzegane jako bariera przeciwdrobnoustrojowa, aby zmniejszyć ryzyko infekcji i ponownego zakażenia ran. Srebro można znaleźć również w materiałach stomatologicznych (amalgamatach, cementach) stosowanych w uzupełnieniach dentystycznych. Uważa się, że srebro ma działanie antybakteryjne, zmniejszając próchnicę. SCENIHR w swoim raporcie ocenił narażenie na nanocząstki srebra. Narażenie na jakąkolwiek substancję, w tym na nanomateriały, zależy od ilości obecnej w produkcie i możliwości uwolnienia lub wycieku z produktu. Aby oszacować poziomy narażenia, potrzebne są informacje na temat stężeń Ag w produkcie, wielkości i postaci, w jakiej jest on obecny (agregaty, aglomeraty) oraz prawdopodobieństwa uwolnienia (nano) Ag z produktu. W związku z tym pilnie potrzebne są pomiary nanomateriałów w produktach konsumenckich. Głównymi narządami docelowymi dla dystrybucji Ag po dostępie ogólnoustrojowym są śledziona, wątroba i nerki, podczas gdy jest mniej dystrybucji do innych narządów. Również w jądrach notowano czasami wysokie poziomy srebra. Niemniej jednak, pomimo niskiego poziomu, wykazano dystrybucję Ag większości głównych narządów, w tym mózgu. W przypadku dystrybucji srebra do mózgu nie jest jasne, czy srebro jest obecne w tkance mózgowej, czy jest ograniczone do śródbłonna mózgu. Ostatnie dane wskazują, że pewna trwałość Ag może wystąpić w mózgu i jądrach, chociaż jego znaczenie dla toksyczności nie jest znane. Graniczne wartości narażenia określone przez różne organizacje zostały podane w ww. raporcie. Wydaje się, że srebro i nanosrebro mają potencjał toksyczny, chociaż toksyczność u ludzi wydaje się być niska. Ogólnie rzecz biorąc, potrzeba więcej informacji na temat możliwego udziału Ag w toksyczności środowiskowej i ludzkiej oraz w pojawieniu się i mechanizmie oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe. Aktualne dowody z recenzowanej literatury budzą pewne obawy dotyczące możliwego wpływu na zdrowie ciągłej ekspozycji na Ag. Obawy te budzą wątpliwości co do zwiększonego wykorzystania produktów zawierających Ag, w szczególności w przypadku produktów konsumpcyjnych, które nie są powiązane z uzasadnionymi i wymiernymi korzyściami. Gdy Ag są stosowane w produktach konsumenckich, należy zachować ostrożność, aby produkty konsumenckie/higieniczne uwalniały srebro wystar-

czające do zapewnienia funkcjonalności/skuteczności [22]. The Royal Academy of Engineering [23] stwierdza, że ramy regulacyjne są obecnie odpowiednie, chociaż nadal istnieje niepewność co do względnej toksyczności i korzyści terapeutycznych/odżywczych wielu nanomateriałów. Prowadzone są badania, które dadzą dane na temat korzyści i ryzyka; powinno to pomóc w regulacji rozporządzenia. W przepisach dotyczących rejestracji, oceny i udzielania zezwoleń na stosowanie chemikaliów (REACH) nie ma szczególnych przepisów dotyczących nanomateriałów. Jednym z najważniejszych problemów, które należy rozwiązać, jest wymóg ciągłego dialogu ze społeczeństwem na temat nanotechnologii. Dobre publiczne zaangażowanie jest procesem dwukierunkowym, który zwiększa zrozumienie postaw społecznych i istnieje bariera w akceptacji nowych technologii przez konsumentów.

The Royal Society and Royal Academy of Engineering w swoim raporcie [24] stwierdza, że dopóki nie dowiemy się więcej o wpływie nanocząsteczek i nanorurek na środowisko, zaleca się unikania w miarę możliwości uwalniania wytworzonych nanocząsteczek i nanorurek do środowiska. W szczególności zaleca się, żeby fabryki i laboratoria badawcze traktowały wytworzone nanocząsteczki i nanorurki tak, jakby były niebezpieczne, i dążyły do zmniejszenia lub usunięcia ich ze strumieni odpadów. Zaleca się także, żeby wykorzystanie wytworzonych nanocząsteczek w postaci wolnej (to jest nie utrwalonej w matrycy) w zastosowaniach środowiskowych, takich jak remediacja, było zabronione do momentu podjęcia odpowiednich badań i wykazania, że potencjalne korzyści przeważają nad potencjalnym ryzykiem. Zaleca się także, aby przemysł, jako integralna część procesu innowacji i projektowania produktów i materiałów zawierających nanocząstki lub nanorurki, oceniał ryzyko uwolnienia tych składników w całym cyklu życia produktu i udostępniał te informacje właściwym organom regulacyjnym. Raport zaleca również, aby składniki w postaci nanocząstek zostały poddane pełnej ocenie bezpieczeństwa przez odpowiedni naukowy organ doradczy, zanim zostaną dopuszczone do stosowania w produktach.

Mając na uwadze dotychczasowy stan badań nad nanomateriałami i rozwój nanotechnologii na świecie i w Polsce, Państwowa Inspekcja Pracy opublikowała praktyczny przewodnik [25] dot. postępowania z nanomateriałami i skutecznego zabezpieczenia się przed nimi. W przewodniku tym proponuje się przedsięwzięcie środków ostrożności ponieważ do dnia dzisiejszego nie opublikowano jednoznacznych wyników badań, które dokumentują skutki działania nanomateriałów na organizm człowieka, a szczególnie na organy, w których mogą się one kumulować. Dlatego też należy zachować szczególną ostrożność podczas pracy z nanomateriałami i ściśle przestrzegać wszelkich zaleceń i instrukcji bezpieczeństwa, jeśli takowe są dostępne. Przed spożywaniem posiłków niezbędne jest zachowanie odpowiedniej higieny poprzez mycie rąk i twarzy, a po pracy wskazane jest umycie całego ciała. Małe wymiary nanomateriałów i ich właściwości nie dają gwarancji, że kąpiel pod prysznicem usunie z po-

wierzchni skóry cały zgromadzony nanomateriał. Mając na uwadze możliwość wystąpienia nanomateriałów, niezbędne jest utrzymanie na stanowisku pracy odpowiedniej wymiany powietrza, w tym kierunku przepływu powietrza, co zmniejsza narażenie na ten czynnik, ponadto wskazane jest stosowanie ochrony rąk uniemożliwiającej penetrację skóry lub przenoszenie czynnika na rękach do układu trawiennego. W sytuacji, gdy nanomateriał jest sklasyfikowany jako niebezpieczna substancja chemiczna, użytkownik powinien otrzymać kartę charakterystyki zawierającą informacje o właściwościach makroskopowych, a najlepiej informację o właściwościach takiego nanomateriału. W miejscach, gdzie zidentyfikowane zostaną źródła nanomateriałów, bezwzględnie należy wykonywać zalecenia służb bhp działających w zakładzie. Według opinii Komitetu Naukowego ds. Pojawiających się i Nowo Rozpoznanych Zagrożeń dla Zdrowia, nanomateriały nie niosą szczególnego ryzyka. Nie wykazano z całą pewnością, że materiały złożone z kilku rodzajów nanomateriałów rzeczywiście mają nowe niebezpieczne właściwości. Przypominają normalne substancje chemiczne pod tym względem, że niektóre z nich mogą być toksyczne, a inne nie. Ewentualne ryzyko związane jest z konkretnymi nanomateriałami i ich zastosowaniami.

Podsumowanie

Nanomateriały stają się coraz ważniejszą gałęzią w rozwijającej się dziedzinie nauki i gospodarki. Wielkie znaczenie nanotechnologii wynika z coraz większych możliwości poznawania zjawisk w nanoskali, znajdujących ogromne, potencjalne zastosowanie komercyjne. Nanomateriały wykazują nowe, interesujące własności w porównaniu do dotychczas poznanych makroskopowych materiałów, które wynikają nie ze składu chemicznego czy właściwości chemicznych, ale z bardzo małych rozmiarów cząstek i być może ich kształtów. Jednakże, w przeciwieństwie do dobrze znanych i udokumentowanych własności materiałów w skali makro ciągle nie wiemy zbyt wiele o wpływie nanomateriałów na nasze zdrowie, co jest zrozumiałe ze względu na młodą dziedzinę, jaką jest nanotechnologia. Wiele państw i instytucji ponadnarodowych opracowuje własne standardy dot. nanomateriałów i nanotechnologii. Nowe opracowania w tej dziedzinie są zgodne już co do jednego. Powszechnie uznaje się, że nanomateriały charakteryzują się co najmniej jednym wymiarem w zakresie nanometrów (1–100 nm). Większość organizacji potwierdza ten opis. Niektóre rozszerzają go o cały zakres nano- (1–999 nm), a inne zwracają uwagę na umowność sztucznie ustalonych granic (np. dla 1 nm). Postępujący, szybki rozwój nauk w tej dziedzinie może sugerować kolejne zmiany, dlatego należy domniemywać, że dzisiaj wypracowane definicje mogą ulec zmianie.

Bezpieczeństwo stosowania nanomateriałów jest badane przez wielu badaczy, jednostki naukowe, przemysł oraz ciała doradcze rządów na całym świecie. Wyniki badań są niejednoznaczne i rozbieżne. Jednakże część wyników wskazuje na istnienie realnego niebezpieczeństwa ze względu na toksyczne, mutagenne lub kancerogenne własności nowych materiałów. W związku z tym nanomateriały powinny być dalej badane, a ich dostępność limitowana do tych najlepiej poznanych i bezpiecznych. W licznych opracowaniach wskazuje się na obowiązek informacyjny o składzie i właściwościach fizykochemicznych nanomateriałów. Sugeruje się również znalezienie ponadnarodowego porozumienia i stworzenia międzynarodowej bazy nanomateriałów.

Produkcja i używanie nanomateriałów stanowi poważne wyzwanie, jeśli chodzi o możliwe sytuacje narażenia ludzi (np. poprzez wdychanie, połykanie, wchłanianie przez skórę itp.). Podobnie jak zrozumienie roli właściwości fizykochemicznych. Wyzwanie to dotyczy również badania nanomateriałów w różnych mediach środowiskowych (tj. powietrzu, wodzie i glebie), a także podczas ich cyklu życia (tj. produkcji, przetwarzania, użytkowania i usuwania). Pomimo niewątpliwych zalet niektórych nanomateriałów, a także dlatego, że wiedza o nich jest nadal niepełna, powinno się je traktować jako obarczone ryzykiem i stosować z umiarem.

Biorąc pod uwagę, że istnieje duży potencjał w badaniu aspektów związanych z wytwarzaniem i użyciem nanomateriałów, to bezpieczeństwo stosowania nanomateriałów staje się perspektywicznym kierunkiem badań w dziedzinie nanotechnologii i nanomateriałów.

Literatura

- [1] Chaudhry Q (2012). Current and projected applications of nanomaterials. WHO Workshop on Nanotechnology and Human Health: Scientific Evidence and Risk Governance. Bonn, Germany, 10–11 December 2012.
- [2] Nanonauka i nanotechnologia, Narodowa Strategia dla Polski, MNiSW, Warszawa 2006.
- [3] Nanotechnology Market By Type (Nanocomposites, Nanofibers, Nanoceramics, Nanomagnetics); By Application (Medical diagnosis, Energy, ICT, Nano-EHS); By End-Users (Electronics, Pharmaceuticals, Biotechnology, Textile, Military) - Forecast (2016-2021).
- [4] <http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/0604/Osman-0604.html>
- [5] Proponowane kierunki rozwoju nauki i technologii w Polsce do 2020 roku (MNiI, Warszawa, 2004).
- [6] Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030: aktualizacja wyników oraz krajowa strategia inteligentnej specjalizacji (smart specialization, MG, Warszawa 2012).

-
- [7] ISO/TS 80004-1:2015
 - [8] ISO/TS 27687:2008
 - [9] Nanomaterials. European Commission, 18 October 2011.
 - [10] EC/1223/2009
 - [11] http://www.oecd.org/about/0,3347,en_2649_37015404_1_1_1_1_1,00.htm
 - [12] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Scientific Basis for the Definition of the Term “nanomaterial”, 2010.
 - [13] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2007.
 - [14] <https://www.nano.gov>
 - [15] WHO Nanotechnology and human health: Scientific evidence and risk governance. Report of the WHO expert meeting 10–11, December 2012, Bonn, Germany. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2013.
 - [16] U.S. Food & Drug Administration, 2006.
 - [17] U.S. Food and Drug Administration 2018 National Center for Toxicological Research Nanotechnology Programs Evaluating Potential Toxicity of Nanomaterials in FDA-Regulated Products.
 - [18] U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration 2014, Guidance for Industry Safety of Nanomaterials in Cosmetic Products.
 - [19] U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration 2017 Drug Products, Including Biological Products, that Contain Nanomaterials Guidance for Industry.
 - [20] The House of Lords, Science and Technology Committee (Wielka Brytania) - „Nanotechnologies and Food”.
 - [21] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Final Opinion on the Guidance on the Determination of Potential Health Effects of Nanomaterials Used in Medical Devices, January 2015.
 - [22] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Nanosilver: safety, health and environmental effects and role in antimicrobial resistance.
 - [23] The Royal Academy of Engineering (www.raeng.org.uk 2009).
 - [24] Royal Society and Royal Academy of Engineering, Nanosciences and nanotechnologies: opportunities and uncertainties (RS_&_RAEng_2004).
 - [25] Państwowa Inspekcja Pracy Nanotechnologie 2015.



Radomir Ščurek¹, Marek Hütter², Věra Holubová³

¹Deputy head of the department of Security Services

*Faculty of Safety Engineering, VSB - Technical University of Ostrava
Lumírova 13, Ostrava, Czech Republic*

Email: radomir.scurek@vsb.cz

University of Occupational Safety Management in Katowice, Poland

²Fire rescue College, Fire rescue service of the Czech republic

Pionýrů 2069, 738 01 Frýdek-Místek 12, Czech republic

³Department of Security Services

*Faculty of Safety Engineering, VSB - Technical University of Ostrava
Lumírova 13, Ostrava, Czech Republic*

IMPROVISED CHARGES PLACED ON UNMANNED AIRCRAFT

Abstract. Improvised explosive device (IED) is an explosive, which is constructed and used in ways other than in conventional military actions mainly by terrorist groups. This article deals with the types, designs and possible applications of IED, focusing primarily on possibilities of attacking the air transport industry. It also describes the danger of deploying unmanned aircraft- drone carrying IED near airports and airport buildings with intention to cause damages.

Keywords: Improvised Explosive Device, airport, types of IED, IED effects, unmanned aircraft.

IMPROWIZOWANE ŁADUNKI WYBUCHOWE PRZENOSZONE PRZEZ BEZZAŁOGOWE STATKI POWIETRZNE

Streszczenie. Improwizowane urządzenia wybuchowe (IED) są konstruowane i wykorzystywane w sposób inny niż konwencjonalne działania zbrojne, głównie przez grupy terrorystyczne. W tym artykule omówiono typy, budowę i możliwe zastosowanie IED, koncentrując się przede wszystkim na możliwościach ataku w branży transportu lotniczego. Opisano ponadto zagrożenie związane z rozmieszczeniem bezzałogowych stat-

ków powietrznych - dronów przenoszących IED, w pobliżu lotnisk i budynków portów lotniczych z zamiarem spowodowania szkód.

Słowa kluczowe: improwizowane urządzenia wybuchowe, lotnisko, rodzaje IED, efekty IED, bezzałogowe statki powietrzne.

Introduction

The economic process, aided by political economic changes aiming towards worldwide globalization of goods production is at the same time accompanied by the globalization of transportation infrastructure. Today, air transport is one of the safest modes of transport. Still, the civil airports might be a suitable target for the perpetrators of terrorist acts, thanks to its concentration of economically stronger passengers. Therefore, the secured interests can be significantly threatened, starting with thefts, kidnaps, fire and some other dangers arising from criminal or terrorist attacks. The nature and seriousness of these crimes changes gradually over time. They use available hi-tech tools to increase the efficiency of their actions. One of these modern instruments is also unmanned aircraft, otherwise known as drone. At the same time, perpetrators respond to precautions undertaken in order to ensure the transportation security.

Civil airport is defined as a territorially circumscribed and in an appropriate manner leveled area, including a complex of buildings and facilities, that is permanently intended for the take off and landing of the civil aircrafts.

The security level at the airport is one of the significant actors while considering the suitability of its usage by airlines and this has a significant economic impact on a given airport. The protection of civil aviation forms a part of the national security programme of every state. Improvised Explosive Devices represent one of the possible threats to airport safety.

Categories of improvised explosive devices (IED)

An IED consists from a system of functional elements that can under some given circumstances, threaten the security of persons or property. Generally, it is a system using mechanical, explosive, incendiary, noxious, radioactive and other materials, or their combination. Mainly, an IED is composed of an explosive device, explosive or incendiary fill and is commonly placed in a container or its exterior is of such form that can hide the real function of the device. IEDs fall into two categories: tactical and strategic. The tactical IEDs are designed primarily against physical persons and incorporate nail bombs, mines or bombs placed in drains, cable covers, shafts etc. The strategic IEDs are designed to draw attention e.g. at the airport, shopping malls, aircrafts etc.

In simulated attacks, IEDs can be used in order to gain credibility for the attack threat. After establishing his/her credibility, the perpetrator can continue in further intrusion without destroying anything, by means of placing well-made but harmless imitations. The unknown ratio of harmless and destructive IEDs keeps busy the security authorities and therefore makes them unable to fulfill other tasks.

Effects of IED

Primary effects of IED

What is usually referred to as primary effects of IED is the direct action of explosion on objects and persons (pressure wave, shock wave, seismic wave and high temperature). The explosion acts on the environment by means of consequent expansion of waste from explosive transformation. However, in a case when a large amount of explosive material is involved (dozens kilograms), the seismic wave must be taken into account (ground vibration), because it may damage the buildings.

Secondary effects of IED

Secondary effects originate in the effects of explosion itself on persons or object. The secondary effects of IED are following:

- Shell effect originates in the explosion pressure wave affecting the container of IED and the objects in the explosion surroundings. The container and some other objects fall into small pieces (shells - fragments), that are speeded up by the pressure wave and if hitting the human organism they could cause injury, or death.
- Fall of loose objects on the objects in the explosion surroundings as a result of pressure or seismic wave caused by the IED explosion. Regarding the fact that the pressure wave spreads in all directions, the insufficiently fastened objects and those located in heights can be thrown down. Particularly dangerous are the objects with a board shape (e.g. glass panels used as a siding) that do not necessarily fall in vertically downwards direction but can glide and thus the impact point does not have to be the same as the fixing point.
- Damage of lines and tanks – electrical, water, vapour, gas, furnace oil, oil, petrol, paints, thinners etc. is caused by heat action, pressure and seismic wave that originate in the explosion and can affect these lines and tanks. In case of any larger explosion a check of all lines and tanks located underground must be carried out in order to prevent possible consequent damages, especially ecological.

- Fire is caused by action of the heat, which is released in the explosion, on easily incentive substances.
- Panic is caused by the action of explosion on the human psyche. A human being when panic-struck is not able to think reasonably and all his/her actions are driven by self-preservation principle. In such case he/she acts regardless of other people. In the course of panic several injuries can occur, or eventually people might be killed e.g. trodden down.

For the risk assessment it is possible to use many existing computer based programs, for example EMOFF (Emergency Office). This program was designed in order to support the planning analysis and provide solution for extraordinary events and crisis situations. The properties of this system stem from the process analysis in the crisis management and from the estimated requests regarding the information security and ensuring the continuity of operation system. A set of software tools EIS/SIM is another program, which contains basic information system for the crisis management EMOFF and simulation upgrade that is capable to create scenarios, further proper simulation functions above the basic information system and enables to evaluate the existing courses of simulation. Another program called RISKAN that was developed for risk assessment using the qualified estimation for security solution of an organization, should be mentioned. VŠB TUO, FBI owns a license for the TerEx program. It is a tool that enables quick prognosis of impacts and consequences, caused by dangerous substances or explosive devices namely when categorically abused, however its accuracy is not always on satisfactory level and results are overdesigned. TerEx model was created as a computer program with concurrence on graphic information system and directly displaying the results on maps. The extent of explosion and threat to environment can be assessed on condition the type of IED and estimated quantity of explosive substance is entered and an analysis is carried out. TerEx was designed especially for operative use during an intervention where quick assessment of threat and realization of consequent precautions regarding the protection of inhabitants, are needed. It can be used directly on spot by chief of intervention or by operating officer at the control centre. It is possible to carry out applications using the exact explosive, conditions a weight of dangerous substance. Nevertheless, regarding the inaccuracy of the TerEx computer program technical discussion is held concerning its use and in connection with this discussion the producer of the program was addressed.

In the future, correction of its parameters is supposed. As an example using TerEx application it is possible to set an IED containing some unknown explosive weighting 5kg, placed in a plastic bag. According to this program, detonation of such device in the departure lounge causes above all building damage that will require evacuation of persons in the range above at least 21 meters. In case of explosion in the open-air area evacuation or concealment of persons out of the reach of shells of at least 516 meters is recommended.

Components of IEDs

The basic components of IED are

An initiation system, trigger mechanism

The initiation systems of IED are based on different mechanical systems, which react to tension, pressure, concussions, heat, radio signal, along with different variations of time-related mechanisms (alarm clock, kitchen timer, digital time system) and various types of industrial fuse and combinations of these systems are used. Factory-made or homemade systems that use the chemical reaction of diverse substances and mixtures corrupting the retention mechanism of the trigger belong to less usual. The initiation systems can be further divided according to time, sensibility to outer stimulation and possible combinations.

Container of IED

IED systems are transported or conserved mostly in various containers. In most cases they are pipes and tubes (using gunpowder and simple fuse they can become a lethal weapon, both explosion and shells), cases, plastic soapboxes, cigarette packets, cigar boxes, glass bottles, tins, cans, electric appliances (irons, toasters, radios), fruit baskets, containers with magnets for easy grip, parcels, playing cards, projectile and cartridge shells, bins (functioning as additional IED container), stone containers, flower vases etc.

Explosive fill

Explosive substances can exist as high explosives (military, commercial or homemade), explosives (standard or homemade), propellants (variations of gunpowder) or explosive gases (propan-butan, acetylene etc.) Most usually following kinds are used:

Nitrate-based Explosives

These are a mixture of ammonium nitrate and oil. Several other explosives are used in the initiation (TNT, RDX, HMX, TE, picrate, amatol, ammonal etc.)

Chlorate-based Explosives

These are a mixture of potassium chlorate and sugar mixed with aluminium in powder. Any standard electric fuse or ignition fuse should be sufficient for initiation.

Peroxide-based Explosives

This is an explosive called HMTD – Hexamethylene triperoxide diamine that can be made of easily accessible materials (hexamethylenetetramine – urotropine, hydrogen peroxide and citric acid).

Improvised ignition substances

We are dealing with petrol, kerosene, diluents, alcohol, carbon disulphide, thinner, varnishes, acetone, wax, potash, glycerin, cellophane, hypergolic mixtures, propane-butane, FAE system, swarfs etc. These materials can be stored in different plastic boxes, which might be equipped with magnets and ignited with incendiary composition or different initiation agents.

Hypergolic mixture

This mixture is made of substance that burns or detonates when put in contact with another substance therefore no fuse is needed. Rags soaked with the motor oil are subject to rapid ignition in the presence of sulphuric acid. This reaction is even faster when added potassium nitrate. It is possible to create a different mixture when dissolving ammonium nitrate in water, where torn pieces of newsprint are added. This pulp, when dried up, is highly reactive with sulphuric acid.

Fuel-air Explosive (FAE)

The principle of IED based on FAE consists in dispersal of appropriate liquid hydrocarbon into air, where heterogenous explosive mixture detonating in certain time period is formed. During the explosion oxygen is used for fuel oxidation and therefore the energy released in comparison to fuel weight is significantly higher than with any other standard explosives.

The advantage of FAE usage is its ability to penetrate the non-airtight objects, to take shape along the terrain contours and go well beyond the terrain obstructions. Particularly advantageous are the conditions formed in closed objects where it causes serious damages to supporting structures.

Types of IEDs

Following types of IED could be suitable for use at the airport:

Pipe bomb

This explosive device is widely used in many countries. Its main characteristics are: the good availability of components, easy preparation and considerable variability of use. This explosive device is mainly a steel or cast-iron pipe filled with explosive material, where one end of the pipe is sealed and the other one ends with a holed screw cap through which the explosive pulse is brought. Particularly important for explosive effect is the pipe size, quantity of explosive material, type of used explosive and pipe wall thickness. When using high explosives such as RDX, PETN or TNT along with suitable geometry, a large amount of shells is produced that have considerable energy and therefore destructive effect on the environment, in particular persons, vehicles, building equipment etc.

Nail bomb

The surface of the explosive charge is covered up to two layers of nails that are fastened with sello tape, adhesive or differently. The nails accelerated to a high speed act as grenade shrapnels with similar consequences. This type of IED is often used in suicide attacks, especially in places with a large number of people.

Shrapnel bomb with rectified effect

The shape of shrapnel bomb is similar to pipe bomb. The iron pipe is equipped with an ignition, propellant explosive (smokeless or black powder) and one end is covered with a layer of small stones or scrap-metal. This end is tightly sealed too. After initiation of propellant charge the expansive force shots up the pieces of scrap-metal in the direction of iron pipe orientation. The initiation is produced mechanically using booby-trap or remotely (electrically).

Letter bomb

Letter bomb is a type of IED placed in a mail, containing a miniaturized charge of explosive, weighting 2-50 grams. In these charges the explosives sensitive to initiation are used, especially NG, NC, and PETN. NC is used in paper-like form; PETN has a form of 50% paper impregnated with PETN. The initiation system is miniaturized and the trigger system is derived from the opening mechanism of an envelope.

Parcel bomb

The charges placed in the postal packets can have variable designs and are designed to kill or injure the recipient. Its initiation system often derives from the packet opening; however different initiation types are possible.

Large improvised explosive devices

Usually, the large explosive devices weigh from 5 to 1000 kilograms and are exclusively used in terrorist attacks. As a main explosive fill, simple mixtures of ammonium nitrate and oil (or furnace oil), or ammonium nitrate and sugar (or flour) are often used. The ratio of large explosive devices to the overall number of explosive devices is relatively small; nevertheless its social threat is enormous, considering its highly destructive effect and large number of casualties that are caused by explosion. Large explosion devices are therefore used to create an atmosphere of fear and an attitude of insecurity within the society and thus are very effective because its medial publicity is extraordinary.

Improvised explosive device placed on unmanned aircraft

Unmanned aircraft have become a common part of people's lives, they are acquired not only by private companies, but also by quite normal individuals, because the drones are financially more accessible and their acquisition has become an essentially anonymous issue. Authors of this article realize that the use of drones in the form of improvised Explosive device is a specific matter, precisely because of their unexpected possibility of their misuse.

When security forces detect drone near airport area, they may not realize that drone can carry an explosive and attack with its explosive effects an aircraft that, for example, rolls on a runway or takes off. This underestimation may result in a delay in their response and can lead to fatal consequences. Drones are ideal for their application in this case also in that they can develop a relatively high flight speed (over 50 km/h). Large airports are in most cases already equipped with defense systems against drones but not all of them, and the human factor as the only means of protection is totally inadequate.

Conventional, commercially available drones can have a carrying capacity of about 2 kg, more efficient, for example, over 7 kg. The following figure shows the detonation efficiency of 7.5 kg of TNT explosive, as taught by the TerEx computing program.

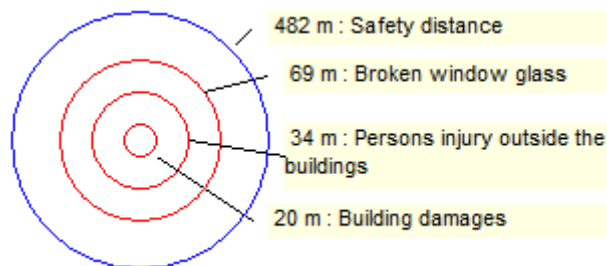


Figure 1 Consequences of explosion of 7.5 kg TNT

IED placement at airports

Above stated IED can be carried to airports together with passengers, personnel or through the supply or service companies. Multilevel security check at airports is carried out in order to locate these systems. Regarding the anonymity the perpetrators can leave the IED unattended in the areas with large numbers of people, particularly in public places of check-in terminals. These IED can be placed into ordinary-looking luggage that was left unattended in the terminals. These objects are so called suspected items.

A suspected item is an object with unknown purpose, location, origin, and owner or where the circumstances of its presence are obscure and its outer design and overall situation on a given place arouse well grounded suspicion that an IED is present. Either a police officer or pyrotechnic on spot decides the abusiveness of the item, following available information and instruction.

The suspected item check is an activity oriented towards IED identification or its components using technical devices or specially trained sniffer dogs.

IED deactivation is an activity leading towards system functional elements intrusion in order to disable the system in a way that any further threat to persons and property will not be possible. This follows when proper check and identification of system components is carried out.

Deactivation can be done by means of:

- Dismounting, when an IED is dismantled to single components without bringing the explosive or explosive substance to explosion itself.
- devitalization i.e. restricting the activity of IED initiation elements
- destruction which is carried out with destruction devices or controlled explosion

Conclusion

IEDs are at present one of the most significant ways of performing criminal or terrorist act in order to achieve various aims. One of the targets of such attack is the field of air transport, while the instrument of terrorist attack is in most cases carried through the airport i.e. its area and facilities. The target destination is usually an aircraft or some airport area that is considered suitable in relationship to the required effects of the attack.

Terrorist use of IED represents higher risk and threat compared to criminal attacks as regards the attacks on airports, because when using explosive devices, main objective is to achieve a maximum damaging effect to persons and property.

Acknowledgement

This paper was elaborated within the framework of the project solved in the Security Investigation Program of MVČR - BV III / 1-VS, under the name "Special charges for increasing the efficiency of interventions of HZS units", under the number VI 20172019081

References

- [1] Hrazdírka I., Kollár M.: Základy policejní pyrotechnické činnosti. Policejní akademie České republiky, Praha 2001, ISBN 80-7251-069-X
- [2] Janíček M., Vrzal P.: Pyrotechnik v boji proti terorismu. D-Consult, s. r. o., Praha 2001, ISBN 80-86215-17-2
- [3] Brebera S.: Speciální technika I a II díl. FMVS Praha a GŘt ZVS Brno, Praha 1975
- [4] Drechsler B.: Prostředky trhačí techniky. Montanex s. r. o. Ostrava, Ostrava 1991, ISBN 80-85300-53-2
- [5] ICAO, Manuál letištních služeb (Doc 9137-AN/898), část 1, Záchraně a požární práce
- [6] Kazda A., Letiská design a prevádzka. 1.vydání. VŠDS Žilina, 1995
- [7] Drones: a history of flying robots. Nesta [online]. [cited 2016-05-23]. Available from: <http://www.nesta.org.uk/drones-history-flying-robots>
- [8] Abott Chris, Matthew Clarke, Steve Hathorn, Scott Hickie, Hostile drones: The hostile use of drones by non-state actors against british targets [online]. London: Remote Control project, 2016, (January), 21 [cit. 2016-05-23]. Available from: <http://remotecontrolproject.org/press-release-civilian-drones-at-risk-of-being-used-by-terrorist-and-other-hostile-groups-stricter-regulation-and-countermeasures-needed-new-report-finds/>
- [9] Ščurek R., The Improvised Explosive Device threat to air transport. Academic journal Mechanics, Transport, Communications, Tododr Kableshkov Higher School in Sofia, Gabrovo Technical University and the Lyuben Karavelov Higher School of Construction in Sofia, Bulgaria, 2008.
- [10] Hütter Marek, Radomír Ščurek, Radim Paloch, Possibilities of misuse of UAVs by terrorist groups, In: IV Międzynarodowa Konferencja "Inżynieria Bezpieczeństwa a Zagrożenia Cywilizacyjne, Zagrożenia CBRNE". Czestochowa, 2016, s. 41–43.



Marcin Krause

Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa

Politechnika Śląska

ul. Akademicka 2, 44–100 Gliwice

e-mail: marcin.krause@polsl.pl

ANALIZA WYMAGAŃ PRAWNYCH DOTYCZĄCYCH BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY W RATOWNICTWIE GÓRNICZYM

Streszczenie. Ratownictwo górnicze tworzą służby ratownictwa górniczego, przedsiębiorcy i podmioty zawodowo trudniące się ratownictwem górniczym, a jego podstawowe zadania obejmują w szczególności wykonywanie prac profilaktycznych oraz niezwłoczne niesienie pomocy w przypadku zagrożenia życia lub zdrowia osób przebywających w zakładzie górniczym. Podstawy prawne w zakresie organizacji ratownictwa górniczego stanowią przepisy branżowe wynikające z ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz aktów wykonawczych, np. szczegółowe wymagania dotyczące ratownictwa górniczego, zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych, prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych.

Słowa kluczowe: górnictwo, ratownictwo górnicze, bezpieczeństwo i higiena pracy.

THE ANALYSIS OF LEGAL REQUIREMENTS CONCERNING OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH IN MINING RESCUE

Abstract. Mining rescue consists of company services of mining rescue and entities professionally engaged in mining rescue, and his basic tasks include in particular performing preventive operations and immediate help in the event of danger to life or health of persons staying in mines. Law basics for organization of mining rescue are industry-specific regulations resulting from the Act on Geological and Mining Law and executive acts, e.g. detailed requirements for mining rescue, natural hazards in mines, driving underground mines.

Keywords: mining, mining rescue, occupational safety and health.

Wprowadzenie

Służby ratownicze tworzące system bezpieczeństwa państwa oparte są m.in. na:

- pełnieniu służby przez funkcjonariuszy lub żołnierzy zawodowych, zgodnie z przepisami bezpieczeństwa i higieny służby, np. policjant czy strażak PSP;
- świadczeniu pracy przez pracowników lub pracujących, zgodnie z przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy, np. strażnik straży gminnej czy pracownik ochrony;
- świadczeniu wolontariatu przez ochotników (wolontariuszy), np. strażak ochotnik OSP, ratownik wodny WOPR lub MOPR, ratownik górski GOPR lub TOPR.

Ratownictwo górnicze opiera się na świadczeniu pracy przez ratowników zawodowych i górników ratowników, a podstawy prawne w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy w ratownictwie górniczym można podzielić m.in. na dwie podstawowe grupy:

- wymagania ogólne oparte na przepisach ustawy Kodeks pracy [26] (dział X) oraz aktów wykonawczych, np. ogólne przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy [5];
- wymagania branżowe oparte na przepisach ustawy Prawo geologiczne i górnicze [30] (dział VI) oraz aktów wykonawczych, np. przepisy w sprawie ratownictwa górniczego [1], przepisy w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych [10], przepisy w sprawie prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych [2].

Zgodnie z wymaganiami art. 210 ustawy [26] pracownik ma prawo w sytuacji zagrożenia dla życia lub zdrowia powstrzymać się od wykonywania pracy i oddalić się z miejsca zagrożenia oraz powstrzymać się od wykonywania pracy wymagającej szczególnej sprawności psychofizycznej:

- § 1. W razie gdy warunki pracy nie odpowiadają przepisom bezpieczeństwa i higieny pracy i stwarzają bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia lub życia pracownika albo gdy wykonywana przez niego praca grozi takim niebezpieczeństwem innym osobom, pracownik ma prawo powstrzymać się od wykonywania pracy, zawiadamiając o tym niezwłocznie przełożonego.
- § 2. Jeżeli powstrzymanie się od wykonywania pracy nie usuwa zagrożenia, o którym mowa w § 1, pracownik ma prawo oddalić się z miejsca zagrożenia, zawiadamiając o tym niezwłocznie przełożonego.
- § 4. Pracownik ma prawo, po uprzednim zawiadomieniu przełożonego, powstrzymać się od wykonywania pracy wymagającej szczególnej sprawności psychofizycznej w przypadku, gdy jego stan psychofizyczny nie za-

pewnia bezpiecznego wykonywania pracy i stwarza zagrożenie dla innych osób.

- § 5. Przepisy § 1, 2 i 4 nie dotyczą pracownika, którego obowiązkiem pracowniczym jest ratowanie życia ludzkiego lub mienia.

Podstawowym zadaniem służb ratownictwa górniczego jest niezwłoczne niesienie pomocy w przypadku zagrożenia życia lub zdrowia osób przebywających w zakładzie górniczym. Praca w ratownictwie górniczym podczas akcji ratowniczej rozpoczyna się w sytuacji, gdy pracownicy zatrudnieni w zakładzie górniczym powstrzymują się od wykonywania pracy.

W ratownictwie górniczym osobami, które są narażone na największy poziom ryzyka zawodowego są ratownicy górniczy, czyli górnicy zatrudnieni w ruchu zakładu górniczego, świadczący pracę w służbie ratownictwa górniczego przedsiębiorcy oraz zawodowi ratownicy górniczy, zatrudnieni w podmiocie zawodowo trudniącym się ratownictwem górniczym.

Podstawy prawne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy

Podstawy prawne w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy stanowią przepisy działu X ustawy Kodeks pracy [26], które obejmują m.in.:

- art. 207, 207¹ i 208: obowiązki pracodawcy w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy;
- art. 209¹: obowiązki pracodawcy w zakresie udzielania pierwszej pomocy w nagłych wypadkach, zwalczania pożarów i ewakuacji pracowników;
- art. 209²–209³: obowiązki pracodawcy w przypadku możliwości wystąpienia bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia lub życia pracowników;
- art. 211: obowiązki pracownika w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy
- art. 212: obowiązki osoby kierującej pracownikami w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy;
- art. 213–219: obiekty budowlane, pomieszczenia pracy, maszyny i inne urządzenia techniczne;
- art. 220–225: czynniki oraz procesy pracy stwarzające szczególne zagrożenie dla zdrowia lub życia;
- art. 226: ocena i dokumentowanie ryzyka zawodowego oraz informowanie pracowników o ryzyku zawodowym;
- art. 229: profilaktyczne badania lekarskie;
- art. 231: niezdolność do wykonywania dotychczasowej pracy;
- art. 232: profilaktyczne posiłki i napoje;
- art. 233: urządzenia higieniczno-sanitarne oraz środki higieny osobistej;
- art. 234: postępowanie dotyczące wypadków przy pracy;

- art. 227, 230 i 235: postępowanie dotyczące chorób zawodowych;
- art. 236: systematyczna analiza przyczyn wypadków przy pracy i chorób zawodowych;
- art. 237³–237⁴: szkolenie w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy;
- art. 237⁶–237¹⁰: środki ochrony indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze;
- art. 237¹¹: organizacja służby bezpieczeństwa i higieny pracy;
- art. 237^{11a}–237^{13a}: konsultacje z pracownikami działań związanych z bezpieczeństwem i higieną pracy oraz organizacja komisji bezpieczeństwa i higieny pracy.

Podstawowe ustawy i rozporządzenia oraz akty wykonawcze wydane na podstawie przepisów działu X Kodeksu pracy [26] to m.in.:

- ustawa o związkach zawodowych [24];
- ustawa o służbie medycyny pracy [27];
- ustawa o substancjach chemicznych i ich mieszaninach [25];
- rozporządzenie w sprawie służby bezpieczeństwa i higieny pracy [19];
- rozporządzenie w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy [17];
- rozporządzenie w sprawie chorób zawodowych [23];
- rozporządzenie w sprawie profilaktycznych badań lekarskich pracowników [12];
- rozporządzenie w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy [3];
- rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [5];
- rozporządzenie w sprawie rodzajów prac wymagających szczególnej sprawności psychofizycznej [6];
- rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z użytkowaniem maszyn [4];
- rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym [7];
- rozporządzenie w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów [22];
- rozporządzenie w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [13];
- rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [8];
- rozporządzenie w sprawie czynników oraz procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy [15];

- rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z czynnikami biologicznymi [14];
- rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z czynnikami chemicznymi [21].

Podstawy prawne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie

Podstawy prawne w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie stanowią przepisy ustawy Prawo geologiczne i górnicze [30] oraz akty wykonawcze, które dotyczą m.in. prowadzenia ruchu zakładów górniczych, planów ruchu zakładów górniczych, zagrożeń naturalnych, kwalifikacji zawodowych, ratownictwa górniczego, np.:

- rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych [2];
- rozporządzenie w sprawie planów ruchu zakładów górniczych [11];
- rozporządzenie w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych [10];
- rozporządzenie w sprawie kwalifikacji w zakresie górnictwa i ratownictwa górniczego [9];
- rozporządzenie w sprawie ratownictwa górniczego [1].

Według wymagań ustawy [30]:

- Art. 108. 2. Plan ruchu zakładu górniczego określa m.in.: strukturę organizacyjną zakładu górniczego; granice zakładu górniczego; szczegółowe przedsięwzięcia niezbędne w celu zapewnienia: wykonywania działalności objętej koncesją, bezpieczeństwa powszechnego, bezpieczeństwa pożarowego, bezpieczeństwa osób przebywających w zakładzie górniczym, w szczególności dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy, racjonalnej gospodarki złożem, ochrony elementów środowiska, ochrony obiektów budowlanych, zapobiegania szkodom i ich naprawy.
- Art. 117. Przedsiębiorca jest obowiązany m.in.: rozpoznawać zagrożenia związane z ruchem zakładu górniczego i podejmować środki zmierzające do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń; posiadać odpowiednie środki materialne i techniczne oraz służby ruchu zapewniające bezpieczeństwo pracowników i ruchu zakładu górniczego; prowadzić ewidencję osób przebywających w zakładzie górniczym, przez wskazanie imienia i nazwiska oraz stanowiska służbowego; oceniać i dokumentować ryzyko zawodowe oraz stosować niezbędne rozwiązania zmniejszające to ryzyko, w tym przez sporządzenie dokumentu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia; posiadać i odpowiednio przechowywać dokumentację prowadzenia ruchu

zakładu górniczego; posiadać dowód sprawdzenia rozwiązań technicznych przez rzeczoznawcę do spraw ruchu zakładu górniczego.

- Art. 164. 1. Organami nadzoru górniczego są Prezes Wyższego Urzędu Górniczego oraz dyrektorzy okręgowych urzędów górniczych i Specjalistycznego Urzędu Górniczego.
- Art. 168. 1. Organy nadzoru górniczego sprawują nadzór i kontrolę nad ruchem zakładów górniczych, w szczególności w zakresie: bezpieczeństwa i higieny pracy; bezpieczeństwa pożarowego; ratownictwa górniczego; gospodarki złożami kopalin w procesie ich wydobywania; ochrony środowiska i gospodarki złożem; zapobiegania szkodom; budowy i likwidacji zakładu górniczego.

Rozporządzenie [2] obejmuje m.in. następujące działy i rozdziały oraz załączniki:

- dział I (§ 1 – 3): przepisy ogólne;
 - dział II (§ 4 – 141): bezpieczeństwo i higiena pracy oraz bezpieczeństwo pożarowe, w tym: wymagania ogólne (rozdział 1);
 - dział III (§ 142 – 217): przewietrzanie, w tym: wymagania ogólne obejmujące skład atmosfery kopalnianej i gazy szkodliwe dla zdrowia (rozdział 1);
 - dział IV (§ 218 – 239): warunki pracy i ochrona zdrowia, w tym: wymagania ogólne obejmujące czynniki szkodliwe dla zdrowia (rozdział 1), pyły szkodliwe dla zdrowia (rozdział 2);
 - dział V (§ 240 – 507): zagrożenia występujące w ruchu zakładu górniczego, w tym: wymagania ogólne (rozdział 1), zagrożenie tąpniętami (rozdział 2), zagrożenie metanowe (rozdział 3), zagrożenie wyrzutami gazów i skał (rozdział 4), zagrożenie wybuchem pyłu węglowego (rozdział 5), zagrożenie klimatyczne (rozdział 6), zagrożenie wodne (rozdział 7), zagrożenie radiacyjne naturalnymi substancjami promieniotwórczymi (rozdział 8), zagrożenie pożarowe (rozdział 9);
 - dział VI (§ 508 – 790): maszyny, urządzenia i instalacje oraz obiekty budowlane zakładu górniczego, w tym: źródła promieniowania jonizującego (rozdział 8);
 - dział VII (§ 791 – 799): gospodarka złożami kopalin w procesie ich wydobywania, geologia i miernictwo górnicze;
 - dział VIII (§ 800 – 804): ochrona środowiska;
 - dział IX (§ 805 – 811): przepisy przejściowe i końcowe;
 - załączniki nr 1–4: rodzaje, zakres i wzory dokumentacji prowadzenia ruchu zakładu górniczego; dokument bezpieczeństwa; zwalczanie zagrożeń; instalowanie, eksploatacja oraz kontrola maszyn, urządzeń i instalacji.
- Zgodnie z przepisami rozporządzenia [2]:

- § 5. 1. Analizy i badania niezbędne dla bezpiecznego prowadzenia ruchu zakładu górniczego, w tym dla oceniania i dokumentowania ryzyka zawodowego oraz stosowania niezbędnych rozwiązań zmniejszających to ryzyko, są przeprowadzane przez przedsiębiorcę.
- § 5. 2. Sposób zwalczania zagrożeń występujących w ruchu zakładu górniczego określa załącznik nr 3 do rozporządzenia [2] (w tym: tąpniętami, metanowe, wyrzutami gazów i skał, klimatyczne, radiacyjne naturalnymi substancjami promieniotwórczymi, pożarowe).
- § 6. 1. Przed rozpoczęciem prac przedsiębiorca sporządza dla zakładu górniczego dokument bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników, zwany dalej dokumentem bezpieczeństwa.
- § 6. 2. Zakres dokumentu bezpieczeństwa określa załącznik nr 2 do rozporządzenia [2].
- § 6. 3. Dokument bezpieczeństwa jest: dostępny w zakładzie górniczym; aktualizowany każdorazowo w przypadku zmiany, rozbudowy lub przebudowy miejsca lub stanowiska pracy, powodującej zmianę warunków pracy
- § 6. 4. Kierownik ruchu zakładu górniczego zapoznaje pracowników zakładu górniczego oraz pracowników podmiotów, o których mowa w art. 121. 1 ustawy [30], z dokumentem bezpieczeństwa lub jego częścią właściwą dla danej grupy pracowników, w szczególności z oceną ryzyka zawodowego oraz stosowania niezbędnych rozwiązań zmniejszających to ryzyko.
- § 6. 5. Zapoznanie się z dokumentem bezpieczeństwa lub jego częścią pracownik potwierdza na piśmie.
- § 218. 1. W zakładzie górniczym przeprowadza się badania i dokonuje się pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy i promieniowania jonizującego – w trybie określonym przepisami wydanymi na podstawie art. 228 § 3 ustawy Kodeks pracy [26] (rozporządzenia [8, 13]) oraz na podstawie art. 25 pkt 1 ustawy Prawo atomowe [28] (rozporządzenia [18, 20, 21]), z wyłączeniem pyłów, zagrożeń klimatycznych i czynników szkodliwych określonych w § 142. 2 (dwutlenek węgla, tlenek węgla, tlenek azotu, dwutlenek siarki, siarkowodór), dla których dokonuje się badań zgodnie z przepisami rozporządzenia [2].
- § 218. 3. Pracownikom zapewnia się informacje o warunkach pracy i wynikach oceny ryzyka zawodowego, a w szczególności dotyczące: wartości stężeń lub natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, zagrożeń stwarzanych przez te czynniki w miejscu pracy oraz potencjalnych skutków dla zdrowia lub bezpieczeństwa pracowników; podjętych działań i stosowanych środków zabezpieczających i ochronnych niezbędnych do wyeliminowania lub ograniczenia ryzyka zawodowego

oraz okoliczności, w których takie środki należy stosować; bezpiecznych metod wykonywania pracy, ograniczających narażenie do możliwie najniższego poziomu; prawidłowego stosowania odpowiednio dobranych środków ochrony indywidualnej.

- § 240. Zagrożenia występujące w ruchu zakładu górniczego rozpoznaje się i zwalcza. Przy rozpoznawaniu i zwalczaniu zagrożeń uwzględnia się opinię zespołów do rozpoznawania i zwalczania zagrożeń występujących w ruchu zakładu górniczego.
- § 242. Osoby wykonujące pracę w ruchu zakładu górniczego zapoznaje się z: aktualnym stanem zagrożeń występujących w miejscach ich pracy; zasadami rozpoznawania objawów zagrożeń; sposobem postępowania w przypadku powstania określonych zagrożeń.

Podstawy prawne dotyczące organizacji systemu ratownictwa górniczego

Podstawy prawne w zakresie organizacji systemu ratownictwa górniczego stanowią przepisy art. 122–124 ustawy [30] (dział VI – Zakład górniczy, jego ruch oraz ratownictwo górnicze, rozdział 3 – Ratownictwo górnicze) i rozporządzenia [1], a także inne akty wykonawcze do ustawy [30], np. rozporządzenia [2, 9, 10, 11].

Według wymagań ustawy [30]:

- Art. 122. 1. Ratownictwo górnicze tworzą służby ratownictwa górniczego przedsiębiorcy oraz podmioty zawodowo trudniące się ratownictwem górniczym.
- Art. 122. 2. Do zadań służb i pomiotów, o których mowa w art. 122. 1 należy: niezwłoczne niesienie pomocy w przypadku zagrożenia życia lub zdrowia osób przebywających w zakładzie górniczym, bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego lub bezpieczeństwa powszechnego; wykonywanie prac profilaktycznych – prace te mają na celu zapobieganie bezpośredniemu zagrożeniu bezpieczeństwa osób lub ruchu zakładu górniczego w przypadkach określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 124.
- Art. 122. 3. Kierownik ruchu zakładu górniczego odpowiada za stan ratownictwa górniczego w zakładzie górniczym, a kierownik podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górniczym – za stan ratownictwa górniczego w tym podmiocie.
- Art. 122. 4. W zakładzie górniczym i w podmiocie zawodowo trudniącym się ratownictwem górniczym prowadzi się dokumentację w zakresie ratownictwa górniczego.

- Art. 122. 5. W ratownictwie górniczym przeprowadza się specjalistyczne badania lekarskie, specjalistyczne badania psychologiczne oraz specjalistyczne szkolenia. Badania i szkolenia organizuje i przeprowadza podmiot zawodowo trudniący się ratownictwem górniczym lub przedsiębiorca spełniający wymagania przewidziane dla podmiotów zawodowo trudniących się ratownictwem górniczym. W przypadkach określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 124, pkt 2 szkolenia może organizować i przeprowadzać przedsiębiorca.
- Art. 122. 6. Przedsiębiorca jest obowiązany: posiadać własne służby ratownictwa górniczego albo powierzyć realizację tego obowiązku w całości lub w części podmiotom zawodowo trudniącym się ratownictwem górniczym; posiadać plan ratownictwa górniczego; zapewnić stałą możliwość udziału w akcji ratowniczej zawodowych specjalistycznych służb podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górniczym, w sposób określony w umowie, o której mowa w Art. 122. 15.
- Art. 122. 7. Podmiot zawodowo trudniący się ratownictwem górniczym jest obowiązany na wezwanie przedsiębiorcy lub kierownika ruchu zakładu górniczego zapewnić stałe uczestnictwo w akcji ratowniczej zawodowych specjalistycznych służb, w sposób określony w umowie, o której mowa w ust. Art. 122. 15.
- Art. 122. 8. Przedsiębiorca posiadający wyłącznie własne służby ratownictwa górniczego jest obowiązany spełniać wymagania przewidziane dla podmiotów zawodowo trudniących się ratownictwem górniczym.
- Art. 122. 9. Podmiot zawodowo trudniący się ratownictwem górniczym jest obowiązany spełniać wymagania przewidziane dla tych podmiotów.
- Art. 122. 10. Plan ratownictwa górniczego sporządza się dla każdego zakładu górniczego.
- Art. 122. 11. Plan ratownictwa górniczego określa sposób wykonania obowiązków w zakresie ratownictwa górniczego, w szczególności: organizację służb ratownictwa górniczego i służb pogotowia w zakładzie górniczym; możliwość stałego udziału w akcji ratowniczej zawodowych specjalistycznych służb podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górniczym – w przypadku zawarcia umowy, o której mowa w art. 122. 15; niezbędne wyposażenie w sprzęt ratowniczy; sposób prowadzenia akcji ratowniczej.
- Art. 122. 12. Plan ratownictwa górniczego oraz zmiany w tym planie zatwierdza kierownik ruchu zakładu górniczego. Plan ten na bieżąco aktualizuje się w zakresie ustalonym przez kierownika ruchu zakładu górniczego.
- Art. 122. 13. W zakładzie górniczym organizuje się drużynę ratowniczą oraz odpowiednio wyposażoną kopalnianą stację ratownictwa górniczego. W zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiert-

niczymi obowiązek posiadania kopalnianej stacji ratownictwa górniczego może zostać spełniony przez utrzymywanie zakładowej stacji ratownictwa górniczego.

- Art. 122. 14. W skład zawodowych specjalistycznych służb podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górniczym wchodzi dyżurujące zawodowe zastępy ratownicze, zawodowe pogotowia specjalistyczne i dyżurujące zastępy dla grup zakładów górniczych.
 - Art. 122. 15. Powierzenie przez przedsiębiorcę podmiotowi zawodowo trudniącemu się ratownictwem górniczym realizacji w całości lub części obowiązku posiadania własnych służb ratownictwa górniczego następuje na podstawie umowy, za uprzednią zgodą właściwego organu nadzoru górniczego, wyrażoną, w drodze decyzji, w przypadku spełniania przez ten podmiot wymagań przewidzianych w przepisach wydanych na podstawie art. 124.
 - Art. 122. 16. Jeżeli przedsiębiorca lub podmiot nie spełnia wymagań przewidzianych w zakresie ratownictwa górniczego, właściwy organ nadzoru górniczego może nakazać, w drodze decyzji, przedsiębiorcy albo podmiotowi zawodowo trudniącemu się ratownictwem górniczym: dokonanie koniecznych zmian w organizacji ratownictwa górniczego; uzupełnienie lub zmianę wyposażenia ratownictwa górniczego.
 - Art. 122. 17. Jeżeli występujące w zakładzie górniczym zagrożenia naturalne i ich natężenie nie wymagają spełnienia przez przedsiębiorcę obowiązku, o którym mowa w Art. 122. 6, pkt 1, i jeżeli nie spowoduje to pogorszenia stanu bezpieczeństwa w zakładzie górniczym, właściwy organ nadzoru górniczego może, w drodze decyzji, zwolnić przedsiębiorcę z tego obowiązku, w całości lub w części. Przedsiębiorca, który uzyskał zwolnienie, jest obowiązany zabezpieczyć możliwość prowadzenia akcji ratowniczej przez podmioty trudniące się zawodowo ratownictwem górniczym, w sposób określony w planie ratownictwa górniczego oraz umowie zawartej z tym podmiotem.
 - Art. 122. 18. W przypadku istotnej zmiany okoliczności, stanowiących podstawę wydania decyzji, o której mowa w art. 122. 16, właściwy organ nadzoru górniczego niezwłocznie uchyla tę decyzję.
 - Art. 122. 19. Przepisów art. 122. 1–18 nie stosuje się do przedsiębiorców wydobywających kopaliny metodą odkrywkową. Są oni obowiązani zabezpieczyć możliwość prowadzenia akcji ratowniczej przez inne jednostki ratownicze.
- Rozporządzenie [1] obejmuje m.in. następujące rozdziały i załączniki:
- rozdział 1 (§ 1–4): przepisy ogólne;

- rozdział 2 (§ 5–50): organizacja, szczegółowe zadania i wymagania dla służb ratownictwa górniczego przedsiębiorcy oraz podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górniczym;
- rozdział 3 (§ 51–64) i załącznik nr 1: szczegółowe wymagania dotyczące specjalistycznych badań lekarskich, specjalistycznych badań psychologicznych oraz specjalistycznych szkoleń w zakresie ratownictwa górniczego, w tym przypadki, w których te szkolenia są przeprowadzane przez przedsiębiorcę;
- rozdział 4 (§ 65–67) i załącznik nr 2: szczegółowe wymagania dotyczące dokumentacji w zakresie ratownictwa górniczego oraz planu ratownictwa górniczego;
- rozdział 5 (§ 68–70): sposoby współpracy przedsiębiorcy oraz podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górniczym;
- rozdział 6 (§ 71–112) i załączniki nr 3–4: przypadki, w których wykonuje się prace profilaktyczne oraz sposób prowadzenia akcji ratowniczych w zależności od rodzaju i natężeń zagrożeń występujących w zakładzie górniczym;
- rozdział 7 (§ 113–114): przepisy przejściowe i przepis końcowy.
Zgodnie z przepisami rozporządzenia [1]:
- § 3. 1. Jednostka ratownictwa – podmiot zawodowo trudniący się ratownictwem górniczym, posiadający osobowość prawną oraz siedzibę na terytorium RP albo służby ratownictwa górniczego przedsiębiorcy, wyodrębnione w strukturach przedsiębiorcy dla jego własnych potrzeb, spełniające wymagania niezbędne do wykonywania czynności w zakresie ratownictwa górniczego, w szczególności dysponujące zastępami ratowniczymi i pogotowiami specjalistycznymi oraz sprzętem niezbędnym do wykonywania zadań.
- § 3. 5. Dyżurujący zastęp ratowniczy – wyznaczony przez kierownika kopalnianej stacji ratownictwa górniczego lub kierownika jednostki ratownictwa zastęp ratowniczy, wyposażony w sprzęt umożliwiający natychmiastowy udział w akcji ratowniczej.
- § 14. 1. Ratownikiem górniczym może być osoba, która: ma odpowiedni stan zdrowia oraz predyspozycje psychologiczne potwierdzone specjalistycznymi badaniami lekarskimi i psychologicznymi, zorganizowanymi i przeprowadzonymi przez podmiot zawodowo trudniący się ratownictwem górniczym lub przez przedsiębiorcę spełniającego wymagania dla podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górniczym; ukończyła kurs dla kandydatów na ratowników górniczych i zdała egzamin; włada językiem polskim w mowie i w piśmie w stopniu niezbędnym do wykonywania czynności ratownika górniczego.

- § 14. 2. Ratownik górniczy: uczestniczy w pogotowiu ratowniczym, bierze udział w ćwiczeniach, pracach profilaktycznych i akcjach ratowniczych; w przypadku wezwania niezwłocznie zgłasza się do kopalnianej stacji ratownictwa górniczego lub wyznaczonego miejsca w sposób określony w planie ratownictwa; poddaje się, nie rzadziej niż co 12 miesięcy, okresowym specjalistycznym badaniom lekarskim; uczestniczy co 5 lat w kursie okresowym dla ratowników górniczych.
- § 57. 1. Warunkiem uczestnictwa w kursie dla kandydatów na ratowników górniczych jest ukończenie 23 roku życia i przepracowanie co najmniej 24 miesięcy w ruchu zakładu górniczego lub jednostce ratownictwa.
- § 5. 1. Jednostką organizacyjną służby ratownictwa górniczego przedsiębiorcy jest drużyna ratownicza.
- § 5. 2. W skład drużyny ratowniczej wchodzi: kierownik kopalnianej stacji ratownictwa górniczego, zastępcy kierownika kopalnianej stacji ratownictwa górniczego, ratownicy górniczy, mechanicy sprzętu ratowniczego.
- § 5. 3. Przynależność do ratownictwa górniczego jest dobrowolna.
- § 6. 1. Kierownik ruchu zakładu górniczego ustala liczbę osób wchodzących w skład drużyny ratowniczej i jej skład, uwzględniając zagrożenia występujące w zakładzie górniczym.
- § 6. 2. W przypadkach uzasadnionych potrzebą zapewnienia bezpieczeństwa pracy w drużynie ratowniczej utrzymuje się specjalistyczne zastępy ratownicze do wykonywania czynności wymagających szczególnych umiejętności w trakcie akcji ratowniczej i prac profilaktycznych.
- § 7. 1. Liczba ratowników górniczych w drużynie ratowniczej podziemnego zakładu górniczego jest uzależniona od liczby osób przebywających w ciągu doby pod ziemią i wynosi nie mniej niż: 15 ratowników górniczych – w przypadku zatrudnienia nie więcej niż 500 pracowników; 50 ratowników górniczych – w przypadku zatrudnienia co najmniej 501 pracowników i nie więcej niż 2000 pracowników; 80 ratowników górniczych – w przypadku zatrudnienia co najmniej 2001 pracowników.
- § 7. 2. W zakładzie górniczym prowadzącym więcej niż jeden ruch zakładu górniczego liczba ratowników górniczych w każdym z tych ruchów musi spełniać wymagania określone w § 7. 1.
- § 13. 1. Ratownicy górniczy w czasie akcji ratowniczej, wykonywania prac profilaktycznych oraz ćwiczeń przydzielani są przez kierownika kopalnianej stacji ratownictwa górniczego do zastępów ratowniczych.
- § 13. 2. W skład zastępu ratowniczego wchodzi: zastępowy; 4 ratowników górniczych, z których jeden wyznaczony przez zastępowego pełni dodatkowo funkcję zastępcy zastępowego; w podziemnych zakładach górniczych – co najmniej jeden ratownik górniczy mający uprawnienia ratownika, o którym mowa w ustawie [29].

- § 13. 3. Dokonywanie podziału zastępu ratowniczego biorącego udział w akcji ratowniczej jest niedozwolone
- § 18. 1. Do prowadzenia akcji ratowniczych i wykonywania prac profilaktycznych w podziemnym zakładzie górniczym wymagających zastosowania specjalnych technik, w szczególności alpinistycznych lub nurkowych, przedsiębiorca, w zależności od rodzaju zagrożeń występujących w zakładzie górniczym, w porozumieniu z jednostką ratownictwa górniczego powołuje specjalistyczną służbę ratowniczą.
- § 38. 1. W jednostce ratownictwa zawodowymi ratownikami górniczymi tworzącymi drużynę ratowniczą są ratownicy górniczy wchodzący w skład zawodowego zastępu ratowniczego, ratownicy górniczy i pracownicy jednostki ratownictwa wchodzący w skład zawodowego pogotowia specjalistycznego.
- § 41. 1. Dyżurujące zawodowe zastępy ratownicze, zawodowe pogotowia specjalistyczne i zastępy ratownicze dla grup zakładów górniczych utrzymuje się w stałej gotowości, umożliwiającej niezwłoczny wyjazd na wezwanie zakładu górniczego, w którym wystąpiło zagrożenie.
- § 43. 1. Jednostka ratownictwa dla podziemnych zakładów górniczych utrzymuje w ciągłej gotowości co najmniej 2 dyżurujące zawodowe zastępy ratownicze oraz dyżurujące zastępy ratownicze dla grup podziemnych zakładów górniczych.
- § 43. 2. W skład dyżurujących zawodowych zastępów ratowniczych, na każdej zmianie roboczej, wchodzi: kierownik dyżurujących zawodowych zastępów ratowniczych; 2 zastępowych; 8 ratowników górniczych; mechanik sprzętu ratowniczego.
- § 43. 3. Jednostka ratownictwa do zabezpieczenia grup zakładów górniczych wykorzystuje dyżurujące zastępy ratownicze okresowo oddelegowane z zakładów górniczych do dyspozycji jednostki ratownictwa. W skład dyżurujących zastępów ratowniczych dla grup podziemnych zakładów górniczych wchodzi: kierownik dyżurujących zastępów ratowniczych dla grup podziemnych zakładów górniczych; 2 zastępowych; 9 ratowników górniczych; mechanik sprzętu ratowniczego; specjalista jednostki ratownictwa posiadający kwalifikacje do prowadzenia prac ratowniczych.
- § 45. 1. Do wykonania prac ratowniczych w podziemnych zakładach górniczych, wymagających zastosowania specjalnych technik ratowniczych, utrzymuje się w jednostce ratownictwa zawodowe pogotowie specjalistyczne, w szczególności: pomiarowe, do inertyzacji powietrza kopalnianego, przeciwpożarowe, górniczo-techniczne, wodne, przewoźnych wyciągów ratowniczych.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie analizy wymagań prawnych sformułowano następujące konkluzje:

- Analizę wymagań prawnych dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w ratownictwie górniczym podzielono umownie na trzy rozdziały merytoryczne: podstawy prawne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy, podstawy prawne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie, podstawy prawne dotyczące organizacji systemu ratownictwa górniczego.
- Ratownictwo górnicze stanowi integralną część organizacji bezpieczeństwa wewnętrznego państwa w zakresie udzielania pomocy w sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa osób lub ruchu zakładu górniczego, a także jest jednym z elementów systemu ratownictwa technicznego i przemysłowego, który funkcjonuje w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym.
- Zadaniem ratownictwa górniczego są niesienie pomocy poszkodowanym i wykonywanie prac profilaktycznych w przypadku zagrożenia bezpieczeństwa osób lub ruchu zakładu górniczego, a obowiązki ratownika górniczego dotyczą udziału w akcjach ratowniczych, pracach profilaktycznych, ćwiczeniach ratowniczych, dyżurach, kursach i szkoleniach.
- Podmiotami ratownictwa górniczego są służby ratownictwa górniczego przedsiębiorcy i podmioty zawodowo trudniące się ratownictwem górniczym, w tym jednostki ratownictwa, a jednostkami organizacyjnymi drużyny ratowniczej są zastępy ratownicze i pogotowia specjalistyczne, w tym dyżurujące zastępy ratownicze, zawodowe pogotowia specjalistyczne i dyżurujące zastępy ratownicze dla grup zakładów górniczych.
- Struktura zatrudnienia w drużynie ratowniczej określa liczbę osób i jej skład zależnie od: liczby osób przebywających w ciągu doby pod ziemią, rodzaju zagrożeń górniczych, w tym rodzaju zagrożeń naturalnych (tąpnięciami, metanowe, wyrzutami gazów i skał, wybuchem pyłu węglowego, klimatyczne, wodne, substancjami promieniotwórczymi), rodzaju pogotowia specjalistycznych (pomiarowe, do inertyzacji powietrza kopalnianego, przeciwpożarowe, górniczo-techniczne, wodne, przewoźnych wyciągów ratowniczych).
- Przynależność do służby ratownictwa górniczego jest dobrowolna, ratownicy górniczy są przydzielani do zastępów ratowniczych podczas akcji ratowniczej, prac profilaktycznych i ćwiczeń ratowniczych, natomiast podział zastępu ratowniczego podczas akcji ratowniczej jest niedozwolony. Ratownik górniczy wykonuje prace profilaktyczne oraz uczestniczy w akcjach ratowniczych, ćwiczeniach ratowniczych i pogotowiu specjalistycznym, których celem są m.in. rozpoznawanie, zapobieganie i likwi-

dowanie zagrożeń górniczych oraz ochrony życia i zdrowia osób przebywających w zakładzie górniczym.

- Praca w ratownictwie górniczym podczas akcji ratowniczej rozpoczyna się w warunkach ryzyka niedopuszczalnego dla pracowników zatrudnionych w zakładzie górniczym, natomiast poziom ryzyka zawodowego dla ratownika górniczego może być dopuszczalny w przypadku posiadania odpowiednich kwalifikacji w zakresie ratownictwa górniczego oraz zdolności fizycznej i psychicznej do pracy, zapewnienia pracy zespołowej w drużynie ratowniczej i zastępie ratowniczym, zabezpieczenia medycznego, sprzętu ratowniczego i środków ochrony odpowiednio do rodzaju zagrożeń i poziomu ryzyka.
- Podstawy prawne organizacji oceny ryzyka zawodowego stanowią m.in.: przepisy ogólne, oparte na wymaganiach ustawy Kodeks pracy [26] (w tym art. 226) i aktów wykonawczych, np. rozporządzenia [5] (w tym § 39 i 39a); przepisy branżowe, obejmujące wymagania ustawy Prawo geologiczne i górnicze [30] (w tym art. 117) i aktów wykonawczych, np. rozporządzenie [2] (w tym § 5 i 6 oraz zał. nr 2 i 3) oraz rozporządzenia [1, 10]; przepisy szczegółowe, dotyczące m.in. wybranych procesów pracy czy rodzajów zagrożeń.
- Podstawy prawne dokumentacji oceny ryzyka zawodowego stanowią: § 39a. 3 rozporządzenia [5] – zakres dokumentu potwierdzającego dokonanie oceny ryzyka (w tym opis ocenianego stanowiska pracy, wyniki oceny ryzyka dla każdego z czynników środowiska pracy oraz niezbędne środki profilaktyczne zmniejszające ryzyko); zał. nr 2 do rozporządzenia [2] – zakres dokumentu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników (w tym opis zagrożeń w zakładzie górniczym, sposób oceny i dokumentowania ryzyka, opis postępowania w sytuacjach awaryjnych, opis postępowania związanego z bezpiecznym prowadzeniem ruchu zakładu górniczego, opis postępowania związanego z bezpieczeństwem zatrudnionych w ruchu zakładu górniczego).
- W ratownictwie górniczym osobami, które są narażone na największy poziom ryzyka zawodowego są ratownicy górniczy, czyli górnicy zatrudnieni w ruchu zakładu górniczego, świadczący pracę w służbie ratownictwa górniczego przedsiębiorcy oraz zawodowi ratownicy górniczy, zatrudnieni w podmiocie zawodowo trudniącym się ratownictwem górniczym. Stanowisko pracy ratownika górniczego w Kopalnianej Stacji Ratownictwa Górniczego i Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A. w Bytomiu podlega przepisom w zakresie świadczenia pracy na podstawie stosunku pracy, wynikającym z prawa pracy, obejmującym prawo ogólne (ustawa [26] i akty wykonawcze) oraz prawo branżowe (ustawa [30] i akty wykonawcze), natomiast nie dotyczą tego stanowiska przepisy

dotyczące funkcjonariuszy i pełnienia służby, chociaż porównuje się je w zakresie specyfiki pracy do strażaka Państwowej Straży Pożarnej.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 16 marca 2017 r. w sprawie ratownictwa górniczego (Dz. U. z 2017 r. poz. 1052).
- [2] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. z 2017 r. poz. 1118).
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2004 r. nr 180, poz. 1860, z późn. zm.).
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz. U. z 2002 r. nr 191, poz. 1596, z późn. zm.).
- [5] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650, z późn. zm.).
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie rodzajów prac wymagających szczególnej sprawności psychofizycznej (Dz. U. z 1996 r. nr 62, poz. 287).
- [7] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14 marca 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym (Dz. U. z 2018 r. poz. 1139).
- [8] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. z 2018 r. poz. 1286).
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2016 r. w sprawie kwalifikacji w zakresie górnictwa i ratownictwa górniczego (Dz. U. z 2016 r. poz. 1229).
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. z 2013 r. poz. 230, z późn. zm.).
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2017 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz. U. z 2017 r. poz. 2293).
- [12] Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, za-

- kresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (Dz. U. z 2016 r. poz. 2067).
- [13] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. z 2011 r. nr 33, poz. 166).
 - [14] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz. U. z 2005 r. nr 81, poz. 716, z późn. zm.).
 - [15] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 24 lipca 2012 r. w sprawie substancji chemicznych, ich mieszanin, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy (Dz. U. z 2016 r. poz. 1117).
 - [16] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1488).
 - [17] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2009 r. w sprawie ustalania okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy (Dz. U. z 2009 r. nr 105, poz. 870).
 - [18] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. nr 20, poz. 168).
 - [19] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 września 1997 r. w sprawie służby bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 1997 r. nr 109, poz. 704, z późn. zm.).
 - [20] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. z 2007 r. nr 131, poz. 910).
 - [21] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 marca 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych (Dz. U. z 2007 r. nr 131, poz. 913).
 - [22] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów (Dz. U. z 1996 r. nr 60, poz. 279).
 - [23] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2009 r. w sprawie chorób zawodowych (Dz. U. z 2013 r. poz. 1367).
 - [24] Ustawa z dnia 23 maja 1991 r. o związkach zawodowych (Dz. U. z 2015 r. poz. 1881, z późn. zm.).
 - [25] Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (Dz. U. z 2018 r. poz. 143, z późn. zm.).
 - [26] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz. U. z 2018 r. poz. 907, z późn. zm.).

- [27] Ustawa z dnia 27 czerwca 1997 r. o służbie medycyny pracy (Dz. U. z 2018 r. poz. 1155, z późn. zm.).
- [28] Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz. U. z 2018 r. poz. 792, z późn. zm.).
- [29] Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz. U. z 2017 r. poz. 2195, z późn. zm.).
- [30] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2017 r. poz. 2126, z późn. zm.).



Mikhail Selianin

*Wydział Matematyczno-Przyrodniczy
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa
e-mail: m.selianinov@ajd.czyst.pl*

A PROBABILISTIC APPROACH TO CLASSIFICATION OF DIGITAL FACE IMAGES

Abstract. In the present paper, we deal with the application of the probabilistic approach, which makes it possible to optimize the face image classification task. The mathematical expectations and variances of the investigated random parameters are used as basic statistics. The proposed method allows us to carry out a fast and reliable preliminary classification and to exclude obviously dissimilar face image from the further analysis.

Keywords: biometric identification, face recognition, facial geometry, anthropometric characteristics, identification features, statistical method.

PODEJŚCIE PROBABILISTYCZNE DO KLASYFIKACJI CYFROWYCH OBRAZÓW TWARZY

Streszczenie. W niniejszej pracy mamy do czynienia z zastosowaniem podejścia probabilistycznego, które pozwala zoptymalizować zadanie klasyfikacji obrazów twarzy. Wartości oczekiwane i wariancje badanych parametrów losowych są stosowane jako podstawowe statystyki. Zaproponowana metoda pozwala przeprowadzić szybką i właściwą wstępną klasyfikację i wykluczyć bardzo odmienne obrazy twarzy z dalszej analizy.

Słowa kluczowe: identyfikacja biometryczna, rozpoznawanie twarzy, geometria twarzy, cechy antropometryczne, cechy identyfikacyjne, metoda statystyczna.

Introduction

There are a lot of people recognition methods based on uniquely detectable biological traits. The major types of biometric identification technologies that can be useful in businesses, law enforcement and biometric forensics for identifying or verifying individuals use various biological and behavioral characteristics such as fingerprints, iris patterns, retina design, facial geometry, hand recognition, hand veins drawing, voice recognition, keystroke or typing recognition and so forth. In spite of the fact that person identification can be carried out by the different individual traits, the face recognition is one of the most attractive, flexible, reliable and widespread identification approach among the existing biometric methods [8, 11, 14–16, 18, 25, 30].

The problem of formalization and automatization of the facial recognition process was considered at the earliest stages of pattern recognition systems development and still remains an urgent challenge. In recent years, the number of scientific research and publications on this subject steadily increases. On the one hand, this is explained by the increasing opportunities of the computer equipment and its operation cost reduction. On the other hand, special attention to biometric technologies is dictated by existence of a wide range of applied tasks in the most different spheres where automatic person identification is an integral part of their successful application. So, for example, the person identification on the basis of face recognition can be applied in identity cards control systems (a passport, a driving license), information security (access to computers, databases, etc.), observations and investigations of criminal events, and security in the banking sector (ATMs, remote account management systems) [8, 15, 16, 24–27, 30].

At present, the problem of human identification is considered from two positions according to the purpose of automated identification systems: the real-time mode and search of the identified object in large databases. In the first-class systems the image of a human face is used as the key confirming or disproving the data entered for identification. The purpose of such systems is a quick solution of identification task. The systems realizing a solution of the second class tasks, as a rule, return a set of images that are most similar to the required one, and the choice of the final decision is provided to the expert. As far as the database may contain hundreds of thousands of records, such systems are not able to work in real time. The purpose of these systems is the task solution within reasonable time.

From a practical point of view, the development of systems for solving the problems of the first class is simpler and requires less effort than for solving the problems of the second class. Development of systems of the second class is very important first of all in criminalistics and information retrieval application.

The choice of facial anthropometric characteristics

It is obvious that people significantly differ from each other in such features as an arrangement of eyes, eyebrows, nose, ears, mouth, etc. Therefore, it is not surprising that historically the first approach to a solution of the problem of automatic face recognition was based on selection and comparison of some facial anthropometrical characteristics [1–7, 9, 10, 17, 21, 23, 28, 29, 31].

The applied systems which are carrying out person identification on the basis of facial analysis use anthropometric points and all experience on people identification accumulated in forensic science. The main problem encountered in the development of face recognition systems consists in the choice of a set of characteristic points that uniquely describe a specific human face. At the same time it is necessary to consider the following requirements:

- the process of recognition should be independent of image scale;
- the selected characteristic point set should provide relative stability of the recognition procedure under minor change of the image (a slight turn and tilt of the head, change in facial expression, etc.);
- the number of the facial feature points satisfying the above requirements and providing high precision of recognition should be minimal whenever possible as the computing complexity of algorithms (and the identification time, respectively) is usually proportional to the cardinality of a selected set of the anthropomorphic points.

The most suitable anthropometric technique

When solving the identification problem, each object is described by a set of variables which is also called a feature vector, or an attribute vector. The set of the facial anthropometric characteristics presents a parametrical basis for face recognition procedure in automatization identification systems. The criminalistics methodology, which is based on metric measurements of facial parameters in terms of a selected set of anthropometric points, can be used as a basis for the formation of a space of quantitative characteristics. At the same time, the key requirement imposed on the used parameters consists in their reliability and accuracy of their detecting in the automatic mode [10, 13, 16, 20, 24].

After the choice of a set of anthropometrical points (a feature vector) it is necessary to create a quantitative feature vector. The linear sizes containing all the available reliable information about quantitative facial characteristics are usually considered as such features. In order to form this vector it is necessary:

- to detect the most important anthropometric points on the face image;
- to determine the linear sizes of separate parts of the face;
- to calculate the relative distances between facial feature points.

It should be noted that the measurement of distances between anthropometric points is usually carried out only horizontally and vertically. This results from the fact that such distances require less computational costs for their acquisition and processing; besides in this case the measurement accuracy will also be higher. The basic distances are measured by the number of pixels considering discretization of digital facial images [3, 6, 7].

The method for calculating anthropometric features

In order to eliminate the influence of possible scale differences of facial images it is necessary to use not the absolute but relative distances between the facial anthropometric points, which have been considered as quantitative features. Therefore, some ratios of distances between facial characteristic points are chosen as the main features. For this purpose, the absolute distances are divided by the basic distance. One of the linear sizes is usually chosen as a basic distance taking into account the following recommendations:

- the anthropometric points determining the basic distance should be detected with high precision on any facial image in order to reduce permissible inaccuracy of relative distance calculation;
- the basic distance should be large in comparison with other distances whenever possible;

In addition, it is necessary to consider the horizontal and vertical dimensions separately in order to eliminate the influence of the head rotation around the horizontal and vertical axes on the relative distance values.

It is obvious that the upper part of the face is more static and less susceptible to any kinds of changes (both age-related and cosmetic). Therefore, the distance between the eyes pupils is certainly the most important measured value, it is the basic horizontal distance in relation to which all the main face proportions are usually determined. Let us note that the distance between the centers of the horizontal pupils line and the midpoint of the upper lip region is usually chosen as the basic vertical distance. The choice of these distances as basic ones is caused by the circumstance that their values should not change considerably for the head tilts at small angles (within the limits of real values, as a rule not exceeding 5–10 degrees) [3, 6, 7, 28, 29].

Let there be given a set of distances between the facial anthropometric points $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$. On the basis of ratios of the elements of this set it is possible to create a basic set of features $\Delta = \{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n\}$ as follows

$$\delta_j = \frac{l_j}{l^*} \quad (j = 1, 2, \dots, n),$$

where $l^* \in L$ represents the basic distance.

The use of identification features in the form of the ratio between two distances makes them independent of the facial image size.

In addition, for practical purposes the set of features can be divided into two subsets:

- the first subset includes features compiled on the basis of the relationships between the distances measured in accordance with the horizontal direction,
- the second subset includes features compiled on the basis of the relationships between the distances measured in accordance with the vertical direction.

In this case there are two subsets of features $\Delta^{(1)} = \{\delta_1^{(1)}, \delta_2^{(1)}, \dots, \delta_{n_1}^{(1)}\}$ and $\Delta^{(2)} = \{\delta_1^{(2)}, \delta_2^{(2)}, \dots, \delta_{n_2}^{(2)}\}$ corresponding to the horizontal and vertical directions, respectively; at the same time, it is obvious that $n = n_1 + n_2$. It is clear that the features that belong to the first subset will be sufficiently stable to head rotation around the vertical axis. Similarly, the features belonging to the second subset will be fairly sustained to the slight inclination of a head up or down with respect to the horizontal axis.

In practice, a face recognition task of the second class is reduced to searching for only a certain number of images in the database (from one to ten) the most similar to the given. The specified image is compared with the available images in the database by calculating the Euclidean distance between two points in an n -dimensional space (n is the number of compared features) [8, 11, 18, 25].

In the general case, without splitting the input features into two subsets, the similarity measure of the facial images D is calculated by the following formula:

$$D = D_i(\Delta_i, \Delta_0) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\delta_j^i - \delta_j^0)^2},$$

where $\Delta_0 = \{\delta_1^0, \delta_2^0, \dots, \delta_n^0\}$ and $\Delta_i = \{\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_n^i\}$ are the feature vectors of the identifiable facial image and of the i th image in the database, respectively; $i = 1, 2, \dots, N$, N is the total number of relevant images in the database.

In the case when two different features vectors corresponding to the horizontal and vertical directions are used we can apply the following relation

$$D = D_i(\Delta_i^{(1)}, \Delta_0^{(1)}) + D_i(\Delta_i^{(2)}, \Delta_0^{(2)}).$$

The approach based on the extraction of anthropometric points on the face image and analysis of their mutual arrangement in addition to its inherent simplicity provides sufficient accuracy at rather low computational cost and complexity of the recognition algorithm.

Statistical method for classification of face images

A conceptual proposition that the used basic parameters are considered as random variables occupies an important place in the development of mathematical support of face recognition systems. Therefore, along with the accurate and robust extraction of a set of anthropometric points in facial image as well as with forming a feature vector (the ratios of the measured distances) on its basis, the key role in automatic face recognition systems should be assigned to statistical classification approach for optimization and acceleration of the identification process.

The statistical method allows us to take into account the specific data of practical experience which represent in accumulated form the previously obtained unique complex of these and other statistics (the estimators of the required probabilistic characteristics of anthropometric parameters) on the basis of the available face image databases. The mathematical expectations and variances of the investigated random parameters can be used as basic statistics in order to realize the defined idea.

Let us consider some anthropometric parameter ξ representing a random variable whose values fall into a certain interval $[a, b]$ (a and b are real numbers). Let a sample (x_1, x_2, \dots, x_N) be formed for the parameter ξ on the basis of available face images database, where $x_i \in [a, b]$, $i = 0, 1, \dots, N$; N is the number of images. The mathematical expectation and variance of the parameter ξ for the given sample are calculated by the formulas:

$$E\xi = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (1)$$

$$V\xi = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - E\xi)^2. \quad (2)$$

The statistics (1) and (2) are unbiased estimations of the corresponding probabilistic characteristics.

We reduce the parameter ξ to the unified standardized form by means of the following transformation

$$\hat{\xi} = \frac{\xi - a}{b - a}. \quad (3)$$

Thus, each possible value $\hat{\xi} \in [0, 1]$ for any numbers a and b ($a < b$). Besides, in view of the linearity of expression (3) the analogues of statistics (1) and (2) for the normalized parameter $\hat{\xi}$ are calculated by the rules

$$E\hat{\xi} = \frac{E\xi - a}{b - a}, \quad (4)$$

$$V\hat{\xi} = \frac{V\xi}{(b - a)^2}. \quad (5)$$

Since the values of all the measured parameters fall into the range $[0, 1]$, then formulas (3) - (5) can be used to calculate an overall comparison error of two face images.

The classification by reference statistical classes

The procedure of face classification according to specified characteristics (age category, sex, ethnicity, etc.) can be carried out by means of the sets of statistics previously calculated on the basis of face samples meeting the necessary requirements from the available database [11, 14, 16, 19, 22, 25, 30].

Let us assume that in the basis set of face images representing the k th class ($k = 1, 2, \dots, K$; K is the number of classes under consideration) for some anthropometric parameter $\xi_i^{(k)} \in [a_i^{(k)}, b_i^{(k)}]$ ($i = 1, 2, \dots, n$; n is the number of anthropometric parameters) we have the sample $(x_{i,1}^{(k)}, x_{i,2}^{(k)}, \dots, x_{i,N_k}^{(k)})$, where $x_{i,j}^{(k)} \in [a_i^{(k)}, b_i^{(k)}]$; $j = 1, 2, \dots, N_k$; N_k is the sample size.

Then, in accordance with the relations (1) - (5), for the target values of the expectation and variance of the normalized analogue $\hat{\xi}_i^{(k)}$ of the parameter $\xi_i^{(k)}$ for the k th class the following calculated relationships are true

$$E\hat{\xi}_i^{(k)} = \frac{1}{b - a} \left(\frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} x_{i,j}^{(k)} - \xi_i^{(k)} \right), \quad (6)$$

$$V\hat{\xi}_i^{(k)} = \frac{1}{(b - a)^2 (N_k - 1)} \sum_{j=1}^{N_k} (x_{i,j}^{(k)} - E\hat{\xi}_i^{(k)})^2. \quad (7)$$

Thus, each face image is assigned to a statistical class representing a probability space given by a statistical sample. The classification of a new unknown face is reduced to the calculation of some generalized measure of its inclusion into a statistical class. As such a measure we can choose the statistical anthropometric weight of the face image under consideration. To form such a weight, it is necessary to estimate the probabilities that the measured anthropometric features of the face under test fall within the appropriate statistical classes.

As it is known, for the facial anthropometric features such as the most important facial ratios, the typical probability density function with increasing a statistically significant sample size approaches to a normal distribution N_{α, σ^2} , which depends on two parameters: the mathematical expectation α and the standard deviation σ . Hence, for the anthropometric parameter $\hat{\xi}_i^{(k)}$ we have $\alpha = E\hat{\xi}_i^{(k)}$, $\sigma = \sqrt{V\hat{\xi}_i^{(k)}}$, and the values $E\hat{\xi}_i^{(k)}$ and $V\hat{\xi}_i^{(k)}$ are calculated in accordance with (6) and (7), respectively. Thus, we can assume that the probability density function for the k th class is described by the relation

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\alpha)^2/(2\sigma^2)}.$$

In this case the probability $P_i^{(k)}$ that the normally distributed random variable of the normalized anthropometric parameter $\hat{\xi}_i^{(k)}$ takes the values in the specified confidence interval $[\hat{\xi}_{i,min}^{(k)}, \hat{\xi}_{i,max}^{(k)}] \subset [0, 1]$ ($\hat{\xi}_{i,min}^{(k)} = E\hat{\xi}_i^{(k)} - \delta$, $\hat{\xi}_{i,max}^{(k)} = E\hat{\xi}_i^{(k)} + \delta$) can be calculated as follows:

$$P_i^{(k)} = P\left(\hat{\xi}_{i,min}^{(k)} \leq \hat{\xi}_i^{(k)} \leq \hat{\xi}_{i,max}^{(k)}\right) = \Phi_0\left(\frac{\hat{\xi}_{i,max}^{(k)} - \hat{\xi}_i^{(k)}}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{\hat{\xi}_i^{(k)} - \hat{\xi}_{i,min}^{(k)}}{\sigma}\right),$$

where $\Phi_0(x)$ is the error function

$$\Phi_0(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt.$$

If $\hat{\xi}_i^{(k)} \notin [\hat{\xi}_{i,min}^{(k)}, \hat{\xi}_{i,max}^{(k)}]$, then the probability of the correct solution $P_k = P\left\{\left|\hat{\xi}_i^{(k)} - E\hat{\xi}_i^{(k)}\right| > \delta\right\}$ within the framework of the described scheme can

be estimated on the basis of Chebyshev's inequality. In this case, as the required probability P_k we can take the threshold value, which bounds it from above

$$P_i^{(k)} = \frac{V_{\xi_i}^{(k)}}{\delta^2}. \quad (8)$$

Now, having the probabilities $P_i^{(k)}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) for all the anthropometric features, we can form the general measure $\mu^{(k)}$ of belonging of the face image to the k th class ($k = 1, 2, \dots, K$). In this case, the product of the probabilities (8) can be taken as the required estimation of image similarity:

$$\mu^{(k)} = \prod_{i=1}^n P_i^{(k)}. \quad (9)$$

Thus, the similarity measure (9) can be used for searching the face images that are the closest to the given one in the database.

Conclusion

The probabilistic approach considered in the article makes it possible to optimize the face image classification task, to reduce the negative impact of such factors as low quality of source images, errors of anthropometric measurements, fluctuations of basic descriptors and their overruns of the limits of the confidence intervals, restrictions on established classification characteristics and so forth.

The proposed method allows us to carry out a fast and reliable preliminary classification and to exclude obviously dissimilar face image from the further analysis. It seems expedient to use the described approach as one of the first methods in the ensemble of face image classifiers.

Let us note that using this method the time costs of face classification are reduced significantly since the basic calculations of mathematical expectation and variance are performed at the preliminary stage, while the time for calculating the measure (9) of belonging of the face image to the selected class depends only on the number of used anthropometric features.

Furthermore, it should be also emphasized that practical application of the probabilistic approach under consideration should ensure very high productivity when a necessary set of statistics is formed for a large volume and high quality database of face images.

References

- [1] Abiyev R.H., *Facial feature extraction techniques for face recognition*, Journal of Computer Science, 2014, Vol. 10, P. 2360–2365, DOI: <http://dx.doi.org/10.3844/jcssp.2014.2360.2365>
- [2] Ahdid R., et al., *A survey on facial feature points detection techniques and approaches*, International Journal of Computer and Information Engineering, 2016, Vol. 10, No. 8, P. 1566–1573.
- [3] Ahdid R., Safi S., Manaut B., *Euclidean and geodesic distance between a facial feature points in two-dimensional face recognition system*, The International Arab Journal of Information Technology, 2017, Vol. 14, No. 4A, Special Issue, P. 565–571.
- [4] Alfasly S.A., Suresha M., *A simple approach for face features detection*, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 2016, Vol. 5, Iss. 6, P. 154–158, DOI: <http://dx.doi.org/10.17148/IJARCCCE.2016.5633>
- [5] Bakshi U., Singhal R., *A survey on face detection methods and feature extraction technique of face recognition*, International Journal of Emerging Trends and Technology in Computer Science, 2014, Vol. 3, Iss. 3, P. 233–237.
- [6] Borude P.R., et al, *Identification and tracking of facial features*, Procedia Computer Science, 2015, Vol. 49, P. 2–10.
- [7] Çeliktutan O., Ulukaya S., Sankur B., *A comparative study of face landmarking techniques*, EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2013, Vol. 13, P. 1–27.
- [8] Datta A.K., Datta M., Banerjee P.K., *Face detection and recognition: theory and practice. 1st edition*, CRC Press, NY, 2016.
- [9] Fookes C., et al., *Robust facial feature extraction and matching*, Journal of Pattern Recognition Research, 2012, Vol. 7, P. 140–154.
- [10] Geng C., Jiang X., *Fully automatic face recognition framework based on local and global features*, Machine Vision and Applications, 2013, N. 24, P. 537–549, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00138-012-0423-7>
- [11] Harnois M.N., *Facial recognition technology: best practices, future uses and privacy concerns*, Nova Science Publishers, NY, 2013.
- [12] Jadhav D.V., Holambe R.S., *Feature extraction using Radon and wavelet transforms with application to face recognition*, Neurocomputing, 2009, Vol. 72, Iss. 7-9, P. 1951–1959, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2008.05.001>
- [13] Jain A.K., Klare B., Park U., *Face matching and retrieval in forensic applications*, IEEE MultiMedia, 2012, Vol. 19, Iss. 1, P. 2–10, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MMUL.2012.4>
- [14] Jain L.C., Halici U., Hayashi I., *Intelligent biometric techniques in fingerprint and face recognition*, CRC Press, NY, 1999.

-
- [15] Khade B.S., et al., *Face recognition techniques: a survey*, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 2016, Vol. 5, Iss. 11, P. 65–72.
- [16] Kim D., Sung J., *Automated face analysis: emerging technologies and research*, Information Science Reference, Hershey, NY, 2009.
- [17] Kusuma Kumari B.M, *Real time facial feature point extraction*, International Journal of Computing and Technology, 2014, Vol. 1, Iss. 8, P. 409–412.
- [18] Li S.Z., Jain A.K., *Handbook of face recognition. 2nd edition*, Springer-Verlag London Limited, 2011,
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-85729-932-1>
- [19] Libo Y., Hao C., *Face recognition based on the combination method of multiple classifier*, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 2016, Vol.9, No.4, pp.151–164,
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ijcip.2016.9.4.14>
- [20] Mahdi F.P., et al., *Face recognition-based real-time system for surveillance*, Intelligent Decision Technologies, 2017, N. 11, P. 79–92,
DOI: <http://dx.doi.org/10.3233/IDT-160279>
- [21] Malwatkar S., Sugandhi R., Mahajan A., *Facial feature extraction and concept map based human affect recognition system*, International Journal of Computer Engineering and Applications, 2017, Vol. XI, Special Issue, P. 1–13.
- [22] Mohamed W., et al., *A new method for face recognition using variance estimation and feature extraction*, International Journal of Emerging Trends and Technology in Computer Science, 2013, Vol. 2, Iss. 2, P. 134–141.
- [23] More V., Wagh A., *Improved Fisher face approach for human recognition system using facial biometrics*, International Journal of Information and Communication Technology Research, 2012, Vol. 2, No. 2, P. 135–139.
- [24] Phillips P.J., O'Toole A.J., *Comparison of human and computer performance across face recognition experiments*, Image and Vision Computing, 2014, Vol. 32, Iss. 1, P. 74–85,
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.imavis.2013.12.002>
- [25] Quaglia A., Epifano C.M., *Face recognition: methods, applications and technology*, Nova Science Publishers, NY, 2012.
- [26] Rath S.K., Rautaray S.S., *A survey on face detection and recognition techniques in different application domain*, International Journal of Modern Education and Computer Science, 2014, Vol. 8, P. 34–44,
DOI: <http://dx.doi.org/10.5815/ijmecs.2014.08.05>
- [27] Solanki K., Pittalia P., *Review of face recognition techniques*, International Journal of Computer Applications, 2016, Vol. 133, No. 12, P. 20–24,
DOI: <http://dx.doi.org/10.5120/ijca2016907994>

- [28] Vezzetti E., Marcolin F., *Geometrical descriptors for human face morphological analysis and recognition*, Robotics and Autonomous Systems, 2012, Vol. 60, P. 928–939,
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.robot.2012.01.003>
- [29] Vezzetti E., Marcolin F., *3D human face description: landmarks measures and geometrical features*, Image and Vision Computing, 2012, Vol. 30, P. 698–712, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.imavis.2012.02.007>
- [30] Wechsler H., *Reliable face recognition methods: system design*, Implementation and Evaluation, Springer, 2010.
- [31] Xu Y., Zhu Q., *A simple and fast representation-based face recognition method*, Neural Computing and Applications, 2013, Vol. 22, P. 1543–1549, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00521-012-0833-5>



Marlena Krakowiak, Teresa Bajor

Zakład Ergonomii i Inżynierii Bezpieczeństwa

Instytut Przeróbki Plastycznej i Inżynierii Bezpieczeństwa

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa,

e-mail: krakowiak.marlena@wip.pcz.pl; bajor.teresa@wip.pcz.pl

WSPÓŁCZESNE ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z UŻYTKOWANIEM SIECI

Streszczenie. Stosowanie nowoczesnych technologii umożliwiających zwiększenie komfortu bezpieczeństwa pracy w sieci jest zagadnieniem ciągle aktualnym. Podobnie jak większość rozwiązań, także sieć Internet ma swe blaski i cienie. Burzliwy rozwój technologii i techniki w XXI wieku stał się przyczyną ogólnodostępnej mnogości rozwiązań, częstokroć nie do końca sprawdzonych, których niezawodność pozostawia wiele do życzenia. Powszechna globalizacja, gromadzenie, przetwarzanie i przechowywanie ogromnych ilości danych osobowych, firmowych, państwowych, strategicznych – dają szereg możliwości, ale także stwarzają liczne i różnorakie zagrożenia. Dla każdego ważne jest by zachować poufność udostępnianych i przetwarzanych danych. Na tej płaszczyźnie pojawia się wiele konfliktów interesów. Ze względu na szeroko pojęte poczucie bezpieczeństwa, szczególnie w ostatnich kilku latach, użytkownik sieci nie pozostaje anonimowy. Firmy i instytucje zabezpieczają się przed utratą danych z jednej strony poprzez specjalistyczne oprogramowanie, z drugiej zaś poprzez wiedzę o swoich klientach (użytkownikach).

Dla usprawnienia działania sieci oraz zachowania anonimowości i uniknięcia komercjalizacji powstały takie rozwiązania, jak: sieć TOR, czy FreeNet. Działa również tzw. Darknet, Hidden services czy Deep Web. Są to rozwiązania dla tych wszystkich, którzy z różnych powodów chcą pozostać anonimowi. Niestety nie wynika to tylko z chęci bycia niezależnym od korporacji i szeroko pojętej inwigilacji w celach zapewnienia bezpieczeństwa. W artykule podjęta zostanie próba dokonania analizy bezpieczeństwa użytkownika i poruszania się w sieci w obliczu występujących zagrożeń i współczesnych wyzwań.

Słowa kluczowe: zagrożenia, bezpieczeństwo w sieci, TOR, Deep Web, netykieta, Internet Rzeczy, sieci społecznościowe.

CONTEMPORARY THREATS RELATED TO THE USE OF THE NETWORK

Abstract. The use of modern technologies to increase the comfort of work safety in the network is still an issue. Like most solutions, the Internet has the pros and cons. The turbulent development of technology and technique in the twenty-first century has become a cause of generally available multitude of solutions often with do not fully proven reliability which leaves much to be desired. The globalization, collection, processing and storage of huge amounts of personal, company, national and strategic data – give a number of possibilities, but also create a numerous and various threats. For each one it is important to preserve the confidentiality of data being shared and processed. There are many conflicts of interest on this level. Due to the broad sense of security, especially in the last few years, the network user does not remain anonymous. Companies and institutions protect themselves against data loss on the one hand through specialized software, and on the other by knowledge about their customers (users). In order to improve the network operation, keep anonymity and avoid commercialization, solutions such as the TOR network or FreeNet were created. There is also a so-called Darknet, Hidden services or Deep Web. These are solutions for all those who want to remain anonymous for various reasons. Unfortunately, it does not result only from a desire to be independent from corporation and widely concept invigilation operated in order to security assurance. In the article, the attempt to analyze the safety of using and navigating the network in the face of existing threats and contemporary challenges will be made.

Keywords: threats, network security, TOR, Deep Web, netiquette, Internet of Things, Social Network Sites.

Wstęp

Żyjemy w czasach nieustannego postępu technicznego, rozwoju silnie zaawansowanych technologii, sztucznej inteligencji, miniaturyzacji i elektronizacji wszystkiego, co tylko człowiek jest na obecną chwilę w stanie wymyślić. Internet odgrywa tu ogromną rolę, gdyż poza źródłem wiedzy stanowi medium szerokiej i wszechstronnej wymiany informacji. Ze względu na rozpowszechnienie i szeroką rozbudowę infrastruktury sieciowej stała się ona narzędziem wykorzystywanym niemalże w każdej dziedzinie życia. Już nawet proste urządzenia gospodarstwa domowego, jak telewizory, pralki, lodówki mogą zostać podłączone do sieci. Zachwyty ludzkości nad możliwościami, jakie daje postęp technologiczny może jednak okazać się zgubny, przy całym szeregu dobrodziejstw, jakie ze sobą niesie. Internet, tak jak każde inne rozwiązanie, ma „dwie strony medalu”. Pozostając w służbie człowiekowi, zależy w głównej mierze od jego intencji i pobudek, z jakich podejmuje on swą działalność.

Ochrona życia i mienia obywateli, w tym zapewnienie im poczucia bezpieczeństwa, powinna być priorytetem dla władz państwowych na całym świecie. W czasach niepokoju i wielu akcji militarnych oraz terrorystycznych jest to szczególnie trudne do zagwarantowania. Zorganizowane grupy przestępcze zaczęły używać świata cybernetycznego, jako broni (dezinformacja), źródła rekrutowania ochotników, bądź nieograniczonego medium rozpowszechniania propagandowych treści [1]. Międzynarodowe organizacje rządowe stanęły w obliczu konfrontacji z ukrytym Internetem, o którym większość z nas nigdy nie słyszała, zwanym *Deep Web* czy *Darknet* [2].

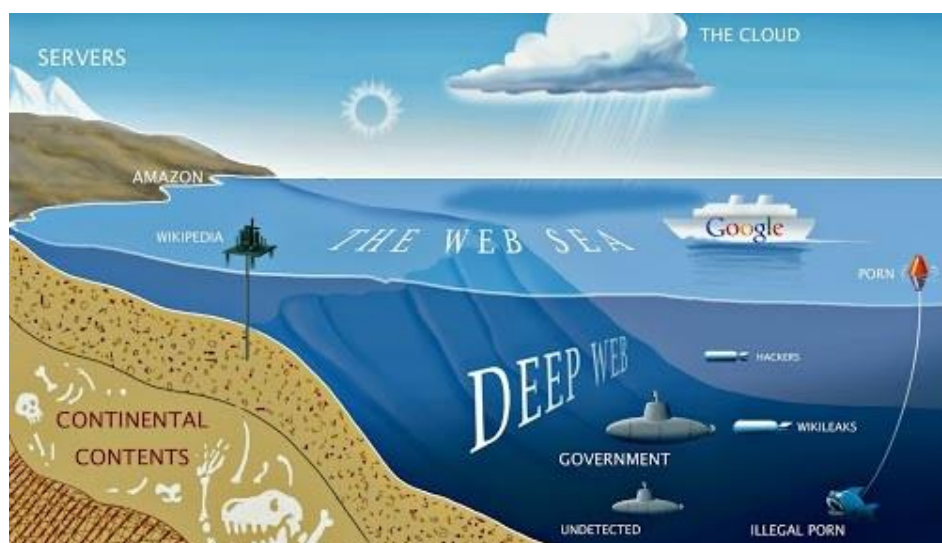
Takie popularne serwisy, jak *Google*, *Youtube* czy *Facebook* stanowią tylko wierzchołek góry lodowej (Rys. 1.), gdyż oprócz nich istnieje całe mnóstwo stron niewidocznych dla przeciętnego użytkownika sieci.



Rys. 1. Internet jako góra lodowa – stosunek części jawnej do ukrytej (opracowanie własne)

Wszystko, co ponad taflą wody można nazwać siecią zindeksowaną, która może być przeszukiwana przez popularne wyszukiwarki. Natomiast pod wodą, ta góra lodowa osiąga ogromne rozmiary. Ponad 80% całości stanowi sieć ukryta, nieindeksowana. W jej skład wchodzi m.in. bazy danych będące w posiadaniu firm i różnorodnych instytucji, a nawet osób prywatnych, zasoby archiwalne, biblioteki, tablice ogłoszeń, fora internetowe. Nie obowiązują w niej

cenzura, gdyż w większości przypadków sieć ukryta pozbawiona jest kontroli. Ukryty Internet, przede wszystkim *Darknet*, umożliwia całkowitą anonimowość, w przeciwieństwie do powszechnie używanej sieci. Użytkownik może bezkarnie wymieniać się dowolną informacją, swobodnie nawiązywać kontakty i dokonywać transakcji za pomocą wirtualnej waluty (tzw. *bitcoin*). W obrazowy sposób funkcjonowanie sieci przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Niekonwencjonalna mapa sieci [3]

***Deep Web* a bezpieczeństwo**

Niestety wolność absolutna w *Deep Web* stanowi wyzwanie dla jednostek rządowych [1, 4], które w jej obliczu są w wielu przypadkach bezsilne. Z ich strony występuje zapotrzebowanie na technologie rozpoznające i analizujące treści ukryte. Ponadto ciągle podejmowane są próby ograniczenia anonimowości w sieci i jej ocenzurowania na drodze ustawodawczej.

Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) posiada nową wojskową technologię, tzw. MEMEX, która działa jak specyficzna wyszukiwarka „widząca” ślady aktywności w sieci ukrytej oraz na stronach niedostępnych drogą tradycyjną. Dzięki zastosowaniu MEMEX możliwe jest określenie, z iloma stronami internetowymi mamy do czynienia oraz jaka jest ich treść. System ten został wynaleziony w celu wyśledzenia handlu ludźmi w sieci. Obecnie jest on wykorzystywany w tropieniu użytkowników starających się pozostać w ukryciu. Daje możliwość wyśledzenia aktywności i lokalizacji [1].

Istnieje szereg konferencji naukowych i platform oferujących wymianę

poglądów i rozwiązań dotyczących tematyki bezpieczeństwa w sieci, w tym także sieci *Darknet*. To dzięki nim dowiadujemy się np., że powstała aplikacja „Daedalus” [5], japońskich twórców, służąca do monitoringu „ciemnej” strony sieci przede wszystkim w celach ochrony przed atakami, i dzięki temu stwarzająca możliwość szybkiego reagowania. Obecnie „cyberbezpieczeństwo” jest jednym z najbardziej intensywnie rozwijających się i prężnych nurtów związanych z działalnością człowieka.

Sieci *FreeNet* [6] i *TOR* [7] powstały w celu zapewnienia ochrony prywatności internautów. Bodźcem do ich powstania były ograniczenia wolności poglądów panujące w systemach totalitarnych. Chroniono w ten sposób dane personalne opozycjonistów, jak również te dotyczące lokalizacji i prowadzonych akcji, nie dając przy tym okazji rządowym organizacjom na ich represjonowanie. Niestety, podobnie jak większość rewolucyjnych rozwiązań i to znalazło się w kręgu zainteresowań organizacji przestępczych.

Darknet (Hidden services lub *Deep Web)* uznawany jest za tę gorszą, niebezpieczną stronę pozostawania anonimowym użytkownikiem w sieci. Jego symbolem stała się *Hidden Wiki (Ukryta Wikipedia)*, zawierająca hasła związane z działaniem i treściami znajdującymi się w ukrytej „ciemnej” części Internetu [8].

FreeNet jest siecią działającą w sposób przypominający połączenia P2P. Do jej uruchomienia konieczny jest darmowy klient tradycyjnej przeglądarki. Każdy logujący się osobnik wyraża zgodę na udostępnienie części swojego dysku oraz łączy na pracę *FreeNet*-u. Tym sposobem wszystkie publikowane treści są dzielone i umieszczane na komputerach wielu użytkowników. Dzięki temu nigdy nie wiadomo, czy jednostka, z którą w danej chwili łączymy się jest faktycznym źródłem strony, czy też jedynie przekaźnikiem. Co pewien czas informacje przenoszone są na kolejne komputery, w celu uniemożliwienia ich lokalizacji, a transmisje danych kodowane [9].

Strony dostępne we *FreeNet* są wyjątkowo ubogie i proste. Kluczowym czynnikiem jest ograniczona przepustowość sieci, gdyż *FreeNet* nie korzysta z tradycyjnych domen internetowych. „Surfowanie” w sieci odbywa się za pomocą linków zamieszczanych na stronach oraz z wykorzystaniem oficjalnego katalogu stron [9].

System *TOR* w *Darknecie*

Na rynku roi się od subiektywnych komentarzy dotyczących *Darknetu*, zasad jego działania, a przede wszystkim treści, jakie można w nim znaleźć. Ponieważ jest to specyficzna sieć, należy do jej korzystania przystąpić, będąc w pełni świadomym możliwych tego konsekwencji.

Jest wiele technik używania *Darknetu*, jednak najpopularniejszą jest sieć *TOR – Tor’s Onion Router Network* (Rys. 3). Technologia „routera cebulowego”

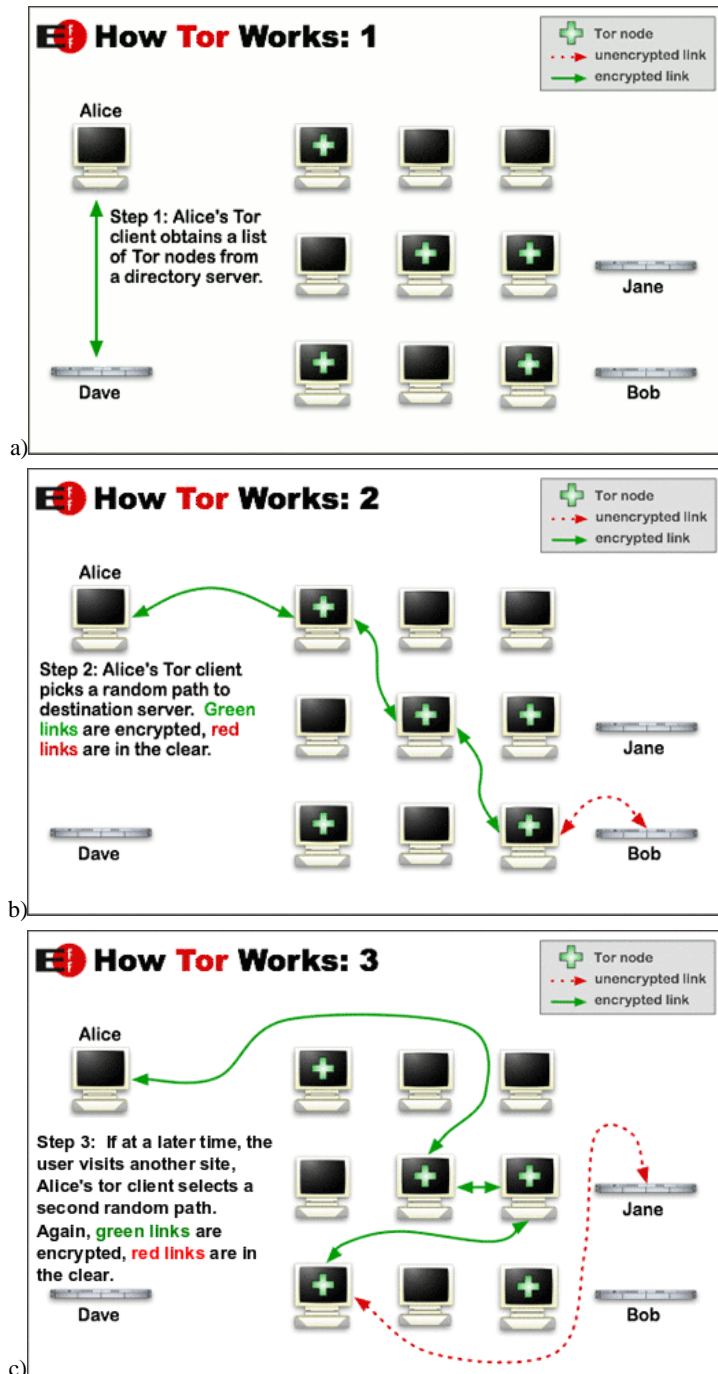
została opracowana przez wojska amerykańskie w celu umożliwienia anonimowego przesyłania informacji. Domena „onion” jest częścią rejestru *ICANN* i nie jest możliwe połączenie się z nią bez użycia programu *TOR*. Zarówno host, jak i klient są ukryci, a ich identyfikacja jest bardzo utrudniona.

The screenshot shows the TOR website homepage. At the top, there is a navigation menu with links: Home, About Tor, Documentation, Press, Blog, Newsletter, and Contact. Below the menu is a large green banner with the TOR logo and the text "Anonymity Online". The banner includes the slogan "Protect your privacy. Defend yourself against network surveillance and traffic analysis." and a "Download Tor" button. To the right of the banner, there are three bullet points describing TOR's benefits. Below the banner, there are two columns of text: "What is Tor?" and "Why Anonymity Matters". To the right of these columns is a "Recent Blog Posts" section with several entries, each with a date and author. Below the blog posts is a "Who Uses Tor?" section with three sub-sections: "Family & Friends", "Businesses", and "Activists".

Rys. 3. Widok na stronę startową *TOR* [7]

Jest to system, który działa sprawniej i bardziej intuicyjnie niż *FreeNet*. Korzystając z przeglądarki *TOR*, możemy penetrować również klasyczne zasoby sieci, zapewniając sobie przy tym zwiększoną anonimowość. *Darknet* posiada zdecydowanie większą ilość zasobów niż *FreeNet*, a dostępne strony są nieco bardziej zaawansowane [9].

TOR obsługiwany jest przez grupę serwerów-wolontariuszy. Jego użytkownicy wykorzystują sieć po podłączeniu poprzez serię wirtualnych tuneli, zamiast bezpośrednich połączeń, dzięki czemu zarówno organizacje, jak i użytkownicy indywidualni mogą wymieniać się informacjami w sieciach publicznych, bez naruszenia prywatności. Dodatkowym zabezpieczeniem jest maskowanie adresu IP użytkownika. Zasadę działania przedstawiono na Rys. 4 a, b, c. Jest to skuteczne narzędzie obejścia cenzury, co pozwala w inny sposób dotrzeć do zablokowanych treści. Klienta *TOR* można pobrać bezpłatnie [7].



Rys. 4. Zasada działania sieci TOR: a) etap 1, b) etap 2, c) etap 3 [7]

Użytkownicy indywidualni mogą wykorzystywać sieć *TOR* m.in. do utrzymania stron internetowych niezależnych od różnych form inwigilacji bądź blokowania przez lokalnych dostawców. Sieć taka może być używana do komunikacji społecznie wrażliwej, wykorzystywana przez dziennikarzy do bezpiecznych kontaktów z informatorami i dysydentami. Ponadto umożliwia firmom pozarządowym komunikowanie się z pracownikami pozostającymi poza zagranicami kraju bez ujawniania ich lokalizacji, co może być elementem strategicznym dla danego przedsiębiorstwa. Pozwala na prowadzenie analizy konkurencyjności, samemu pozostając niewidocznym. Może także stanowić skuteczne zabezpieczenie przed podsłuchem np. pilotowanych przetargów i stanowić zastępstwo dla tradycyjnych VPN, które ujawniają dokładną treść i czas komunikacji.

Różnorodna społeczność korzystająca z tej sieci jest czynnikiem zapewniającym jej bezpieczeństwo. Według twórców sieci, im liczniejsza i bardziej różnorodna baza użytkowników, tym lepiej chroniona jest ich anonimowość. *TOR* zabezpiecza przed powszechną w Internecie inwigilacją w postaci znanej jako „analiza ruchu sieciowego” - często wykorzystywanej chociażby w celach marketingowych.

Bankowość elektroniczna

Można pokusić się o stwierdzenie, że znakiem obecnych czasów jest bankowość elektroniczna. To usługa bardzo rozpowszechniona ze względu na wygodę, ilość i szybkość dokonywanych transakcji. Różnego rodzaju zlecenia stałe sprawiają, że nie musimy zaprzętać sobie głowy informacjami o terminach płatności, gdyż zobowiązujemy do tego instytucję bankową. Ponosimy koszty obsługi konta, nie martwiąc się o dodatkowe opłaty manipulacyjne. Nie musimy mieć w ręku gotówki, by dokonać transakcji i nie stwarzamy okazji wzbogacenia się naszym kosztem „kieszonkowcom”. To wszystko sprawia, iż „kwitną” operacje bezgotówkowe i rośnie popularność e-bankowości. Jednakże należy w związku z tym liczyć się z występowaniem nowego rodzaju zagrożeń, zarówno związanych z działalnością przestępczą, jak i nieodpowiedzialnością użytkowników, bądź nieznaną zasadami podstawowych zasad bezpieczeństwa w sieci.

Cyberprzestępcy, wraz z rozwojem technologii i techniki komputerowej, mają coraz doskonalsze narzędzia i dostęp do wysoce wyspecjalizowanych fachowców. Wykorzystując opisany w poprzednim rozdziale *Darknet*, mogą funkcjonować sprawnie i prawie bez ograniczeń na terenie całego świata.

Według raportu CERT Polska, organizacji działającej w strukturach NASK (Naukowej i Akademickiej Sieci Komputerowej), będącej zespołem reagowania

na incydenty (Computer Emergency Response Team <https://www.cert.pl/>), najczęściej odnotowanym incydem zwanym z naruszeniem bezpieczeństwa komputerowego w 2016 roku był „phishing” (ponad 50% przypadków) [10]. Wzrosła znacznie liczba stron oraz rozsyłanych plików ze szkodliwym oprogramowaniem tego typu. Odnotowano, iż szeroki wachlarz rozwiązań prowadzących do kradzieży środków pieniężnych atakuje także urządzenia mobilne, z których chętnie i często korzystamy. Wiadomości „phishingowe” zwykle mają formę fałszywych powiadomień z banków czy systemów e-płatności bądź innych organizacji, które cieszą się społecznym zaufaniem. Ich twórcy wykorzystują metody socjotechniczne, by uspić czujność adresata, a znacznie częściej spowodować szybką reakcję w afekcie, czyli np. pod wpływem strachu lub spowodowaną wywołanym poczuciem poniesienia straty. Często, jak na ironię, stosowane jest także wyłudzenie danych pod pretekstem ochrony przed szkodliwym oprogramowaniem. Użytkownik np. rejestruje się na witrynie świadczącej rzekomo usługi „antyphishingowe”, która zwykle po kilku dniach przestaje istnieć, podając informacje dotyczące logowania, co jest wystarczające dla przestępców by zrobić z tego odpowiedni dla siebie użytek. W tabeli 1 przedstawiono udział procentowy incydentów odnotowanych w 2016 roku przez CERT Polska [10] po zakwalifikowaniu ich do poszczególnych typów.

Tabela 1. Najpopularniejsze zdarzenia incydentalne odnotowane w Polsce w 2016 roku (opracowane na podstawie [10])

Typ incydentu	Udział procentowy
Oszustwa komputerowe	55,50
Kradzież tożsamości, podszycie się	52,96
Obrażliwe i nielegalne treści	12,31
Spam	11,58
Złośliwe oprogramowanie	10,96
Próby włamań	5,66
Włamania	2,80
Skanowanie	2,65
Atak na bezpieczeństwo informacji	2,34
Dostępność zasobów	2,34

Przedstawione dane świadczą o tym, iż bardzo poważnym zagrożeniem jest kradzież tożsamości, będąca skutkiem wielu świadomych działań organizacji przestępczych oraz zaniechań i zaniedbań użytkowników sieci. Informacja od zarania dziejów jest najpopularniejszym środkiem wymiany, dającym profity tym, którzy ją posiadają i potrafią zrobić z niej użytek. Zatem ochrona tzw. „wrażliwych danych” powinna stanowić zadanie priorytetowe dla każdego, i to niezależnie od tego, czy jest to użytkownik prywatny czy korporacja. Jest to bodziec dla firm zajmujących się wykorzystaniem rozwiązań biometrycznych [11] do konstrukcji różnorodnych zabezpieczeń technicznych przed niepowołanym dostępem osób trzecich. Powstają tzw. inteligentne budynki zaopatrzone w systemy monitoringu [12], połączone z systemami alarmującymi i powiadamianiem odpowiednich służb ochrony. Stosowanie zabezpieczeń na wielu płaszczyznach i odpowiednia edukacja [13] w zakresie bezpieczeństwa wydaje się być jednym z najbardziej skutecznych sposobów ochrony.

Na przestrzeni 20 lat (1996–2016) liczba odnotowanych incydentów związanych z użytkowaniem sieci wzrosła z 50 do 1926 [10], czyli ponad 38-krotnie. Wartość ta z pewnością jest znacznie większa, gdyż nie każde takie zdarzenie jest zgłaszane. Świadczy to o skali występowania tego typu zagrożeń w obecnych czasach i tendencji wzrostowej w przyszłości. Rys. 5 przedstawia sektory działalności człowieka narażone na „cyberataki” oraz ich główne bodźce.



Rys. 5. Główne przyczyny zagrożeń cyberbezpieczeństwa w wybranych sektorach działalności człowieka (opracowanie własne)

Analizując dostępne informacje i dane statystyczne, można z całą pewnością stwierdzić, że podłożem zdecydowanej większości ataków w sieci jest chęć wzbogacenia się, czy to na drodze przejęcia bezpośredniego środków zgromadzonych na kontach bankowych użytkowników sieci, czy też przez wymuszenia pod groźbą utraty danych, mobilności, zablokowania środków bądź zablokowania systemu na skutek działania np. złośliwego oprogramowania (tzw. trojanów). Zagrożone są nie tylko duże przedsiębiorstwa, chociaż te przeważnie mają lepsze zaplecze zabezpieczające niż małe firmy, szczególnie jednoosobowe.

Portale społecznościowe

Portale społecznościowe to kopalnia wiedzy (*podobnie jak internetowe tablice ogłoszeń*), z której korzystać mogą wszyscy niezależnie od lokalizacji, światopoglądów i intencji. Jest to bogate źródło różnorodnych informacji o użytkownikach, często opatrzonej dokumentacją fotograficzną, a nawet filmową. Można pokusić się o stwierdzenie, że jest to baza danych ciągle aktualizowana i wzbogacana o nowe rekordy. Szczególnie, że obserwuje się zjawisko nadmiernego korzystania z sieci społecznościowych (SNS – Social Network Sites), co uznawane jest już jako uzależnienie [14].

Społeczeństwo powinno zdawać sobie sprawę z mechanizmów działania sieci, przede wszystkim dotyczących poufności danych i sposobów administrowania nimi. Komunikacja prywatna i publiczna znacznie się od siebie różnią. Podczas gdy w jednym przypadku zgadzamy się na obserwowanie (śledzenie) naszych wypowiedzi, w drugim chcemy zachować prywatność i poufność. Należy uświadomić sobie, iż poza adresatem i nadawcą wiadomości umieszczanej w Internecie (serwisie społecznościowym, forum, komunikatorze) wgląd do niej ma także administrator, który, jeśli istnieje taka potrzeba, może się z nią zapoznać.

Z tego względu bardzo istotna jest edukacja i budowanie świadomości w społeczeństwie na temat podstawowych zasad bezpieczeństwa związanego z aktywnością w Internecie.

Kolejnym zagrożeniem, i to właściwie dla każdego, może okazać się rozpowszechnianie tzw. „fake news”, które mogą stać się źródłem zarówno gry politycznej, jak i biznesu dotyczącego np. dochodu z reklam wyświetlanych przy okazji odwiedzania strony z zamieszczoną „sensacyjną” wiadomością [15]. Zatem model biznesowy oparty na reklamie kwitnie dzięki sztucznie wygenerowanemu ruchowi. Tym samym stanowi zagrożenie wolności słowa, pociągając za sobą wprowadzanie regulacji prawnych i mechanizmów dotyczących ograniczenia możliwości zamieszczania fałszywych informacji w Internecie. Nałożenie obowiązku usuwania nieprawdziwych treści na firmy, takie jak Goo-

gle czy Facebook, przekazuje im kolejne narzędzia, dzięki którym będą stanowić decydujący łącznik między odbiorcami wszelkich informacji w sieci.

Coraz trudniej przeciętnemu użytkownikowi poruszać się w środowisku przepelnionym treściami, które nie opisują rzeczywistości, a mają tylko generować ruch (kupno/sprzedaż). Jest to kolejny argument, by używać logiki i dobrych praktyk w tym zakresie, czyli m.in.: netykiety, nie ulegać emocjom i nie działać mechanicznie.

Internet Rzeczy

Terminem *Internet Rzeczy* (*Internet of Things, IoT*) określane są urządzenia codziennego użytku podłączone do sieci i potrafiące w sposób automatyczny gromadzić szereg danych i przesyłać je bez konieczności interwencji człowieka. Mogą to być zarówno komputery, jak i wyposażenie gospodarstwa domowego, liczniki zużycia energii elektrycznej, gazu, wody, kamery przemysłowe, systemy alarmowe, samochody, urządzenia mobilne, a nawet nowoczesne implanty medyczne (rozzruszniki serca, pompy insulinowe, aparaty słuchowe).

Taki trend w ostatnich latach powoduje powstawanie różnorodnych „inteligentnych” produktów, które zdobywają przebojem światowe rynki. Jednakże sprawa bezpieczeństwa tych rozwiązań wydaje się być poboczną. Firmy liczą na zyski dzięki zastosowaniu nowoczesnej, wygodnej technologii, bagatelizując na tym etapie możliwe zagrożenia dotyczące choćby niepowołanego dostępu do przesyłanych automatycznie danych [16].

Eksperymentowanie z wykorzystaniem nowoczesnych zminiaturyzowanych technologii do wygodniejszego życia codziennego jest faktem. Generuje to szereg nowych możliwości ograniczenia bezpieczeństwa i prywatności ich użytkowników.

Sposoby ochrony i netykieta

Powszechna cyfryzacja w niemal każdej dziedzinie życia stwarza całą paletę zagrożeń dla pospolitego użytkownika sieci, z czego nie wszyscy zdają sobie sprawę, często bagatelizując zasady prostej netykiety (etykiety obowiązującej w sieci). Wiele firm i instytucji podaje propozycje rozwiązań technicznych i metod postępowania w obliczu ataków komputerowych, bazując na dostępnej wiedzy i własnych doświadczeniach. Każdy użytkownik powinien jednak zastanowić się nad doбором takich środków prewencyjnych, by były one zharmonizowane z jego działalnością i aktywnością w sieci. W tabeli 2 zaproponowano kilka rodzajów działań, jakie należy podejmować, chcąc zminimalizować ryzyko ataku na polu prowadzonej aktywności w sieci.

Tabela 2. Środki zaradcze i zapobiegawcze, jakie należy podejmować, by chronić się przed cyberprzestępczością (opracowanie własne)

Rodzaj działania	Podejmowane czynności
Odpowiednie zabezpieczenie komputera/sieci/urządzeń mobilnych	<ul style="list-style-type: none"> – loginy i hasła o większym stopniu złożoności; – oprogramowanie ze sprawdzonych, legalnych źródeł; – aktualizacja oprogramowania zgodnie z zaleceniami producenta (ewentualnie wymiana na oprogramowanie wspierane); – posiadanie programów antywirusowych i anty-spamowych oraz ich bieżąca aktualizacja (bazy wirusów); – instalacja oprogramowania chroniącego i ewentualny nadzór specjalisty IT nad funkcjonowaniem i dostępem do sieci; – rezygnacja z niewykorzystywanych dostępnych funkcji sieciowych (np. drukowanie); – nie używanie geolokalizacji, jeśli to nie konieczne; – odpowiednia konfiguracja sieci (oddzielne sieci wewnętrzne, np. dla gości); – odizolowanie od dostępu do sieci jednostek z danymi poufnymi.
Podnoszenie świadomości użytkowników sieci	<ul style="list-style-type: none"> – zapoznanie z zasadami poruszania się w sieci i zamieszczaniem materiałów informacyjnych (zdjęć, komentarzy, filmów itp.); – korzystanie z zaufanych witryn i połączeń sieciowych; – nie stosowanie funkcji automatycznego zapamiętywania haseł; – świadomość zagrożeń w sieci i sposobów ochrony przed nimi; – zapoznanie z netykietą i jej stosowanie w życiu codziennym; – kształtowanie dobrych nawyków; – uważność i rozważa dotycząca reakcji na komunikaty programowe (nie lekceważenie ich); – świadomość konsekwencji wycieku danych na skutek niekontrolowanego dostępu osób trzecich (skali i skutków cyberataków).

Rodzaj działania	Podjęwane czynności
Korzystanie z usług sprawdzonych specjalistów z branży IT	<ul style="list-style-type: none"> – świadomość poziomu własnej wiedzy na temat zasad bezpiecznego funkcjonowania w sieci; – współpraca z zaufanymi specjalistami ds. IT i utrzymania bezpieczeństwa w sieci.
Monitorowanie rynku IT i tendencji dotyczącej nowych rozwiązań technologicznych	<ul style="list-style-type: none"> – śledzenie dostępnych rozwiązań technicznych i postępu w tej dziedzinie; – śledzenie nowych technologii; – orientacja w nowoczesnym oprogramowaniu; – aktualizacja oprogramowania i systemów zabezpieczeń.
Śledzenie raportów i zestawień oraz doniesień udostępnianych do publicznej wiadomości dotyczących bezpieczeństwa użytkownika sieci	<ul style="list-style-type: none"> – śledzenie forów tematycznych; – zapoznanie z aktualnie zidentyfikowanymi zagrożeniami; – śledzenie ilości i charakteru zdarzeń incydentalnych; – analiza ryzyka na podstawie dostępnych informacji i własnych doświadczeń oraz spostrzeżeń; – wymiana informacji i zgłaszanie zaistniałych zdarzeń incydentalnych odpowiednim organom/instytucjom.

Netykieta [17] stworzona przez samych użytkowników sieci jest przeniesieniem zasad kultury osobistej do przestrzeni internetowej. Zasady właściwego zachowania dotyczą zarówno zachowań ogólnych, jak i komunikacji, tworzenia i prowadzenia stron internetowych, blogów, forów. Netykieta uczy odpowiedzialności za zamieszczane treści i ich formę, a niestosowanie się do jej zasad może skutkować np. usunięciem z grupy dyskusyjnej, nie spowoduje jednak żadnych sankcji karnych. To dobre i sprawdzone praktyki stosowane przez osoby należące do światowej społeczności zrzeszającej użytkowników Internetu. Aktualizowane i przestrzegane zwiększają znacznie bezpieczeństwo w sieci.

Podsumowanie

Pomimo wielu zagrożeń czyhających we współczesnym świecie, szczególnie związanych z działalnością terrorystyczną, Internet ma tendencje do niepohamowanego i niekontrolowanego rozwoju. Odpowiednio ukierunkowana edukacja w zakresie bezpiecznego użytkownika sieci (prowadzona już od naj-

młodszych lat), budowanie świadomości odnośnie do zagrożeń i ich konsekwencji dla przeciętnego człowieka, zarówno w pracy, jak i na gruncie prywatnym, odpowiedzialność za podejmowane decyzje, zamieszczane informacje, ich formę oraz sposób przechowywania, stosowanie właściwie dobranych narzędzi i rozważa oraz netykieta stanowią najlepszą gwarancję bezpieczeństwa w Internecie. Bogate zasoby sieci i dostępne rozwiązania wykorzystywane w słuszny i odpowiedzialny sposób wzbogacają człowieka, pozwalając na korzystanie z dobrodziejstw nowoczesnych rozwiązań technologicznych i technicznych, zachowując niezależność i wolność wyboru.

Internet jest „zjawiskiem” zasługującym na szczególną troskę w zakresie utrzymania wolności słowa i wygłaszanych tą drogą poglądów oraz likwidowania barier międzyludzkich i terytorialnych. Wprowadzenie RODO (*Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych*), cenzury związanej z „poprawnością wypowiedzi” oraz przyjętej *Ustawy o prawach autorskich i jednolitym rynku cyfrowym* stanowi jedno z bardziej znaczących zagrożeń, gdyż znacznie ograniczy swobodę wymiany poglądów i informacji, zmieniając tym samym oblicze Internetu.

Literatura

- [1] <http://euroislam.pl/dzihadysci-po-ciemnej-stronie-sieci/> (data dostępu: 12.04.2018).
- [2] <http://libertarianin.org/forum/co-to-jest-darknet/> (data dostępu: 10.05.2018).
- [3] <http://euroislam.pl/app/uploads/2015/06/18.jpg> (data dostępu: 12.04.2018).
- [4] Haughey H., Epiphaniou G., Al-Khateeb H.M., *Anonymity networks and the fragile cyber ecosystem*, [in:] *Network Security*, Vol. 2016, Issue 3, March 2016, p. 10–18.
- [5] Inoue D., Suzuki M., Eto M., Yoshioka K., Nakao K., *DAEDALUS: Novel Application of Large-Scale Darknet Monitoring for Practical Protection of Live Networks*, [in:] *Recent Advances in Intrusion Detection*, Volume 5758 of the series *Lecture Notes in Computer Science*, 2009, p. 381–382.
- [6] <http://libertarianin.org/freenet-uwolnij-swoje-ego-cz-1/> (data dostępu: 10.05.2018).
- [7] <https://www.torproject.org/> (data dostępu: 7.05.2018).
- [8] Grabowski J., *Darknet – internet do którego lepiej nie wchodzić*, [w:] *Komputer Świat*, maj 2012.
- [9] Opulski P., *Po drugiej stronie lustra - ciemne zakątki Internetu*, [w:] *Komputer Świat*, marzec 2015.

-
- [10] Raport roczny z działalności CERT Polska, Krajobraz bezpieczeństwa polskiego Internetu 2016, https://www.cert.pl/PDF/Raport_CP_2016.pdf (data dostępu: 4.05.2018).
- [11] Krakowiak M., Bajor T., Rydz D., *Systemy biometryczne jako metoda zapobiegania zagrożeniom bezpieczeństwa publicznego*, [w:] Inżynieria bezpieczeństwa a zagrożenia cywilizacyjne. Wyzwania dla bezpieczeństwa (red.) Gil Alina, Nowacka U., Chmiel M., Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie, Częstochowa 2013, s. 273–280.
- [12] Prauzner T., *Systemy monitoringu w inteligentnym budynku*, [w:] Prace Naukowe AJD, Edukacja Techniczna i Informatyczna red. A. Gil, tom VII, 2012, s. 113–124.
- [13] Prauzner T., *Bezpieczeństwo i edukacja w zmieniającej się rzeczywistości*, [w:] Edukacja XXI wieku, Przestrzenie edukacyjnego współdziałania w budowaniu społeczeństwa obywatelskiego, red. Górecka K., Kukiewicz A., 41 t.2, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2017, s. 31–40.
- [14] Kotyśko M., Izdebski P., Michalak M., Andryszak P., Pluto-Prądyńska A., *Nadmierne korzystanie z sieci społecznościowych*, [in:] Alcoholism and Drug Addiction, Vol.27, Issue 2, 2014, p. 177–194.
- [15] <http://krytykapolityczna.pl/swiat/fake-newsy-czyli-biznes-jak-kazdy-inny/> (data dostępu: 7.05.2018).
- [16] <https://tech.wp.pl/do-czego-moze-doprowadzic-wszczepianie-sobie-chipow-pod-skore-6034897528504961a> (data dostępu: 15.05.2018).
- [17] <http://webowadbp.wixsite.com/netykieta> (data dostępu: 15.05.2018).



Renata Musielińska, Agnieszka Bąbalewska, Wojciech Ciesielski

Zakład Biologii i Ochrony Środowiska

Instytut Chemii, Ochrony Środowiska i Biotechnologii

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa

e-mail: r.musielinska@ajd.czyst.pl

OCENA STOPNIA ZAGROŻENIA FE, MN, ZN I CU BORÓWKI CZERNICY (*VACCINIUM MYRTILLUS* L.) NA TERENIE ZAŁĘCZAŃSKIEGO PARKU KRAJOBRAZOWEGO

Streszczenie. Rośliny lecznicze coraz chętniej wykorzystywane są w zapobieganiu i/lub leczeniu wielu chorób, a zalety fitoterapii i naturalnych metod leczenia na stałe zagościły w nowoczesnym leczeniu. Jednak wysoka zawartość metali ciężkich w gatunkach leczniczych może eliminować je z zastosowań medycznych, ujemnie wpływać na proces terapeutyczny oraz stać się dodatkowym źródłem narażenia na te pierwiastki. W tej sytuacji, przestrzeganie norm maksymalnej zawartości metali w roślinach staje się koniecznością, szczególnie w przypadku gatunków leczniczych, konsumpcyjnych lub paszowych.

Celem badań było określenie zawartości metali: żelaza, manganu, cynku i miedzi w borówce czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.). Próbki roślinne (część nadziemną oraz część podziemną) pobrano na 10 stanowiskach badawczych w Załęczańskim Parku Krajobrazowym. Zawartości badanych pierwiastków oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) z wykorzystaniem aparatu VARIAN AA 240.

Zawartość żelaza w borówce czernicy była podobna na wszystkich stanowiskach badawczych i mieściła się w granicach: 20,316–25,994 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części podziemnej; 22,865–25,324 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części nadziemnej roślin. Biodostępne ilości manganu w *Vaccinium myrtillus* były niższe od zawartości żelaza, przy czym ilości odnotowane w części podziemnej były dwukrotnie wyższe niż w części nadziemnej borówki czernicy (Mn w części nadziemnej: 4,311–4,584 $\mu\text{g/g}$ s.m.; Mn w części podziemnej: 8,519–9,054 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Podobnie niższe zawartości odnotowano dla cynku – część nadziemna: 1,204–1,386 $\mu\text{g/g}$ s.m.; część podziemna: 1,770–2,023 $\mu\text{g/g}$ s.m. W przypadku miedzi nie odnotowano wartości większej niż 0,05 $\mu\text{g/g}$ s.m. (dla obu części borówki na wszystkich stanowiskach pomiarowych).

Prezentowane wyniki zawartości żelaza, manganu, cynku i miedzi w *Vaccinium myrtillus* opisują przydatność tej rośliny w celach konsumpcyjnych i leczniczych.

Słowa kluczowe: żelazo, mangan, cynk, miedź, borówka czernica, rośliny lecznicze, Załęczański Park Krajobrazowy.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF THREAT OF FE, MN, ZN AND CU BILBERRY (*VACCINIUM MYRTILLUS* L.) IN THE AREA OF THE ZAŁĘCZE LANDSCAPE PARK

Abstract. Medicinal plants are more and more willingly used in the prevention and/or treatment of many diseases, and the advantages of phytotherapy and natural methods of treatment have become a permanent feature of modern medicine. However, the high content of heavy metals in medicinal species can eliminate them from medical applications, adversely affect the therapeutic process and become an additional source of exposure to these elements. In this situation, observance of the maximum metal content standards in plants becomes necessary, especially in the case of medicinal, consumer or feed species.

The aim of the study was to determine the content of iron, manganese, zinc and copper in the blueberry of saithe (*Vaccinium myrtillus* L.). Plant samples (aboveground part and underground part) were taken at 10 research sites in the Załęcze Landscape Park. The contents of the tested elements were determined by atomic absorption spectrometry (ASA) with the use of VARIAN AA 240 apparatus.

The iron content of blueberry was similar at all research sites and was within the following limits: 20.316–25.994 µg/g s.m. in the underground part; 22,865–25,324 µg/g s.m. in the aboveground part of the plants. The bioavailable quantities of manganese in *Vaccinium myrtillus* were lower than the iron content, while the quantities recorded in the underground part were twice as high as in the aboveground part of blueberry (Mn in the aboveground part: 4,311–4,584 µg/g s.m.). Month in the underground part: 8.519–9.054 µg/g s.m.). Similarly, lower levels were recorded for zinc – above ground part: 1.204–1.386 µg/g s.m. underground: 1,770–2,023 µg/g s.m. In the case of copper, no value greater than 0.05 µg/g s.m. was recorded. (for both parts of blueberry at all measuring points).

The presented results of iron, manganese, zinc and copper content in *Vaccinium myrtillus* describe the usefulness of this plant for consumption and treatment.

Keywords: iron, manganese, zinc, copper, bilberry, medicinal plants, Załęcze Landscape Park.

Wprowadzenie

Nowoczesne leczenie coraz częściej wykorzystuje zalety fitoterapii, a rośliny lecznicze chętnie wykorzystywane są w zapobieganiu i/lub leczeniu wielu chorób. Skuteczność stosowania leków ziołowych zaobserwowano w chorobach przewlekłych, w stanach ostrych i podostrych. W praktyce medycznej fitofarmaceutyki są stosowane jako leki główne lub środki uzupełniające. Ich wartość lecznicza jest ogromna, a światowe wykorzystanie na tle wszystkich leków – imponujące (30–40%). Składniki zawarte w gatunkach leczniczych mogą poprawić funkcjonowanie naszego organizmu. Dodatkową ich zaletą jest obecność łatwo przyswajalnych przez człowieka mikro- i makroelementów (także jonów metali, których jednak nadmiar jest szkodliwy). Wzrastające zanieczyszczenie środowiska sprawia, że gatunki lecznicze mogą być nazbyt obciążone toksynami (w tym, metalami ciężkimi), co ze względu na ich przeznaczenie – nie jest wskazane. W sytuacji coraz większego zainteresowania fitoterapią w leczeniu, zjawisko to jest bardzo niebezpieczne. Wysoka zawartość metali ciężkich w ziołach może ujemnie wpływać na proces terapeutyczny, osłabiać działanie lecznicze stosowanych fitofarmaceutyków oraz stać się dodatkowym źródłem narażenia na metale ciężkie [21]. W tej sytuacji, przestrzeganie norm maksymalnej zawartości metali w roślinach staje się koniecznością, szczególnie w przypadku gatunków leczniczych, konsumpcyjnych lub paszowych [27, 33].

Wśród wielu metod oceniających stopień zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi [20], znajdują się także powszechnie stosowane metody bioindykacyjne. Wykorzystują one zdolności organizmów (np. mchy, porosty) do wewnątrzustrojowego akumulowania składników chemicznych - głównie metali ciężkich [33]. Istnieją gatunki o wybitnych zdolnościach kumulacji jednego lub kilku pierwiastków, których charakterystyczna wrażliwość umożliwia ocenę obciążenia środowiska metalami [13, 15, 23, 26]. Jak podaje Bylińska [5] są to: *Vaccinium myrtillus*, *Tussillago farfara*, *Betula pendula*, *Salix caprea*, *Arrhenatherum elatius*, *Caltha palustris*, *Dactylis glomerata*.

Vaccinium myrtillus należy do rodziny wrzosowatych (*Ericaceae*); wielkość krzewinek do 30 cm. Okres kwitnienia przypada od kwietnia do połowy czerwca. Borówka czarna ma ciemnoniebieskie owoce jagodowe z woskowym nalotem. Miąższ tych owoców jest czerwony, a sok ciemnofioletowy. Drobne, jajowate liście mają charakterystyczny drobno piłkowany brzeg. Roślina ta pospolicie występuje na terenie Europy północnej i środkowej, w środkowej Azji i w Ameryce Północnej. Powszechnie rośnie na glebach wilgotnych i kwaśnych w lesno-borowych siedliskach przyrodniczych Polski; tworzy poszycie lasów sosnowych i świerkowych; nie jest chroniona [16]. Znana jest częściej jako czernica lub czarna jagoda. Jej rozłożyste skupiska nazywane jagodziskami możemy spotkać na obszarach czystych oraz zanieczyszczonych [9, 12]. Wyko-

rzystywana jest w bioindykacji (części podziemne i nadziemne) [24, 28]. Roślina ta jest ceniona, głównie za sprawą smacznych owoców i właściwości leczniczych, jakie posiada. To właśnie walory odżywcze i smakowe owoców czarnej jagody sprawiają, że chętnie spożywana jest przez konsumentów. Owoce borówki wykorzystywane są w przemyśle spożywczym jako barwnik soków, win, deserów oraz do wyrobu dżemów i konfitur. Z kolei jej właściwości lecznicze i szerokie spektrum działania (np. antyseptyczne, ściągające, przeciwgorączkowe i przeciwbiegunkowe) powodują, że znajdziemy ją w mieszankach ziołowych. Jest ceniona zarówno w medycynie naturalnej, jak i konwencjonalnej [3, 7, 30]. Surowcem leczniczym borówki czarnej są liście i owoce. Liście zawierają: garbniki (ok. 7%), flawonoidy, antocyjany, kwasy fenolowe i arbutynę. Stosowane są w medycynie w leczeniu cukrzycy typu II oraz w stanach zapalnych przewodu pokarmowego i dróg moczowych (działanie przeciwbakteryjne i przeciwzapalne). Napary z liści stosowano w artretyzmie, złym krążeniu, hemoroidach, stanach zapalnych skóry. Owoce tej rośliny są bogate w: garbniki (5–12%), antocyjany (0,10–0,25%), pektyny, witaminy oraz cukry i znajdują zastosowanie jako środek poprawiający mikrokrążenie w obrębie gałki ocznej (w oftalmologii). Stosowane także jako surowiec przeciwbiegunkowy [9, 11]. Świeże owoce czarnej jagody (100 g) są dobrym źródłem witaminy C (3 mg), katechiny (20 mg) oraz kwercetyny (3 mg). Zawartość antocyjanów jest wielokrotnie wyższa w porównaniu do innych owoców jagodowych i wynosi 300–700 mg / 100 g świeżych owoców. Czarna jagoda jest bogatym źródłem antocyjanów oraz związków o charakterze polifenoli, które to prawdopodobnie odpowiadają za jej prozdrowotne działanie [14]. Cenne składniki borówki czernicy są wykorzystywane w profilaktyce oraz wspomagająco w terapii różnych chorób (np. nowotworowych, sercowo-naczyniowych oraz neurodegeneracyjnych). Czarna jagoda zaliczana jest przez American Herbal Product Association do surowców, co do których stosowania brak jest jakichkolwiek przeciwwskazań (Grupa I – Cass 1) [8, 10].

Celem pracy było określenie zawartości żelaza, manganu, cynku i miedzi w borówce czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.) pozyskanej z terenu Załęczańskiego Parku Krajobrazowego.

Teren badań

Załęczański Park Krajobrazowy (ZPK – Rys. 1.) położony jest na Wyżynie Woźnicko-Wieluńskiej (341.2) oraz w obrębie trzech województw: opolskim, śląskim i łódzkim (współrzędne geograficzne centrum parku: szer. geogr. 51° 07' 03.52"N, dług. geogr. 18° 44' 12.38"E). Został utworzony 5 stycznia 1978 roku (jako jeden z pierwszych w kraju) w celu ochrony jurajskich ostań-

ców wapiennych z licznymi formami krasowymi (w tym jaskiniami) oraz przyrodniczo najcenniejszego i najpiękniejszego odcinka (40 km) rzeki Warty – tzw. Wielki Łuk Warty. Powierzchnia parku wynosi 14 810 ha, natomiast jego strefa ochronna: 12 010 ha [17]. Miejsce to nie tylko zachwyca pięknem krajobrazu, ale stanowi także ostoję dla przedstawicieli wapieniolubnej flory i fauny. Wymienione walory Załęczańskiego Parku Krajobrazowego sprawiły, że teren ten został objęty programem Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000 „Załęczański Łuk Warty” (PLH100007).

Na stan czystości badanego obszaru duży wpływ mają emisje dalekosięgające. Największy udział w tym względzie dotyczy okręgów przemysłowych (Wielunia, Górny Śląsk, Opola oraz Wrocławia i Częstochowy) oraz zakładów (Cementownia „Warta” SA z Działoszyna – emisja 1233,35 Mg/rok oraz Energetyka Ciepła sp. z o.o. w Wieluniu – emisja 241,03 Mg/rok). Dodatkowymi emitorami zanieczyszczeń powietrza są w tym rejonie liczne wapienniki, które przyczyniają się do znaczącego zapylenia powietrza (szczególnie w warunkach pogodowych, tj.: wschodnie wiatry, inwersja) [35].

Material i metody badań

Materiałem do badań były krzewinki czarnej jagody (*Vaccinium myrtillus* L.). Borówka czernica występuje pospolicie w Polsce i jest wykorzystywana jako roślina jadalna i/lub konsumpcyjna. Na terenie Załęczańskiego Parku Krajobrazowego wytypowano 10 stanowisk monitoringowych (każde o powierzchni 10 m²), z których pobrano materiał roślinny do badań (Rys. 1.).

Stanowiska badawcze znajdują się w pobliżu miejscowości: Krzeczowa, Kamion, Niżankowice, Wieszagi, Sęsów, Giętkowizna, Kępowizna, Załęcze Wielkie. Każdą próbę przeznaczoną do analizy (będącą średnią mieszaną) uzyskano poprzez zebranie krzewinek z 15 miejsc każdej powierzchni badawczej. W kolejnym kroku, po wstępnym oczyszczeniu roślin oraz opłukaniu wodą redestylowaną, próbki podzielono na części: nadziemną i podziemną. Następnie po wysuszeniu materiału do stałej masy w temperaturze 65°C, próbki zmielono i poddano mineralizacji w mineralizatorze mikrofalowym MARSXpress firmy CEM, stosując 5 cm³ HNO₃ (V) 65% cz.d.a. Zawartość badanych pierwiastków oznaczono w dwóch powtórzeniach, stosując metodę atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) (aparaturę VARIAN AA 240).

Na każdej powierzchni badawczej została pobrana także próbka gleby z warstwy próchniczo-mineralnej. Glebę wysuszono na powietrzu (próbka powietrznie sucha) oraz przesiano przez sito o $\phi=1\text{mm}$ (rozdzielenie części ziemistych od szkieletowych gleby). Kwasowość czynną próbek oznaczono potencjometrycznie w 25 cm³ H₂O.



Rys.1. Załęczański Park Krajobrazowy wraz z otuliną; stanowiska badawcze: 1–10 (opracowanie autorskie)

Wyniki

Biodostępne ilości badanych metali ciężkich: Fe, Mn, Zn i Cu w borówce czernicy (*Vaccinium myrtillus*) były zróżnicowane. Na wszystkich stanowiskach pomiarowych, wyznaczonych na obszarze Załęczańskiego Parku Krajobrazowego, największe stężenia odnotowano dla jonów żelaza, a najmniejsze dla jonów miedzi. Pojawiające się różnice w obrębie danego pierwiastka dotyczyły jego odmiennych zawartości w części nadziemnej (A) i podziemnej (B) badanego gatunku. Wyniki przeprowadzonych badań prezentuje Tab. 1.

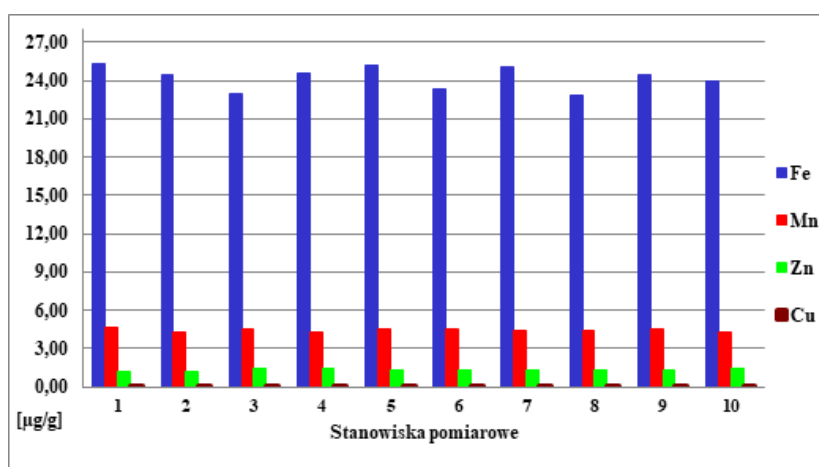
Zawartość żelaza w borówce czernicy była podobna na wszystkich stanowiskach badawczych i mieściła się w granicach: 20,316–25,994 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części podziemnej (B); 22,865–25,324 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części nadziemnej (A) roślin. Biodostępne ilości manganu w *Vaccinium myrtillus* były niższe od zawartości żelaza, przy czym ilości odnotowane w części B były dwukrotnie wyższe niż w części A borówki czernicy (Mn w części nadziemnej: 4,311–4,584 $\mu\text{g/g}$ s.m.; Mn w części podziemnej: 8,519–9,054 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Podobnie niższe zawartości odnotowano dla cynku – część nadziemna (A): 1,204–1,386 $\mu\text{g/g}$ s.m.; część podziemna (B): 1,770–2,023 $\mu\text{g/g}$ s.m. W przypadku miedzi nie odnotowano wartości większej niż 0,05 $\mu\text{g/g}$ s.m. (dla obu części borówki na wszystkich stanowiskach pomiarowych).

Tab. 1. Zestawienie średniej arytmetycznej zawartości Fe, Mn, Zn i Cu [$\mu\text{g/g}$] w częściach nadziemnych (A) i podziemnych (B) borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.) z 10 stanowisk badawczych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego

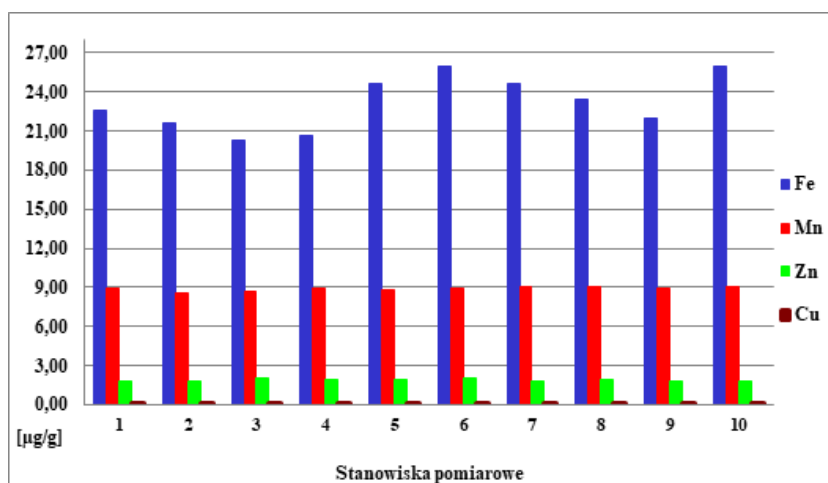
Stanowiska badawcze	Fe		Mn		Zn		Cu	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	25,324	22,628	4,584	8,981	1,204	1,814	0,015	0,021
2	24,431	21,577	4,311	8,519	1,208	1,770	0,016	0,043
3	22,952	20,316	4,496	8,646	1,380	2,023	0,002	0,042
4	24,612	20,691	4,317	8,864	1,386	1,894	0,001	0,016
5	25,202	24,677	4,551	8,827	1,336	1,895	0,011	0,033
6	23,374	25,938	4,475	8,917	1,364	2,019	0,009	0,049
7	24,997	24,623	4,420	9,054	1,291	1,788	0,012	0,026
8	22,865	23,403	4,398	9,013	1,314	1,927	0,004	0,028
9	24,393	21,957	4,565	8,966	1,262	1,781	0,001	0,033
10	23,913	25,994	4,316	8,997	1,378	1,787	0,020	0,028

Stężenia badanych metali w częściach nadziemnych (A) i podziemnych (B) borówki czernicy są zróżnicowane w obrębie poszczególnych stanowisk – Rys. 2 oraz Rys. 3. Największą zawartość jonów żelaza (przekraczającą 25 $\mu\text{g/g}$ s.m.) w części nadziemnej (A) badanego gatunku odnotowano na stanowiskach 1 (25,324 $\mu\text{g/g}$ s.m.) oraz 5 (25,202 $\mu\text{g/g}$ s.m.), a w części podziemnej (B) na stanowiskach 6 (25,938 $\mu\text{g/g}$ s.m.) oraz 10 (25,994 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Wartości najniższe dla jonów żelaza w częściach nadziemnych (A) *Vaccinium myrtillus* stwierdzono na stanowisku 8 (22,685 $\mu\text{g/g}$ s.m.) oraz na stanowisku 3 (20,316 $\mu\text{g/g}$) w częściach podziemnych tej rośliny. W przypadku jonów manganu w borówce czernicy, ich największą ilość odnotowano: w częściach nadziemnych (A) na stanowiskach 1 (4,584 $\mu\text{g/g}$ s.m.), 5 (4,551 $\mu\text{g/g}$ s.m.) oraz 9 (4,565 $\mu\text{g/g}$ s.m.); w częściach podziemnych (B) na stanowiskach 7 (9,054 $\mu\text{g/g}$ s.m.), oraz 86 (9,013 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Najniższą zawartość Mn w *Vaccinium myrtillus* w częściach nadziemnych (A) stwierdzono na stanowiskach 2 (4,311 $\mu\text{g/g}$ s.m.), 4 (4,317 $\mu\text{g/g}$ s.m.) i 10 (4,316 $\mu\text{g/g}$ s.m.), a w częściach podziemnych (B) na stanowisku 2 (8,519 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Jony Zn w największych ilościach odnotowano w częściach nadziemnych (A) borówki czernicy na stanowisku 4 (1,386 $\mu\text{g/g}$ s.m.), a w częściach podziemnych (B) na stanowiskach 3 (2,023 $\mu\text{g/g}$ s.m.) oraz 6 (2,019 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Najniższe wartości dla tego pierwiastka stwierdzono: w częściach nadziemnych (A) na sta-

nowisku 1 (1,204 $\mu\text{g/g}$ s.m.), a w częściach podziemnych (B) na stanowisku 2 (1,770 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Zawartość jonów Cu w omawianej roślinie była wielokrotnie niższa od zawartości jonów żelaza. Wartości najwyższe w częściach A stwierdzono na stanowisku 10 (0,020 $\mu\text{g/g}$ s.m.), a w części B na stanowisku 6 (0,049 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Najniższe wartości dla części nadziemnych (A) odnotowano na stanowisku 4 oraz 9 (po 0,001 $\mu\text{g/g}$ s.m.), a w częściach podziemnych (B) na stanowisku 4 (0,016 $\mu\text{g/g}$ s.m.).



Rys. 2. Porównanie przeciętnych zawartości [$\mu\text{g/g}$] Fe, Mn, Zn oraz Cu w częściach nadziemnych (A) borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.)



Rys. 3. Porównanie przeciętnych zawartości [$\mu\text{g/g}$] Fe, Mn, Zn oraz Cu w częściach podziemnych (B) borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.)

Otrzymane wyniki prezentujące zawartość badanych metali w borówce czernicy pozyskanej z 10 stanowisk pomiarowych Załęczańskiego Parku Krajo-
brazowego pozwalają ustalić ich szeregi ilościowe. Pod względem zawartości jonów żelaza w badanym gatunku, stanowiska układają się w następujących szeregach malejących: dla części nadziemnych (A): $1 > 5 > 7 > 4 > 2 > 9 > 10 > 6 > 3 > 8$; dla części podziemnych (B): $10 > 6 > 5 > 7 > 8 > 1 > 9 > 2 > 4 > 3$. Natomiast średnia zawartość jonów manganu w borówce czernicy szereguje stanowiska w następujący sposób: dla części nadziemnych (A): $1 > 9 > 5 > 3 > 6 > 7 > 8 > 4 > 10 > 2$; dla części podziemnych (B): $7 > 8 > 10 > 1 > 9 > 6 > 4 > 5 > 3 > 2$. Szeregi ilościowe dla jonów cynku to: dla części nadziemnych (A): $4 > 3 > 10 > 6 > 5 > 8 > 7 > 9 > 2 > 1$, dla części podziemnych (B): $3 > 6 > 8 > 5 > 4 > 1 > 7 > 10 > 9 > 2$. Zawartość jonów miedzi w *Vaccinium myrtillus* szereguje stanowiska badawcze następująco: dla części nadziemnych (A): $10 > 2 > 1 > 7 > 5 > 6 > 8 > 3 > 4 > 9$, dla części podziemnych (B): $6 > 2 > 3 > 5 > 9 > 10 > 8 > 7 > 1 > 4$.

Gleba poziomów mineralno-próchnicznych na wszystkich stanowiskach badawczych miała odczyn silnie kwaśny (średnia wartość pH to przedział 3,8–4,2).

Dyskusja

Obecnie w leczeniu wielu chorób coraz częściej wykorzystuje się metody naturalne, w tym fitoterapię. Ziołolecznictwo odnosi sukcesy nie tylko w zapobieganiu chorobom, ale także przy właściwym stosowaniu – w ich leczeniu. Walorem gatunków leczniczych są niewątpliwie ich pochodzenie i dobroczynny skład. Rośliny lecznicze zawierają, m.in.: alkaloidy, garbniki, flawonoidy, glikozydy, olejki eteryczne, witaminy oraz szereg łatwo przyswajalnych mikroelementów, t.j. Fe, Mn, Zn, Cu oraz Cr. Właściwa zawartość biopierwiastków w roślinach jest konieczna do ich prawidłowego funkcjonowania oraz wzrostu (sprzyja także wartościom konsumpcyjnym), natomiast ich nadmiar może stanowić zagrożenie dla zdrowia [15, 34]. Obserwowane duże rozbieżności w zawartości mikro- i makroelementów w roślinach to efekt m.in. różnic gatunkowych i/lub odmian roślin, ich stadium rozwojowego oraz warunków glebowych (typ gleb i jej właściwości), klimatycznych, czy wynik skażenia środowiska [2]. Wytyczne jakościowe dla surowców leczniczych są zawarte w Polskich Normach, jednolicie z wytycznymi Farmakopei Polskiej. Wymagania te dotyczą parametrów jakościowych surowca, jego własności organoleptycznych oraz zawartości związków biologicznie aktywnych, domieszek i zanieczyszczeń [18].

Biorąc pod uwagę rozwój fitoterapii oraz duże zainteresowanie roślinami leczniczymi, ważna staje się ciągła kontrola zawartości w tych gatunkach nie

tylko szkodliwych pierwiastków, ale również niezbędnych mikro- i makroelementów.

Żelazo należy do kluczowych metali w rozwoju roślin. Jest składnikiem niezbędnym dla ich prawidłowego funkcjonowania, metabolizmu oraz syntezy chlorofilu. Pierwiastek ten należy do trudno przyswajalnych przez rośliny, a jego wchłanianie uzależnione jest np. od formy w jakiej występuje, odczynu i wilgotności podłoża oraz wydajności systemu korzeniowego. Rozpatrując zawartość jonów Fe w *Vaccinium myrtillus*, stwierdzono, że waha się ona w granicach: 20,316–25,994 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części podziemnej (B); 22,865–25,324 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części nadziemnej (A) roślin. Faktem pozostaje, iż stwierdzono zbliżone zawartości tego pierwiastka na wszystkich stanowiskach pomiarowych, jednak pozostają one dużo mniejsze od tych spotykanych w literaturze. Parzych [29] podaje koncentrację Fe w liściach borówki czarnej w granicach 57,0–182,0 $\mu\text{g/g}$ s.m., w łodygach 47,0–344,0 $\mu\text{g/g}$ s.m., natomiast w korzeniach od 50,0 do 1019,0 $\mu\text{g/g}$ s.m.; Gworek i Degórski [14] zanotowali wysoką zawartość jonów Fe w borówce 104,0–950 $\mu\text{gFe/g}$ s.m. (dla transektu I) oraz 104,0–2540,0 $\mu\text{gFe/g}$ s.m. (dla transektu II); Mróz i Demczuk [24] natomiast podają zawartość jonów Fe w pędach *Vaccinium myrtillus* w granicach 120,0–217,0 $\mu\text{g/g}$ s.m. Borówka czarna jest gatunkiem, który posiada zwiększone właściwości kumulacyjne w stosunku do Fe; Bylińska [5] wskazuje czarną jagodę jako gatunek o wybitnych zdolnościach do kumulacji tego pierwiastka. Silnie kwaśne środowisko glebowe na wytypowanych stanowiskach badawczych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego również sprzyja biodostępności obecnych tam metali. Mimo to, uzyskane zawartości jonów żelaza są dużo niższe nawet od wartości wskazywanych dla terenów wolnych od zanieczyszczeń (w liściach – 74,0 $\mu\text{gFe/g}$ s.m., w łodygach – 62 $\mu\text{g/g}$ s.m.). Przyczyn niedoboru tego pierwiastka może być kilka, m.in.: obecność metali ciężkich w roztworze glebowym, które ujemnie wpływają na biodostępność składników mineralnych oraz zbyt mała ilość jonów żelaza w podłożu (lub jego trudno przyswajalna forma) oraz duża ilość jonów cynku i/lub manganu w otoczeniu korzeni badanych roślin. W analizowanym gatunku zawartość jonów Pb i Cd nie przekraczała norm (wcześniejsze badania autorów [25]), natomiast jony Zn i Mn występowały w niewielkich stężeniach. Dlatego przypuszczalnie niskie koncentracje jonów Fe w czarnej jagodzie mogły być efektem małej zawartości omawianego pierwiastka spowodowanej okresem pozyskania gatunku w fazie intensywnego wzrostu, słabej wilgotności gleby oraz niskiej wydajności systemu korzeniowego [19].

Mangan to kolejny ważny dla wszystkich roślin metal. Działa jak aktywator reakcji z udziałem enzymów w roślinie. Wchłaniany jest głównie przez system korzeniowy, ale jego transport w wyższe partie roślin nie jest łatwy. W przypadku tego metalu, koncentracja jego jonów w borówce czernicy była niższa od poziomu zawartości jonów żelaza i mieściła się w granicach: 8,519–

9,054 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części podziemnej (B); 4,311–4,584 $\mu\text{g/g}$ s.m. w części nadziemnej (A). Biodostępne ilości manganu odnotowane w części B czarnej jagody były dwukrotnie wyższe niż w części A (co potwierdza udział korzeni w jego wchłanianiu). Zawartość jonów manganu w części podziemnej *Vaccinium myrtillus* znajdują się w dolnych granicach przedziału 10,0–25,0 $\mu\text{g/g}$ s.m. wskazywanych [15] jako te ilości Mn, które pokrywają zapotrzebowanie roślin na ten metal. Jednak, powyższe wyniki mogą wskazywać na niedobór jonów tego pierwiastka, ponieważ zawartość optymalna Mn w roślinach mieści się w szerokich granicach 40–900 $\mu\text{g/g}$ s.m. Stężenie jonów manganu, jaki odnotowali w liściach borówek i poziomki Pomierny i Ciepał, był wyższy od uzyskanych w tych badaniach i mieścił się w granicach 80,4–142,6 $\mu\text{g/g}$ s.m. [31]. Podobnie wyższe wyniki zawartości jonów tego pierwiastka odnotował Lorek (w liściach borówek 10,62–147,93 $\mu\text{gMn/g}$ s.m.) [22]. Wielokrotnie wyższe koncentracje jonów Mn uzyskano także w innych badaniach czarnej jagody [29], a były to wielkości rzędu: 529,2–1736,0 $\mu\text{g/g}$ s.m. w liściach, 658,0–2182,0 $\mu\text{g/g}$ s.m. w łodygach oraz 105,9–746,3 $\mu\text{g/g}$ s.m. w korzeniach omawianej rośliny. Gworek i Degórski [14] także wskazali dużo wyższą zawartość omawianego metalu w pędach borówki czarnej na poziomie nawet do 2489,0 $\mu\text{g/g}$ s.m. Tak wysokie koncentracje jonów manganu wskazują na wybitne zdolności gatunku do kumulacji tego metalu (przy czym stężenie na poziomie 500 $\mu\text{g/g}$ s.m. może być traktowane jako toksyczne przez większość roślin). Jak podają liczne źródła [4, 5, 32] *Vaccinium myrtillus* wyróżnia się wysoką koncentracją Mn w swoich pędach; krzewinka ta określana jest również jako akumulator manganu. Powyższe rozważania nie znajdują jednak potwierdzenia w uzyskanych wynikach z terenu Załęczańskiego Parku Krajobrazowego. Niemniej jednak, odnotowane koncentracje w części B czarnej jagody wskazują na takie ilości tego metalu, które pokrywają zapotrzebowania żywieniowe na ten pierwiastek.

Cynk należy do grupy metali działających stymulująco na rośliny. Jest niezbędny dla ich prawidłowego rozwoju. Niemniej jednak, zarówno jego nadmiar, jak i niedobór działa niekorzystnie na rośliny. Fitoprzyswajalność cynku jest relatywnie duża, a to za sprawą dużej rozpuszczalności związków, w których występuje. W prezentowanych wynikach badań zawartość jonów tego metalu w borówce czarnej była następująca: część nadziemna (A): 1,204–1,386 $\mu\text{g/g}$ s.m.; część podziemna (B): 1,770–2,023 $\mu\text{g/g}$ s.m. Nieco wyższe ilości jonów Zn w części podziemnej (w porównaniu z częścią nadziemną) mogą być rezultatem gromadzenia składników odżywczych głównie w korzeniach (liście w okresie jesiennym opadają z krzewinek) [29]. Porównując otrzymane wyniki z normami zawartości Zn w runie leśnym (15–80 $\mu\text{g/g}$ s.m.), można stwierdzić ogromne niedobory tego pierwiastka w analizowanym gatunku. Otrzymane wyniki są także dużo niższe od wskazywanych ilości jonów cynku potrzebnych na pokrycie potrzeb fizjologicznych roślin (15,0–30,0 $\mu\text{g/g}$ s.m.).

Na terenach wolnych od zanieczyszczeń poziom zawartości jonów Zn w liściach *V. myrtillus* wynosi około 16,8 µg/g s.m. [24] do około 20,0 µg/g s.m. [19], natomiast na obszarach zanieczyszczonych koncentracja jonów Zn w pędach borówki czarnej może wynosić od 24,4 µg/g s.m. [28] do 107,8 µg/g s.m. [14]. Znacznie większe ilości odnotował Lorek [22] w latach 1986-1987 (blisko 57 µg/g s.m.). Zbliżone wyniki otrzymała także Parzych [29] – 14,9–69,4 µgZn/g s.m. w liściach, 38,0–108,0 µgZn/g s.m. w łodygach oraz 9,7–51,4 µgZn/g s.m. w korzeniach omawianej rośliny. Rośliny pobierają cynk proporcjonalnie do jego zawartości w glebie. Fakt ten może sugerować, iż na badanym terenie ZPK gleba charakteryzuje się niską zawartością omawianego metalu. Niewielkie ilości tego pierwiastka w *V. myrtillus* odzwierciedlają także stan powietrza w tym rejonie, które cechuje niska zawartość omawianego metalu [1] (dla cynku odnotowany spadek jego zawartości w powietrzu w 2016 roku w stosunku do średniej z ubiegłych lat wyniósł 48,6% [35]).

Miedź, podobnie jak opisane wyżej pierwiastki, jest także ważnym czynnikiem dla prawidłowego rozwoju roślin, częściej jednak mamy do czynienia z jej niedoborem niż nadmiarem. Dodatkowo należy pamiętać, że miedź jest pierwiastkiem mało ruchliwym, często tworząc trwałe połączenia siarczanowe, węglanowe oraz połączenia z minerałami lub materią organiczną. W badanej borówce czarnej nie odnotowano zawartości jonów Cu większej niż 0,05 µg/g s.m. (dla obu części czarnej jagody na wszystkich stanowiskach badawczych). Takie wartości poziomu Cu w borówce czarnej nie wskazują na zagrożenie tym metalem. Wielokrotnie wyższe wyniki odnotowano w badaniach borówki czarnej z terenu Słowińskiego Parku Narodowego [29], a były to ilości: 0,5–3,0 µg/g s.m. w liściach, 0,6–2,8 µg/g s.m. w łodygach oraz 0,6–1,9 µg/g s.m. w korzeniach czarnej jagody. Normalna zawartość tego pierwiastka w roślinach zawiera się w granicach 2–20 µg/g s.m., ale zwykle poziom zawartości jonów Cu w roślinach jest poniżej 4,0–5,0 µg/g s.m. Dodatkowo warto zwrócić uwagę, że zawartość jonów Cu bywa uzależniona od stadium rozwojowego rośliny oraz jej części. Różnice obserwuje się także w obrębie różnych gatunków oraz odmian. Zwykle na pokrycie potrzeb fizjologicznych, rośliny potrzebują około 2 µg/g s.m. [15]. Jak pokazują badania [14] w zależności od stopnia zanieczyszczenia koncentracja jonów Cu w czarnej jagodzie waha się w przedziale 0,5–8,1 µg/g s.m. Z kolei poziom miedzi w *V. myrtillus* uzyskany przez Pomierny i Ciepał [31] wynosił 8,8–10,5 µg/g s.m. Wyższą zawartość tego metalu odnotowano także w innych pracach [6, 22]. Uzyskane wyniki wskazują, że runo leśne na badanym terenie wolne jest od nadmiernych ilości tego metalu (dla miedzi odnotowany spadek jej zawartości w powietrzu w 2016 roku w stosunku do średniej z ubiegłych lat wyniósł 46,4% [35]). Zaobserwowane stężenia mogą sugerować nawet braki Cu potrzebnej na pokrycie potrzeb fizjologicznych roślin.

Relacje między oznaczonymi metalami (Fe, Mn, Zn oraz Cu), zarówno w częściach nadziemnych (A) oraz częściach podziemnych (B) borówki czerni-

cy na wyznaczonych stanowiskach w Załęczańskim Parku Krajobrazowym, układają się w następujący szereg malejący: Fe > Mn > Zn > Cu. Znajduje to potwierdzenie we wcześniejszych badaniach dotyczących zawartości omawianych metali w korze sosny zwyczajnej na tym terenie [1]. W przypadku jonów Zn i Cu podobną relację zanotowała Parzych [29]. Różnice pojawiły się w przypadku jony Mn i Fe. W prezentowanych badaniach największe ilości odnotowano w czarnej jagodzie dla jonów Fe, a mniejsze dla jonów Mn (dwukrotnie mniej w części nadziemnej A i pięciokrotnie mniejsze w części B) omawianego gatunku. Podobieństwo natomiast dotyczy jonów Fe, ponieważ zarówno w prezentowanych badaniach oraz wynikach ze Słowińskiego Parku Narodowego, metal ten występował w korzeniach *V. myrtillus*.

Obiektywnym kryterium w ocenie jakości gleby pozostaje jej odczyn. Przyjmuje się, iż gleby bardzo kwaśne charakteryzują się wartością pH < 4,5, kwaśne pH 4,6–5,5, lekko kwaśne pH 5,6–6,5, natomiast obojętne i zasadowe pH > 6,5. Tak niskie wartości pH powodują większą biologiczną dostępność metali ciężkich występujących w glebie [14, 28], a przez to mogą powodować zwiększenie zagrożenia ekologicznego tymi jonami. Wartości pH w pobranych próbkach poziomów mineralno-próchnicznych gleby wskazują jednoznacznie na ich silnie kwaśny odczyn (pH 3,8–4,2). Niemniej jednak, otrzymane wyniki zawartości jonów metali w czarnej jagodzie (zarówno w części nadziemnej, jak i podziemnej) nie wskazują na ich nadmierną kumulację (co może świadczyć o tym, iż badany teren nie jest obciążony jonami badanych metali). Potwierdzeniem powyższych rozważań są badania [35], które klasyfikują omawiany teren do obszarów chronionych z glebami kwaśnymi (lub bardzo kwaśnymi) o niskim stopniu obciążenia analizowanymi metalami.

Podsumowując prezentowane wyniki, warto podkreślić niski poziom zawartości jonów metali w borówce czernicy pozyskanej z wytypowanych stanowisk badawczych Załęczańskiego Parku Krajobrazowego. Taki stan może być z jednej strony efektem lokalizacji obszaru badawczego (park krajobrazowy), z drugiej strony na ostateczny wynik mogła mieć wpływ metodyka (rośliny zostały przemyte wodą przed przeprowadzeniem analiz na zawartość badanych metali). Prezentowane wyniki ponownie [25] pozwalają na zaklasyfikowanie badanego obszaru do grupy terenów wolnych od zanieczyszczeń. Niewielkie poziomy jonów metali w *Vaccinium myrtillus* wskazują na znikomy wpływ emisji dalekosięgających (z okręgów przemysłowych Wielunia, Górnego Śląska, Opola, Wrocławia czy Częstochowy) na czarną jagodę. Pozyskiwanie badanego gatunku (surowca zielarskiego w celach leczniczych oraz owoców w celach konsumpcyjnych) z terenu ZPK wolne jest od ryzyka obciążenia organizmu nadmiarem Fe, Zn, Mn oraz Cu. Pamiętać należy jednak, że gatunek ten (ze względu właśnie na niskie zawartości, np. Fe lub Zn) nie może stanowić źródła tych metali w celu ich uzupełnienia w diecie człowieka.

Wnioski

Poziom mikroelementów w *Vaccinium myrtillus* na terenie Załęczańskiego Parku Krajobrazowego był niski i nie przekroczył wartości wskazywanych dla terenów wolnych od zanieczyszczeń.

Silnie kwaśny odczyn gleby nie wpłynął na ilość pobieranych jonów przez czarną jagodę.

Relacje między oznaczonymi metalami w obu częściach borówki czernicy układają się w szereg malejący: Fe > Mn > Zn > Cu.

Prezentowane wyniki zawartości jonów żelaza, manganu, cynku i miedzi w *Vaccinium myrtillus* opisują przydatność tej rośliny w celach konsumpcyjnych i leczniczych.

Literatura

- [1] Bąbełewska A., Musielińska R., Ciesielski W., *Zanieczyszczenia metalami ciężkimi kory sosny zwyczajnej Załęczańskiego Parku Krajobrazowego – ocena zagrożenia*, [w:] Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa, 4, 2016, p. 33–48, DOI: <http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2016.04.03>
- [2] Blicharska E., Kocjan R., Błażewicz A., *Oznaczanie zawartości żelaza, manganu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu w herbatkach ziołowych*, [w:] Bromat. Chem. Toksykol., 60, 2007, p. 145–151.
- [3] Borowska E.J., Szajdek A., *Składniki dietetyczne i substancje biologiczne w owocach aronii, borówki czernicy i porzeczki czarnej*, [w:] Bromatol Chem Toksykol, 2005, p. 181–184.
- [4] Boyd R.S., *The defense hypothesis of elemental hyperaccumulation: status, challenges and new directions*, [in:] Plant and Soil, 293, 2007, p. 153–176, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-007-9240-6>
- [5] Bylińska E., *Studia nad biogeochemią roślin z obszaru występowania złóż polimetalicznych w Rudawach Janowickich (Sudety)*, [w:] Acta Univ. Wratisl., Prace Bot., 1992, p. 50–71.
- [6] Ciepał R., Palowski B., Łukasik I., *Stopień obciążenia metalami ciężkimi i siarką wybranych rezerwatów Beskidu Śląskiego*, [w:] Problemy Ekologii Krajobrazu, 10, 2001, p. 736–741.
- [7] Czech A., Rusinek E., Merska M., *Zawartość wybranych biopierwiastków w owocach i sokach z owoców jagodowych*, [w:] Prob Hig Epidemiol 92(4), 2011, p. 836–839.
- [8] Drozd J., Anuszevska E., *Czarna jagoda – perspektywy nowych zastosowań w profilaktyce i wspomaganiu leczenia chorób cywilizacyjnych*, [w:] Przegl. Med. Uniw. Rzeszow. NIL Warsz., 2, 2013, p. 226–235.

- [9] Duke J.A., Bogenschutz-Godwin M.J., du Cellier J., Duke P-A. K., Handbook of Medicinal Herb. 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton (USA), 2002, p. 74–76, DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s0014479709990585>
- [10] Duthie S.J., *Berry phytochemicals, genomic stability and cancer: Evidence for chemoprotection at several stages in the carcinogenic process*, [in:] Mol. Nutr. Food Res., 51, 2007, p. 665–674, DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.200600257>
- [11] Farmakopea Polska VI, Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne, Warszawa, 2002.
- [12] Ferreira F.M., Peixoto F.P., Nunes E., Sena C., Seica R., Santos M.S., *Vaccinium myrtillus improves liver mitochondrial oxidative phosphorylation of diabetic Gato-Kakizaki rats*, [in:] J. Med. Plant. Res., 4(8), 2010, p. 692–696, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbabi.2010.04.240>
- [13] Gruca-Królikowska S., Waclawek W., *Metale w środowisku. Cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny*, [w:] Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia, 11(1–2), 2006, p. 41–56.
- [14] Gworek B., Degórski M., *Borówka (Vaccinium myrtillus) oraz igły sosny (Pinus silvestris) wskaźnikami zanieczyszczeń środowiska metalami ciężkimi w wybranych siedliskach borowych na obszarze Polski*, [w:] Roczn. Gleb., 51(1/2), 2000, p. 79–86.
- [15] Kabata-Pendias A., Pendias H., Biogeochemia pierwiastków śladowych, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1999, p. 363.
- [16] Kohlmümzer S., Farmakognozja, PZWL, Warszawa, 2000.
- [17] Kondracki J., Geografia regionalna Polski, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 2001.
- [18] Kordana T., *Wymagania jakościowe stawiane surowcom zielarskim przez przemysł*, [w:] Wiad. Ziel., 12, 2002, p. 1–3.
- [19] Kozanecka T., Chojnicki J., Kwasowski W., *Content of heavy metals in plant from pollution-free regions*, [in:] Polish Journal of Environmental Study, 11(4), 2002, p. 395–399.
- [20] Kwapuliński J., Kowol J., Musielińska R., Bebek M., Mitko K., Stempin M., Oleśkow U., Swoboda M., *Zastosowanie równania podziału do oceny wpływu udziału form specjacyjnych metali w glebie na ich zawartości w roślinach leczniczych*, [w:] Gaz, Woda, Technika Sanitarna, 8, 2015, p. 306–309, DOI: <http://dx.doi.org/10.15199/17.2015.8.4>
- [21] Kwapuliński J., Mirosławski J., Rachel R., Wiechuła D., Kraśnicka A., Iwanek K., *Zawartość metali ciężkich w wybranych mieszkach ziołowych*, [w:] Pol. Tyg. Lek., 49, 1994, p. 448–451.
- [22] Lorek E., *Kierunek i dynamika zmian procesów degradacji środowiska pod wpływem antropopresji w rejonie Górnego Śląska*, [w:] Prace Naukowe, Akademia Ekonomiczna, Katowice, 1993.

- [23] Łaszewska A., Kowol J., Wiechuła D., Kwapuliński J., *Kumulacja metali w wybranych gatunkach roślin leczniczych z terenu Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego*, [w:] *Problemy Ekologii*, 11(6), 2007, p. 285–291.
- [24] Mróz L., Demczuk M., *Contents of phenolics and chemical elements in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves from copper smelter area (SW Poland)*, [in:] *Polish Journal of Ecology*, 58(3), 2010, p. 475–486.
- [25] Musielińska R., Bąbelewska A., Ciesielski W., *Ocena zagrożenia ołowiem i kadmem borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.) z terenu Załęczańskiego Parku Krajobrazowego*, [w:] *Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa*, 4, 2016, p. 279–293,
DOI: <http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2016.04.23>
- [26] Musielińska R., Kwapuliński J., Kowol J., *Intoksykacja Pb wybranych roślin z zasięgu oddziaływania Huty Częstochowa*, [w:] *Ekologia i Technika*, 22(4), 2014, p. 193–199.
- [27] Musielińska R., Śliwińska-Wyrzychowska A., *Zawartość ołowiu w wybranych gatunkach roślin o potencjalnym znaczeniu leczniczym*, [w:] *Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa*, 1, 2013, p. 99–118.
- [28] Pająk M., Jasik M., *Zawartość cynku, kadmu i ołowiu w owocach borówki czarnej (*Vaccinium myrtillus* L.) rosnącej w lasach Nadleśnictwa Świerklaniec*, [w:] *Sylvan*, 156(3), 2012, p. 233–240.
- [29] Parzych A., *Zawartość wybranych metali ciężkich w glebie i pędach *Vaccinium myrtillus* L. w Słowińskim Parku Narodowym*, [w:] *Leśne Prace Badawcze*, 75(30), 2014, p. 217–224,
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/frp-2014-0020>
- [30] Piątkowska E., Kopeć A., Leszczyńska T., *Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka*, [w:] *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(77), 2011, p. 24–35,
DOI: <http://dx.doi.org/10.15193/zntj/2011/77/024-035>
- [31] Pomierny S., Ciepał R., *Ocena wieloletniego oddziaływania emisji przemysłowych na gleby i rośliny w granicach strefy ochronnej "Huty Katowice"*, [w:] *Acta Agrophysica*, 4(2), 2004, p. 475–489.
- [32] Reimann C., Koller F., Kashulina G., Niskavaara H., Englmaier P., *Influence of extreme pollution on the inorganic chemical composition of some plants*, [in:] *Environmental Pollution*, 115, 2001, p. 239–252,
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491\(01\)00106-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491(01)00106-3)
- [33] Świercz A., *Rola biowskaźników w monitoringu zanieczyszczeń środowiska i rekultywacji terenów przemysłowych*, [w:] M. Strzyż (red.) *Problemy Ekologii Krajobrazu*, t. XII, Kielce, 2005, p. 235–241.

-
- [34] Ulewicz-Magulska B., Baranowska M., Wesołowski M., *Oszacowanie zawartości miedzi, manganu, cynku i żelaza w ziołach i liściach roślin leczniczych*, [w:] *Bromat. Chem. Toksykol.*, 42(3), 2009, p. 815–82.
- [35] Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi, *Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Łódź 2017.



Michał Pałęga, Dariusz Rydz

Instytut Przeróbki Plastycznej i Inżynierii Bezpieczeństwa

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

e-mail: palega.michal@wip.pcz.pl, rydz.dariusz@wip.pcz.pl

IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ I ANALIZA POZIOMU WYPADKOWOŚCI NA STANOWISKU PRACY STRAŻAKA

Streszczenie. Strażak wykonuje czynności ratowniczo-gaśnicze podczas różnego rodzaju zdarzeń, takich jak: pożary, katastrofy budowlane i chemiczne, wypadki komunikacyjne oraz inne zdarzenia stanowiące zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Zawód strażaka charakteryzuje się szczególnym narażeniem na różnego rodzaju czynniki ryzyka. Wśród nich wyróżnić można: zawalające się konstrukcje, spadający gruz, toksyczne pyły i gazy, wysoką temperaturę oraz atmosferę ubogą w tlen. W artykule dokonano przeglądu zagrożeń zawodowych na stanowisku pracy strażaka oraz zaprezentowano wybrane wskaźniki charakteryzujące poziom wypadkowości strażaków podczas prowadzonych interwencji.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pracy, zagrożenia zawodowe, zawód strażaka, wypadkowość, Państwowa Straż Pożarna.

IDENTIFICATION OF HAZARDS AND ANALYSIS OF THE LEVEL OF ACCIDENT IN THE WORKPLACE FIREFIGHTERS

Abstract. Firefighter performs rescue and firefighting operations during various types of events such as fires, construction and chemical disasters, transport accidents and other events posing a threat to human health and life. The firefighter profession is characterized by particular exposure to various types of risk factors. Among them can be distinguished: collapsing constructions, falling debris, toxic dust and gases, high temperature and oxygen-poor atmosphere. The article reviews the occupational hazards at

the firefighter workplace and presents selected indicators characterizing the level of firefighters accident during interventions.

Keywords: work safety, occupational hazards, firefighter profession, accident, State Fire Service.

Wstęp

Zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy stanowi podstawową regułę prawa pracy i zaliczane jest do podstawowych obowiązków pracodawcy. Szczegóły dotyczącego tego przepisu opisane zostały w art. X Kodeksu Pracy [7]. Stąd też wynika, że Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej zobligowany jest do ochrony zdrowia i życia strażaków podczas pełnionej przez nich służby, poprzez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Realizacja tego obowiązku wymaga identyfikacji i kategoryzacji czynników narażających ratowników na ryzyko związane z wystąpieniem wypadku przy pracy bądź choroby zawodowej.

Strażacy prowadzą działania ratownicze w szkodliwym i szybko zmieniającym się środowisku pracy, w bezpośredniej strefie zagrożenia. Do ich podstawowych obowiązków należy: prowadzenie rozpoznania na miejscu interwencji, zabezpieczenie miejsca akcji, obsługa sprzętu i urządzeń ratowniczych, a w szczególności wykonywanie czynności ratowniczych [2, 5].

Środowisko pracy strażaka charakteryzuje występowanie wielu czynników niebezpiecznych, wśród których wyróżnić można: zimny bądź gorący mikroklimat, zanieczyszczenie powietrza, nadmierny hałas, obciążenia fizyczne, a także stres zawodowy będący następstwem traumatycznych zdarzeń bądź świadomością zagrożenia życia i zdrowia własnego oraz innych ludzi [8].

Te i inne czynniki niebezpieczne mogą niekorzystnie wpływać na stan zdrowia strażaka, wywołując choroby zawodowe bądź też powodując wypadki przy pracy.

W artykule przedstawiono stan bezpieczeństwa i higieny pracy strażaka wykorzystując do tego celu informacje dotyczące występujących zagrożeń zawodowych oraz poziomu wypadkowości w PSP.

Charakterystyka zawodu strażaka

Strażak wykonuje czynności ratownicze zagrożonych ludzi, zwierząt, mienia i środowiska podczas różnych zdarzeń wymagających interwencji związanych z gaszeniem pożarów, walką z klęskami żywiołowymi oraz akcjami ratownictwa technicznego, chemiczno-ekologicznego oraz medycznego.



Rys. 1a . Strażak w ubiorze bojowym oraz aparacie ochrony dróg oddechowych typu nadciśnieniowego
Źródło: [3].



Rys. 1b. Strażak PSP w umundurowaniu specjalnym w stopniu młodszego ogniomistrza

Podstawowy zakres obowiązków strażaka związany jest z organizowaniem, kierowaniem akcjami ratowniczymi oraz ich prowadzeniem. Akcje te mają na celu ochronę życia, zdrowia i mienia, a także likwidację źródeł powstawania pożarów, klęsk żywiołowych i innych zagrożeń miejscowych (katastrofy techniczne, chemiczne, ekologiczne, lotnicze, wypadki drogowe). Oprócz tego, strażak zobligowany jest w wąskim zakresie do podejmowania działań związanych z realizacją spraw administracyjno-kwatermistrzowskich [2, 5]. Pełny zakres obowiązków zawodowych strażaka obejmuje: [2, 4, 5]

- prowadzenie rozpoznania oraz czynności lokalizacyjnych na miejscu działań ratowniczych;
- zabezpieczenie miejsca zdarzenia;
- wykonywanie czynności i działań ratowniczych przy wykorzystaniu metod ratowania ludzi, zwierząt, mienia i środowiska, biorąc pod uwagę specyfikę zdarzenia (np. pożar, katastrofa budowlana, wypadki komunikacyjne, zagrożenia spowodowane materiałami niebezpiecznymi);
- posługiwanie się sprzętem gaśniczym i ratowniczym;
- ewakuacja ludzi, zwierząt i mienia z zagrożonego terenu i/ lub obiektu oraz udzielenie pierwszej pomocy przedlekarskiej poszkodowanym na miejscu akcji ratowniczej;
- posługiwanie się środkami łączności na miejscu działań operacyjnych;
- organizowanie bezpiecznego stanowiska pracy dla siebie i swoich współpracowników;
- konserwowanie wyposażenia technicznego i osobistego jednostek ratowniczo-gaśniczych oraz usuwanie prostych usterek;

- kształcenie kadr dla potrzeb własnych oraz innych jednostek przeciwpożarowych i powszechnego systemu ochrony ludności;
- współdziałanie z innymi służbami (policja, pogotowie ratunkowe, pogotowie gazowe, straż miejska, wojskowe służby techniczne);
- wykonywanie zadań administracyjnych dotyczących spraw kadrowych, logistycznych i finansowych.

Zawód strażaka wykonywany jest w systemie zmianowym, który obejmuje 24 godziny służby (pracy) oraz 48 godzin odpoczynku, co wiąże się również z pracą w niedziele, święta oraz wolne soboty. Poza tym działania ratownicze mogą być podejmowane w dzień bądź w nocy, a czas ich trwania może wynosić od kilkunastu minut do kilkunastu godzin. Oprócz tego, wspomniany wcześniej 24-godzinny czas pracy można podzielić jest trzy zasadnicze okresy:

- *pierwszy* (8 h) powinien być przeznaczony na ćwiczenia, szkolenie oraz konserwację sprzętu;
- *drugi* (8 h) powinien być wykorzystywany na rekreację i wypoczynek;
- *trzeci* (8 h) przeznaczony na czuwanie.

Niezależnie jednak do wyżej przedstawionego podziału, gotowość wyjazdu do akcji utrzymywana jest przez całą dobę (24 h).

Zazwyczaj strażacy podejmują interwencje na terenie podległym konkretnej jednostce. Niemniej jednak w przypadku zdarzeń obejmujących większą część obszaru kraju akcje ratownicze mogą być podejmowane poza przydzieloną jednostką. Praca w zawodzie strażaka jest bardzo wymagająca, nie tylko pod względem fizycznym, ale także psychicznym. Bowiem, każde zdarzenie wiąże się z podejmowaniem odmiennych czynności ratowniczych, których nie da się do końca przewidzieć. Poza tym pracy w zawodzie strażaka ciągle towarzyszy stres, głównie ze względu na świadomość permanentnego narażania na utratę swojego życia i zdrowia, a także poczucie odpowiedzialności za bezpieczeństwo ratowanych ludzi i współpracowników.

Środowisko pracy strażaka – przegląd podstawowych zagrożeń zawodowych

Środowisko pracy strażaka jest bardzo zróżnicowane i zależy od miejsca oraz rodzaju zdarzenia. Sytuacje wymagające podejmowania działań gaśniczo-ratowniczych mogą występować w budynkach (pożary, katastrofy budowlane), na drogach (wypadki i katastrofy komunikacyjne), na większych obszarach (powodzie, pożary lasów), a także w kabinach środków transportu, pod ziemią, na wodzie i pod wodą. Ponadto, praca strażaka odbywa się w zmiennych warunkach atmosferycznych, do których można zaliczyć upał, mróz, odpady deszczu i śniegu, silny wiatr czy dużą wilgotność powietrza. Zawód strażaka charak-

teryzuje się skrajnie wysokim ryzykiem zawodowym, wynikającym z czynników środowiska pracy oraz charakteru wykonywanej pracy. Strażak wykonuje swoje obowiązki w szkodliwych i gwałtownie zmieniających się warunkach. Zawalające się konstrukcje, spadający gruz, gazy i pyły toksyczne oraz uboga w tlen atmosfera to tylko nieliczne przykłady spośród szerokiego katalogu czynników stanowiących ryzyko utraty zdrowia i życia strażaka. Poza tym, praca strażaka wiąże się z wykonywaniem czynności powodujących nadmierny wysiłek fizyczny (np. dźwiganie ciężkich przedmiotów w wysokiej temperaturze otoczenia, a dodatkowo przy obciążeniu ze strony odzieży ochronnej), który powodować może wyczerpanie, urazy z przeciążenia, choroby układu mięśniowo-szkieletowego, wzrokowego, krążenia, uszkodzenie słuchu, czy też ostry zespół przegrzania. Praca pod ciągłą presją czasu, ze świadomością ciągłego zagrożenia własnego zdrowia i życia oraz innych osób, a także traumatyczne sytuacje (np. śmierć, kalectwo) powodować mogą obciążenia psychiczne, a w skrajnych przypadkach stres pourazowy [8].

Zgodnie z Międzynarodową Kartą Charakterystyki Zagrożeń Zawodowych w środowisku pracy strażaka występują następujące czynniki zagrożenia: [4]

Czynniki mogące powodować wypadki:

- niskie stężenie tlenu;
- gorące powierzchnie, powietrze i gazy;
- szkło, metal i inne ostre przedmioty;
- spadające elementy konstrukcji (fragmenty sufitów, murów);
- wypadki komunikacyjne podczas jazdy do akcji;
- prąd elektryczny;
- ulatniające się z uszkodzonej instalacji gazowej gazy;
- substancje chemiczne powstające podczas pożaru;
- śliska i nierówna nawierzchnia, drabiny, schody, dachy, zapadające się stropy;
- praca z narzędziami elektrycznymi i pneumatycznymi;
- praca na wysokości.

Czynniki fizyczne:

- nadmierny hałas podczas akcji gaśniczych;
- wysoka temperatura panująca podczas pożaru;
- niska temperatura podczas akcji gaśniczych w okresie zimowym oraz ratowniczych w wodzie.

Czynniki chemiczne i pyły:

- niedobór tlenu oraz obecność tlenku węgla i innych produktów spalania w powietrzu, w którym oddycha strażak;
- związki chemiczne występujące podczas katastrof chemicznych;
- gazy ulatniające się z nieszczelnych instalacji i zbiorników objętych pożarem;
- środki pianotwórcze i inne materiały (np. dezynfekcyjne).

Czynniki biologiczne:

- czynniki biologiczne powodujące choroby zakaźne, których źródłem mogą być ratowane osoby lub zwierzęta.

Czynniki ergonomiczne, psychospołeczne i związane z organizacją pracy:

- odpowiedzialność za bezpieczeństwo, zdrowie i życie innych osób oraz współpracowników;
- świadomość zagrożenia własnego zdrowia i życia;
- wydarzenia, których świadkiem jest strażak (stres pourazowy);
- praca w trybie dyżurowym (w tym praca nocna);
- nadmierny wysiłek fizyczny.

Analiza poziomu wypadkowości w zawodzie strażaka

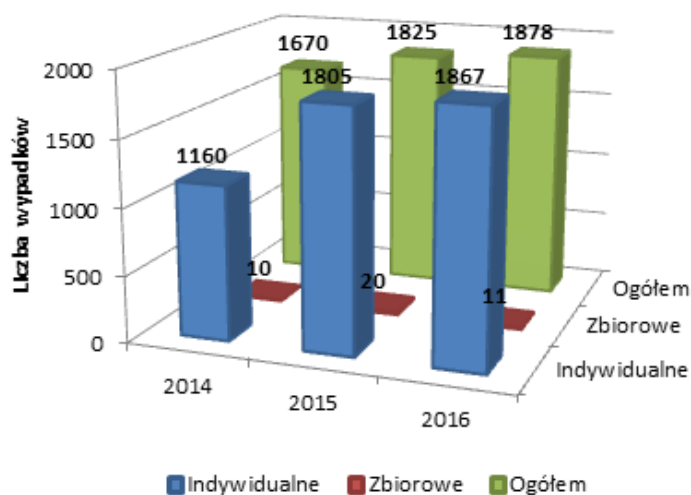
Dla zobrazowania tego, jak niebezpieczne jest środowisko pracy strażaka zaprezentowano wybrane wskaźniki dotyczące stanu wypadkowości w Państwowe Straży Pożarnej w latach 2014–2016.

Wypadki podczas akcji ratowniczo-gaśniczych

Pierwszym opisanym w niniejszej publikacji wskaźnikiem charakteryzującym stan wypadkowości w służbach straży pożarnej jest liczba wypadków, jakie wydarzyły się podczas prowadzonych akcji ratowniczych. Podkreślić należy, iż w 2016 r. odnotowano 446 819 akcji ratowniczych, w których uczestniczyło 1 688 500 ratowników PSP. W odniesieniu do 2015 roku liczba interwencji ratowniczych spadła o 9%, a liczba uczestniczących w akcjach strażaków zmniejszyła się o 4% [1].

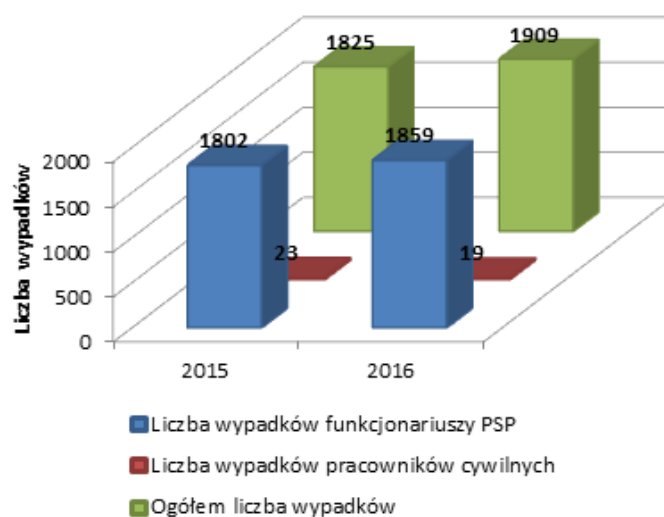
Statystyki dotyczące liczby wypadków, z uwzględnieniem zarówno tych indywidualnych, jaki i zbiorowych przedstawiono na Rys. 1.

Dane dotyczące wszystkich wypadków, jakie wydarzyły się w PSP w latach 2014–2015 pozwalają stwierdzić, iż ich liczba ma tendencję rosnącą. W roku 2016 odnotowano ich wzrost o 53 w stosunku do roku 2015 i o 208 w stosunku do roku 2014. Biorąc pod uwagę wypadki indywidualne, w 2016 r. ich liczba zwiększyła się o 62 zdarzenia w odniesieniu do 2015 roku i o 207 w stosunku do 2014 roku. Nieco inna sytuacja występuje w przypadku wypadków zbiorowych. W 2016 roku zanotowano ich 11, a zatem ich liczba zredukowała się o 9 i osiągnęła podobny poziom jak w 2014 roku – wówczas wystąpiło 10 tego rodzaju zdarzeń. Oprócz tego, analiza liczby wypadków w czasie działań ratowniczych i gaśniczych wskazała, że głównymi okolicznościami wypadków zbiorowych w 2016 r. było: jazda samochodem do interwencji (4) i prowadzenie akcji ratowniczej (3). Poza tym do wypadków zbiorowych dochodziło również podczas konserwacji sprzętu, w drodze do/z pracy oraz w trakcie podróży służbowej [1].



Rys. 1. Liczba wypadków indywidualnych i zbiorowych w PSP w latach 2014–2016
Źródło: [1].

Praca w strukturach PSP nie zawsze wiąże się z wykonywaniem działań ratowniczo-gaśniczych, stąd też nie każdy wypadek wśród pracowników straży pożarnej dotyczyć będzie zawodu strażaka. Wobec powyższego, zasadniczym jest rozróżnienie wypadków na te z udziałem ratowników (funkcjonariuszy) PSP oraz te, w których uczestniczyli pracownicy cywilni (Rys. 2).



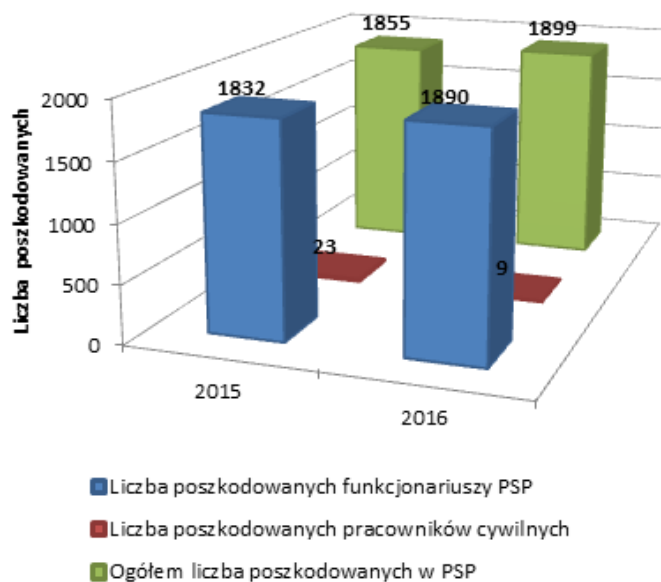
Rys. 2. Liczba wypadków funkcjonariuszy i pracowników cywilnych w PSP w latach 2014–2016
Źródło: [1].

Na podstawie danych zamieszczonych na Rys. 2 można stwierdzić, że w 2016 roku liczba zdarzeń wypadkowych z udziałem funkcjonariuszy PSP wzrosła z 1802 do 1859 – czyli o 57, natomiast liczba wypadków z udziałem pracowników cywilnych PSP spadła o 4 zdarzenia [1]. Sytuacja ta obrazuje, w jak niebezpiecznym środowisku pracują strażacy, będąc nieustannie narażonymi na ryzyko utraty zdrowia i życia.

Poszkodowani w wypadkach PSP w latach 2014–2016

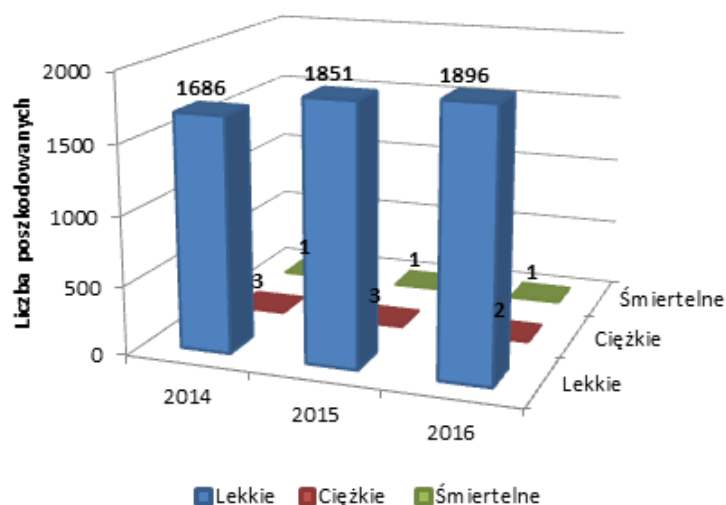
Drugim aspektem, jaki został uwzględniony w analizie poziomu wypadkowości w zawodzie strażaka jest ciężkość wypadków wyrażona liczbą poszkodowanych oraz powagą następstw zaistniałych zdarzeń wypadkowych (lekkie, ciężkie, śmiertelne). Statystyki dotyczące ciężkości wypadków przy pracy najlepiej obrazują skalę niebezpieczeństwa związanego z wykonywaniem zawodu strażaka.

Liczbę poszkodowanych funkcjonariuszy PSP w odniesieniu do wszystkich poszkodowanych w wypadkach zaistniałych w PSP zaprezentowano na Rys. 3. Z kolei Rys. 4 przedstawia liczbę poszkodowanych w wypadkach lekkich, ciężkich i śmiertelnych.



Rys. 3. Liczba poszkodowanych funkcjonariuszy i pracowników cywilnych w PSP w latach 2014–2016
Źródło: [1].

Wzrost liczby wypadków, jakie wydarzyły się w PSP spowodował także wzrost liczby poszkodowanych. W 2016 roku obrażeń podczas świadczenia pracy doznało 1890 funkcjonariuszy PSP, tj. o 58 więcej niż w roku ubiegłym. Biorąc natomiast pod uwagę wypadki z udziałem osób cywilnych, ich liczba spadła o 14.



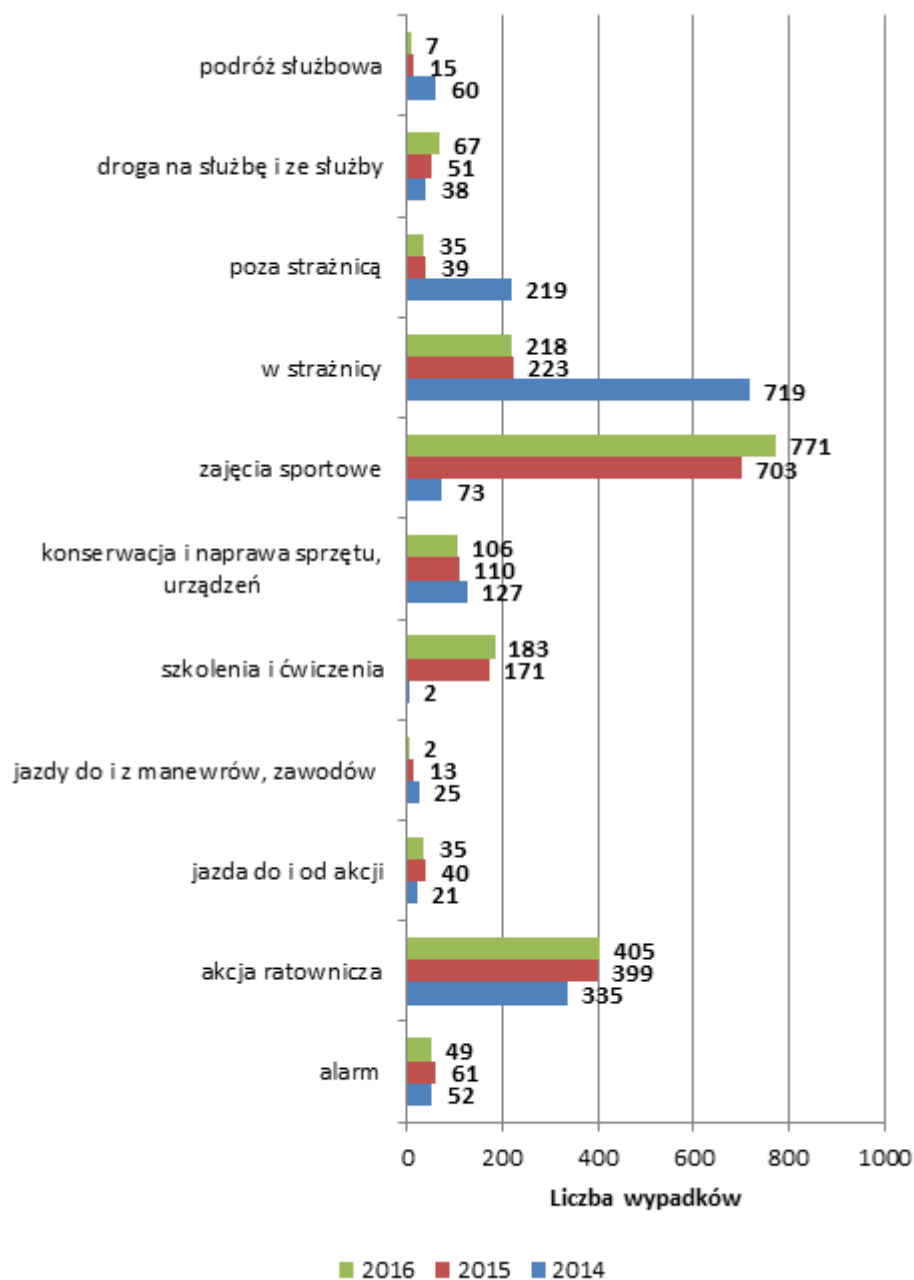
Rys. 4. Liczba poszkodowanych funkcjonariuszy i pracowników cywilnych w PSP w latach 2014–2016
Źródło: [1].

W analizowanym okresie (tj. 2014–2016) liczba osób poszkodowanych w wypadkach lekkich systematycznie wzrasta i w 2016 roku osiągnęła wartość 1896 osób. Sygnałem pozytywnym jest jednak informacja, że w tym samym roku odnotowano spadek liczby poszkodowanych w wypadkach ciężkich z 3 do 2 osób, liczba ofiar śmiertelnych utrzymywała się w ciągu ostatnich trzech lat na stałym poziomie – 1 ofiara śmiertelna.

Do bezpośrednich przyczyn wypadków ciężkich, jakie odnotowano w 2016 roku należy zaliczyć upadek z wysokości (na wspinalni) oraz uderzenie przez spadający konar drzewa [1].

Przyczyny i okoliczności wypadków PSP w latach 2014–2016

Badanie i rejestrowanie wypadków, a także analiza przyczyn i okoliczności ich wystąpienia należy do jednych z podstawowych elementów prewencji wypadkowej. Zebrane bowiem w procedurze powypadkowej informacje pozwalają sformułować zalecenia, które w przyszłości wyeliminują bądź zredukują możliwość wystąpienia podobnych zdarzeń. W zawodzie strażaka występuje wiele czynników mogących powodować wypadki przy pracy. Na Rys. 5 przedstawiono wybrane okoliczności zdarzeń wypadkowych w latach 2014–2016.



Rys. 5. Okoliczności wypadków w PSP w latach 2014–2016
Źródło: [1].

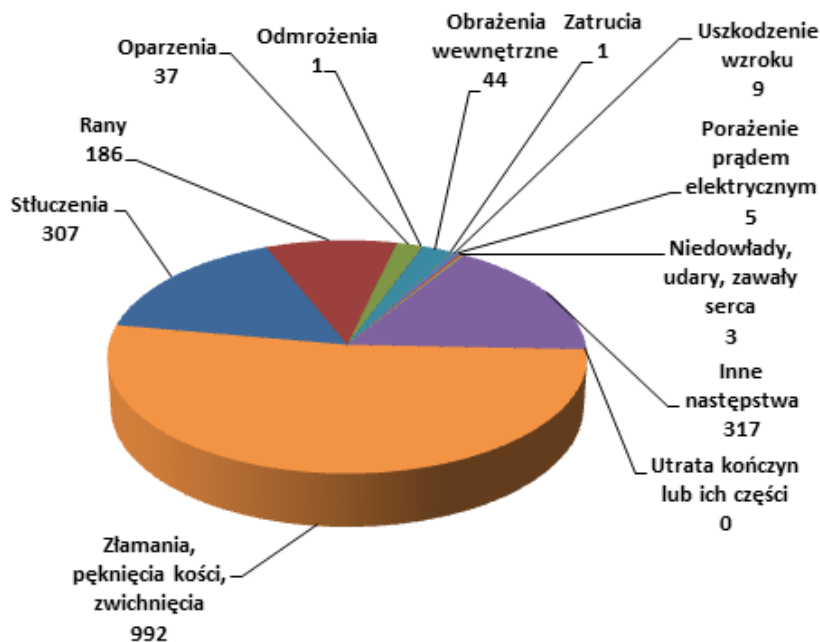
Na podstawie danych zawartych na Rys. 5, można stwierdzić, iż w 2016 roku dominującymi okolicznościami wypadków na służbie oraz w pracy były:

- *zajęcia sportowe* – 771 zdarzeń, czyli 41,1% wszystkich wypadków; odnotowano wzrost o 68 zdarzeń w stosunku do roku ubiegłego;
- *akcja ratownicza, alarm, jazda do akcji* – łącznie 489 zdarzeń, czyli 26% wszystkich wypadków; wystąpił spadek o 11 zdarzeń w odniesieniu do 2015 roku;
- *inne służby* – 253 zdarzenia, czyli 13,5% wszystkich wypadków; zanotowano spadek o 9 zdarzeń w porównaniu do roku ubiegłego.

Z kolei najmniej wypadków odnotowano podczas *podróży służbowych* – 7 wypadków.

Następstwa wypadków PSP w latach 2014–2016

Kolejnym badanym obszarem w zakresie stanu wypadkowości w PSP jest analiza następstw wypadków, która stanowi podstawowy czynnik wpływający na poziom ryzyka zawodowego. W zawodzie strażaka wypadki przy pracy powodować mogą szeroki zakres następstw: poczynając od drobnych obrażeń, poprzez różnego rodzaju rany, obrażenia wewnętrzne, oparzenia i odmrożenia, kończąc na kalectwie oraz śmierci. Zestawienie następstw wypadków w PSP w 2016 roku przedstawia Rys. 6.



Rys. 6. Następstwa wypadków w PSP w 2016 roku
Źródło: [1].

Z danych zawartych na Rys. 6 wynika, że najczęstszymi obrażeniami, jakich doznawali poszkodowani w wypadkach w 2016 roku były: [1]

- *złamania, pęknięcia kości, zwichnięcia* – 992 przypadki, tj. 52,1% wszystkich obrażeń;
- *stłuczenia* – 307 przypadków, tj. 16,1% wszystkich obrażeń;
- *rany* – 186 przypadków, tj. 9,8% wszystkich obrażeń;
- *inne* – do których zalicza się zwichnięcie lub skręcanie stawu, naderwanie lub zerwanie mięśnia bądź ścięgna) – 317 przypadków, tj. 16,7% wszystkich obrażeń.

Reasumując, przeprowadzona identyfikacja i kategoryzacja czynników niebezpiecznych wsparta analizą stanu wypadkowości w PSP wykazały, że strażak narażony jest podczas swojej pracy zawodowej na wiele czynników niebezpiecznych oraz zagrożeń zawodowych. Niemniej jednak nie zawsze muszą one być przyczyną wypadków, w szczególności tych ciężkich bądź śmiertelnych. Zasadnicze znaczenie ma w tym przypadku świadomość występowania zagrożenia, prawidłowe działanie w sytuacji wystąpienia pierwszych symptomów zagrożenia, a także stosowanie środków ochrony ograniczających wpływ tych czynników na zdrowie i życie strażaków [1].

Podsumowanie

Strażak wykonuje czynności ratowniczo-gaśnicze podczas pożarów, katastrof drogowych, budowlanych czy chemicznych oraz klęsk żywiołowych. Pracuje on w bezpośredniej strefie zagrożenia, ratując zdrowie i życie poszkodowanych, ich mienie, czy środowisko naturalne. Podczas akcji ratowniczych strażak może być narażony na szereg czynników niebezpiecznych wśród, których można wyróżnić niskie stężenie tlenu, zanieczyszczenie powietrza, kontakt z czynnikami chemicznymi i biologicznymi, wysoką temperaturę, porażenie prądem elektrycznym oraz zapylenie [6]. Wypadki przy pracy bądź choroby zawodowe strażaków mogą być przyczyną ich kalectwa lub śmierci, dlatego też zawód strażaka charakteryzuje się bardzo wysokim poziomem ryzyka zawodowego [4].

Dane statystyczne dotyczące stanu wypadkowości w PSP wskazują jednak, że do wypadków przy pracy strażaków najczęściej dochodzi podczas zajęć sportowych, prowadzonych interwencji ratowniczych, jazdy do akcji ratowniczej, alarmu oraz innej służby. Z kolei do najczęściej doznawanych obrażeń zaliczyć należy: złamania, pęknięcia kości i zwichnięcia, stłuczenia, rany i inne obrażenia. Oprócz tego podkreślić należy, że liczba wypadków ciężkich w badanym okresie systematycznie malała, a wypadki śmiertelne utrzymywały się na tym samym poziomie i dotyczyły jednostkowego przypadku. Sytuacja taka świadczyć może o tym, iż stosowane środki ochrony charakteryzują się znaczną

skutecznością, a strażacy właściwie potrafią reagować w chwilach występowania zagrożenia. Zapewne nie byłoby to możliwe bez dynamicznego przeprowadzania oceny ryzyka, tuż po przybyciu zastępów na miejsce akcji.

Literatura

- [1] Biuletyn Informacyjnych Państwowej Straży Pożarnej za rok 2016; <http://www.straz.gov.pl/aktualnosci/biuletyny> [data dostępu 08.05.2017]
- [2] <ftp://kwalifikacje.praca.gov.pl/> [data dostępu: 05.05.2017]
- [3] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Strażak> [data dostępu: 03.05.2017]
- [4] <https://www.ciop.pl> [data dostępu: 02.05.2017]
- [5] Kwiatkowski S.M, Woźniak I., Krajowe Standardy Kwalifikacji Zawodowych. Kontekst europejski, Ministerstwo Gospodarki i Pracy, Warszawa 2004;
- [6] Romankowska-Słomka I, Strażak [w:] Atest, nr 9/2010, s. 60–62.
- [7] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (tekst jedn.: Dz.U. z 2018 r., poz. 917).
- [8] Wejman M., Przybylski K, Identyfikacja zagrożeń na stanowisku strażaka zawodowego [w:] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i zarządzanie, nr 59/2013, s. 69–84.



Adrian Barasiński¹, Paweł Czaja², Michał Gąsiewski³

¹*Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie*

ul. Sabinowska 62, 42–200 Częstochowa

e-mail: barasinska@cspsp.pl

²*Politechnika Częstochowska*

Wydział Elektryczny

al. Armii Krajowej 17, 42–200 Częstochowa

e-mail: czajap@el.pcz.czest.pl

³*Szkoła Główna Służby Pożarniczej*

Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego

ul. Juliusza Słowackiego 52/54, 01–629 Warszawa

e-mail: mgasiewski@sgsp.edu.pl

PRĄD ELEKTRYCZNY ZAGROŻENIEM DLA STRAŻAKÓW

Streszczenie. Strażacy, prowadząc działania ratowniczo-gaśnicze w budynkach, w wypadkach związanych z ruchem drogowym lub kolejowym, narażeni są na zagrożenia wynikające z obecności urządzeń i instalacji pod napięciem. Sieci i instalacje elektryczne są nieodzownym elementem nowoczesnej infrastruktury.

Użytkownicy urządzeń elektrycznych mogą być narażeni na różnego rodzaju zagrożenia, zależnie od budowy urządzeń i odbiorników energii elektrycznej, sposobu wykonania instalacji, niedopasowania urządzeń do warunków technicznych eksploatacji i otoczenia oraz od niezadawalających umiejętności personelu obsługującego te urządzenia.

W związku z tym strażak przystępując każdorazowo do działań, zobligowany jest do wyeliminowania zagrożeń wynikających z możliwości wystąpienia przepływu prądu elektrycznego przez jego ciało podczas akcji. Z reguły sprowadza się to do odłączenia akumulatorów w pojazdach mechanicznych, odłączenia sieci lub instalacji elektrycznych doprowadzonych do budynku przez Pogotowie Energetyczne lub wyłączenia zasilania z użyciem wyłącznika głównego prądu. Jednakże różnorodność urządzeń oraz instalacji elektrycznych funkcjonujących w obrębie konkretnego obiektu może budzić wątpliwości, czy „wszystko” odłączono i nie występuje niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym.

Na tą ewentualność każdy strażak wyposażony jest w odpowiedni sprzęt, obuwie dielektryczne oraz detektory prądu przemiennego. Niemniej jednak, ważne jest, aby każdy strażak posiadał elementarną wiedzę na temat zasad postępowania w obrębie czynniej

sieci elektroenergetycznej oraz negatywnego oddziaływania prądu elektrycznego na jego organizm.

W artykule zawarto informacje na temat wpływu przepływu prądu elektrycznego przez organizm człowieka, metod ograniczania jego negatywnych skutków oraz zasad postępowania podczas zdarzeń z udziałem prądu elektrycznego, w aspekcie przepisów prawa i ochrony osobistej strażaków.

Słowa kluczowe: prąd elektryczny, straż pożarna, porażenie, pożar, bezpieczeństwo pożarowe.

ELECTRICITY DANGER FOR FIREFIGHTERS

Abstract. Firefighters, while carrying out rescue and extinguishing operations in buildings, in cases related to road or rail traffic, are exposed to hazards resulting from the presence of electric voltage equipment and installations. Electrical grid and installations are an indispensable element of modern infrastructure.

Users of electrical devices may be exposed to various types of hazards, depending on the construction of devices and electric energy receivers, the method of installation, equipment mismatches for the technical conditions of use and surroundings, as well as the unsatisfactory skills of the personnel operating these devices.

Therefore, each time a firefighter joins the action, they are obliged to eliminate threats resulting from the possibility of electric current flow through his body during the action. As a rule, this amounts to disconnecting the batteries in motor vehicles, disconnecting the network or electrical installations brought to the building by the Energy Emergency Service or switching off the power supply using the main power switch. However, the diversity of devices and electrical installations functioning within a particular facility may raise doubts whether "everything" has been disconnected and there is no danger of electric shock.

For this eventuality, every firefighter is equipped with appropriate equipment, dielectric footwear and AC detectors. Nevertheless, it is important that every firefighter has an elementary knowledge of the rules of conduct within the active power grid and the negative impact of electricity on his body.

The article contains information on the impact of electric current flow through the human body, methods of limiting its negative effects and rules of conduct during events involving electric current in the aspect of law and personal firefighters protection.

Keywords: electric current, the State Fire Service, electric shock, fire, fire safety.

Skutki rażenia prądem elektrycznym

Prąd elektryczny przepływający przez organizm człowieka wywołuje w nim zmiany fizyczne, chemiczne i biologiczne, ogólnie nazywane porażeniem elektrycznym. Powstałe pole elektryczne powoduje przemieszczanie się obdarzonych ładunkiem elektrycznym cząsteczek, z których zbudowane są komórki organizmu. Powoduje to zmiany stężeń jonów w poszczególnych częściach komórek oraz w przestrzeniach międzykomórkowych. Zmiany stężeń jonów wewnętrznych i zewnętrznych komórek prowadzą do zaburzeń ich funkcjonowania [3].

Skutki rażenia prądem elektrycznym zależą od:

- rodzaju prądu: prąd przemienny o małej częstotliwości (15 ÷ 100 Hz), prąd przemienny o dużej częstotliwości, krótkotrwały, jednokierunkowy impulsowy, prąd stały,
- wartości napięcia i natężenia prądu rażeniowego oraz czasu jego przepływu,
- drogi przepływu prądu przez ciało człowieka,
- stanu psychicznego porażonego,
- temperatury i wilgotności skóry,
- powierzchni styku z przewodnikiem,
- siły docisku przewodnika do naskórka.

Prąd przemienny o częstotliwości od 15 do 100 Hz powoduje najgroźniejsze dla życia reakcje organizmu, stąd skutki rażenia nim rozpatruje się szczególnie wnikliwie [3].

Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki może być pośrednie lub bezpośrednie.

Działanie pośrednie – powstające bez przepływu prądu przez ciało człowieka, powoduje takie urazy, jak:

- oparzenia ciała wskutek pożarów wywołanych zwarcieniem elektrycznym lub spowodowane dotknięciem do nagrzaných elementów,
- groźne dla życia oparzenia ciała łukiem elektrycznym, a także metalizacja skóry spowodowana osadzeniem się roztopionych cząstek metalu,
- uszkodzenia wzroku wskutek dużej jaskrawości łuku elektrycznego,
- uszkodzenia mechaniczne ciała w wyniku upadku z wysokości lub upuszczenia trzymanego przedmiotu.

Działanie bezpośrednie – porażenie elektryczne wskutek przepływu prądu elektrycznego przez ciało ludzkie (tzw. prądu rażeniowego), może wywołać wiele zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych w organizmie (a nawet śmierć człowieka) poprzez oddziaływanie na układ nerwowy oraz w wyniku elektrolizy krwi i płynów fizjologicznych.

Porażenie elektryczne bezpośrednio może objawiać się:

- odczuwaniem bólu przy przepływie prądu, kurczami mięśni (skurcz mięśni dłoni może uniemożliwić samouwolnienie się porażonego),

- zatrzymaniem oddechu, zaburzeniami krążenia krwi,
- zaburzeniami wzroku, słuchu i zmysłu równowagi,
- utratą przytomności,
- migotaniem komórek sercowych (fibrylacja) – bardzo groźnym dla życia człowieka, gdyż zazwyczaj prowadzi ono do zejścia śmiertelnego,
- oparzenia skóry i wewnętrznych części ciała, do zwęglenia włącznie.

Do porażenia bezpośredniego może dojść także w wyniku zbyt blizkiego zbliżenia się do urządzenia elektroenergetycznego – przypadek porażenia łukiem elektrycznym.

Większość porażen i oparzeń prądem elektrycznym występuje przy styczności człowieka z urządzeniami i instalacjami elektrycznymi prądu przemiennego 50 Hz i napięciu 230/400 V. W tabeli 1 zestawiono średnie wartości prądu rażenia o częstotliwości 50 Hz i odpowiadające im reakcje organizmu.

Tabela. 1. Wartości progowe rażenia prądem 50 Hz [3]

Odczucie i reakcja na prąd zmienny 50 Hz przepływający przez ciało człowieka	Prąd rażeniowy [mA]
Próg odczuwania przepływu prądu w miejscu styku z elektrodą o małej powierzchni, mrowienie	0,1 ÷ 0,6
Wyczuwalność wyraźna, łaskotanie i swędzenie, lekkie skurcze mięśni dłoni	0,8 ÷ 2
Wyczuwalność bolesna, cierpienie dłoni i przegubów, lekkie usztywnienie rąk i nieznaczny wzrost ciśnienia tętniczego krwi	2 ÷ 4
Silna reakcja nerwowa, nerwobóle przedramienia, lekkie skurcze dłoni, usztywnienie i drżenie rąk	4 ÷ 5
Skurcze przedramienia i ramion dochodzące do palców, trudności samodzielnego oderwania się od elektrod, wzrost ciśnienia tętniczego krwi, zaburzenia rytmu serca i oddechu występują po kilku minutach	5 ÷ 15
Bardzo silne i bolesne skurcze mięśni rąk, samodzielne uwolnienie się rażonego jest niemożliwe, możliwość zatrzymania czynności serca w fazie rozkurczu	15 ÷ 30
Skurcze tężcowe mięśni rąk i klatki piersiowej, niemożliwość dokonania wydechu, arytmia serca i duże prawdopodobieństwo zatrzymania jego czynności, utrata świadomości, możliwe migotanie komórek serca	22 ÷ 50

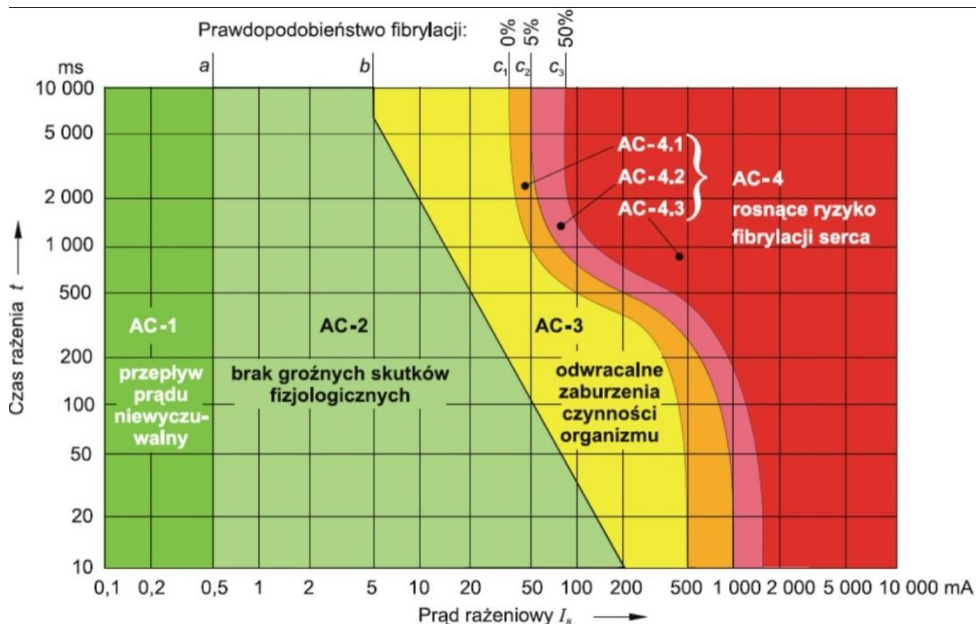
Wpływ rodzaju prądu

Porównując skutki porażenia prądem przemiennym o częstotliwości 50 Hz (60 Hz) i prądem stałym, uważa się, że ten pierwszy jest znacznie bardziej niebezpieczny.

Prąd stały działa na organizm inaczej niż prąd zmienny. Pole elektryczne powoduje przemieszczanie się obdarzonych ładunkiem elektrycznym cząstek, stanowiących składniki komórek. Powoduje to zmiany stężenia jonów w poszczególnych częściach komórek oraz w przestrzeniach międzykomórkowych. Zmiany stężenia jonów wewnątrz i na zewnątrz komórek prowadzą do zaburzeń ich czynności.

Przy prądzie stałym ważny jest również kierunek przepływu prądu. Rozróżnia się tu tzw. prąd wstępujący, przepływający przez ciało przy dodatnim (wyższym) potencjale stóp, oraz prąd wzdłużny zstępujący, przepływający przy ujemnym potencjale stóp. Najgroźniejszy ze skutków – migotanie komór serca – występuje przy prądzie zstępującym o wartościach około dwukrotnie większych niż przy prądzie wstępującym.

Prądy przemiennie o dużej częstotliwości nie powodują poważniejszych przesunięć jonów aż do częstotliwości poniżej 500 Hz. W praktyce więc najbardziej niebezpieczne dla człowieka są prądy przemiennie o częstotliwości 50÷60 Hz.



Rys. 1. Działanie na organizm ludzki prądu elektrycznego o częstotliwości 15÷100 Hz przy przepływie prądu na drodze obie stopy – lewa ręka wg IEC Raport 479-1:1996 [8]

Pogląd, że dla wywołania tych samych skutków rażenia, prąd stały musi być 2÷4 razy większy niż prąd przemienny, dotyczy przypadków, gdy czas rażenia jest znacznie dłuższy niż 0,2 s. Przy krótszych czasach o skutkach rażenia decyduje wartość prądu i praktycznie nie ma znaczenia, czy jest to prąd stały, czy przemienny.

Na Rys. 1 oznaczono zakresy oddziaływania prądu w zależności od czasu przepływu. Kolejno rozpatrując [8]:

AC-1: brak reakcji organizmu,

AC-2: brak szkodliwych efektów fizjologicznych,

AC-3: brak ryzyka migotania komór serca,

AC-4: prawdopodobieństwo migotania komór serca:

AC-4.1 – 5 %, AC-4.2 – do 50 %, AC-4.3 – powyżej 50 %

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym

Użytkownicy instalacji i urządzeń elektrycznych mogą być narażeni na porażenie prądem elektrycznym w sytuacji uszkodzenia lub niesprawności zastosowanych środków ochrony przeciwporażeniowej. W instalacjach i urządzeniach niskiego napięcia, ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym powinna składać się z odpowiedniej kombinacji środka do ochrony podstawowej i niezależnego środka do ochrony przy uszkodzeniu lub wzmocnionego środka ochrony, który zabezpiecza zarówno ochronę podstawową, jak i ochronę przy uszkodzeniu [6]. W przypadku warunków specjalnych wynikających z przeznaczenia urządzenia lub wpływów zewnętrznych, norma [6] nakazuje zastosowanie dodatkowo środków ochrony uzupełniającej.

Ochronę podstawową w instalacjach i urządzeniach użytkowanych przez osoby niewykwalifikowane, stanowią środki techniczne chroniące przed dotykiem bezpośrednim części czynnych. Części czynne powinny być całkowicie pokryte izolacją lub umieszczone w trwale zamocowanych obudowach. Izolacja podstawowa może być usunięta z części czynnych tylko w przypadku jej trwałego zniszczenia. Otwarcie budowy może nastąpić w sytuacji użycia specjalnego klucza lub narzędzia oraz w przypadku, gdy otwarcie spowoduje automatyczne wyłączenie części czynnych spod napięcia [6].

Ochronę przy uszkodzeniu zapewniają rozwiązania techniczne, których zadaniem jest skuteczna ochrona użytkowników urządzeń i instalacji, w przypadku, gdy na częściach przewodzących dostępnych lub obcych pojawi się niebezpieczne napięcie w danych warunkach (ochrona przy dotyku pośrednim). Norma [6] zaleca zastosowanie przynajmniej jednego z niżej wymienionych środków ochrony przy uszkodzeniu, w urządzeniach i instalacjach elektrycznych niskiego napięcia ogólnego przeznaczenia:

- samoczynne wyłączenie zasilania,
- izolacja podwójna lub wzmocniona,
- separacja elektryczna do zasilania jednego odbiornika,
- bardzo niskie napięcie – obwody SELV, PELV.

Zastosowane środki ochrony, powinny zostać umiejętnie dobrane na etapie projektowania i montażu, z uwzględnieniem przeznaczenia danego urządzenia i instalacji oraz przewidywanych wpływów czynników środowiskowych. Użyte środki ochrony w danym przypadku nie powinny mieć wzajemnego wpływ tak, że awaria jednego środka ochrony mogłaby osłabić inny zastosowany środek ochrony [6]. W typowych rozwiązaniach najbardziej rozpowszechnionym środkiem ochrony przy uszkodzeniu jest samoczynne wyłączenie zasilania.

Ochrona uzupełniająca ma zapobiegać porażeniom prądem elektrycznym w przypadku niesprawności bądź ominięcia środków ochrony podstawowej lub przy uszkodzeniu. Stosowanie tej ochrony jest wymagane w warunkach zwiększonego ryzyka porażenia, np. pomieszczenia wilgotne, obwody zasilające urządzenia ręczne. Środki ochrony uzupełniającej, zapewnia zastosowanie wyłączników różnicowoprądowych (RCD), o znamionowym prądzie różnicowym ≤ 30 mA, i/lub dodatkowych ochronnych połączeń wyrównawczych.

Prowadzenie działań w obrębie czynnej sieci energetycznej

Straż pożarna przystępując do działań ratowniczych, w pierwszych krokach zobligowana jest zabezpieczyć miejsce zdarzenia. Należy przez to rozumieć wytyczenie oraz zorganizowanie sobie miejsca pracy m.in. poprzez zniwelowanie ewentualnych zagrożeń wynikających z usytuowania zdarzenia oraz innych czynników mogących mieć negatywny wpływ na prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych. Udzielając pomocy poszkodowanym podczas wypadków komunikacyjnych, w pierwszej kolejności (jeśli jest to możliwe) odłącza się akumulator. Wykonuje się tę czynność po to, aby ewentualne zwarcie lub łuk elektryczny nie spowodował pożaru lub porażenia ratowników i osób poszkodowanych. Podobny algorytm postępowania występuje przy pożarach obiektów budowlanych. Niezależnie od tego, jaki charakter ma zdarzenie, pierwszymi krokami, jakie podejmują służby ratownicze jest odłączenie dopływu gazu i prądu elektrycznego do budynku. Jest to bardzo ważny punkt pracy strażaków, gdyż podawanie prądów wody na instalacje elektryczną będącą pod napięciem może skutkować przepływem prądu elektrycznego w strumieniu wody, co z kolei prowadzi do porażenia. Aby przeciwdziałać takim sytuacjom, ustawodawca wprowadził akty prawne mające na celu regulowanie kwestii bezpieczeństwa podczas działań ratowniczych. Podstawowym aktem jest Rozporządzenie

MSWiA z 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych zasad bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2008 nr 180 poz. 1115). Zapisy owego rozporządzenia w rozdziale 7, podzielone na dwa paragrafy, jednoznacznie określają tok postępowania z uwzględnieniem zasad bhp służby w trakcie prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych w obrębie czynnej sieci elektroenergetycznej. § 79 otrzymał brzmienie: „W czasie akcji ratowniczych, w których występuje możliwość porażenia prądem elektrycznym, strażak współpracuje z odpowiednią służbą techniczną w celu wyłączenia dopływu prądu elektrycznego do urządzeń i instalacji znajdujących się na miejscu akcji”. Natomiast § 80 mówi: „W przypadku, gdy nie został wyłączony dopływ prądu elektrycznego, przyjmuje się, że każde urządzenie, instalacja elektryczna oraz trakcja elektryczna znajdują się pod napięciem”[4]. Niestety z praktyki wiadome jest, że takie pobieżne zalecenia w żaden sposób nie są współmierne z rzeczywistością. Należy podkreślić, że strażacy jako służba poruszająca się po drogach publicznych w sposób uprzywilejowany, na miejscu zdarzenia często pojawiają się już po kilku minutach [1]. W związku z tym oczekiwanie na przyjazd służb energetycznych, trwający często znacznie dłużej, kłóciłoby się z koniecznością niesienia natychmiastowej pomocy w ratowaniu życia i mienia. Z kolei podjęcie działań polegających na wyłączeniu prądu za pomocą wyłącznika głównego prądu lub „zbić” wyłączników nadmiarowo-prądowych w rozdzielni elektrycznej nie daje pełnej gwarancji, wyłączenia zasilania w obiekcie. W obecnych czasach, przerwy w dostawie prądu mogą nieść za sobą poważne skutki w sposobie funkcjonowania budynków, w związku z tym wiele obiektów wyposażonych jest w alternatywne źródła zasilania awaryjnego, uruchamiające się z chwilą zaniku podstawowego zasilania. Jako strażak wielokrotnie spotkałem się z obiektami wyposażonymi w zasilacze UPS, agregaty prądotwórcze z samostartu oraz coraz bardziej popularne przydomowe instalacje fotowoltaiczne wyposażone w akumulatory. Nie sposób pominąć w tym miejscu tej „ciemniejszej strony” zagrożenia, czyli kradzieży prądu prowizorycznymi instalacjami omijającymi wszelakiego rodzaju wyłączniki instalacyjne. Zasadne w tym miejscu staje się wypracowanie w świadomości strażaków-ratowników myśli, że niezależnie od uzyskanych informacji od pogotowia energetycznego, za każdym razem, gdy wchodzi do budynku działają w obrębie czynnej instalacji elektrycznej, w związku z czym zobligowani są zachować szczególną czujność. Ponadto przytoczony powyżej rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) wymaga wprowadzenia nowelizacji ww. rozporządzenia uwzględniającej m.in. zasady postępowania w obrębie OZE, konieczność użycia sprzętu elektroizolacyjnego, prowadzenie specjalistycznego przeszkolenia w aspekcie postępowania przed porażeniem prądem elektrycznym, kontrolę skuteczności działania systemów zabezpieczających, postępowanie z prądem stałym DC, ochronę przed napięciem krokowym i prądem indukcyjnym.

Podręczny sprzęt detekcyjny

Wiadome jest, że człowiek nie posiada zmysłu umożliwiającego mu wykrycie obecności napięcia elektrycznego. W związku z tym, prowadząc działania ratowniczo-gaśnicze, strażacy starają się wykryć i zniwelować to „niewidzialne” zagrożenie dostępnymi sposobami. Jediną słuszną metodą dającą pozytywne efekty jest wykrycie źródła prądu i jego odłączenie. Możliwe jest to wyłącznie dzięki zastosowaniu odpowiednich detektorów prądu. Zgodnie z Rozporządzeniem MSWiA z dnia 21 listopada 2014 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2014 poz. 1793), określone zostały minimalne standardy wyposażenia. Na podstawie owego rozporządzenia, każda Jednostka Ratowniczo-Gaśnicza Państwowej Straży Pożarnej (JRG PSP) zobligowana jest posiadać detektor prądu [5]. Niestety ustawodawca nie precyzuje szczegółowo minimalnych standardów takiego urządzenia. Przekłada się to na pełną dowolność zakupowanego sprzętu, a tym samym rodzą się obawy co do jego skuteczności ochrony strażaków przez zagrożeniem ze strony prądu elektrycznego podczas prowadzonych działań. Ponadto należy podkreślić, że specyfika służby wiąże się z wysoce ekstremalnymi warunkami pracy wykorzystywanego sprzętu [2]. Dobierając detektor prądu, kupujący sugerują się m.in. jego zakresem pracy (najczęściej od 50 V AC i częstotliwości 50 Hz), zasięgiem, możliwościami wykrywania przewodów pod napięciem pod ziemią i w wodzie, sposobem sygnalizacji zagrożenia, odpornością na niskie i wysokie temperatury oraz szczelnością i wytrzymałością na uszkodzenia mechaniczne. Niestety na chwilę obecną na rynku nie ma dostępnego żadnego detektora, który spełniałby te wymagania. Dlatego też pod uwagę brane są jedynie dostępne modele. Są nimi: AC HotStrick, Fireraft trACer (oba produkcji amerykańskiej) oraz DPPE-1 produkcji polskiej. Wszystkie wymienione detektory prądu mają wspólny mianownik. Jest nim wykrywanie prądu elektrycznego przemiennego. Natomiast budowa, zakres działania oraz sposób pracy jest zgoła odmienny.



Rys. 2. Detektor AC HotStrick [9]

Jeden z najpopularniejszych detektorów używanych przez straż pożarną. Zakres jego detekcji lub czułość jest określana jako odległość między urządzeniem a przewodnikiem. Zbudowany został z myślą o wykrywaniu źródeł napięcia przemiennego AC w zakresie częstotliwości 20÷100 Hz w obudowie bryzgoszczelnej. Wyposażony został we własne źródło zasilania w postaci czterech baterii alkalicznych typu AA. Urządzenie pracuje w trzech trybach (czułościach) pracy: HIGH SENSITIVITY – wysoka czułość pozwalająca na wykrycie napięcia przemiennego z największej odległości, LOW SENSITIVITY – niska, czułość wykrywacza jest zredukowana i FRONT FOCUSED MODE – czułość skupiona, precyzyjne wskazanie źródła napięcia. Detekcja sygnału jest definiowana jako częstotliwość emitowania sygnału co najmniej raz na 2 sekundy [2, 9].

Tabela. 2. Zakresy detekcji w zależności od napięcia detektor AC HotStrick [9]

Napięcie [V]	Częstotliwość [Hz]	Obiekt	Tryb pracy		
			Wysoka	Niska	Skupiona
220	50	Pojedynczy przewodnik (1,8 m nad ziemią)	7,5 m	1,5 m	0,18 m
220	50	Pojedynczy przewodnik (1,8 m nad ziemią)	7,5 m	1,5 m	0,18 m
220	50	Przewodnik leżący na mokrej ziemi	0,9 m	0,15 m	0,025 m
100	50	Tak samo	0,4 m	0,06 m	0,01 m
7,2 kV	60	Napowietrzna linia (jeden izolator)	65 m	21 m	6 m
46 kV	60	Napowietrzna linia przesyłowa	Powyżej 150 m	Powyżej 60 m	Powyżej 20 m



Rys. 3. Detektor Fireraft trACer [10]

Bezdotykowy Detektor Prądu AC umożliwiający wykrycie źródła prądu z bezpiecznej odległości. Sposób sygnalizowania zbliżony jest do ww. detektora AC HotStick, tzn. z wyprzedzeniem wydawane są ostrzeżenia dźwiękowe oraz dodatkowo poprzez migającą diodę LED bez potrzeby dotykania powierzchni, która jest pod napięciem. Ostrzegawczy sygnał dźwiękowy oraz migająca dioda LED zwiększają swoją siłę i częstotliwość wraz ze zbliżaniem się do źródła napięcia. Detektor FireCraft trACer jest urządzeniem wodoodpornym i posiadającym wzmocnioną obudowę. W porównaniu do AC HotSticka, jego kształt i gabaryty umożliwiają schowanie urządzenia w kieszeni. Do wad należy zaliczyć brak możliwości zmiany czułości pracy [10].



Rys. 4. Detektor DPPE-1 [11]

Detektor ten przeznaczony jest do bezdotykowego sprawdzania występowania pola elektrycznego w pobliżu instalacji i urządzeń pracujących pod napięciem w zakresie $0,23 \text{ kV} \div 400 \text{ kV}$ i częstotliwości sieciowej ($50 \div 60 \text{ Hz}$). Jako

jedyny, dzięki swojej budowie w kształcie koła ($\phi = 67$ mm) o niewielkich rozmiarach zamocowanego na opasce daje możliwość zamontowania go na nadgarstku lub na hełmie. Wskazanie odbywa się przez sygnalizację akustyczno-optyczną. Częstotliwość sygnalizacji wzrasta wraz ze zbliżaniem się do przewodnika będącego pod napięciem. Charakterystyka detekcji jest kierunkowa [11].

Opisane detektory mają jedną wspólną cechę. Przeznaczone są do wykrywania prądu przemiennego AC. Zbudowane są w sposób umożliwiający im wykrywanie pola elektromagnetycznego towarzyszącego przepływowi prądu przemiennego. Natomiast dla prądu stałego zjawisko to nie występuje, w związku z czym urządzenia te są zawodne. Takie ograniczenie stanowi poważny problem dla straży pożarnej, ponieważ szereg działań prowadzony jest w obrębie kolejowych sieci trakcyjnych, hybryd, i ostatnio OZE, których wspólną cechą jest praca na prąd stały. Brak możliwości detekcji prądu stałego podnosi ryzyko porażenia ratowników. Konieczne staje się więc posiadanie odpowiedniego sprzętu elektroizolacyjnego stanowiącego ochronę osobistą strażaków.

Ochrona osobista strażaków

Każdy strażak Państwowej Straży Pożarnej biorący udział w akcji ratowniczo-gaśniczej zobligowany jest do stosowania środków ochrony indywidualnej. Tyczy się to zarówno pożarów, jak i miejscowych zagrożeń. Zgodnie z §1 rozporządzenia [4], pod pojęciem środki ochrony indywidualnej rozumie się „urządzenia lub wyposażenie przewidziane do noszenia bądź trzymania w celu ochrony strażaka przed zagrożeniami, które mogą mieć wpływ na jego bezpieczeństwo i zdrowie”. W skład zasadniczych przedmiotów środków indywidualnych zalicza się: ubranie specjalne, rękawice specjalne, kominiarkę, buty strażackie oraz hełm strażacki. Każda ww. odzież podlega obostrzeniom prawnym i normatywnym, co do ich wykonania, sprawności i niezawodności. Strażak zobligowany jest przed rozpoczęciem służby do sprawdzenia stanu wyposażenia osobistego. Każdy uszkodzony sprzęt należy natychmiast wycofać z użytku, do czasu jego naprawy lub zastąpić nowym. Zakresy użytkowania i badania odzieży strażaków są ogólnie narzucone i nie są jednakowe dla wszystkich typów ubrań. Inne kryteria ustala się dla rękawic, inne dla hełmów lub obuwia. Oczywiście wszystkie muszą umożliwić pracę w podwyższonej temperaturze, jednakże podczas działań w obrębie instalacji niskiego napięcia już nie. Wśród wymienionych środków ochrony indywidualnej, buty specjalne gumowe jako jedyne poddane są badaniom elektroizolacyjności. Co za tym idzie, jedyną formą ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym jest obuwie elektroizolacyjne, które zgodnie z normą PN-EN 50321 poddawane jest okresowej kontroli

minimum raz na rok [7]. Pozostała odzież nie podlega takim badaniom, a tym samym nie stanowi żadnej formy zabezpieczenia elektroizolacyjnego. Oczywiście w miarę możliwości i wyposażenia straż pożarna doposaża się w rękawice i drążki elektroizolacyjne. Jednakże nie wszystkie JRG PSP posiadają na swoich samochodach taki sprzęt. Sprawia to, że obuwie staje się jedyną, skuteczną ochroną, ale tylko w przypadku napięcia krokowego lub prądów stępujących do ziemi, co nie zapewni ochrony w przypadku przepływu prądu na drodze ręką.

Wnioski

Zasadne staje się wprowadzenie nowelizacji rozporządzenia dotyczącego szczegółowych zasad bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej, uwzględniającego zagrożenia wynikające z alternatywnych źródeł zasilania.

Należy wprowadzić specjalistyczne szkolenia i warsztaty umożliwiające zapoznanie się strażaków ze sposobami niwelowania zagrożeń porażeniowych od strony OZE.

Zasadne byłoby wprowadzenie stosownych przepisów prawa mówiących o sposobie postępowania w razie pożarów lub innych zagrożeń wynikających z OZE.

Obligatoryjne staje się wyposażenie wszystkich JRG PSP w sprzęt elektroizolacyjny oraz wykonywanie jego okresowych przeglądów i badań.

Na rynku brakuje detektora prądu, który umożliwiłby wykrycie zagrożenia ze strony prądu stałego DC. Dlatego należy podjąć prace nad wdrożeniem urządzenia umożliwiającego detekcję prądu stałego DC.

Obecnie użytkowane przez straż pożarną urządzenia posiadają wiele wad utrudniających ich obsługę w warunkach pożarowych, dlatego należy podjąć działania mające na celu poprawę jakości dostępnych detektorów.

Zaleca się wzmożenie doraźnych kontroli skuteczności działania systemów zabezpieczających, w tym głównego wyłącznika prądu.

Literatura

- [1] Jopek T., „Bezpieczeństwo ratowników podczas działań groźących porażeniem prądem elektrycznym”, *Przegląd Pożarniczy* 6/2012.
- [2] Kustra P., Ptak S., „Ochrona przeciwpożarowa strażaka – detektory napięcia”, *Elektro.info* 10/2014.
- [3] Strojny J. :Bezpieczeństwo użytkowania urządzeń elektrycznych, INPE nr 37, Wydawnictwo COSIW, Warszawa 2011.

- [4] Rozporządzenia MSWiA z 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych zasad bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2008 nr 180 poz. 1115).
- [5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 listopada 2014 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2014 poz. 1793).
- [6] Norma PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
- [7] PN-EN 50321:2002 Obuwie elektroizolacyjne do prac przy instalacjach niskiego napięcia.
- [8] IEC – Raport 479-1 Effects of current on human beings and live Stock, ESV, Vienna 2002.
- [9] www.reflex-nowysacz.pl/sklep/urządzenia-pomiarowe/detektory-pradu/detektor-pradu-przemienne-go-ac-hotstick/
- [10] strefa998.pl/detektor-pradu/803-detektor-pradu-ac-tracer.html;
- [11] www.horpol.com/2/395-306,Sprz%C4%99t-ratowniczy-pozosta%C5%82y,Detektor-przemienne-go-pola-elektrycznego-DPPE-1



Maja Taraszkiewicz-Lyda

Politechnika Śląska w Gliwicach

ul. Akademicka 2A, 44–100 Gliwice

e-mail: Maja.Taraszkiewicz-Lyda@polsl.pl

ORGANIZACJA I FUNKCJONOWANIE SYSTEMU OSTRZEGANIA I ALARMOWANIA LUDNOŚCI PRZED ZAGROŻENIAMI NA PRZYKŁADZIE MIASTA GLIWIC

Streszczenie. Artykuł porusza zagadnienia związane z organizacją i zadaniami systemu ostrzegania i alarmowania przed zagrożeniami na przykładzie miasta Gliwice. Omówiono również kwestie funkcjonowania Regionalnego Systemu Ostrzegania. Dodatkowo przedstawiono wyniki przeprowadzonej ankiety w celu zapoznania się z wiedzą wybranej grupy badawczej z terenu Kampusu Akademickiego Politechniki Śląskiej w Gliwicach na temat znajomości sygnałów alarmowych i komunikatów ostrzegawczych.

Słowa kluczowe: system ostrzegania i alarmowania, system wczesnego ostrzegania, zagrożenia.

ORGANIZATION AND FUNCTIONING OF THE WARNING SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF GLIWICE

Abstract. The article discusses issues related to the organization and tasks of the warning system against threats on the example of the city of Gliwice. The issues of the functioning of the Regional Warning System were also discussed. In addition, the results of the survey were presented in order to familiarize with the knowledge of a selected research group from the Academic Campus of the Silesian University of Technology in Gliwice (knowledge of alarm signals).

Keywords: early warning system, threats.

Wstęp

Ze względu na ryzyko wystąpienia sytuacji niebezpiecznych i zagrożeń, które mogą być spowodowane zarówno siłami natury, jak i ogólnym rozwojem cywilizacyjnym i działalnością człowieka, ostrzeżenie oraz alarmowanie ludności stało się zatem jednym z nadrzędnych zadań organów administracji publicznej odpowiedzialnych za zarządzanie kryzysowe. Systemy ostrzegania i alarmowania ludności są jednymi z podstawowych elementów, które mają wpływ na bezpieczeństwo publiczne. W obecnych czasach rozwoju technologicznego coraz bardziej wzrastają możliwości związane z unowocześnieniem i rozpowszechnieniem systemów alarmowych. Stałe wprowadzenie na rynek nowszych urządzeń i rozwiązań, których działanie opiera się na połączeniu internetowym oraz sieciach cyfrowych, zwiększy sprawność systemów i szybkość powiadamiania ludności o nadchodzącym zagrożeniu. Jednak w dalszym ciągu nie należy zapominać o podstawowych systemach, które wykorzystują syreny alarmowe [2].

Systemy ostrzegania i alarmowania w ramach funkcjonowania gliwickiej obrony cywilnej

Systemy alarmowania to zespoły urządzeń, ich zainstalowanie to obowiązek obrony cywilnej. Systemy powinny występować w każdym mieście oraz być kontrolowane pod względem ich sprawności. W razie wystąpienia zagrożenia powinny w prawidłowy sposób powiadamiać ludność o nadchodzącym niebezpieczeństwie [4].

Zgodnie z art. 17 ust. 1 ustawy o powszechnym obowiązku obrony RP, centralnym organem administracji rządowej w sprawach obrony cywilnej jest Szef Obrony Cywilnej Kraju. Szef Obrony Cywilnej Kraju powołuje Prezes Rady Ministrów na wniosek ministra właściwego do spraw wewnętrznych. Terenowymi organami obrony cywilnej są wojewodowie, starostowie, wójtowie lub burmistrzowie (prezydenci miast). Do zakresu działania szefów obrony cywilnej województw, powiatów i gmin należy kierowanie oraz koordynowanie przygotowań i realizacji przedsięwzięć obrony cywilnej przez instytucje państwowe, przedsiębiorców i inne jednostki organizacyjne oraz organizacje społeczne działające na ich terenie.

Na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Szefa Obrony Cywilnej Kraju, szefów obrony cywilnej województw, powiatów i gmin (Dz.U. Nr 96, poz. 850), szefowie obrony cywilnej ustalają zadania i kontrolują ich realizację oraz koordynują i kierują działalnością w zakresie przygotowania i realizacji przedsięwzięć obrony cywilnej:

- Szef Obrony Cywilnej Kraju - szefów obrony cywilnej województw.
- Szef obrony cywilnej województwa - szefów obrony cywilnej powiatów.
- Szef obrony cywilnej powiatu - szefów obrony cywilnej gmin.
- Szef obrony cywilnej gminy (Prezydent Miasta Gliwice) - szefów obrony cywilnej w instytucjach, u przedsiębiorców, w społecznych organizacjach ratowniczych i w innych jednostkach organizacyjnych działających na obszarze gminy.

Zgodnie z § 3 pkt 24 rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie szczegółowego zakresu działania Szefa Obrony Cywilnej Kraju, szefów obrony cywilnej województw, powiatów i gmin, Prezydent miasta Gliwice prowadzi wykaz przedsiębiorstw realizujących zadania z zakresu obrony cywilnej.

Przedsiębiorstwa, o których mowa powyżej:

- posiadają formacje obrony cywilnej
- posiadają niebezpieczne substancje chemiczne, które mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla mieszkańców Gliwic
- posiadają syrenę alarmową
- posiadają sprzęt obrony cywilnej
- posiadają budowlę ochronną
- spełniają inne kryteria dodatkowe wybrane przez CRG (np. opracowanie „Planu Ochrony Zabytków na Wypadek Konfliktu Zbrojnego i Sytuacji Kryzysowych”, sprzęt specjalistyczny, profil produkcji/usług, itp.) [6].

Na dzień dzisiejszy Gliwice dysponują trzydziestoma trzema syrenami alarmowymi.

Alarmowanie i ostrzeganie ludności

Sygnaly alarmowe i ostrzegawcze przekazywane są przez syreny alarmowe (niektóre syreny posiadają możliwość emitowania alarmów i komunikatów głosowych) oraz środki masowego przekazu – radio i telewizję. W niektórych gminach, powiatach i województwach wykorzystywane są także inne sposoby informowania ludności, np. wiadomościami tekstowymi (SMS) poprzez sieć telefonii komórkowej, megafony oraz powiadamianie od domu do domu.

Jedną z podstawowych funkcji państwa ugruntowanej już w Konstytucji RP jest zapewnienie obywatelom ochrony przed realnymi oraz potencjalnymi zagrożeniami bezpieczeństwa, które mogą być spowodowane działaniem sił natury albo działalnością człowieka. W związku z powyższym można przyjąć, że ochrona ludności to kompleks działań podmiotów prawa państwowego, które mają na celu „zapewnienie bezpieczeństwa społeczeństwa, mienia, dóbr dziedzictwa narodowego i środowiska naturalnego w sytuacji klęsk i katastrof samistnych oraz spowodowanych przez człowieka, z wojną włącznie” [5].

Zgodnie z załącznikiem do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2013 r. (poz. 96) na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej obowiązują następujące sygnały alarmowe i komunikaty ostrzegawcze:

- ogłoszenie alarmu,
- odwołanie alarmu,
- uprzedzenie o zagrożeniu skażeniami i odwołanie uprzedzenia o zagrożeniu skażeniami,
- uprzedzenie o zagrożeniu zakażeniami i odwołanie uprzedzenia o zagrożeniu zakażeniami,
- uprzedzenie o klęskach żywiołowych i zagrożeniu środowiska i odwołanie uprzedzenia o klęskach żywiołowych i zagrożeniu środowiska.

Decyzje o wprowadzeniu lub ogłoszeniu sygnału alarmowego bądź komunikatu ostrzegawczego, jak również o ich odwołaniu, podejmuje właściwy terytorialnie organ administracji publicznej.

Do ogłaszania (odwoływania) alarmów i komunikatów ostrzegawczych wykorzystuje się następujące urządzenia:

- systemy alarmowe miast, miast i gmin,
- wizualne sygnały alarmowe (znaki graficzne),
- centralną oraz regionalne rozgłośnie Polskiego Radia i ośrodki Telewizji Polskiej.

Metody ochrony ludności podzielić można na dwie grupy: metody zbiorowe oraz indywidualne.

Do podstawowych metod zbiorowej ochrony ludności zaliczyć można:

- ewakuację ludności ze strefy niebezpiecznej,
- umiejscowienie ludności w budowlach ochronnych, takich jak schrony czy ukrycia zastępcze, lub pozostawienie lokatorów we właściwie zabezpieczonych mieszkaniach,
- wykrywanie zagrożeń,
- alarmowanie.

Metody indywidualnej ochrony ludności to przede wszystkim umiejętności nabyte w procesie edukacji oraz szkolenia, zaliczyć tutaj można:

- znajomość podstawowych zasad ewakuacji,
- znajomość powszechnych sygnałów alarmowych (oraz zakładowych) oraz sposobu zachowania po ich ogłoszeniu,
- wyposażenie w indywidualne środki ochrony (lub umiejętność samodzielnego ich wykonania), jak również znajomość zasad ich stosowania oraz sposobu konserwacji,
- znajomość podstawowych zasad zabezpieczenia mieszkania, ujęcia wody, żywności oraz zwierząt przed niekorzystnymi następstwami różnych czynników rażenia,
- umiejętność udzielania pierwszej pomocy przedmedycznej osobom poszkodowanym,

- umiejętność reagowania w sytuacji wystąpienia zagrożenia w celu redukcji jego skutków [1].

W Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2013 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 96).] występują następujące definicje:

- **Ostrzeganie:** „działania mające na celu przekazanie komunikatów i informacji uprzedzających o prawdopodobnych zagrożeniach i zalecających podjęcie działań zabezpieczających i ochronnych oraz instruujących o sposobach wykonania takich działań” [3].
- **Alarmowanie:** „działania mające na celu natychmiastowe przekazanie sygnału do właściwych terytorialnie władz, służb i do ludności na danym terenie, informującego o zagrożeniu skażeniem, skażeniu lub o sytuacji kryzysowej, które zaistniały na skutek katastrofy naturalnej lub awarii technicznej, działań terrorystycznych lub na skutek zagrożenia wojennego lub wojny” [3].
- **Powiadamianie:** „przekazanie, przy użyciu wszelkich dostępnych środków, określonych informacji mających na celu zaalarmowanie właściwych władz i ludności o możliwości wystąpienia zagrożenia, o jego wystąpieniu lub ustąpieniu oraz przekazanie informacji dotyczących sposobu postępowania w danym przypadku” [3].

Regionalny System Ostrzegania

Regionalny System Ostrzegania to usługa powiadamiania obywateli o lokalnych zagrożeniach, nie tylko na stronach internetowych urzędów wojewódzkich, ale też w telewizji (komunikaty pojawiają się na ekranie telewizora w formie napisów, w zwięzły sposób informują i odsyłają do szczegółów, np. umieszczonych na konkretnej stronie telegazety, w telewizorach z możliwością połączenia z Internetem istnieje możliwość przejścia na stronę oferującą np. filmową informację dotyczącą zagrożenia) i aplikacjach mobilnych w telefonach komórkowych. Uruchomiona została też funkcja powiadamiania poprzez SMS dla wyłącznie najistotniejszych komunikatów i ostrzeżeń, które dotyczyć będą najpoważniejszych zagrożeń, w szczególności ostrzeżeń alarmowych o przewidywanych dużych skutkach i zasięgu. Komunikaty dotyczą różnego rodzaju lokalnych zagrożeń, jak np. klęski żywiołowe i sytuacje na drogach. Komunikat tworzy wojewódzkie centrum zarządzania kryzysowego. Oprócz tego w części dla kierowców pojawiają się informacje drogowe. Aplikacja telefoniczna zaopatrzona została również w część zawierającą następujące poradniki postępowania w sytuacjach kryzysowych:

- Poradnik obywatela;
- Alarmowanie i ostrzeganie;
- Ewakuacja;
- Pożary;
- Powodzie i podtopienia;
- Skażenia, epidemie, zatrucia;
- Pogodowe zjawiska ekstremalne;
- Terror;
- Bezpieczny wypoczynek;
- Upały;
- Zagrożenia naturalne i techniczne [7].

Badania ankietowe

Badania ankietowe zostały przeprowadzone w 60-osobowej, losowo wybranej, grupie z terenu Kampusu Akademickiego w Gliwicach. Miały na celu zapoznanie się z wiedzą respondentów na temat znajomości sygnałów alarmowych i komunikatów ostrzegawczych. Pytania w ankiecie dotyczyły wieku badanych, kontaktu badanych osób zarówno z sygnałami alarmowymi, jak i komunikatami ostrzegawczymi, następnie respondenci zostali zapytani o sygnały ogłaszania i odwołania alarmu. Ostatnie pytania dotyczyły komunikatów ogłoszenia i odwołania alarmu w czasie wystąpienia klęsk żywiołowych i zagrożenia środowiska.

Prawdopodobnie ze względu na miejsce przeprowadzania ankiety (Kampus Akademicki) większość respondentów (47 osób) stanowiły osoby w przedziale wiekowym 21–30 lat. 7 respondentów było w wieku od 31 do 40 lat. Jedna osoba nie przekroczyła 20 roku życia, a 3 osoby były w przedziale wiekowym 41–50lat. Kolejne 2 osoby zadeklarowały wiek powyżej 50 lat.

Następne pytanie dotyczyło kontaktu respondentów z sygnałami alarmowymi.

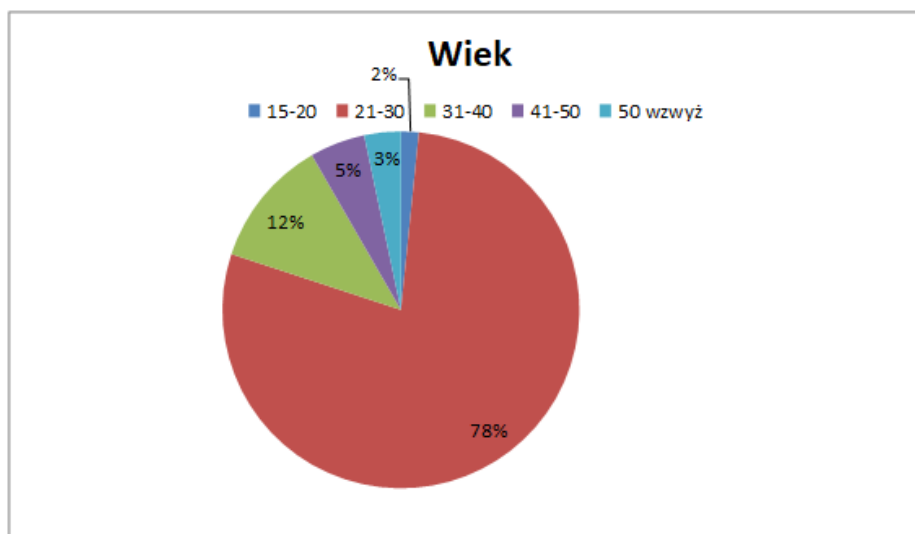
Uzyskane dane procentowe wskazują, że znaczna większość ankietowanych (51 osób) potwierdza kontakt z sygnałami alarmowymi. 7 respondentów nie miało styczności z sygnałami alarmowymi, a 2 osoby udzieliły odpowiedzi „nie wiem”.

W następnym pytaniu sprawdzano, czy badane osoby miały kiedykolwiek kontakt z komunikatami ostrzegawczymi.

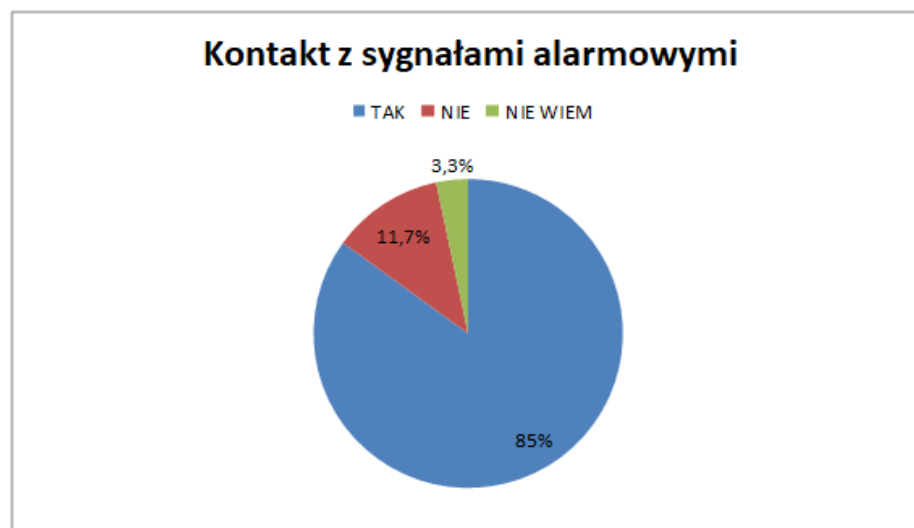
Jak wynika z wykresu 3 ponad połowa ankietowanych miała styczność z komunikatami ostrzegawczymi, takiej odpowiedzi udzieliło 38 osób. 20 respondentów zaznaczyło, że nie miało kontaktu z komunikatami ostrzegawczymi. 2 osoby zaznaczyły odpowiedź „nie wiem”. Następnie respondenci zostali zapytani o sygnały ogłaszania i odwołania alarmu. W każdym pytaniu zawarta

była tylko jedna prawidłowa odpowiedź. Każdy z ankietowanych, po oddaniu kwestionariusza, mógł sprawdzić poprawność swojego wyboru.

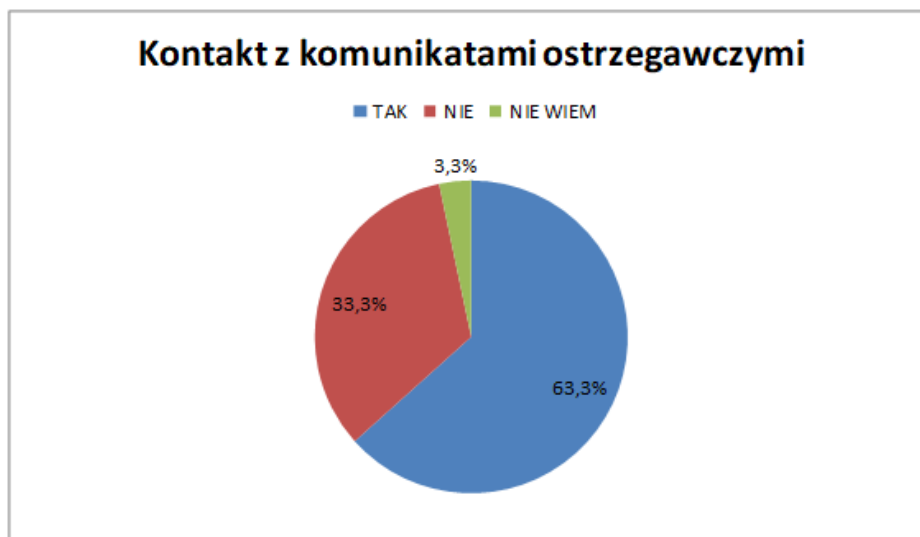
Wykres nr 1. Wiek respondentów



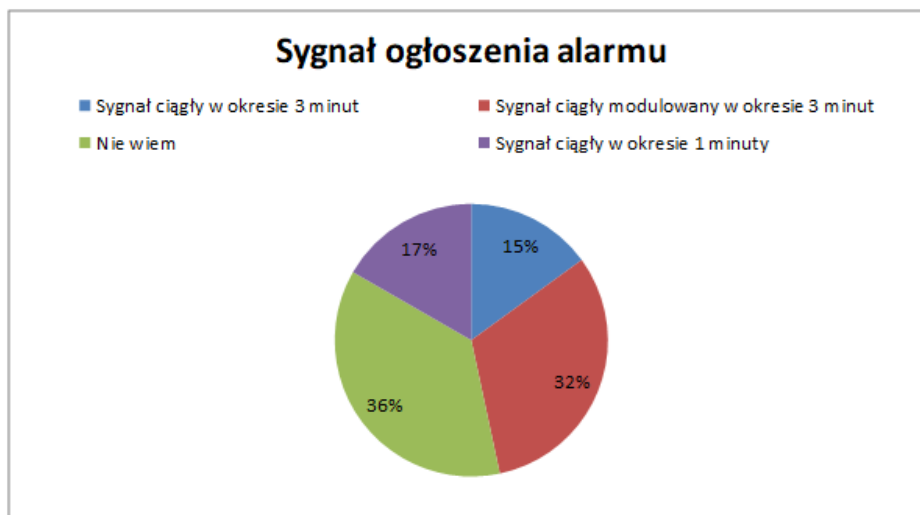
Wykres nr 2. Kontakt respondentów z sygnałami alarmowymi



Wykres nr 3. Kontakt respondentów z komunikatami ostrzegawczymi



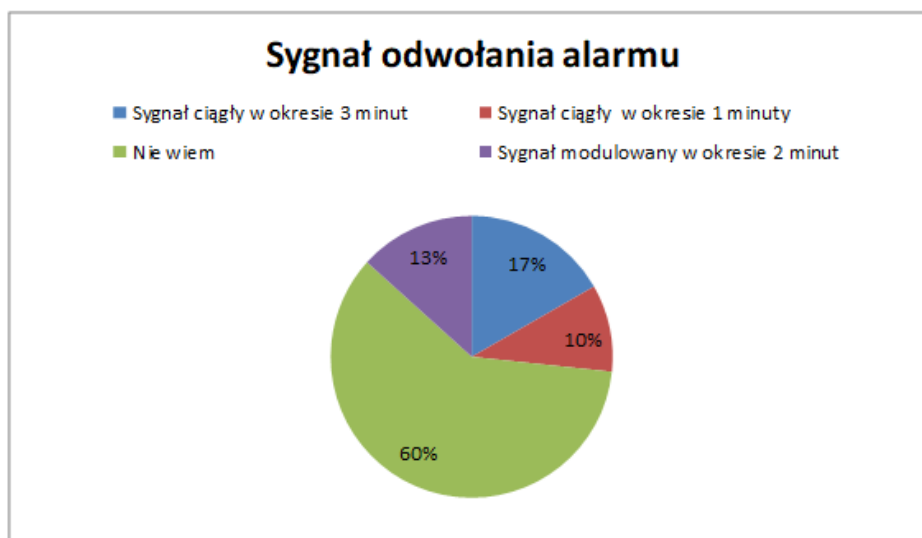
Wykres nr 4. Sygnał ogłoszenia alarmu



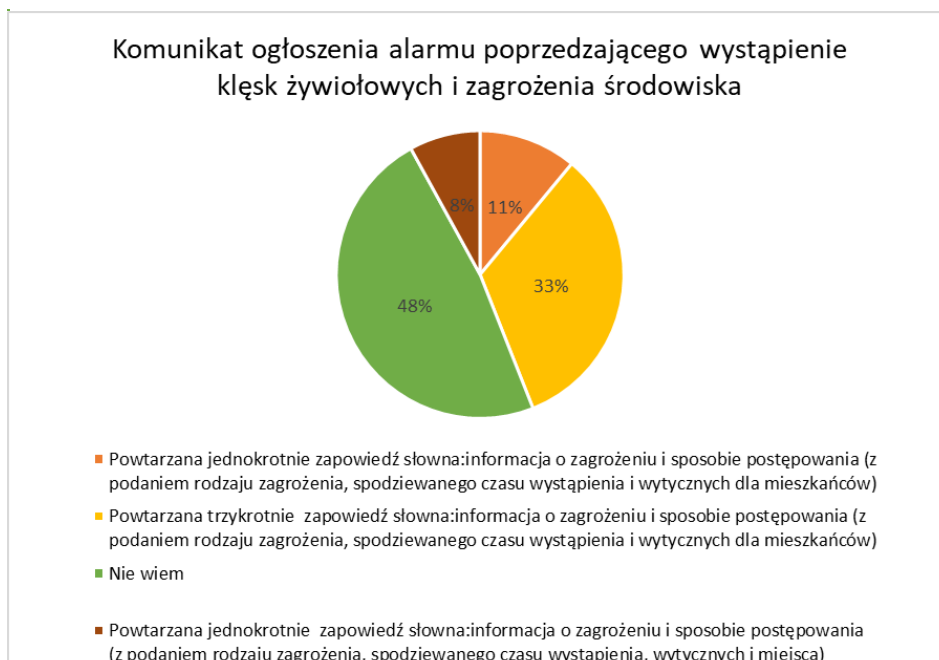
Większość osób nie знаła odpowiedzi na zadane pytanie. Tylko dziesiętnaśmięć osób udzieliło poprawnego wyboru, wiedząc, że sygnał modulowany w okresie trzech minut oznacza ogłoszenie alarmu.

Prawidłowym wyborem było stwierdzenie, że sygnał ciągły w okresie trzech minut oznacza odwołanie alarmu. Dobrej odpowiedzi udzieliło pięć osób.

Wykres nr 5. Sygnał odwołania alarmu



Wykres nr 6. Komunikat ogłoszenia alarmu uprzedzającego wystąpienie klęsk żywiołowych i zagrożenia środowiska



Ostatnie pytania dotyczyły komunikatów ogłoszenia i odwołania alarmu w czasie wystąpienia klęsk żywiołowych i zagrożenia środowiska (wykresy nr 6 oraz 7). Na pytanie o ogłoszenie komunikatu, tylko 20 osób udzieliło prawidłowej odpowiedzi, zaznaczając, że jest to powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna zawierająca informacje o zagrożeniu i sposobie postępowania mieszkańców z podaniem rodzaju zagrożenia, spodziewanego czasu wystąpienia i wytycznych dla mieszkańców. Natomiast w przypadku odwołania alarmu jest to powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna: Uwaga! Uwaga! Odwołuję uprzedzenie o zagrożeniu z podaniem rodzaju klęski i miejsca i tego wyboru dokonało 11 ankietowanych.

Wykres nr 7. Komunikat odwołania alarmu uprzedzającego wystąpienie klęsk żywiołowych i zagrożenia środowiska



Wnioski

Analizując organizację oraz funkcjonowanie systemu ostrzegania i alarmowania ludności przed zagrożeniami w Gliwicach, stwierdzono, że miasto wywiązuje się z obowiązku, żeby system funkcjonował sprawnie, zgodnie z wytycznymi i przepisami prawa (trzydzieści trzy syreny alarmowe, edukacyjne witryny internetowe, pozytywne testy syren alarmowych). Podsumowując

przeprowadzone badanie wśród wybranej losowo grupy respondentów z terenu Kampusu Akademickiego w Gliwicach, można wywnioskować, że większość osób nie ma znajomości sygnałów alarmowych i komunikatów ostrzegawczych, być może wynika to z luk w procesie edukacji. Niewątpliwie badana grupa nie odzwierciedla struktury mieszkańców Gliwic, dlatego należałoby przeprowadzić podobne badania już na większą skalę (pozostałe dzielnice miasta). Większość respondentów (47 osób) stanowiły osoby w przedziale wiekowym 21–30 lat, prawdopodobnie ze względu na miejsce przeprowadzania ankiety (Kampus Akademicki). W celu podniesienia poziomu świadomości ludzi koniecznym jest utworzenie programu informowania ludności, kampanii informacyjnych (ośrodki kulturalno-oświatowe, zakłady pracy, uniwersytety trzeciego wieku), w ramach których omawiane byłyby zagrożenia, sposób alarmowania oraz sposoby postępowania i procedury, jakie należy wykonać po ogłoszeniu alarmu. Podczas takich spotkań należałoby również uświadomić i przybliżyć funkcjonowanie nr ratunkowego 112 oraz tzw. RSO (regionalnego systemu ostrzegania) i poradników dla ludności w ramach witryn internetowych Centrów Ratownictwa, komórek zarządzania kryzysowego bądź Urzędów Miasta.

Literatura

- [1] Jakubczak R., Obrona narodowa w tworzeniu bezpieczeństwa III RP. Podręcznik dla studentek i studentów, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 2003.
- [2] Parapura H., Kowalewski M., Kowalczyk B., Ostrzeżenie i alarmowanie ludności w niebezpieczeństwie, Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2011.
- [3] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2013 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 96).
- [4] Rysz S.J., Ostrzeżenie, alarmowanie, powiadamianie ratunkowe, Wydawnictwo Difin, 2017.
- [5] Sobolewski G, Majchrzak D., Zarządzanie kryzysowe w systemie bezpieczeństwa Narodowego, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2011.
- [6] www.crg.gliwice.pl (data dostępu 29.04.2018).
- [7] <https://mswia.gov.pl/pl/bezpieczenstwo-sdm/poradniki/14426,Regionalny-System-Ostrzegania-RSO.html?search=225088> (data dostępu 28.04.2018).



Teresa Bajor, Marlena Krakowiak

Zakład Ergonomii i Inżynierii Bezpieczeństwa

Instytut Przeróbki Plastycznej i Inżynierii Bezpieczeństwa

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa,

e-mail: bajor.teresa@wip.pcz.pl, krakowiak.marlena@wip.pcz.pl

ZARZĄDZANIE KRYZYSOWE A BEZPIECZEŃSTWO INFORMACJI

Streszczenie. Wszechobecna informatyzacja i miniaturyzacja spowodowała, że powszechność stosowania rozwiązań mobilnych stała się już niemal normalnością. Przesyłanie informacji za pomocą poczty elektronicznej stosowanej w urządzeniach mobilnych, czy korzystanie z aplikacji typu: Messenger wymaga zachowania szczególnej ostrożności, zwłaszcza przy ich zastosowaniu w działaniach z obszaru zarządzania kryzysowego. Organizacja działań ratowniczych na różnych poziomach działalności jednostek administracji wymaga określenia sposobu doboru środków zapobiegawczych oraz dróg przepływu informacji. Odpowiednio zaplanowana logistyka prowadzonych działań ratowniczych oraz zachowanie poufności przesyłanych informacji jest gwarancją sukcesu danego przedsięwzięcia.

Celem pracy jest wykazanie zasadności podejmowanych działań związanych z bezpieczeństwem przesyłania informacji w aspekcie podjętego tematu.

Słowa kluczowe: zarządzanie kryzysowe, sytuacja kryzysowa, bezpieczeństwo informacji.

CRISIS MANAGEMENT AND INFORMATION SECURITY

Abstract. The ubiquitous computerization and miniaturization has made the widespread use of mobile solutions almost normal. The transmission of information by means of e-mail used in mobile devices or the use of applications such as: Messenger requires special care, especially when used in activities in the field of crisis management. The organization of rescue operations at various levels of activity of administration units requires defining the manner of selection of preventive measures and paths of information flow. Properly

planned logistics of conducting rescue operations and maintaining confidentiality of transmitted information is a guarantee of the success of a given undertaking.

The purpose of the work is to demonstrate the legitimacy of actions undertaken related to the security of information transmission in the aspect of the subject taken.

Keywords: crisis management, crisis situation, information security.

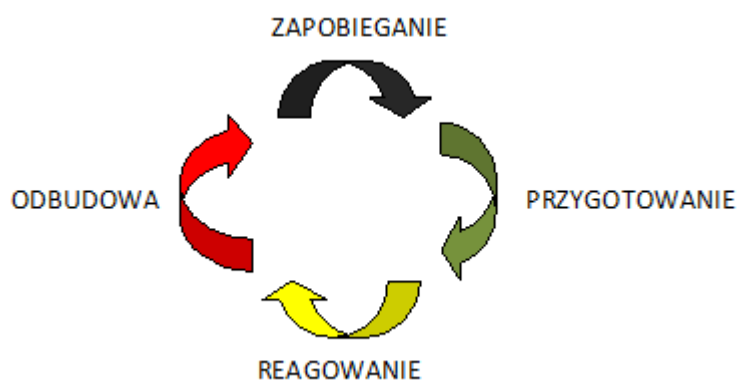
Wprowadzenie

Działania w zakresie zarządzania kryzysowego wymagają ostrożności, rozwagi i świadomości konsekwencji podejmowania złych decyzji. Jasność przekazywanych informacji z zachowaniem bezpiecznych kanałów przepływu informacji jest bardzo ważnym elementem podejmowanych przedsięwzięć. W sytuacjach kryzysowych czy zagrożenia życia i zdrowia, precyzja i bezpieczeństwo przekazywania informacji są kluczowymi punktami osiągnięcia sukcesu. Wybór właściwych kanałów przekazywania treści z uwzględnieniem doboru nowoczesnych środków komunikacji wymaga zachowania odpowiednich środków bezpieczeństwa.

Sytuacja kryzysowa

Analizując sytuację kryzysową należy przede wszystkim uwzględnić definicję sytuacji kryzysowej, która zawarta jest w ustawie [1] z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym. Zgodnie z art. 3 ust. 1, sytuacją kryzysową jest sytuacja wpływająca negatywnie na poziom bezpieczeństwa ludzi, mienia w znacznych rozmiarach lub środowiska, wywołująca znaczne ograniczenia w działaniu właściwych organów administracji publicznej ze względu na nieadekwatność posiadanych sił i środków. Zgodnie z art. 2 w/w ustawy, celem zarządzania kryzysowego jest zapobieganie takim sytuacjom oraz podejmowanie nad nimi kontroli w drodze zaplanowanych działań, a także usuwanie ich skutków oraz odtwarzanie zasobów i infrastruktury krytycznej.

Gdy obserwujemy otaczający świat widzimy, że sytuacje kryzysowe zdarzają się bardzo często. Mają one miejsce podczas katastrof naturalnych, awarii technicznych, działań terrorystycznych, zakłóceń porządku publicznego, jak również zagrożeń bezpieczeństwa państwa i obywateli. Zaistnienie takiej sytuacji wymaga podjęcia odpowiednich działań na każdym etapie realizacji przedsięwzięcia – w obszarze planowania, organizowania, realizacji i kontroli. Wpisują się one w obszar reagowania będący jedną z czterech faz zarządzania kryzysowego (Rys. 1) zdefiniowanego w ustawie [1].



Rys.1. Fazy zarządzania kryzysowego [1]

Działania podejmowane w ramach fazy reagowania polegają na podejmowaniu odpowiednich kroków w celu udzielania pomocy poszkodowanym, zahamowania rozwoju występujących zagrożeń oraz ograniczenia strat i zniszczeń. Niejednokrotnie scenariusze rzeczywistych działań są odmienne od tych analizowanych na etapie przygotowania, dlatego zachowanie ostrożności podczas przekazywania informacji jest tak bardzo istotne.

Okres reagowania należy zatem definiować jako czas, w którym należy, adekwatnie do wyzwań, podejmować zaplanowane i skoordynowane działania eliminujące zagrożenia powodujące znaczne straty i zniszczenia, a także konkretne akcje w ramach dostarczania pomocy ludności poszkodowanej, aby zapewnić jej minimalny standard życia w bardzo trudnym dla niej okresie. Faza reagowania obejmuje działania ratownicze, bezpośrednio związane z likwidacją lub opanowaniem zaistniałej sytuacji kryzysowej. Ważnym składnikiem na tym etapie jest pomoc najbardziej poszkodowanej ludności. Są to m.in. czynności, takie jak: prowadzenie ewakuacji, zapewnienie zastępczych miejsc zakwaterowania dla poszkodowanych oraz ograniczenie wtórnych strat i zniszczeń.

Przytaczając słowa dyrektora Rządowego Centrum Bezpieczeństwa (RCB), problematyka sytuacji kryzysowej jest we współczesnym świecie bardziej skomplikowana [2]: „sytuacja kryzysowa to już nie tylko powódź, pożar, epidemia czy awaria o rozległych skutkach. Coraz częściej mamy do czynienia z np. aktami terrorystycznymi czy zagrożeniami hybrydowymi”. Nie można również nie zwrócić uwagi na dezinformację, która stanowi bardzo ważną część zagrożeń hybrydowych. Koniecznie należy zwrócić uwagę na nowe typy zagrożeń, które wymagają dostosowania narzędzi zarządzania kryzysowego, a także modyfikacji niektórych z funkcjonujących dotychczas procedur, zarówno pod względem metodologicznym, jak i praktycznym. [2]

Analizując informacje zawarte w dokumencie pt.: „Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej”, można znaleźć ogólne wytyczne dotyczące wymiany informacji pomiędzy poszczególnymi uczestnikami zajmującymi się ochroną infrastruktury krytycznej. Stworzona na potrzeby działań służb specjalna platforma internetowa ma służyć jako forum wymiany informacji na temat zagrożeń i podatności oraz opracowywania wytycznych do strategii i rozwiązań w celu ograniczenia ryzyka zakłócenia funkcjonowania infrastruktury krytycznej. W tym aspekcie duże znaczenie ma bezpieczeństwo informacji wymienianych w ramach platformy. I tutaj wiodącą jest rola administracji publicznej, która podejmie wszelkie działania zmierzające do zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony i zaufania w zakresie dostępu osób postronnych do platformy i do ochrony tajemnicy przedsiębiorstwa.

Pozytywne zakończenie sytuacji kryzysowej z punktu widzenia zarządzania kryzysowego wymaga udziału elementów podsystemu kierowania oraz podmiotów wykonawczych. Podmioty te realizują zadania w ramach systemu zarządzania kryzysowego zazwyczaj w wąskim obszarze i specjalności, w oparciu o zasady zawarte w obowiązujących aktach prawnych. W systemie zarządzania kryzysowego szczególny nacisk położony jest na organizację współdziałania oraz koordynację działań prowadzonych przez poszczególne podmioty, co pozwala na efektywną realizację zadań zarządzania kryzysowego, a także racjonalne wykorzystanie posiadanych sił i środków.

W systemie zarządzania kryzysowego organizacja współdziałania dotyczy zarówno organów administracji publicznej pełniących funkcje decyzyjne, jak również podmiotów wykonawczych realizujących zadania w ramach podsystemu wykonawczego. Współdziałanie w systemie decyzyjnym odbywa się na poziomie gminnym, powiatowym oraz wojewódzkim i dotyczy takich obszarów, jak [3]:

- wzajemne informowanie o sytuacjach mogących stanowić zagrożenie dla sąsiednich gmin, powiatów lub województw,
- organizacja łączności, ostrzeganie oraz współdziałanie w przypadku prowadzenia wspólnych działań,
- wymiana informacji o podjętych działaniach,
- wymiana informacji o siłach i środkach możliwych do wydzielenia w celu wsparcia działań prowadzonych przez sąsiednie gminy, powiaty lub województwa,
- możliwość pomocy w ewakuacji ludności,
- możliwość pozyskania specjalistów, specjalistycznych maszyn i środków transportu.

W ramach systemu wykonawczego współdziałanie pomiędzy podmiotami wykonawczymi zarządzania kryzysowego odbywa się na wszystkich poziomach struktury organizacyjnej tych podmiotów i dotyczy [3]:

- monitorowania zagrożeń i wzajemnej wymiany informacji o zagrożeniach, podejmowanych działaniach oraz użytych siłach i środkach,
- tworzenia, doskonalenia i wdrażania zasad oraz procedur współdziałania,
- prowadzenia szkoleń i ćwiczeń oraz udostępnianie bazy szkoleniowej według potrzeb,
- uzgadniania i prowadzenia działań ratowniczych oraz wzajemnej pomocy dotyczącej sił i środków w zakresie realizacji zleconych zadań,
- wymiany doświadczeń uzyskanych w zakresie realizowanych zadań.

Współdziałanie w sytuacjach kryzysowych jest przygotowywane i koordynowane przez koordynatora działań. Jego rolą jest zarówno inicjowanie współdziałania zmierzającego do zainicjowania konkretnych przedsięwzięć, jak również opracowanie harmonogramu ich realizacji. Harmonogram taki sprawdza się do podziału danego przedsięwzięcia na zadania, które w całości są przypisane poszczególnym podmiotom uczestniczącym w tym współdziałaniu. Harmonogram określa czas oraz kolejność realizacji poszczególnych zadań w uzgodnieniu z zainteresowanymi podmiotami. W fazie realizacji przedsięwzięcia koordynator czuwa nad terminowością i rzetelnością poszczególnych zadań przez wyznaczone do tego podmioty. Jeśli zaistnieje taka konieczność, koordynator dokonuje korekty w przyjętym harmonogramie oraz rozstrzyga spory kompetencyjne zaistniałe w trakcie realizacji danego przedsięwzięcia [4].

Z prawnego punktu widzenia w myśl Ustawy o zarządzaniu kryzysowym do działań realizowanych w ramach koordynacji do zadań zarządzania kryzysowego zalicza się [5]:

- ujęcie w planach zarządzania kryzysowego elementów współdziałania między uczestnikami tego zarządzania,
- współdziałanie Rządowego Centrum Bezpieczeństwa, ministrów kierujących działaniami administracji rządowej oraz kierowników urzędów centralnych, wojewodów, starostów i wójtów z Szefem Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego w zakresie zapobiegania, przeciwdziałania i usuwania skutków zdarzeń o charakterze terrorystycznym oraz z centrami zarządzania kryzysowego organów administracji publicznej,
- współdziałanie centrów zarządzania kryzysowego z podmiotami prowadzącymi akcje ratownicze, poszukiwawcze i humanitarne,
- monitorowanie potencjalnych zagrożeń, a także możliwości ich wystąpienia oraz rozwoju,
- wzajemne alarmowanie, ostrzeganie i zapewnianie obiegu informacji o przebiegu sytuacji kryzysowej,
- udzielanie wzajemnej pomocy podczas realizowanych zadań z zarządzania kryzysowego odpowiednio do potrzeb i posiadanych możliwości.

Realizacja wszystkich tych działań jest niezbędna dlatego, że zadania wykonywane w ramach zarządzania kryzysowego są podejmowane przez różne wyspecjalizowane podmioty, a ponadto mają charakter wieloetapowy, a w związku

z tym każdy z podmiotów wykonuje określone zadania zgodnie ze swoimi kompetencjami i możliwościami [4].

Z punktu widzenia organizacji harmonogramu działań i przypisanych zadań na poszczególnych szczeblach organizacji systemu wszystko wydawałoby się w porządku. Jednak nie należy zapominać o sposobie przekazywania informacji i jej bezpieczeństwie, gdyż nie uwzględnienie tego aspektu może zniweczyć każde, nawet najlepiej zaplanowane, działanie. Szczególnie w przypadku systemu zarządzania kryzysowego, który jest jednym z najważniejszych filarów bezpieczeństwa kraju.

Bezpieczeństwo informacji

Jednostki administracji publicznej mają ustawowy obowiązek zapewnienia odpowiednich zasad organizacji ochrony informacji, zarówno tych klasyfikowanych, jak i niepodlegających klasyfikacji. Niebezpieczeństwa związane z ochroną informacji bardzo często wiążą się z brakiem świadomości osób pracujących w jednostkach administracji. Sam sposób przechowywania dokumentów w formie papierowej niejednokrotnie może być źródłem wycieku danych do osób postronnych. Jednym z problemów jest niestosowanie się do „zasady czystego biurka” - czyli braku pozostawiania w miejscu pracy żadnych dokumentów w widocznym miejscu, w celu uniemożliwienia dostępu do nich osobom postronnym. Kolejnym problemem jest gromadzenie pism urzędowych na biurkach w dziale obsługi klienta, co daje możliwość zapoznania się z ich treścią osobom postronnym. Można by tu było przytaczać, jeszcze wiele przykładów braku świadomości działań pracowników administracji. Nawet telefony przedstawicieli banków, skierowane do działu personalnego z prośbą o potwierdzenie zatrudnienia konkretnej osoby, w pewnych okolicznościach mogą stanowić naruszenie zasad udostępniania danych. Jednak nie każdy urzędnik ma wiedzę o tym, że udzielenie takiej informacji jest związane z bezprawnym udostępnieniem danych osobowych [6–8].

Od 25 maja 2018 roku w Polsce obowiązuje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), którego celem jest doprowadzenie do pełnej harmonizacji prawa w ramach UE i swobodnego przepływu danych osobowych [9]. Ogólne rozporządzenie o ochronie danych jest częścią pakietu UE dotyczącego reformy ochrony danych [10], razem z dyrektywą o ochronie danych w obszarze policji i wymiaru sprawiedliwości [11].

Wejście tego rozporządzenia nakłada zmiany procedur funkcjonowania na każdym poziomie administracji publicznej, szczególnie w przypadku działań z zakresu zarządzania kryzysowego. Sposób zbierania informacji, jej selekcjonowania, analizowania i przekazywania w sytuacji kryzysowej może być utrudniony. Na pewno w momencie dostosowywania procedur oraz oprogramowania administracji.

Sama świadomość bezpiecznego przetwarzania i przechowywania danych jest jednak nie wystarczająca. W przypadku zarządzania kryzysowego, gdy zagrożenie stanowi atak terrorystyczny, celowe działanie powodujące dezinformację jest bardzo istotne. Zatem wybór odpowiednich kanałów przekazywania informacji oraz zastosowanie właściwych narzędzi jej przekazywania, z określeniem drogi przepływu informacji, wraz z zastosowaniem adekwatnych środków bezpieczeństwa może stanowić o sukcesie podejmowanych działań.

Warto zadać sobie pytanie: „Jakie znaczenie dla przeciętnego obywatela ma ochrona danych osobowych?”. Większość społeczeństwa nie zdaje sobie sprawy ze znaczenia i potrzeby ochrony danych osobowych. Brak rozważań przy ich udostępnianiu lub po prostu brak zapytania o cel i podstawę żądania konkretnych danych osobowych spowodowane mogą być ilością wykonywanych równocześnie czynności i operacji oraz powszechnym pośpiechem. Warto zatem zwrócić uwagę, iż przepisy zawarte w rozporządzeniu RODO mają chronić obywateli przed bezprawnym wykorzystywaniem ich danych. Z prawem tym skorelowane są również uprawnienie do żądania od podmiotu będącego tzw. administratorem danych, m.in. uaktualnienia, sprostowania lub usunięcia danych osobowych, jeśli zostały pozyskane w sposób niezgodny z prawem, są nieaktualne, nieprawdziwe lub stały się zbędne, gdyż zrealizowany został cel, dla którego je pozyskano.

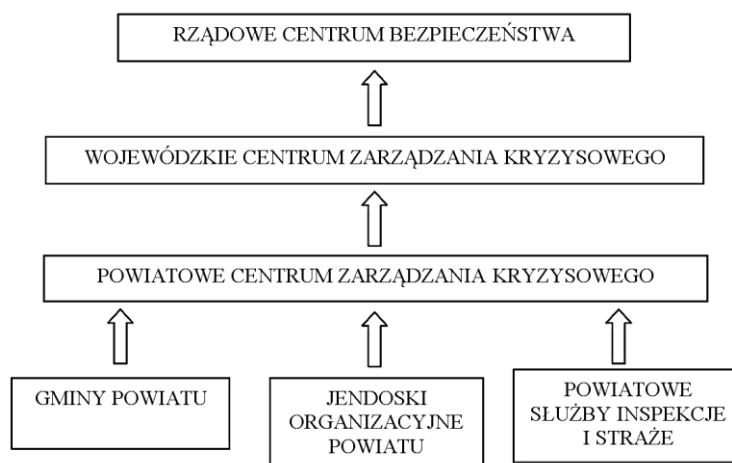
W przypadku przedsiębiorców sytuacja wygląda dobrze, gdyż mają świadomość jej powagi, szczególnie w czasach, gdy pozyskane informacje są cennym dobrem, a ich utrata oznacza wymierne straty finansowe. Odbudowanie bazy danych może być bardzo kosztowne, a niejednokrotnie nawet niemożliwe. W przypadku przedsiębiorstw wyciek danych może skutkować utratą zaufania ze strony klientów, a niejednokrotnie nawet postępowaniami sądowymi, np. z tytułu naruszenia dóbr osobistych, co może oznaczać konieczność wypłaty odszkodowań. Za naruszenie obowiązku zabezpieczenia danych osobowych oraz za udostępnianie danych osobowych osobom nieupoważnionym wprowadzona w życie ustawa przewiduje odpowiedzialność karną w postaci kary grzywny, kary ograniczenia albo pozbawienia wolności. Jednak o jej zastosowaniu zawsze decyduje sąd.

Problem w przypadku ochrony danych osobowych leży po stronie braku świadomości obywateli - brak odpowiedniej wiedzy na temat potrzeby chronienia swoich danych, brak świadomości ich wartości i znaczenia. Wielu obywateli tzw. informacje wrażliwe, takie jak np. imię, nazwisko, adres zamieszkania czy

numer PESEL udostępnia niejednokrotnie z własnej inicjatywy na portalach społecznościowych. Taki sposób postępowania powoduje, że tracą kontrolę nad tym, co się z tymi danymi dzieje [12]. Można by przytoczyć jeszcze wiele sposobów pozyskiwania danych osobowych przez osoby tym zainteresowane, przy wykorzystaniu różnych narzędzi i motywacji.

W przypadku przesyłania informacji w formie elektronicznej jest ona narażona na zagrożenia wynikające między innymi z nieautoryzowanego dostępu oraz niekontrolowanej modyfikacji przekazywanych danych. W przypadku prowadzenia działalności pomocowej w sytuacji kryzysowej koniecznością jest posiadanie rzetelnych informacji o aktualnej sytuacji w miejscu akcji, a łączność mobilna może być narażona na podsłuch w celu pozyskania poufnych danych. Dezinformacja w celu utrudnienia lub uniemożliwienia niesienia pomocy wymaga zastosowania technik zwiększających odporność na inwigilację elektroniczną oraz zagwarantowanie pewności danych. Przykładem może tu być zastosowanie otwartych standardów, co zwiększa bezpieczeństwo w wyniku przejrzystej formy wymiany danych w dokładnie sprawdzonych kanałach komunikacji. Zastosowanie tego typu standardów pozwala na opracowanie spójnej platformy do budowy systemów wspomagania zarządzania zdarzeniami kryzysowymi. Bezpieczeństwo przekazywanej informacji oraz integralność zapewnia mechanizm certyfikatów cyfrowych oraz szyfrowanie przesyłanych danych. W przypadkach, gdy pomoc niesiona jest na terenach państw trzecich wymagane jest zapewnienie dostępu do treści informacji podmiotom wyznaczonym przez te państwa przy zachowaniu integralności danych [13].

Obieg informacji w zarządzaniu kryzysowym stanowi integralny jego element, który ma na celu zmniejszenie stanu niepewności. Rozwój Internetu i telefonii komórkowej powoduje, że obecnie obieg informacji przebiega każdego dnia w równym tempie, przesyłając i przetwarzając 10^{15} bajta danych. Informacja staje się zatem kluczowym czynnikiem mającym wpływ na bezpieczeństwo obywateli i państwa. Obieg informacji jest podstawą prawidłowego funkcjonowania Systemu Zarządzania Kryzysowego z uwzględnieniem wszystkich jego elementów. Sposób przekazywania informacji w strukturach zarządzania kryzysowego jest zależny od odbiorcy i ustalonej procedury postępowania. W przypadku Rządowego Centrum Bezpieczeństwa, którego zadaniem jest przede wszystkim pozyskiwanie informacji o zagrożeniach oraz ich ocena, nieustanne monitorowanie tych zagrożeń, jak również ocena ryzyka, prognozowanie stanu rozwoju zagrożeń na obszarze jej podlegającemu oraz wykorzystywanie tych informacji w celu opracowania planu zarządzania kryzysowego. Schemat przepływu informacji na potrzeby Rządowego Centrum Bezpieczeństwa z wykorzystaniem Centralnej Aplikacji Raportującej przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Schemat przepływu informacji (opracowanie własne na podstawie [14])

Ciągłe monitorowanie zagrożeń, przesyłanie uporządkowanych informacji oraz przetwarzanie danych wymaga zastosowania odpowiednich systemów zabezpieczeń kanałów informacyjnych. Zwłaszcza w dobie kryzysu ogromne znaczenie ma przesyłanie informacji odpowiednim organom w szybkim tempie. Dla uporządkowania sposobu przepływu, zbierania oraz analizy danych opracowano program nazwany Centralną Aplikacją Raportującą (CAR). Zasadniczym celem programu jest usprawnienie przepływu informacji w oparciu o trójstopniowy system raportowania. W chwili wystąpienia zagrożenia lub kryzysu tworzony jest raport inicjujący, zawierający elementarny zestaw informacji (odpowiedzialność jego sporządzenia spoczywa na organie, który w pierwszej kolejności otrzyma informację o zagrożeniu) oraz ocenę ryzyka. Ukończony raport pojawi się na stronie programu i będzie widoczny dla wszystkich załogowanych użytkowników (informacja dociera w jednej chwili do każdego zainteresowanego podmiotu). W następnej kolejności pojawia się raport poszerzający, który zawiera dane uzupełniające pierwszy raport oraz raport końcowy, czyli skutki i prognoza na przyszłość. [14]

Podstawą budowy polityki bezpieczeństwa informacji jest określenie rangi poszczególnych danych, jakimi dysponuje organizacja. Określenie drogi komunikacji oraz sposobu kodowania danych, jest elementem kluczowym, gdyż tylko wówczas można odnieść sukces w prowadzonych działaniach. Podczas wyboru i określania dróg komunikacji należy mieć świadomość zagrożeń, jakie wynikają z nieautoryzowanego dostępu do danych osób trzecich. W obecnych czasach, gdy powszechnie stosuje się rozwiązania mobilne bardzo ważnym elementem jest świadomość, że każda forma łączności posiada mocne i słabe strony.

Podsumowanie

Bezpieczeństwo informacji i rzetelność jej przekazywania w sytuacjach kryzysowych jest bardzo istotnym elementem prowadzenia działań, zwłaszcza w kontekście współpracy z mediami, które kształtują opinię publiczną, przedstawiając jej wybrane fragmenty rzeczywistości. Realizacja zadań z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa publicznego wymaga sprawnego, efektywnego systemu zarządzania kryzysowego, zdolnego do przeciwdziałania różnego rodzaju zagrożeniom poprzez sprawne działanie organów administracji publicznej i podmiotów wykonawczych tworzących podsystem wykonawczy. Dzięki niemu możliwe jest skuteczne rozwiązywanie różnego rodzaju sytuacji kryzysowych przy zaangażowaniu minimum środków przez połączenie wysiłków organów administracji publicznej, instytucji, służb, straży oraz inspekcji odpowiadających za bezpieczeństwo. System jest ukierunkowany na zarządzanie sytuacją kryzysową poprzez działania planistyczno-proceduralne i procesy decyzyjne, a oprócz tego posiada też ustawowo podporządkowane podmioty wykonawcze na poszczególnych jej poziomach, niezbędne do realizacji zadań zarządzania kryzysowego. Rządowe Centrum Bezpieczeństwa realizuje wszystkie swoje zadania w oparciu o informacje uzyskiwane ze wszystkich ośrodków kryzysowych funkcjonujących w ramach administracji publicznej. Dbalność o bezpieczeństwo informacji i brak możliwości pozyskania jej przez osoby trzecie, to jedne z czynników stanowiących gwarancję sukcesu prowadzonych działań.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, Dz. U. z 2011 r., Nr 46, poz. 239 z późn. zm.
- [2] <https://rcb.gov.pl/zarządzanie-kryzysowe-to-nie-tylko-reagowanie/> - 05.2018
- [3] Kitler W.: *Planowanie cywilne w zarządzaniu kryzysowym*, Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej, Warszawa 2011.
- [4] Falecki J.: *Dylematy zarządzania kryzysowego w Rzeczypospolitej Polskiej*, Wydawnictwo Instytutu Bezpieczeństwa Narodowego Wyższej Szkoły Humanitas, Sosnowiec 2016
- [5] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, Dz. U. z 2015 r., nr 89 poz. 1485 z późn. zm.
- [6] <http://www.itwadministracji.pl/> - 01.2018
- [7] Prauzner T., Bezpieczeństwo i edukacja w zmieniającej się rzeczywistości, [w:] *Edukacja XXI wieku, Przestrzenie edukacyjnego współdziałania w budowaniu społeczeństwa obywatelskiego*, red. Górecka K., Kukie-

- wicz A., 41 t.2, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2017, s.31–40
- [8] <https://rcb.gov.pl/wp-content/uploads/NPOIK-dokument> - 05. 2018
- [9] <https://giodo.gov.pl/1520143/j/pl> - 05.2018
- [10] https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection_en - 03. 2018
- [11] <http://www.strefabiznesu.pl/wiadomosci/a/nadal-nie-chronimy-dostatecznie-naszyc-danych-osobowych-skutki-utraty-sa-dotkliwe-i-kosztowne,-03.2018>
- [12] Dobrakowski R.: Bezpieczeństwo stosowania rozwiązań GSM w sytuacjach kryzysowych, Inżynieria Produkcji: Analiza zagrożeń podstawą funkcjonowania współczesnej organizacji, Seria Monografia nr 71, Częstochowa 2017, s.114–124
- [13] <http://www.nowastrategia.org.pl/> - 03.2018
- [14] Galicki K., Świszcz G.: Usprawnienie procesu obiegu informacji w systemie zarządzania kryzysowego, Przegląd bezpieczeństwa wewnętrznego, nr 9, 2013, s .318–323.



Dorota Wojtyto

*The Institute of Plastic Working and Safety Engineering
The Faculty of Production Engineering and Materials Technology
Częstochowa University of Technology
al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa*

THE ROLE AND TASKS OF EMPLOYEES IN DEVELOPING THE RISK MANAGEMENT PROCESS IN THE CONTEXT OF CRISIS MANAGEMENT IN SELF-GOVERNMENT ADMINISTRATION INSTITUTIONS

Abstract. The article discusses the structure and competence of the risk management teams in self-government administration institutions in terms of crisis management. The individual roles and responsibilities of employees responsible for the implementation, execution and control of the risk management process are indicated. The results of investigations carried out in selected self-government administration institutions, including municipalities, districts and provinces, on the preparation of the staff to carry out risk management tasks are discussed. Change directions and recommendations for structuring risk management teams have been proposed. These proposals constitute one of the elements of the overall risk management model in crisis management.

Keywords: risk management process, risk management team, crisis management, self-government administration, personal competence.

ROLA I ZADANIA PRACOWNIKÓW W KSZTAŁTOWANIU PROCESU ZARZĄDZANIA RYZYKIEM W KONTEKŚCIE ZARZĄDZANIA KRYZYSOWEGO W JEDNOSTKACH ADMINISTRACJI SAMORZĄDOWEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono rozważania dotyczące struktury i kompetencji zespołów ds. zarządzania ryzykiem w jednostkach administracji samorządowej w aspekcie zarządzania kryzysowego. Wskazano poszczególne role i zadania pracowników odpowiedzialnych za wdrożenie, realizację i kontrolę procesu zarządzania ryzykiem. Omówiono wyniki badań przeprowadzonych w wybranych jednostkach admini-

stracji samorządowej, w tym: w gminach, powiatach i województwach, dotyczących przygotowania kadry pracowniczej do realizacji zadań z zakresu zarządzania ryzykiem. Zaproponowano kierunki zmian i rekomendacje w zakresie tworzenia struktur zespołów ds. zarządzania ryzykiem. Propozycje te stanowią jeden z elementów ogólnego modelu zarządzania ryzykiem w zarządzaniu kryzysowym.

Słowa kluczowe: proces zarządzania ryzykiem, zespół ds. zarządzania ryzykiem, zarządzanie kryzysowe, administracja samorządowa, kompetencje osobowe.

Introduction

To function and achieve their objectives, self-government administration institutions, as well as other organizations, must make decisions that often carry a risk. Hence, it is essential to properly manage the risk for those objectives to be achieved and bring about not only losses, but a profit as well. This is possible by carrying out a comprehensive process, taking into account its individual components and steps. This process should have an ordered structure and rely on developed standards.

Assumptions for the risk management process are formalized in individual risk management standards that specify its essential elements [7]. Therefore, several applicable standards can be distinguished, which regulate these issue, namely [4]:

- Standard EN ISO 31000:2009;
- COSO II (*The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*);
- FERMA (*Federation of European Risk Management Associations*);
- AS/NZS 4369:2004; (*Australian Standards*);
- AIRMIC (*Association of Insurance and Risk Managers in Industry and Commerce*), IRM (*The Institute of Risk Management*), ALARM (*Advances in Labour and Risk Management*), 2002.

Risk management is understood as *making decisions and carrying out actions to achieve an acceptable risk level by a given entity* [3].

Another definition points out that this is a *scientific approach to the handling of risk types by forecasting and anticipating possible accidental losses and by designing and implementing procedures that minimize the occurrence of losses or compensate financially for other losses, if they occur* [9].

Moreover, the risk management process should consist of the following stages: context determination, hazard identification, risk analysis, risk assessment, response to the risk, and monitoring and communication. On each of these stages, it is necessary that tasks be carried out by trained personnel.

The current state of knowledge of risk management in crisis management indicates that this is an area which undoubtedly requires many modifications

and additions to be made to some essential elements. Some of the most important problematic issues are noted in this respect, namely: lack of coherent terminology in the field of risk, the need for clarifying the risk management process, developing risk management methodology and plans, lack of the legal regulations and standardization of the process, as well as the deficit of trained staff.

In the proposal for the modification of the risk management concept in self-government administration institutions, an important role is also played by crisis management structures. Among provincial, district and commune crisis management teams, the issue of responsibility for the preparation and then management and control of the risk is worth submitting for discussion. A suggestion to properly train the institution's staff to perform these tasks also arises. In crisis management, a leading function on relevant self-government administration levels is performed by, respectively, the Provincial Governor, Starost, or Village Mayor. It is worth noting whose authority will include the leading of the risk management process. Considering the fact that, in the aspect of crisis management, self-government administration is a body established to undertake tasks to assure the safety of specific entities within the resources awarded by the Government, the responsiveness of individual levels of management should be based on viable solutions. The role of decision makers at the level of the Province, District or Commune should, therefore, be reduced to efficient risk management in order to minimize, if only, the losses resulting from the occurrence of the risk.

Both the regulations and the adopted risk management methodology force the need for dividing personal powers in this respect. The scope of responsibilities should be adjusted to the nature, size and activity range of the organization. Therefore, each entity is obliged to identify and staff persons responsible for carrying out tasks associated with a holistic approach to the risk management process.

A literature review shows a practice of creating appropriate teams of employees, who will deal with risk-related issues in the organization.

Given the above assumptions and the diagnosed problematic situation in this field, the main aim of this article is to define the respective roles and responsibilities of employees in the field of risk management, so that this process is carried out efficiently, comprehensively and in a timely manner.

The structure of risk management teams in crisis management and their tasks

The literature on the subject identifies five key roles in risk management, such as the Organizational Unit Manager, Risk Team, Risk Manager, Risk Owner and both internal and external auditors.

The Manager supervises the entire process by setting goals and directions for the improvement of the situation, and also makes decisions on the acceptance of the established level of risk and a subsequent plan to deal with it.

The Risk Team, on the other hand, performs an advisory role by giving opinions and approving risk analysis results and recommends the use of risk handling methods. He also establishes the method of budgeting tasks.

The Risk Manager coordinates the operation of the process in the organization by ensuring efficient communication and information flow between team members and is responsible for maintaining databases. His role encompasses also the verification of the hazard identification and risk assessment made.

The function of the Risk Owner is usually held the manager of a given organizational unit. He performs periodic risk analysis and assessment, monitors occurring crisis events on an ongoing basis, and prepares proposals for risk handling plans. A key role is also played by internal and external auditors, who make tools and techniques available to enable a better hazard analysis and the design of corrective actions. In addition, they assess the effectiveness of using existing risk management methods. Recommendations made by them provide an essential basis for carrying out further actions related to the risk [5].

Within the framework of the organizational structure, individuals should also be appointed, who will strictly carry out hazard identification and risk analysis and assessment tasks, and will implement preventive actions. This is an important factor that should be considered because of the different size of risk teams. Hence, depending on the entity, the role of the individual risk management functional persons is subject to change due to, among other things, a shortage of the required number of skilled and trained people. Moreover, the modification of qualifications may be due to the organization's size and number of employees. In the case of local government institutions, a significant relationship is associated with administrative division (in a district, the number of people making up a risk management team will always be greater than in a commune).

Table 1 shows the scope of responsibility of risk management teams in self-government administration institutions.

When analyzing Table 1 it can be concluded that the responsibility division in respect of risk management in the self-government administration institutions is clearly shown. However, with respect to crisis management, it has not been precisely defined in any manner so far. Hence, it is necessary to regulate this issue so that the risk management process be conducted properly and in a holistic way. Persons responsible for individual risk management tasks should therefore be appointed, while taking into account the administrative level and the size of the crisis management organizational unit concerned.

Table 1. Examples of the areas of responsibility of teams in the risk management process in self-government administration institutions

Entity	Scope of responsibility
Unit Manager	<ul style="list-style-type: none"> – coordinating the work to determine the unacceptable property states (the "risk appetite" level) and protecting people, the environment and the critical infrastructure; – determining, approving and adopting a risk management strategy and policy with respect to catastrophic risks, as well as determining the risk management structures with assigning the roles and responsibilities of individual employees; – motivating for the use of adopted risk management rules; – closely monitoring key hazards (based on the defined phenomena that cause the realization of catastrophic risks projects – the effect of identification in the risk management process); – drawing up periodical reports and making them public; – ensuring the proper communication and information system, monitoring the risk management; – identifying the areas of new hazards; – conducting activities related to the protection of people, property and the environment
Operation level managers (managers of organizational units)	<ul style="list-style-type: none"> – participation in the development and implementation of a risk management system in the self-government administration institution within the protection of people, property and the environment; – monitoring the implemented system and motivating for adherence to adopted catastrophic risk management principles by subordinate employees; – preparing reports on existing catastrophic hazards; – providing information about key issues concerning existing hazards for the risk management team; – preparing contingency plans for the most likely hazards or those with the greatest environmental impact, which may arise, in spite of the measures taken to mitigate them; – drawing up reports on the effectiveness of activities undertaken; – identifying new hazards.

Entity	Scope of responsibility
Risk Manager – Risk Management Delegate	<ul style="list-style-type: none"> – supervising the development, implementation and monitoring of the risk management system in respect of the protection of people, property and the environment; – establishing the work schedule and supervising the work of the risk management team; – preparing reports on the compliance of actions to the established procedures; – providing information about key issues related to existing hazards for the risk management team, as well as communicating such information to the employees; – collecting information from individual risk owners and other levels of the organization's structures, where the risk is analyzed; – identifying new hazards.
Risk Coordinators	<ul style="list-style-type: none"> – supporting operational level managers in carrying out their tasks, including the protection of people, property and the environment; – coordinating activities in risk identification and assessment and risk response determination within departments and units reporting to the manager, etc.; – reporting on the performance of the risk management process on the risk owners' level – identifying new hazards.
Risk Owner	<ul style="list-style-type: none"> – risk monitoring and review; – preparing risk reports (reporting on the risk); – communicating information to the managers of individual areas; – identification of new threats and determining the risk level; – putting forward proposals for actions of appropriate remedial measures for identified or changing hazards; performing tasks in the protection of property, people and the environment.

Source: [4]

It is proposed to set up risk management teams, which will distinguish the following roles:

- Province: Risk Owner, Risk Coordinator, Risk Manager, Organization Unit Manager.
- District: Risk Owner, Risk Manager, Organization Unit Manager.
- Commune: Risk Owner, Risk Manager.

The above division should be adapted to the organization's needs and the number of employees dealing with the issues of crisis management and safety. In the case of a larger number of employees, several people can be risk owners and risk coordinators.

Investigation results

Currently, in crisis management, the problem of creating risk management positions stems primarily from the lack of legal and organizational regulations. Moreover, this is undoubtedly influenced by a poor training system in this field and too large a dispersion of tasks carried out by employees in terms of responsibility. It often happens that one or more persons are responsible for the matters of crisis management, defence and risk management at the same time (especially at the lowest administrative level).

Within the studies, whose results are published in the Monograph *Risk management in the activity of local self-government institutions with particular focus on catastrophic risk* [4], it has been verified who participates in risk identification activities at the commune level. The results are shown in Figure 1.

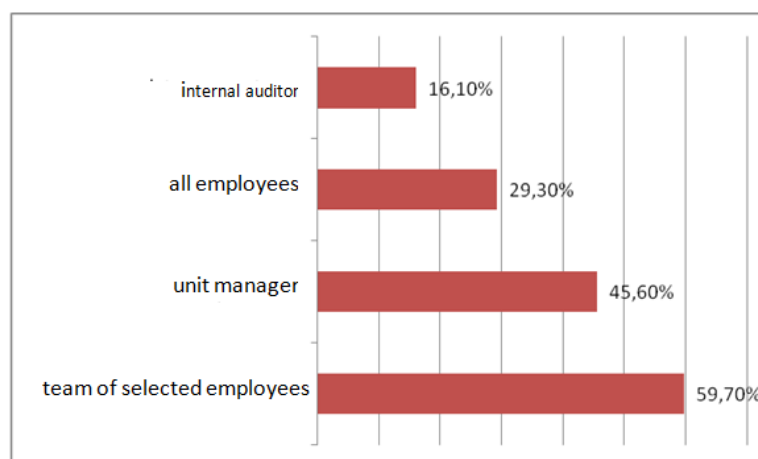


Figure 1. Persons participating in the identification of risk in the Commune (% of indications, n = 355)
Source: [4]

Figure 1 shows that a team of selected employees (approx. 60%) and the Unit Manager (46%) primarily participate in risk identification in the Commune. In addition, also other employees of the organization take part in these tasks to a small extent (29%). Just over 16% of the respondents have indicated the function of internal auditor. In the author's opinion, this is not the right approach, because the role of the auditor is primarily to assess the effectiveness of risk management, rather than to identify the risk.

By contrast, with respect to crisis management, personal competences in hazard risk assessment were verified with a survey conducted in 2014, which was addressed to 101 units dealing with crisis management at the commune, district and province levels. The results are shown in Figure 2.

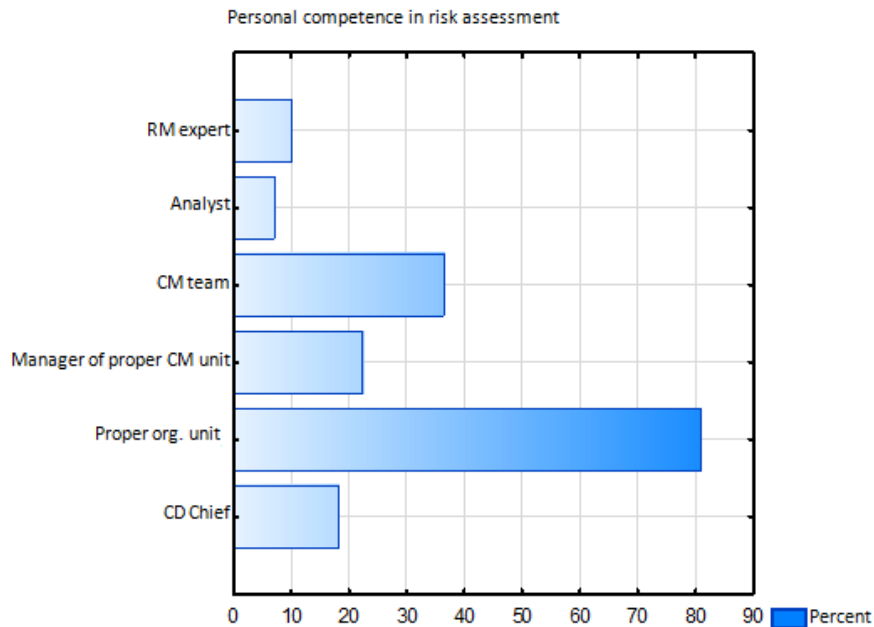


Figure 2. Personal competences in risk assessment in crisis management in communes, districts and provinces

Source: the author's compilation based on the survey carried out on individual self-government administration levels

By analyzing Figure 2 it can be concluded that at all administrative levels both hazard risk assessment and the overall risk management process is mostly conducted by an organizational unit concerned with crisis management issues (over 80%). These issues are also resolved by a crisis management team (approx. 35%). To a lesser extent, this responsibility applies to the organizatio-

nal unit manager (22%) and the chief of Civil Defence (over 18%). The indications included also the analyst (7%).

This implies that the majority of surveyed organizational units do not have a team of employees of the proper crisis management unit that will deal with risk issues on an ongoing basis. Responsibility for these issues is distributed among various functions, which results in a lack of coherence and large disparities in the respective risk assessment of hazards and subsequent control. Hence, it seems justifiable to state that it is necessary to set up a trained risk management team for the purposes of crisis management, who will perform relevant tasks in a holistic way. An advantage of this type of solution would be relieving functional people of risk-related activities and filling thus freed functions with professionals ("the right people in the right place"). It is worth noting that only an efficient training system can provide qualified staff, who will carry out the risk management process effectively.

Figure 3 shows respondents' responses to the question concerning the preparation of the staff dealing with crisis management issues for activities associated with the analysis and assessment of possible hazards and the overall management risk process.

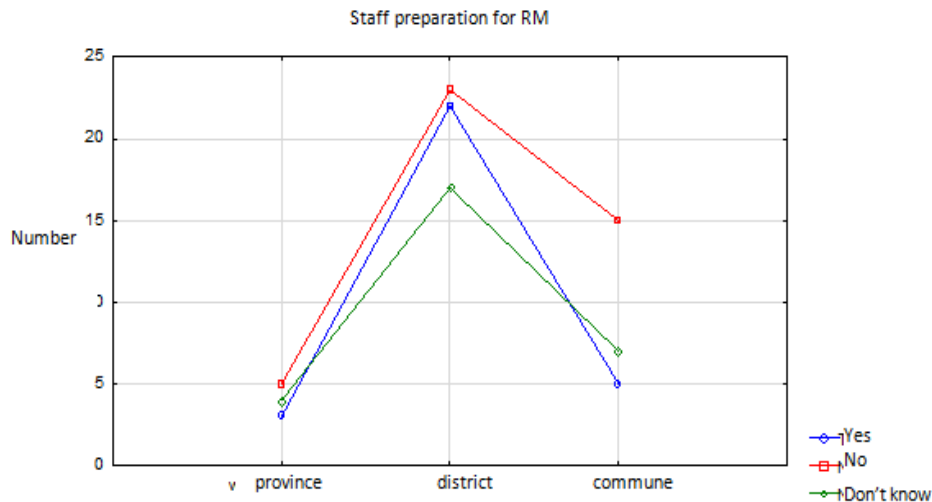


Figure 3. Preparation of staff for risk management

Source: the author's compilation based on the survey carried out in individual self-government administration units

In the course of research, another diagnosed risk management problem that arises is the lack of properly prepared and trained personnel to carry out tasks in the field concerned. This phenomenon occurs at all administrative

levels, but most severely in communes. Part of the surveyed units are not able to determine whether they would know how to plan, organize, control and monitor such a process, or not. This is adverse to the effectiveness of actions taken in crisis management. The problem with having qualified personnel is due to the fact that people who deal with these issues in the district, or province, and especially in the commune, are few and they have to share their responsibilities with other employees. Undoubtedly, the introduction of changes and the conceptualization of the risk management process should be started by raising the competences of employees in this respect.

The lack of staff preparation is often due to a poorly developed training system. Figure 4 shows the respondents' responses to the question concerning the participation in risk management and crisis management training courses.

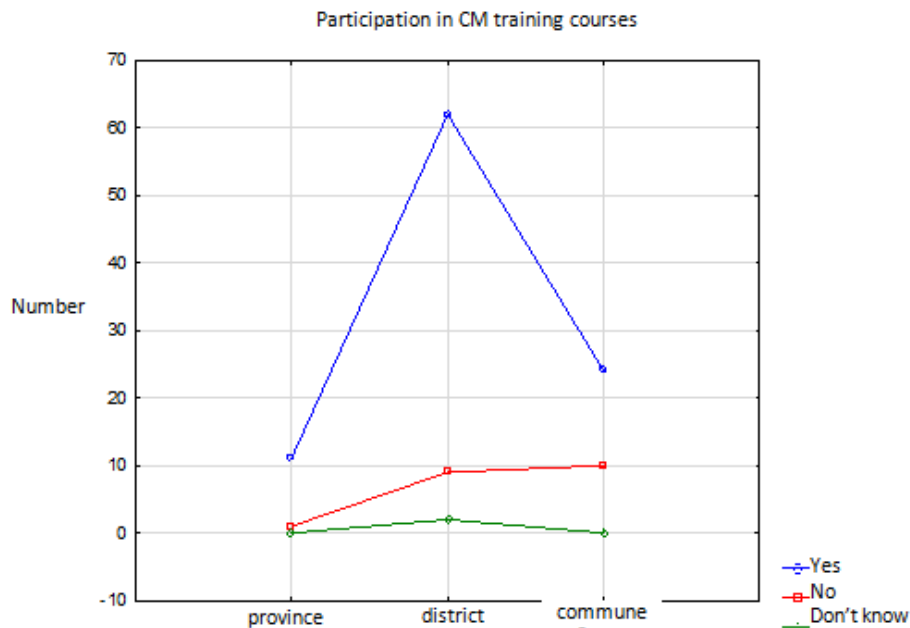


Figure 4. Participation in crisis management (CM) training courses

Source: the author's compilation based on the survey carried out in self-government administration institutions

It can be noticed from Figure 4 that the vast majority of the surveyed self-government units take an active part in crisis management training courses, which are often devoted also to risk issues. The average frequency of taking this kind of self-training is once a year, at the province level this frequency being much higher.

Cases happened, where, when interviewed, respondents would declare their participation in training courses as often as 6-8 times a year. This shows that self-government units practice taking training on their own, but they also join other communes or districts to conduct exercises together. Needless to emphasize that every self-government institution is legally obliged to participate in training once a year.

Among the surveyed administrative levels, there were instances of organizational units that did not take part in exercises at all due to lack of funds for this purpose (this applies mainly to rural and urban-rural communes).

Moreover the risk management teams can be part of an overall model of risk management in crisis management in self-government units, as shown in Figure 5.

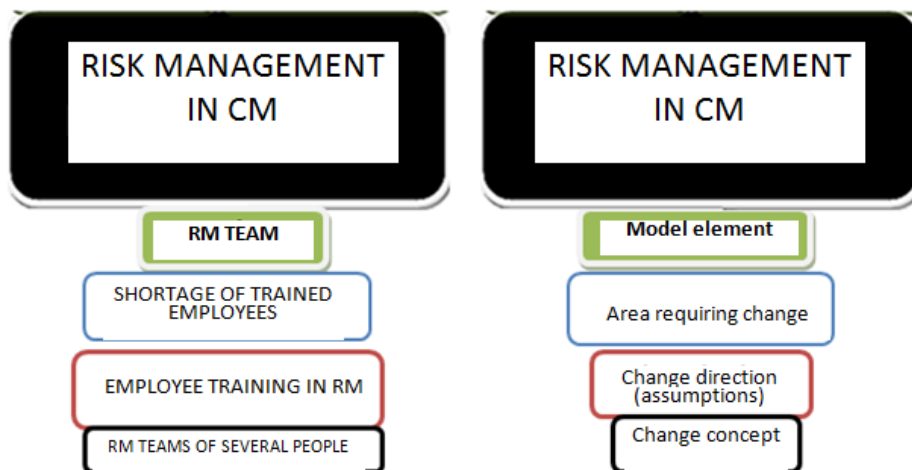


Figure 5. An element of the overall risk management-in-crisis management model "Risk Management Team"

Source: the author's study

The risk management-in-crisis management team is a result of the relationship between the diagnosed area of change and the actions that determine its direction. For a given model element to describe an important risk management aspect, and thus to realize itself, a proposal (concept) for change in the model should be put forward. These proposals show how individual model components can be implemented and realized. So, in this model, the area requiring change is the shortage of trained employees; the direction of change is employee training in risk management; while the change concept is setting up risk management teams of several people.

Conclusions

To sum up the discussion on the role and tasks of employees taking part in developing the risk management process within crisis management in self-government institutions, the following conclusions can be drawn:

- risk management is a relatively new area of crisis management activities, hence many issues arise, which need change. Among them is the problem of having qualified staff;
- a significant shortage of employees dealing with risk management within crisis management is noted at all levels of self-government administration;
- there is no clear division of employees competences, including a lack of risk management structures;
- no holistic risk management process-related tasks carried out by employees, and specifically, no tasks related to hazard identification, risk analysis, risk assessment, risk response, monitoring or communication are carried out;
- a shortage of trained employees to perform risk management tasks, caused by the weakness of the training system and lack of funds for this purpose;
- when conducting discussions on the direction of change in the risk management process, the need for appointing specialized risk management teams is noted, which would be made up of either two or several people, depending the organizational unit;
- appointing risk management teams can be part of an overall model of risk management in crisis management in self-government units.

References

- [1] AIRMIC Risk Management Standard
- [2] AS/ NZS 4360:2004
- [3] Jajuga K., *Teoretyczne podstawy zarządzania ryzykiem [Theoretical bases of risk management]*, PWN Publisher, Warsaw 2008.
- [4] Jastrzębska M., Janowicz-Lomott M., Łyskawa K., *Zarządzanie ryzykiem w działalności jednostek samorządu terytorialnego ze szczególnym uwzględnieniem ryzyka katastroficznego [Risk management in the activity of local self-government institutions with special emphasis on catastrophic risk]*, Wolters Kluwer SA Publisher, Warsaw 2014.

-
- [5] Materiały szkoleniowe: *Zarządzanie ryzykiem z wykorzystaniem narzędzia informatycznego e- risk [Risk management using the e-risk IT tool]*, PBSG Publisher, Poznan 2015.
 - [6] Orange Book- Managment of Risk, HM Treasury, October 2004
 - [7] Serewa M., *Metodyka zarządzania ryzykiem organizacyjnym przez jednostki administracji publicznej [The methodology of organizational risk management by public administration institutions]*, Editor: Zarządzanie Przedsiębiorstwem Journal, No. 2/2007, p. 46.
 - [8] Risk management Standard FERMA, 2003
 - [9] Vaughan E.J., *Risk Management*, New York 1997
 - [10] Wojtyto D., PhD thesis entitled „Zarządzanie ryzykiem na szczeblach administracji samorządowej w aspekcie zarządzania kryzysowego” [“Risk management on self-government administration levels in the context of crisis management”], Unpublished material, Warsaw 2015.



Dorota Wojtyto, Szymon Berski, Dariusz Rydz

Politechnika Częstochowska

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

Instytut Przeróbki Plastycznej i Inżynierii Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa,

e-mail: berski.szimon@wip.pcz.pl; rydz.dariusz@wip.pcz.pl

BEZPIECZEŃSTWO PUBLICZNE W KONTEKŚCIE OCENY PRZEBIEGU PROCESU ZARZĄDZANIA RYZYKIEM W ADMINISTRACJI SAMORZĄDOWEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące oceny przebiegu procesu zarządzania ryzykiem w administracji samorządowej w kontekście zarządzania kryzysowego. Wskazano poziom poszczególnych rodzajów zagrożeń, w tym: naturalnych, technicznych i społecznych. Następnie dokonano analizy stanu obecnego procesu zarządzania ryzykiem w wybranych jednostkach administracji samorządowej na szczeblu województwa, powiatu i gminy oraz wskazano kierunki udoskonaleń w tym zakresie. Kluczowym elementem pracy było określenie związku pomiędzy występowaniem zagrożeń, zarządzania ryzykiem, a kształtowaniem się ogólnego poziomu bezpieczeństwa publicznego. W artykule wykorzystano między innymi wyniki badań ankietowych. **Słowa kluczowe:** zarządzanie ryzykiem, zarządzanie kryzysowe, administracja samorządowa, bezpieczeństwo publiczne.

PUBLIC SECURITY IN THE CONTEXT OF THE ASSESSMENT OF RISK MANAGEMENT PROCESS AT THE LOCAL GOVERNMENT

Abstract. In the article the results of research of the assessment of the risk management process at the local government in terms of crisis management were presented. As well the level of the different kind of threats: natural, technical and social was indicated. Then the current condition of the risk management process was analysed in the chosen local government units (voivodeships, districts and communes) and the improvement directions in this field was indicated. The main element of this work was definition

relationships between threats, risk management and formation the overall level of the public security. In article the survey research results were used.

Keywords: risk management, crisis management, local government, public security.

Wprowadzenie

W dobie pogłębiającego się rozwoju cywilizacyjnego spowodowanego w głównej mierze procesami globalizacji i integracji ekonomicznej, zauważa się potrzebę zwrócenia szczególnej uwagi na zmiany zachodzące w środowisku bezpieczeństwa publicznego. Dynamika i intensywność współczesnych zagrożeń, a zwłaszcza ich różnorodność wymusza konieczność ich systematycznego monitorowania i analizy. To z kolei ma ścisły związek z zadaniami z zakresu zarządzania ryzykiem. Ryzyko jest bowiem determinowane poprzez rodzaj i charakter zagrożenia. Nowo pojawiające się zagrożenia, często o charakterze niekonwencjonalnym, mają wpływ na nowy kształt bezpieczeństwa ludzi, mienia i środowiska (poziom bezpieczeństwa narodowego).

Zagadnieniami z zakresu bezpieczeństwa publicznego w aspekcie sytuacji kryzysowych, a ściślej – zarządzania kryzysowego zajmuje się administracja rządowa i samorządowa. Jednym z elementów jej działalności jest zarządzanie ryzykiem. Pomimo faktu, że w zakresie bezpieczeństwa narodowego jest ona stosunkowo nową dziedziną, to obecnie nabiera coraz większego znaczenia, właśnie w kontekście nowo pojawiających się zagrożeń. Celem zarządzania ryzykiem jest odpowiednie przygotowanie się na występowanie sytuacji kryzysowej, minimalizowanie strat, jakie ona generuje i zaimplementowanie odpowiednich rozwiązań, które umożliwiłyby jej zapobieganie. Zauważa się jednak wiele niedoskonałości w tym zakresie.

Diagnoza tego problemu była możliwa poprzez przeprowadzenie badania ankietowego skierowanego do wybranych jednostek administracji samorządowej: gmin, powiatów oraz województw.

Metodyka badań

Analiza i ocena aktualnego przebiegu procesu zarządzania ryzykiem w aspekcie zarządzania kryzysowego na poszczególnych szczeblach administracji samorządowej została przeprowadzona za pomocą ankiety badawczej skierowanej do gmin, powiatów i województw. Kwestionariusz ankiety składał się z 27 pytań otwartych i zamkniętych oraz metryczki. Ankieta miała formę ankiety pocztowej i obejmowała 101 wybranych jednostek samorządowych, w tym 27 gmin (miejskich, miejsko-wiejskich i wiejskich), 61 powiatów oraz 13 województw. Badanie ankietowe miało na celu przedstawienie zakresu problematyki

związanej z ryzykiem w obecnie funkcjonującym systemie prawno-organizacyjnym. Zostało ono przeprowadzone w II i III kwartale 2014 roku, dlatego w zakresie oceny poziomu występujących zagrożeń kryzysowych nie uwzględniono danych o zagrożeniach w roku 2015. Próba badawcza stanowi grupę reprezentatywną jednostek administracji samorządowej. Spośród wszystkich powiatów dobrano losowo te, które należą do wybranych województw, natomiast gminy, które przebadano, stanowią grupę zagnieżdżoną analizowanych powiatów. Ze względu na teren zamieszkania autorów pracy badanie ankietowe miało formę ankiety pocztowej. Próba badawcza obejmowała powiaty (najwięcej jednostek organizacyjnych), gminy i województwa (najmniej jednostek organizacyjnych), co nie sprzyjało równomiernemu rozkładowi wyników analizy statystycznej. Ankieta została skierowana do komórek właściwych w sprawach zarządzania kryzysowego, nie do konkretnego pracownika. W związku z tym respondentem jest dany wydział, referat, biuro lub samodzielne stanowisko pracy związane z działalnością zarządzania kryzysowego.

Analiza statystyczna zagrożeń kryzysowych według źródła bazy danych *EM-DAT (The International Disaster Database¹)* dotyczyła danych publikowanych wyłącznie do roku 2014.

Zebrany materiał badawczy, po wstępnej weryfikacji, został poddany analizie ilościowej. Uzyskane odpowiedzi zostały odpowiednio zakodowane i wprowadzone do obliczeń za pomocą narzędzia statystycznego. Analizę ilościową wykonano z użyciem programu komputerowego *Statistica* wersja 12.0.

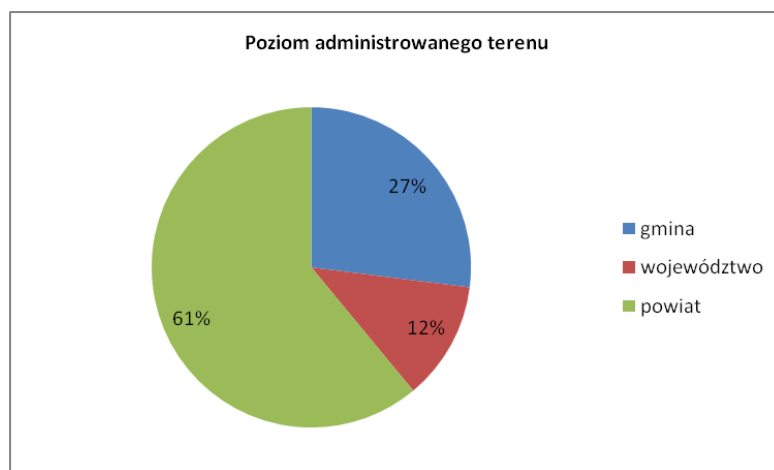
Na Rys. 1 przedstawiono strukturę próby badawczej pod względem poziomu administracyjnego.

Jak wynika z Rys. 1, spośród wszystkich respondentów, w badaniu udział wzięło 27% gmin, w tym gmin wiejskich, miejsko-wiejskich i miejskich, które podlegały administracyjnie pod badane powiaty. Te z kolei stanowią część analizowanych województw. Największą grupę wszystkich ankietowanych jednostek samorządowych stanowiły powiaty (61%), a następnie gminy. Ich nieznaczna liczba wynika z faktu, że często w strukturze danego Urzędu Gminy nie ma wyodrębnionego referatu zajmującego się sprawami zarządzania kryzysowego. Stąd do badania dobierano takie gminy, w których ta komórka funkcjonuje. Z ogólnej liczby 150 respondentów na badanie odpowiedziało 101 jednostek, w tym 13 województw, co stanowi 12% wszystkich ankietowanych.

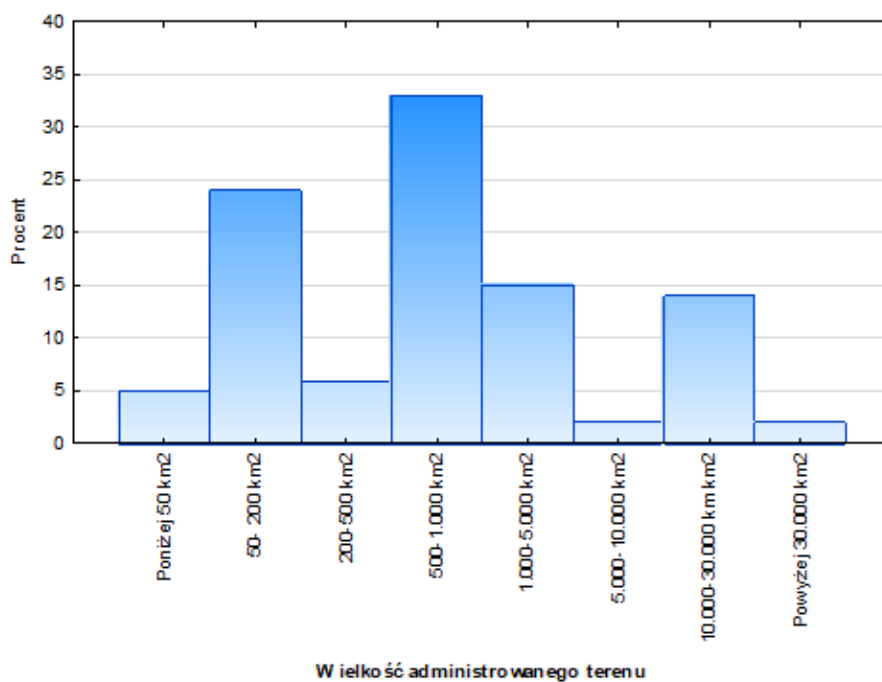
Na Rys. 2 przedstawiono udział badanych jednostek pod względem wielkości administrowanego terenu.

Jak wynika z Rys. 2, największą grupą badanych jednostek były te, których administrowany obszar mieści się w granicach 500–1000 km² oraz 50–200 km² (dotyczy głównie gmin). Natomiast najmniej liczną zbiorowość stanowiły jednostki o powierzchni 5000–10 000 km² oraz powyżej 30 000 km².

¹ Zob.: <http://www.emdat.be/>.

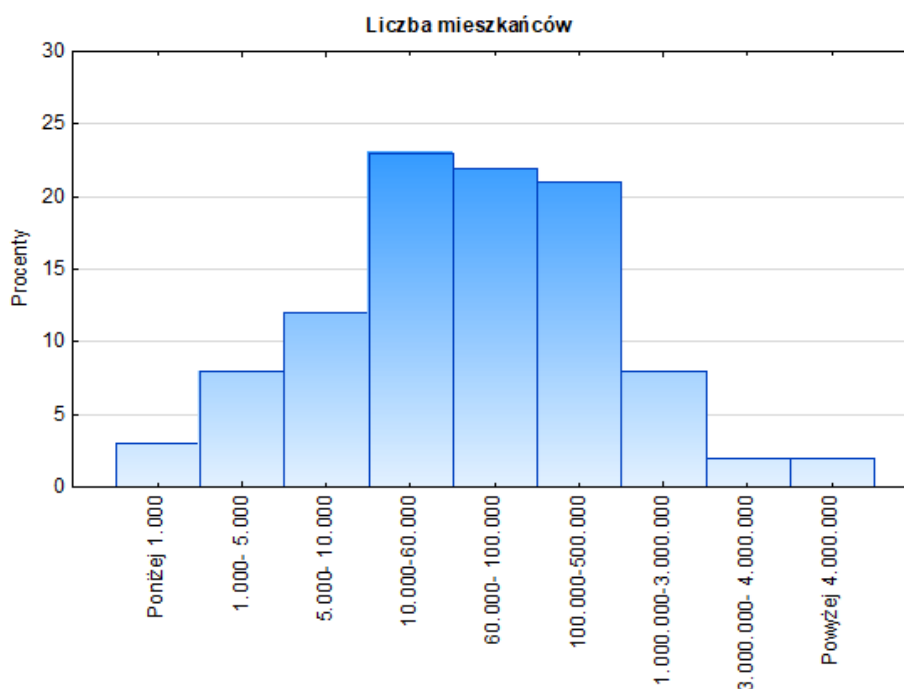


Rys. 1. Liczba województw, powiatów i gmin biorących udział w badaniu ankietowym, n = 101
 Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.



Rys. 2. Udział procentowy badanych jednostek pod względem wielkości administrowanego terenu, n = 101
 Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.

Z kolei na Rys. 3 zobrazowano próbę badawczą pod kątem liczby zamieszkujących osób.



Rys. 3. Struktura badanych jednostek pod względem liczby mieszkańców, n = 101

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.

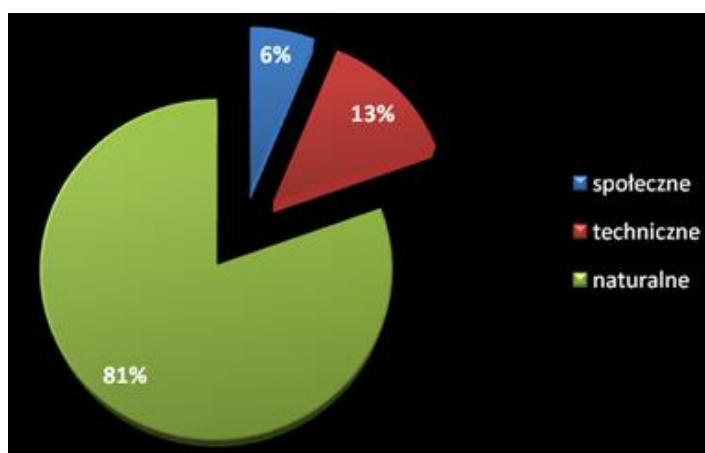
Analizując Rys. 3, można stwierdzić, że najliczniejszą grupę respondentów stanowi ta, której liczba zamieszkiwanych osób oscyluje w granicach 10 000–60 000 oraz 60 000–500 000. Natomiast najmniej odnotowano jednostek administracyjnych o liczbie mieszkańców poniżej 1000 oraz w granicach 3 000 000–4 000 000 i powyżej 4 000 000.

Analiza stanu aktualnego procesu zarządzania ryzykiem w aspekcie zarządzania kryzysowego w administracji samorządowej

Obszar badań zawarty w niniejszej publikacji obejmował następujące kwestie problematyczne: poziom bezpieczeństwa na szczeblach administracji

samorządowej, najczęściej pojawiające się zagrożenia, funkcjonowanie systemu zarządzania ryzykiem, stosowane metody zarządzania ryzykiem i ich efektywność, przygotowanie kadrowe, działania wspomagające zapobieganiu zagrożeniom i przygotowaniu się na nie.

Punktem wyjścia do rozważań dotyczących zarządzania ryzykiem jest identyfikacja zagrożeń oraz ich ocena pod względem częstotliwości występowania. Zatem pierwszą rozpatrywaną kwestią w badaniach teoretycznych było ustalenie, na podstawie danych statystycznych ogólnego poziomu występujących zagrożeń w Polsce w okresie 1999–2014, które z kolei wywołują sytuacje kryzysowe (Rys. 4.).

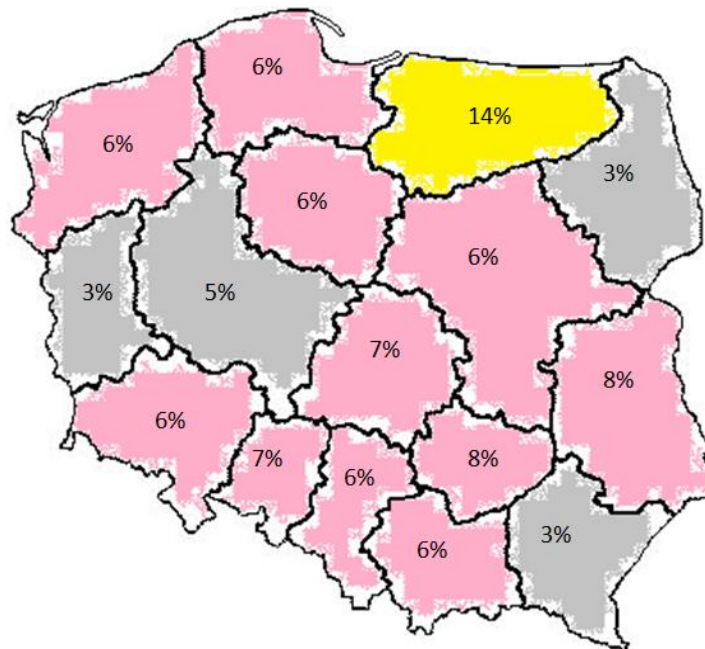


Rys. 4. Poziom wybranych zagrożeń w latach 1999–2013 w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie [4, 5, 11, 12]

Według opracowanych danych statystycznych [11] wynika, że na poszczególnych szczeblach zarządzania kryzysowego, w gminie, powiecie i województwie w badanym okresie 1999–2014, największa liczba powstałych sytuacji kryzysowych była związana z wystąpieniem zagrożeń naturalnych (81%), technicznych (13%) i społecznych (6%). Jest to stricte uzależnione od znacznie większego spectrum zagrożeń naturalnych w stosunku do pozostałych. Podobne dane uzyskano w wyniku przeprowadzenia analizy ryzyka za pomocą standardowej maczyzy ryzyka dla zagrożeń znajdujących się w Krajowym Planie Zarządzania Kryzysowego [4]. Wynika z tego, że wśród wszystkich badanych zagrożeń najczęściej występowała powódź, a najrzadziej silne mrozy. Największy stopień szkodliwości także przypada na powódź, ponadto epidemię i skażenia chemiczne, natomiast najmniejszy na protesty społeczne. Większość zagrożeń oscyluje na poziomie średnim, jedynie powódź występuje na poziomie dużym, a silne mrozy na poziomie małym.

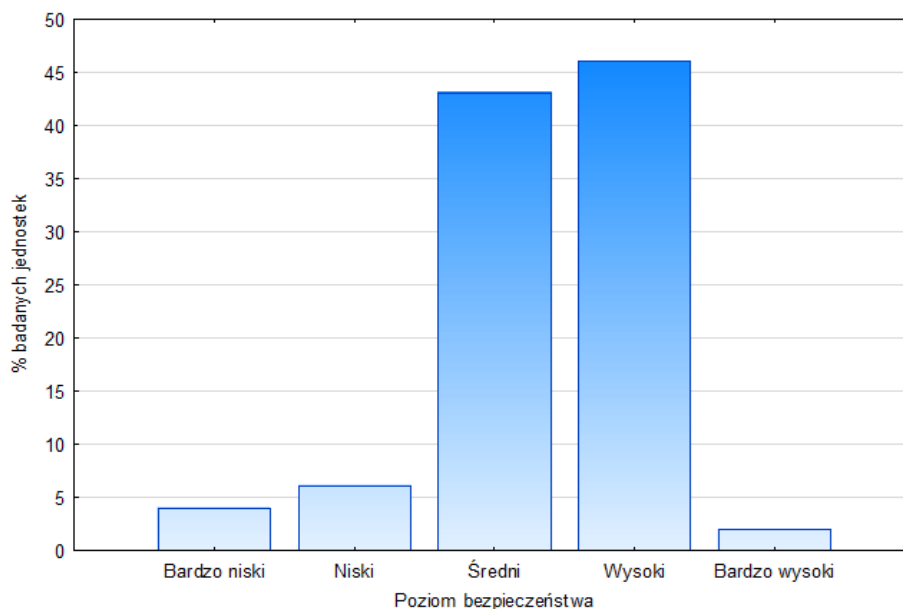
Z kolei najbardziej zagrożonym obszarem Polski w latach 1999–2014 pod względem występowania sytuacji kryzysowej okazały się powiaty województwa warmińsko-mazurskiego (14%). Poziom taki był wynikiem wystąpienia w tym okresie aż 26 zagrożeń naturalnych, 4 technicznych i jednego społecznego. Natomiast najniższy poziom zagrożenia został odnotowany w województwach podlaskim, podkarpackim oraz lubuskim, gdzie także dominującą rolę odgrywały zagrożenia naturalne. Jedynym województwem, w którym liczba zdarzeń technicznych przekraczała liczbę zdarzeń naturalnych było województwo opolskie (6%). W pozostałych powiatach badanych województw, liczba zagrożeń kryzysowych oscylowała w granicach 6–8% (Rys. 5.).



Rys. 5. Poziom zagrożenia poszczególnych województw w Polsce w latach 1999–2014
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [5].

Kolejna kwestia problematyczna badań ankietowych dotyczyła określenia ogólnego poziomu bezpieczeństwa wybranych jednostek samorządowych, co przedstawia Rys. 6.

Jak wynika z Rys. 6, ogólny poziom bezpieczeństwa badanych jednostek samorządowych oscyluje na poziomie wysokim (45%) i średnim (43%). Tylko 6% wszystkich respondentów (głównie gmin) określa administrowany teren na poziomie niskim, a 4% bardzo niskim.



Rys. 6. Ogólny poziom bezpieczeństwa badanych jednostek samorządowych, n = 101

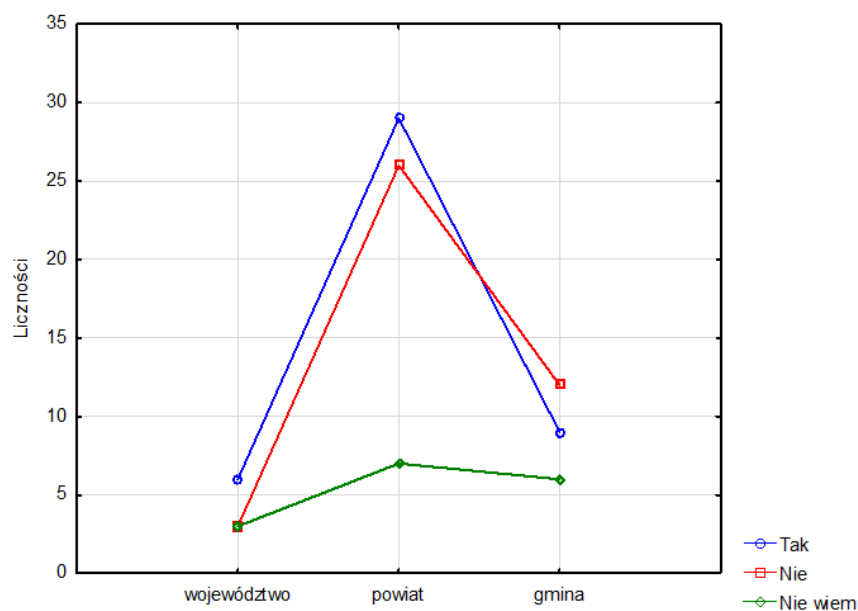
Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.

Następnie ocenie poddano funkcjonowanie systemu zarządzania ryzykiem na poszczególnych szczeblach administracji samorządowej, co przedstawia Rys. 7.

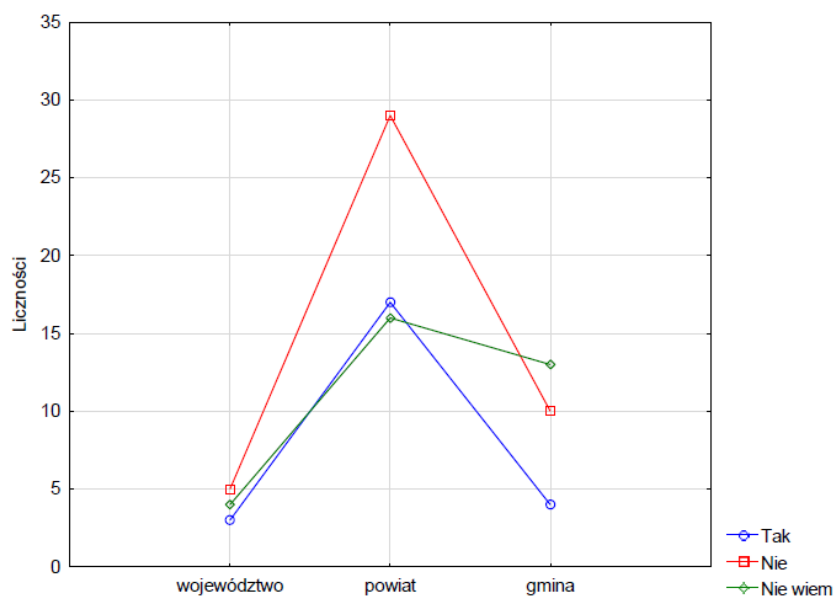
Analizując Rys. 7, można stwierdzić, że w większości badanych województw i powiatów funkcjonuje system zarządzania ryzykiem, natomiast na poziomie gminy jest to kwestia problematyczna. Powodem tego stanu rzeczy jest między innymi ograniczona liczbowo i niewyszkolona kadra, która mogłaby zajmować się tymi zagadnieniami w organizacji. Ponadto zdarza się, że często w małych administracyjnie jednostkach sam system zarządzania ryzykiem w ogóle nie funkcjonuje, a sprawy bezpieczeństwa spoczywają na powiatach.

Następną poruszaną kwestią była skuteczność metod zarządzania ryzykiem stosowanych przez wybrane jednostki samorządowe w prowadzeniu procesu zarządzania ryzykiem (Rys. 8.).

Z Rys. 8 wynika, że na poziomie województwa oraz powiatu dotychczas stosowane metody zarządzania ryzykiem w większości przypadków nie charakteryzowały się skutecznością. Z kolei w gminie respondenci nie mają zdania na ten temat, co może oznaczać, że zarządzanie ryzykiem z zastosowaniem odpowiedniej metody czy techniki nie jest weryfikowane pod kątem ich efektywności.

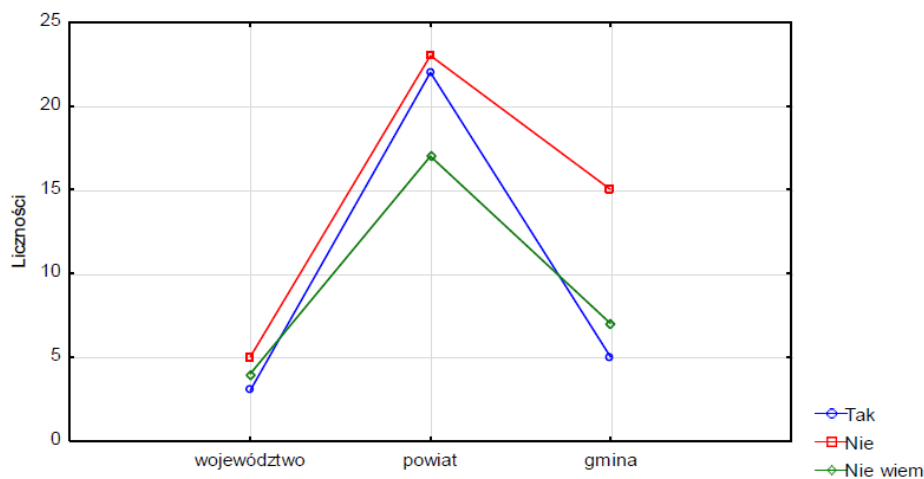


Rys. 7. Funkcjonowanie systemu zarządzania ryzykiem w jednostkach samorządowych, n = 101
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.



Rys. 8. Skuteczność metod zarządzania ryzykiem, n = 101
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.

W toku badań, kolejnym zdiagnozowanym problemem w zakresie zarządzania ryzykiem, który się pojawia jest brak odpowiednio przygotowanej i wyszkolonej kadry do realizacji zadań z tego zakresu (Rys. 9.). Zjawisko to występuje na wszystkich poziomach administracyjnych, najdotkliwiej jednak w gminach. Część badanych jednostek nie jest w stanie określić, czy umiałoby taki proces zaplanować, zorganizować, kontrolować i monitorować. Problem posiadania wykwalifikowanej kadry wynika z faktu, iż osób, które zajmują się problematyką w powiecie, czy województwie, a zwłaszcza w gminie, jest niewiele i dzielą one swoje obowiązki pomiędzy innych pracowników. Liczba pracowników danej komórki organizacyjnej, właściwej w sprawach zarządzania kryzysowego zależy od wielkości administrowanego terenu. W województwach liczba ta waha się w granicach 14–125, natomiast w powiatach od 1 do 7. Najbardziej niekorzystna sytuacja występuje w gminach, gdzie często są to jednoosobowe stanowiska. Zdarza się, że pracownik zajmujący się problematyką zarządzania kryzysowego równocześnie wykonuje zadania z zakresu obrony cywilnej i spraw obronnych. Wówczas stanowisko ds. zarządzania kryzysowego obejmuje tylko część etatu (połowa, $\frac{1}{4}$, a nawet mniej). W takich przypadkach nie ma możliwości realizowania zadań z zakresu zarządzania ryzykiem, co dyskwalifikuje jego wdrożenie w ogóle. Niewątpliwie wprowadzenia zmian i konceptualizacja procesu zarządzania ryzykiem należy zacząć od podnoszenia kompetencji pracowników w tym zakresie. Brak przygotowania kadry wynika często ze słabo rozwiniętego systemu szkoleniowego.



Rys. 9. Przygotowanie kadry do zarządzania ryzykiem, n = 101

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.

Kolejną kwestią, która została poddana ocenie wybranym jednostkom administracji samorządowej był sposób zapobiegania zagrożeniom i przygotowania się na nie. Wyniki badania przedstawiono na Rys. 10.



Rys. 10. Działania z zakresu zarządzania kryzysowego w celu zapobiegania zagrożeniom i przygotowania się na nie

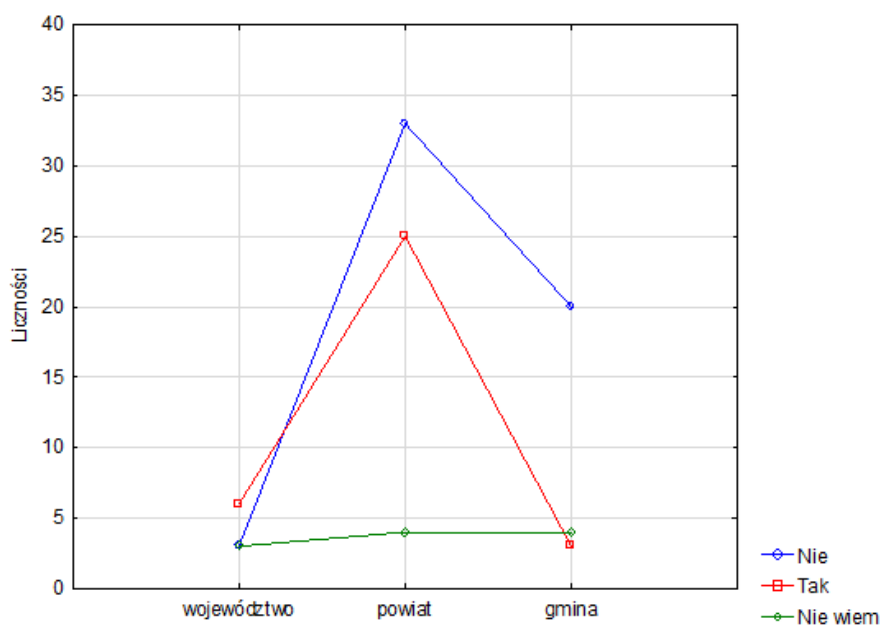
Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.

Według ankietowanych, działania w zakresie zarządzania kryzysowego, które mogłyby w większym stopniu zapobiegać sytuacjom kryzysowym oraz redukować ich skutki, a w przypadku, gdy nie jest to możliwe – przygotować się na nie, to przede wszystkim dogłębna charakterystyka występujących i potencjalnych zagrożeń. Istnieje potrzeba właściwej identyfikacji zdarzeń, zwłaszcza pod kątem ich odpowiedniej klasyfikacji, tak, aby były one rozpatrywane wielopłaszczyznowo. Duże znaczenie ma także stały monitoring sytuacji, który pozwala na przewidywanie jej następstw. Ponadto niezbędne jest opracowanie i dostosowanie odpowiednich działań do aktualnie zidentyfikowanych zagrożeń, a zatem stworzenie scenariuszy zdarzeń.

Bez wątpienia wszystkie wyżej wymienione zadania z zakresu zarządzania kryzysowego wiążą się z procesem zarządzania ryzykiem, zwłaszcza z etapem identyfikacji, analizy i oceny. Jednostki administracji samorządowej zgłaszają potrzebę wprowadzenia spójnej i jednolitej metodyki, która pozwoli na zapobieganie zdarzeniom. Wynika z tego, że aktualny proces zarządzania ryzykiem na szczeblach administracji samorządowej nie jest w pełni efektywny i kompleksowy.

wy. Badane jednostki samorządowe zwracają uwagę także na przygotowanie kompetencyjne osób odpowiedzialnych za wdrożenie procesu poprzez ćwiczenia i szkolenia. Jest to istotne, ponieważ w większości komórki organizacyjne nie posiadają wykwalifikowanej kadry, która będzie odpowiedzialna za wdrożenie i przeprowadzenie procesu zarządzania ryzykiem. Obok tak znaczących kwestii respondenci wskazywali także na conceptualizację algorytmów postępowania z zagrożeniami, z uwzględnieniem różnych wariantów zdarzeń. Ponadto prawie 30% ankietowanych uważa, że dobrym rozwiązaniem może być wsparcie ze strony ekspertów, co z kolei daje możliwość wymiernych korzyści w zakresie prawidłowo realizowanego procesu zarządzania ryzykiem, aczkolwiek wiązałoby się to z poniesieniem dodatkowych nakładów finansowych.

Ostatnią poruszaną kwestią w badaniu ankietowym był aspekt dotyczący wspomagania komputerowego systemu zarządzania ryzykiem. Wyniki odpowiedzi respondentów obrazuje Rys. 11.



Rysunek 11. Wspomaganie komputerowe systemu zarządzania ryzykiem w jednostkach samorządowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego w jednostkach administracji samorządowej.

Wynika z niego, że w większości powiatów i gmin nie funkcjonuje komputerowe wspomaganie systemu zarządzania ryzykiem. Natomiast odwrotną sytuację można zauważyć w województwie. Powodem tego stanu rzeczy jest przede wszystkim wymóg posiadania odpowiednich nakładów finansowych na

zakup i wdrożenie systemu zarządzania ryzykiem w danej organizacji oraz dopasowanie go do aktualnych warunków, a także bieżąca obsługa tych aplikacji przez zespół wyszkolonych pracowników.

W tym aspekcie rekomenduje się wdrożenie narzędzia informatycznego, który z jednej strony wspomagałby cały proces zarządzania ryzykiem, z drugiej zaś, był doskonałą bazą danych o zagrożeniach.

Wnioski

Zajmowanie się problematyką ryzyka wynika także z *Ustawy o zarządzaniu kryzysowym* [9] oraz innych dokumentów normatywnych (między innymi związanych z wymogami unijnymi) [1,5]. Obliguje to zatem jednostki administracji samorządowej (a także szczebel rządowy) do realizacji zadań z tego zakresu. Jednakże przeprowadzone badania teoretyczne oraz ankietowe zakończyły się konkluzją, która wyraźnie wskazuje, że aktualny proces zarządzania ryzykiem w zarządzaniu kryzysowym nie przebiega prawidłowo i wymaga udoskonalień, tak, aby jego efektywność bezpośrednio przekładała się na budowanie bezpiecznej przestrzeni dla obywateli, ich mienia oraz środowiska naturalnego, w którym funkcjonują.

Po pierwsze próba odpowiedzi na pytanie dotyczące poziomu zagrożeń w wybranych jednostkach wykazała, że ogólny poziom oscyluje jako średni. Nie jest on zatem gwarantem zapewnienia bezpieczeństwa, a zatem wymaga działań związanych z zarządzaniem ryzykiem.

Sama istota ryzyka wyraża się przede wszystkim w zrozumieniu potencjalnych lub występujących zagrożeń, które stanowią jego nierozłączny element. Dlatego też ryzyko jest tak ważną składową zarządzania kryzysowego. Dotyczy przede wszystkim właściwego oszacowania wartości prawdopodobieństwa i skutków zagrożenia, a następnie zarządzania nim w trakcie trwania całego procesu zarządzania ryzykiem. W tym aspekcie z przeprowadzonego badania ankietowego wynika, że największym prawdopodobieństwem wystąpienia zagrożeń charakteryzują się zagrożenia naturalne.

Ważną rolę odgrywają także metody, narzędzia i techniki, którymi można badać dane zagrożenie, a które ułatwiają znacznie przygotowanie się na występowanie zagrożeń oraz minimalizowanie ich skutków. Wybór metody może mieć charakter dowolny, natomiast rekomenduje się stosowanie ich, uwzględniając poszczególne etapy procesu: ustalenie kontekstu, identyfikacja zagrożeń, analiza i ocena ryzyka, reakcja na ryzyko wraz z monitoringiem i komunikacją [2].

Obecnie proces analizy i oceny ryzyka występuje w większości badanych jednostek samorządowych na wyższym i średnim szczeblu i polega na charakterystyce zagrożeń, określeniu prawdopodobieństwa wystąpienia danego zdarzenia wraz ze wskazaniem poziomu skutków, a następnie skonstruowaniu macie-

rzy ryzyka. Jak już wspomniano wcześniej, proces ten w obecnym przebiegu ocenia się jako mało efektywny i wynika z braku przyjęcia jednolitej dla wszystkich szczebli samorządowych koncepcji zarządzania ryzykiem, a zatem właściwego doboru metod i technik zarządzania ryzykiem, deficytu wyszkolonych pracowników w tym zakresie oraz rozbieżności w usystematyzowaniu etapów procesu, a także wielu ograniczeń wynikających ze struktury organizacyjnej danej jednostki (np. wielkości, położenia itp.).

Działania, które wspomogłyby proces zarządzania ryzykiem mogłyby być ukierunkowane w pierwszej kolejności na szkolenie kadr. Dzięki temu przedsięwzięciu proces może być sprawnie realizowany. Brak tego czynnika może spowodować zakłócenia we właściwej identyfikacji, analizie i ocenie ryzyka, a następnie w jego stałym monitoringu. Istotne jest także w dalszej kolejności zaaplikowanie odpowiedniej metodyki zarządzania ryzykiem oraz wspomagania informatycznego.

Proponowanym rozwiązaniem jest także to, by proces zarządzania ryzykiem w jednostkach administracji samorządowej w stosunku do występujących lub potencjalnych zdarzeń kryzysowych był przeprowadzony w kilku etapach, tj.: określenie kontekstu, identyfikacja, analiza, ocena ryzyka, reakcja na ryzyko oraz komunikacja i monitoring [2]. Istotne jest także, aby proces miał swoje odzwierciedlenie w planach zarządzania ryzykiem.

W propozycji zmian nad koncepcją zarządzania ryzykiem w jednostkach administracji samorządowej ważną rolę odgrywają także struktury zarządzania kryzysowego. Wśród wojewódzkich, powiatowych i gminnych zespołów zarządzania kryzysowego warto poddać dyskusji problem odpowiedzialności za przygotowanie, a następnie kierowanie i kontrolę ryzyka. Pojawia się również sugestia prawidłowego przeszkolenia jednostki do wykonywania tych zadań. W zarządzaniu kryzysowym wiodącą funkcję na poszczególnych szczeblach administracji samorządowej pełni odpowiednio wojewoda, starosta, wójt. Warto zwrócić uwagę w czyich kompetencjach zawierać się będzie kierowanie procesem zarządzania ryzykiem. Uwzględniając fakt, iż w aspekcie zarządzania kryzysowego administracja samorządowa to organ powołany do realizacji zadań nad bezpieczeństwem określonych jednostek w ramach środków przyznanych przez rząd, zdolność reagowania poszczególnych szczebli zarządzania powinna opierać się na realnych rozwiązaniach. Rola decydentów na poziomie województwa, powiatu czy gminy winna zatem sprowadzać się do sprawnego zarządzania ryzykiem w celu minimalizowania chociażby strat wynikających z zaistnienia zagrożenia.

Biorąc pod uwagę, że badania nad tą problematyką były przeprowadzone w roku 2014, a ich wyniki opublikowane po raz pierwszy w roku 2016, koniecznym byłoby zweryfikowanie ich aktualności po wdrożeniu rekomendowanych rozwiązań. Daje to z pewnością możliwość oceny nie tylko stanu procesu zarządzania ryzykiem w jednostkach samorządowych ale także i jego ewaluacji.

Zatem temat przedstawiony w pracy wydaje się być kwestią nadal otwartą i wciąż wymagającą dalszych badań w tym zakresie.

Literatura

- [1] Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady 1313/2013/EU z dnia 17 grudnia 2013 r. w sprawie Unijnego Mechanizmu Ochrony Ludności Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 roku o zarządzaniu kryzysowym, Dz.U. 2007 nr 89 poz. 590 z poz. zm.
- [2] ISO Guide 73/ISO 31000.
- [3] Kaczmarek T., Zarządzanie ryzykiem. Ujęcie interdyscyplinarne, Wyd. Difin, Warszawa 2010.
- [4] Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego, Warszawa 2012.
- [5] Ocena ryzyka na potrzeby zarządzania kryzysowego, Wyd. RCB, Warszawa 2013.
- [6] Sienkiewicz, P., Marszałek M., Górny P., Ryzyko w zarządzaniu kryzysowym, Wyd. A. Marszałek, Warszawa 2012.
- [7] Skomra W (red. naukowa), Metodyka oceny ryzyka na potrzeby systemu zarządzania kryzysowego RP, Wyd. BEL Studio, Sp. z o.o., Warszawa Ocena ryzyka na potrzeby zarządzania kryzysowego, Wyd. RCB, Warszawa 2013.
- [8] Jastrzębska M., Janowicz- Lomott M., Łyskawa K., Zarządzanie ryzykiem w działalności jednostek samorządu terytorialnego ze szczególnym uwzględnieniem ryzyka katastroficznego, Wyd. Wolters Kluwer SA, Warszawa 2014.
- [9] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 roku o zarządzaniu kryzysowym, Dz.U. 2007 nr 89 poz. 590 z poz. zm.
- [10] www.rcb.gov.pl [odczyt: 29.12.2015]
- [11] www.emdat.be [odczyt: 12.12.2015]
- [12] Zagrożenia okresowe występujące w Polsce, Wyd. Wydział Analiz RCB, Warszawa 2013.



Magdalena Kocyba¹, Marcin Glinka²

¹*Katedra Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska
Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów
Politechnika Częstochowska*

ul. J.H. Dąbrowskiego 69, 42–201 Częstochowa

²*Zakład Pielęgniarstwa Chirurgicznego
Transplantacyjnego i Leczenia Pozaustrojowego
Warszawski Uniwersytet Medyczny*

ul. Żwirki i Wigury 61, 02–091 Warszawa

ZATRUCIA TLENKIEM WĘGLA - STATYSTYKI W OSTATNIM 5-LECIU

Streszczenie. W artykule poruszono problem tlenku węgla ulatniającego się z instalacji ogrzewania wody oraz pomieszczeń mieszkalnych. Przedstawiono proces powstawania omawianego gazu, jego wpływ na organizm ludzki w zależności od stężenia w powietrzu i we krwi. Omówiono profilaktykę, kampanie informacyjne i zabezpieczenia przed nim. Na podstawie danych udostępnionych przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej przeanalizowano ilość zdarzeń związanych z tlenkiem węgla, poziom bezpieczeństwa i świadomości Polaków w podanych okresach grzewczych. W związku z powyższym przeprowadzona analiza danych statystycznych może być pomocna przy ocenie stanu bezpieczeństwa podczas minionych sezonów grzewczych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, tlenek węgla, „czad”, statystyka, ciepłownictwo.

CARBON MONOXIDE POISONING - STATISTICS IN THE LAST FIVE YEARS

Abstract. The article discusses the problem of carbon dioxide escaping from water heating installations and living quarters. The process of formation of the gas in question, its impact on the human body depending on the concentration in the air and in the blood was superseded. Prophylaxis, information campaigns and protection against it were discussed. Based on data provided by the Main Headquarters of the State Fire Service, the number of events related to carbon monoxide, the level of safety and awareness of

Poles in the given heating periods was analyzed. In connection with the above, the analysis of statistical data may be helpful in assessing the security situation during past heating seasons.

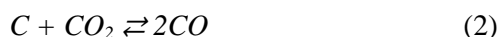
Keywords: safety, carbon monoxide, chad, statistics, heating.

Wstęp

Tlenek węgla jest jedną z najczęstszych przyczyn śmierci i zatruc mających miejsce w miesiącach zimowych, biorąc pod uwagę substancje wnikaące do organizmu drogami inhalacyjnymi. Obecność tego gazu jest niemożliwa do wykrycia ludzkimi zmysłami, gdyż jego właściwości fizykochemiczne sprawiają, że jest gazem bezbarwnym, bezwonny, lżejszym od powietrza, co nie odróżnia go na pierwszy rzut oka od obecnej wszędzie mieszaniny powietrza. Z tego względu, rozpatrując sposoby wykrywania lub zapobiegania jego powstawaniu należy brać pod uwagę konieczność skorzystania z odpowiednich technologii, urządzeń detekcyjnych lub sposobów ograniczających jego emisję. Bardzo istotnym czynnikiem jest stan wiedzy poszczególnych osób, na temat wskazanego gazu. Gros sytuacji stwarzających zagrożenie, powoduje nieumyślne działania osób nieposiadających wiedzy na temat zachowania i przyczyn powstawania tego gazu. Pierwszym z działań zwiększających bezpieczeństwo powinno być uświadamianie ludzi, jakie zagrożenie niesie za sobą tlenek węgla. Szerzenie wiedzy na ten temat, pociągnie za sobą prawidłowe działania i schematy postępowania podczas użytkowania urządzeń grzewczych, podgrzewaczy wody, kominków i piecyków w gospodarstwach jednorodzinnych [2, 3, 6].

Mechanizm i miejsca powstawania tlenku węgla

Tlenek węgla jest jednym z najczęstszych zanieczyszczeń powietrza. Jego wszechobecność powodowana jest wieloma źródłami występowania i emisji. CO występuje najczęściej w warunkach przemysłowych w hutach, kopalniach lub gazowniach. W przestrzeniach codziennych emisję czadu można zaobserwować z kuchenek gazowych, nieszczelnych przewodów kominowych, podgrzewaczy wody tzw. „junkersów”. Tlenek węgla powstaje podczas spalania węgla, ropy naftowej i innych paliw w otoczeniu zawierającym niedostateczną ilość tlenu, w porównaniu do ilości zapewniającej spalania całkowite. Podczas spalania prawidłowego, w gazach spalinowych zawartość czadu jest na poziomie około 1%. W sytuacji, gdy ilość tlenu potrzebna do spalania jest mniejsza niż zapotrzebowanie danego paliwa, zawartość tlenku węgla w gazach spalinowych może dochodzić do 30% objętości. Tlenek węgla powstaje w wymienionych urządzeniach grzewczych zgodnie z reakcjami (1) i (2) [1, 5]:



Tak powstały czad może uwalniać się z wcześniej wymienionych instalacji w naszych domach. Najczęściej dzieje się tak podczas niekorzystnych warunków atmosferycznych, gdy ciśnienie panujące na zewnątrz jest niskie lub podczas bezwietrznych dni. W czasie podanych warunków atmosferycznym ciąg kominowy może nie być dostateczny i może nastąpić cofanie się spalin, które będą starały wydostać się z przewodów kominowych najkrótszą drogą, czyli istniejącymi w przewodach nieszczelnościami. Problem niedostatecznej ilości mieszaniny powietrza potrzebnej do spalania jest również powodowany bardzo często poprzez instalację nowych, szczelnych okien plastikowych. W oknach nowego typu istnieje możliwość zamontowania wbudowanych wywietrzników, które są w stanie zapewnić ciągłą cyrkulację powietrza, jednak gros ludzi rezygnuje z ich umieszczenia w oknach ze strachu przez nadmierną utratą ciepła w miesiącach grzewczych. Jest to błędny zabieg. Umieszczenie wbudowanych wywietrzników pozwala ograniczyć konieczność częstego wietrzenia pomieszczeń, gdyż do środka cały czas dostarczana jest nowa porcja świeżego powietrza bogatego w tlen, potrzebny do spalania, nie zaburzając przy tym komfortu cieplnego.

Częstym zabiegiem, który wpływa na cyrkulację powietrza w pomieszczeniach jest zaklepanie, zastawianie i zapychanie kratki wentylacyjnych w kuchniach i łazienkach. Ich drożność jest konieczna do prawidłowego spalania. Niedrożna kratka wentylacyjna nie dostarcza porcji świeżego powietrza, co powoduje spalanie z niedomiarem tlenu, czego skutkiem może być wytworzenie czadu. Przez zaburzenie ciągu kominowego, dzięki zatkanej kratce wentylacyjnej, czad zamiast zostać odprowadzonym przez przewód kominowy ulatnia się nieszczelnościami lub cofa z przewodu kominowego do pomieszczenia [2, 4–6].

Mechanizm zatrucia tlenkiem węgla

Czad przedostaje się drogami oddechowymi do naszego układu krwionośnego. Czad ma bardzo zbliżone właściwości do właściwości cząsteczki tlenu. Z tego powodu wykazuje 200–250 razy większe powinowactwo z hemoglobina niż tlen, w wyniku czego powstaje karboksyhemoglobina (COHb). Związek ten będzie tworzył się do momentu uzyskania równowagi między stężeniem COHb we krwi w stosunku do stężenia CO w powietrzu. Powstała karboksyhemoglobina blokuje przenoszenie tlenu przez krew, brak możliwości wytworzenia koniecznej dla natlenienia organizmu oksyhemoglobiny, co w efekcie powoduje niedotlenienie poszczególnych komórek, tkanek, a w fazie końcowej, przy dużym stężeniu COHb w krwi obumieranie całego organizmu [2, 3, 5].

W tabeli 1 i 2 przedstawiono wpływ stężenia CO w powietrzu i we krwi na organizm człowieka.

Tabela 1. Objawy zatrucia tlenkiem węgla zależnie od stężenia objętościowego w powietrzu [3, 6]

Stężenie objętościowe CO w powietrzu	Objawy zatrucia
0,01–0,02% (100–200 ppm)	lekki ból głowy przy ekspozycji przez 2–3 godziny
0,04% (400 ppm)	silny ból głowy zaczynający się ok. 1 godzinę po wdychaniu tego stężenia
0,08% (800 ppm)	zawroty głowy, wymioty i konwulsje po 45 minutach wdychania; po dwóch godzinach trwała śpiączka
0,16% (1600 ppm)	silny ból głowy, wymioty, konwulsje po 20 minutach; zgon po dwóch godzinach
0,32% (3200 ppm)	intensywny ból głowy i wymioty po 5–10 minutach; zgon po 30 minutach
0,64% (6400 ppm)	ból głowy i wymioty po 1–2 minutach; zgon w nocy 20 minut
1,28% (12800 ppm)	utrata przytomności po 2–3 wdechach; śmierć po 3 minutach

Tabela 2. Objawy zatrucia tlenkiem węgla w zależności od stężenia karboksyhemoglobiny we krwi [3, 6]

Stężenie COHb we krwi [%]	Objawy zatrucia	Ciężkość zatrucia
<4	brak objawów	
4-8	niższa koncentracja, popełnianie drobnych błędów w testach	
8-10	popełnianie ważnych błędów w testach	
10-20	uczucie ucisku i lekki ból głowy, rozszerzenie naczyń skórnych	lekkie
20-30	ból głowy, tętnienie w skroniach	

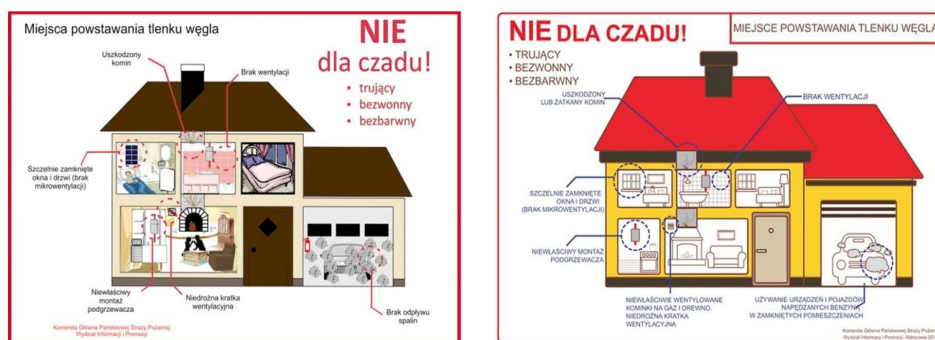
Stężenie COHb we krwi [%]	Objawy zatrucia	Ciężkość zatrucia
30-40	silny ból głowy, osłabienie, oszołomienie, nudności, możliwość zapaści	średnio ciężkie
40-50	silny ból głowy, osłabienie, oszołomienie, nudności, zaburzenia czynności serca, przyspieszenie tętna, zapaść	
50-60	zaburzenia czynności serca, przyspieszenie tętna, śpiączka przerywana drgawkami	ciężkie
60-70	śpiączka przerywana drgawkami, upośledzenie czynności serca i oddychania, możliwość śmierci	
70-80	tętno nikłe, oddychanie zwolnione aż do porażenia, zgon	

Profilaktyka – kampania „NIE dla czadu”

Jak wcześniej wspomniano, czad jest jednym z najczęstszych powodów zatruc. Wytworzenie czadu w gospodarstwach domowych, bardzo często jest konsekwencją niewiedzy. Z tego powodu bardzo istotnym elementem uświadamiania ludzi są wszelkiego rodzaju kampanie informacyjne. Jedną z najbardziej znanych jest kampania finansowana i organizowana przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej pt.: „NIE dla czadu”. Kampania powstała po sezonie grzewczym 2011–2012. Od tamtej pory kampania prowadzona jest rokrocznie, aby uświadamiać Polaków, jakie zagrożenie niesie za sobą czad. W ramach kampanii organizowane są spotkania tematyczne, prelekcje w szkołach i miejscach publicznych, gdzie zapraszani są okoliczni mieszkańcy. Oprócz tego Komenda Wojewódzkie i Powiatowe PSP nagrywają i umieszczają w sieci filmy edukacyjne, które spotykają się z dużym odzewem [7].

Bardzo duży udział w kampanii mają również akcje rozprowadzania ulotek informacyjnych oraz umieszczanie podstawowych informacji na kalendarzach projektowanych przez straż pożarną na różnym szczeblu (Rys. 1) [7].

Kolejnym elementem kampanii są plakaty tematyczno-informacyjne (Rys. 2). Plakaty umieszczane są w różnego rodzaju mediach, aby cały czas przypominać o problemie czadu i skutkach, jakie może mieć jego obecność.



Rys. 1. Ulotka informacyjna kampanii „NIE dla czadu!” [8]



Rys. 2. Plakaty informacyjne tworzone przez KG PSP [7]

Kampanią poruszającą podobną tematykę jest kampania Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji pt.: „Czad i ogień. Obudź czujność” (Rys. 3). W ramach kampanii organizowany był konkurs tematyczny dla uczniów szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych na nagranie spotu filmowego dotyczącego tematyki czadu, aby popularyzować wśród młodzieży szkolnej wiedzę na temat bezpieczeństwa przeciwpożarowego [8].



Czad i ogień
OBUDŹ CZUJNOŚĆ

W ubiegłym roku w Polsce:
7414 osób trafiło do szpitala przez pożary i czad;
512 osób zginęło w pożarach;
50 osób zmarło w wyniku zatrucia tlenkiem węgla.

ZAGROŻENIE?

- Wyjdź z domu
- Zostań na zewnątrz
- Zadzwoń pod numer
112 lub 998

SPRAWDŹ!

- CZY zrobiłeś przegląd instalacji grzewczej?
- CZY zrobiłeś przegląd wentylacji i jest ona drożna?
- CZY masz w domu czujnik tlenku węgla lub dymu?
- CZY masz w domu gaśnicę?
- CZY wiesz w jaki sposób szybko opuścić swój dom?
- CZY znasz numery alarmowe służb ratowniczych?

1 Upewnij się, że kratki wentylacyjne są drożne
 2 Sprawdź czy urządzenia gazowe działają prawidłowo
 3 Daj o wlotowej wentylacji porażenie
 4 Nie modyfikuj i nie naprawiaj samodzielnie instalacji elektrycznej
 5 Nie trzymaj w domu łatwopalnych substancji, takich jak olej, farby, benzyna
 6 Ułóż materiały łatwopalne z dala od kominka
 7 Sprawdź czy gąbki podgrzewacze wody jest suchy
 8 Sprawdź, czy przewody kontrolne są drożne

Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji
 @PROBAMP @PROMIA.ODW.PL /MOWAP /NSWA.ODW.PL

Rys. 3. Ulotka informacyjna kampanii „Czad i ogień. Obudź czujność” [9]

Profilaktyka

Najprostszym i najskuteczniejszym sposobem ochrony przed czadem są detektory tlenku węgla. Obecnie na rynku dostępna jest duża gama urządzeń, w różnym przedziale cenowym. Przed zakupem takiego detektora należy rozpatrzyć, w jakich pomieszczeniach znajdują się urządzenia grzewcze, gdyż od tego czynnika powinien być uzależniony wybór odpowiedniego czujnika. Dostępne na rynku urządzenia przeznaczone są do pracy w wilgoci (do stosowania np. w łazienkach lub pralniach) lub w otoczeniu suchym. Dobrej jakości sprzęty powinny zasygnalizować obecność CO już przy stężeniu 30 ppm. Zakres pracy takich urządzeń powinien sięgać 999 ppm. Zawansowane urządzenia powinny być wyposażone w wyświetlacz LCD podający dokładne stężenie gazu. Podczas zakupu należy sprawdzić, czy detektor spełnia rygorystyczne wymagania bezpieczeństwa w oparciu o normę PN-EN 50291. Posiadanie przez urządzenie wymienionego certyfikatu powinno zapewnić wymagany poziom bezpieczeństwa podczas użytkowania zakupionego urządzenia. Zakup detektora nie jest w żaden sposób wymagany prawnie w gospodarstwach domowych, jednak jest to jeden z najprostszyc sposobów wykrywania CO w naszym otoczeniu [10–12].

Analiza statystyk zdarzeń z tlenkiem węgla w latach 2012–2016

Kontrolowanie ilości zdarzeń związanych z tlenkiem węgla, które wystąpiły w minionych sezonach grzewczych jest bardzo istotne, ze względu na konieczność monitorowania wpływu poczynionych działań prewencyjnych i ich oddziaływania na świadomość wśród ludzi, jakie zagrożenie stwarza tlenek węgla. Zjawisko to można kontrolować poprzez analizę statystyk zdarzeń mających miejsce w sezonach grzewczych, związanych z wystąpieniem tlenku węgla.

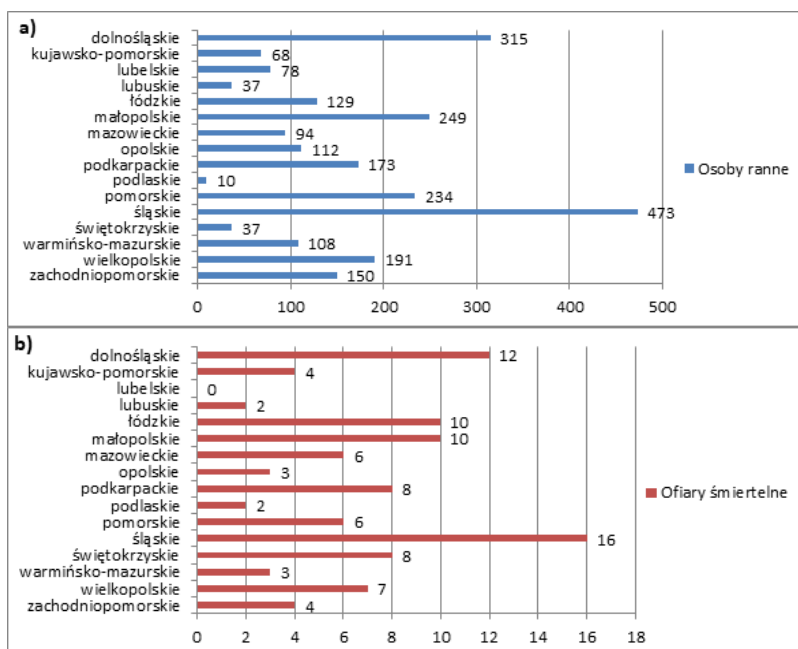
Na Rys. 4–8 i przedstawiono liczbę osób poszkodowanych w wyniku kontaktu z CO w poszczególnych sezonach grzewczych.

W badaniach będących przedmiotem artykułu wykorzystano dane dotyczące statystyki zatruć tlenkiem węgla w sezonach grzewczych, pochodzące z programu ewidencjonowania zdarzeń EWID oraz Systemu Wspomagania Decyzji Państwowej Straży Pożarnej (SWD PSP), które autorom udostępniło Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności (KCKRiOL) przy Komendzie Głównej Państwowej Straży Pożarnej (KG PSP), za zgodą Komendanta Głównego PSP. Materiał poddany analizie obejmuje sezony grzewcze 2012/13–2016/17.

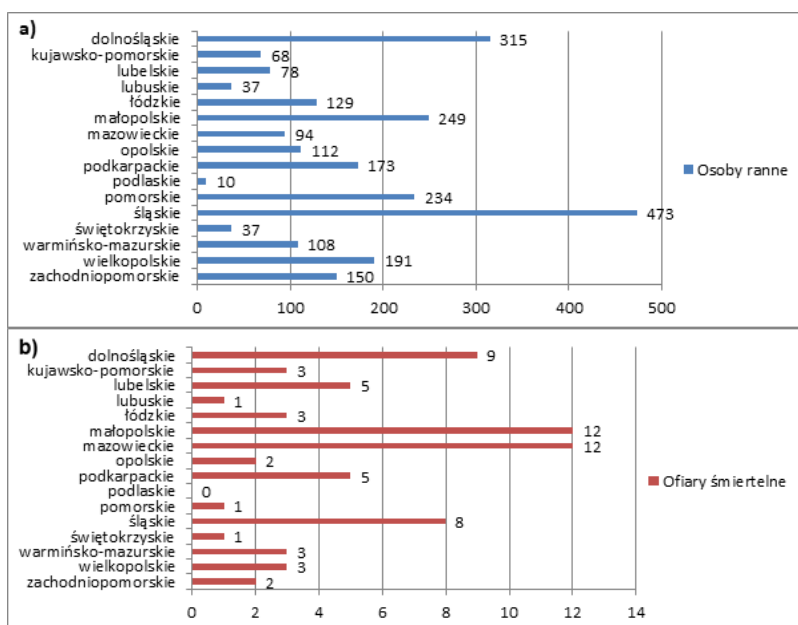
W pracy nad autorską bazą danych korzystano z programu Quantum GIS (QGIS), który należy do grupy wolnego i otwartego oprogramowania geomatycznego (ang. free and open source software for geospatial), w skrócie FOSS4G. Program udostępniany jest na licencji GNU GPL.

Przy zastosowaniu QGIS zidentyfikowano i zwizualizowano lokalizacje interwencji PSP związanych z tlenkiem węgla w postaci kartogramów na podkładzie powiatów i województw. W rezultacie otrzymano 5 warstw wektorowych (Rys. 9–13).

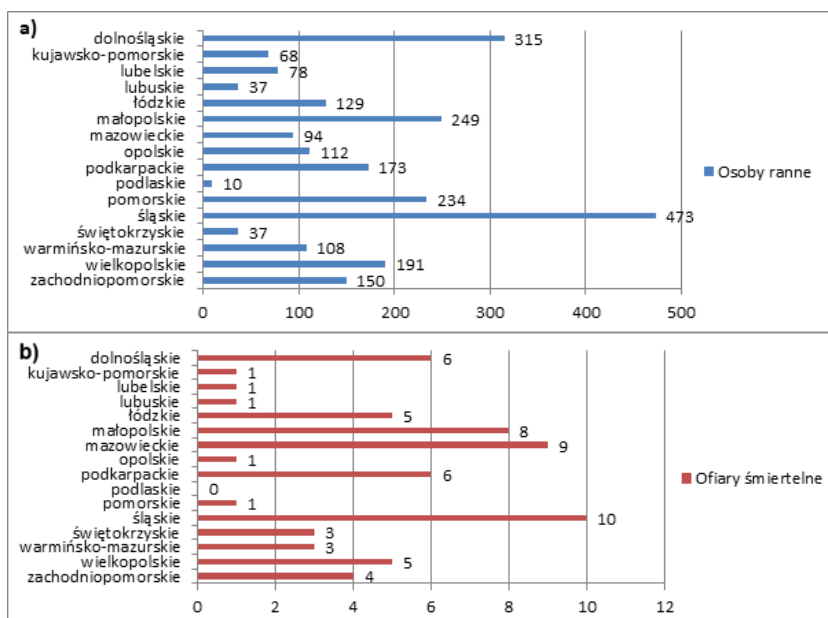
Analizując Rys. 4–8, można zauważyć, że najwięcej zdarzeń z udziałem tlenkiem węgla w rozpatrywanych sezonach grzewczych miało miejsce w województwie śląskim. Liczba zdarzeń w tym województwie jest zdecydowanie wyższa, niż w innych województwach. Najprawdopodobniej jest to spowodowane specyfiką zabudowy miast i mniejszych miejscowości. Na Śląsku przeważają kamienice i bloki mieszkalne, gdzie w przypadku starego budownictwa, ogrzewanie jest przystosowane do opału w postaci węgla, ze względu na bliskość złoża. Drugim najpopularniejszym sposobem ogrzewania wody użytkowej są piece gazowe typu „junkers”. Instalacje te, zostały zamontowane na etapie budowy obiektów mieszkalnych i bardzo często nie zostały wymienione do dnia dzisiejszego. W pierwotnej formie funkcjonują cały czas, a bardzo często bez przeglądów technicznych, lub tylko z fikcyjnymi przeglądami. Taki sposób ogrzewania mieszkań i wody użytkowej przyczynia się do zwiększania liczby zdarzeń z udziałem tlenkiem węgla. Sytuacja ta nie dotyczy tylko śląska. Podobnie jest w województwach dolnośląskim, małopolskim i podkarpackim.



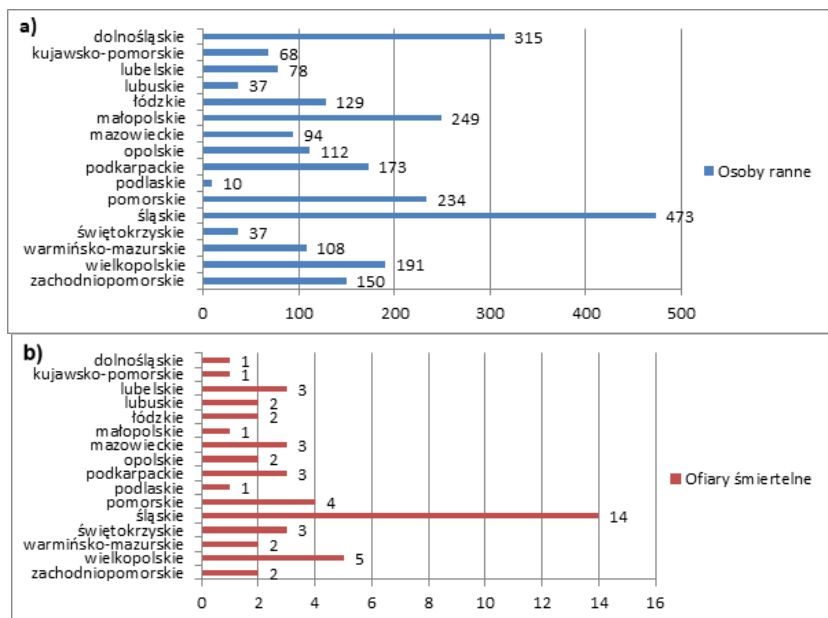
Rys. 4. Liczba poszkodowanych w zdarzeniach z udziałem CO w sezonie grzewczym 2012–2013; gdzie a) osoby ranne, b) ofiary śmiertelne



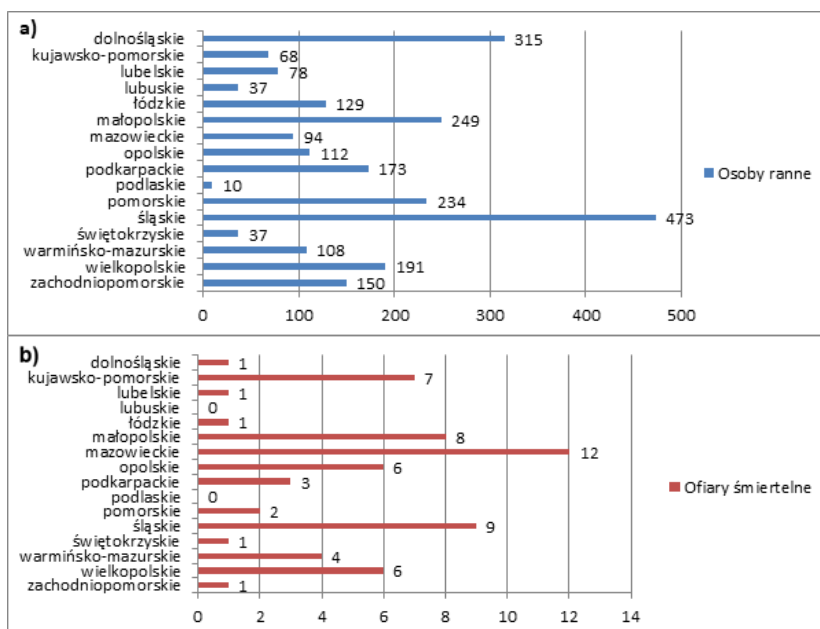
Rys. 5. Liczba poszkodowanych w zdarzeniach z udziałem CO w sezonie grzewczym 2013–2014; gdzie a) osoby ranne, b) ofiary śmiertelne



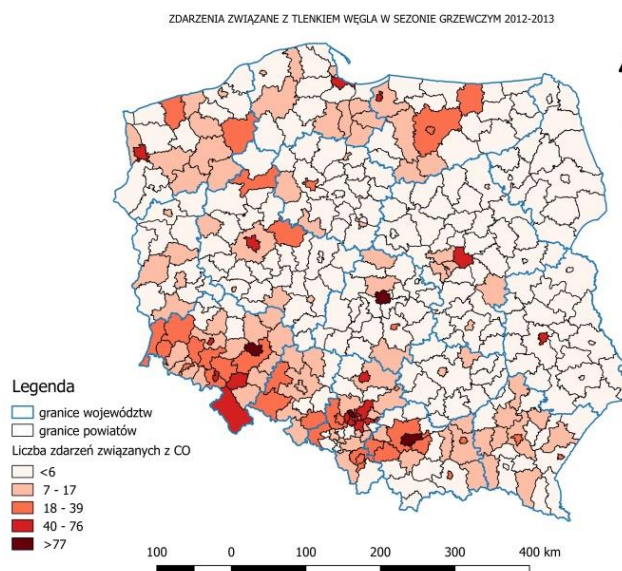
Rys. 6. Liczba poszkodowanych w zdarzeniach z udziałem CO w sezonie grzewczym 2014–2015; gdzie a) osoby ranne, b) ofiary śmiertelne



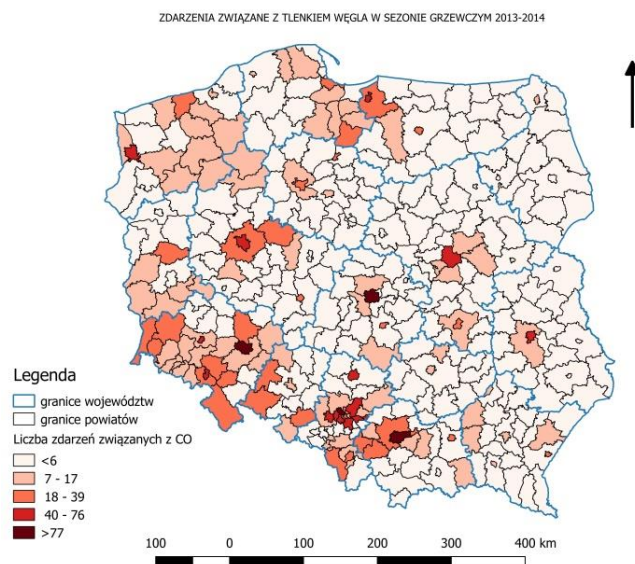
Rys. 7. Liczba poszkodowanych w zdarzeniach z udziałem CO w sezonie grzewczym 2015–2016; gdzie a) osoby ranne, b) ofiary śmiertelne



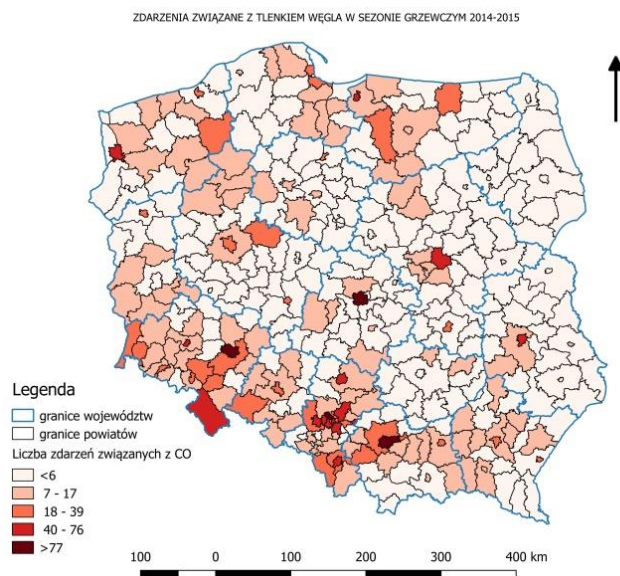
Rys. 8. Liczba poszkodowanych w zdarzeniach z udziałem CO w sezonie grzewczym 2016–2017; gdzie a) osoby ranne, b) ofiary śmiertelne



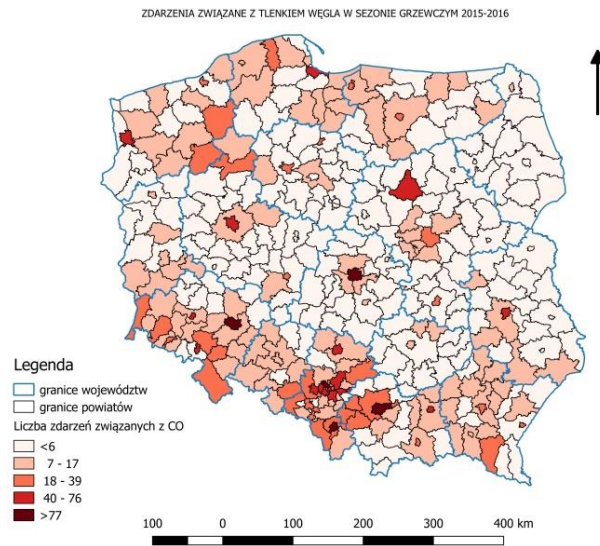
Rys. 9. Liczba zdarzeń w odniesieniu do powiatów w sezonie grzewczym 2012–2013 [Opracowanie własne]



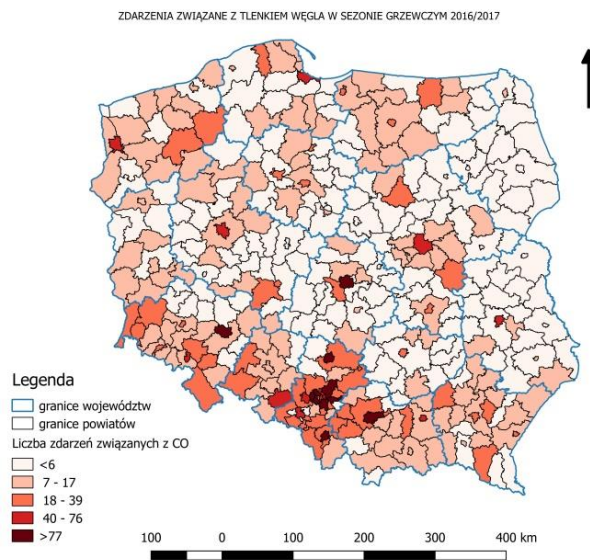
Rys. 10. Liczba zdarzeń w odniesieniu do powiatów w sezonie grzewczym 2013–2014 [Opracowanie własne]



Rys. 11. Liczba zdarzeń w odniesieniu do powiatów w sezonie grzewczym 2014–2015 [Opracowanie własne]



Rys. 12. Liczba zdarzeń w odniesieniu do powiatów w sezonie grzewczym 2015–2016 [Opracowanie własne]



Rys. 13. Liczba zdarzeń w odniesieniu do powiatów w sezonie grzewczym 2016–2017 [Opracowanie własne]

W przypadku województwa dolnośląskiego i małopolskiego sytuacja jest bardzo podobna jak na śląsku. Specyfika zabudowy i istniejącego, niemodernizowanego ogrzewania przyczynia się do powstawania sytuacji zagrożeń życia z udziałem tlenku węgla. W Małopolsce do tych aspektów dochodzi ukształtowanie terenu. Kraków, największa aglomeracja w tym województwie i miejscowości graniczne, znajdują się w zagłębieniu terenu. Położenie geograficzne znacząco wpływa na cyrkulację powietrza i możliwość wystąpienia zdarzeń z CO.

Podkarpacie to jeden z najuboższych terenów Polski. Może mieć to wpływ na rodzaj ogrzewania stosowany w tamtejszych gospodarstwach domowych. Większość mieszkańców województwa podkarpackiego mieszka na wsiach, w domach jednorodzinnych. Biorąc pod uwagę zamożność mieszkańców omawianego terenu, można przypuszczać, że znaczna część ogrzewa swoje domostwa poprzez piece wolnostojące, znajdujące się w pokojach mieszkalnych, co zwiększa ryzyko wystąpienia czadu przy różnego typu nieszczelnościach układu.

Województwami, w których dochodziło do najmniejszej liczby zdarzeń z udziałem tlenku węgla są: podlaskie, lubuskie i świętokrzyskie. Województwa te charakteryzują się niskim stopniem zaludnienia, co mogło wpłynąć na potencjalną możliwość wystąpienia sytuacji zagrożenia z udziałem tlenku węgla.

Liczba ofiar śmiertelnych w poszczególnych sezonach grzewczych wygląda bardzo podobnie w porównaniu do liczby zdarzeń z czadem w przypadku województwa śląskiego, dolnośląskiego i małopolskiego. Dodatkowo, przy średniej liczbie zdarzeń z tlenkiem węgla, duża liczba ofiar śmiertelnych miała również miejsce w województwie mazowieckim.

Województwami, gdzie zginęła najmniejsza liczba osób w rozpatrywanych sezonach grzewczych są: lubelskie, podlaskie i lubuskie (sezon grzewczy 2012–2013), podlaskie, lubuskie, pomorskie, świętokrzyskie (sezon grzewczy 2013–2014), podlaskie, opolskie, pomorskie, lubuskie, lubelskie, kujawsko-pomorskie (sezon grzewczy 2014–2015), dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, małopolskie, podlaskie (sezon grzewczy 2015–2016), lubuskie, podlaskie, dolnośląskie, lubuskie, łódzkie, świętokrzyskie, zachodniopomorskie (sezon grzewczy 2016–2017). Tylko w sezonie grzewczym 2015–2016 we wszystkich województwach zginęła co najmniej jedna osoba, w pozostałych okresach, występowały województwa bez ofiar śmiertelnych w danym sezonie grzewczym.

Liczba zdarzeń z udziałem tlenku węgla, które miały miejsce w minionych sezonach grzewczych dla poszczególnych województw, jest mocno uzależniona od warunków atmosferycznych, jakie panowały w danym okresie grzewczym. Rozbieżność pomiędzy województwami, gdzie dochodziło do największej liczby zdarzeń jest duża w porównaniu do województw z najmniejszą liczbą zdarzeń. Jest to uwarunkowane specyfiką budynków, rodzajem najpopu-

larniejszego typu ogrzewania, a także liczbą ludzi, którzy zamieszkują dany teren.

Liczba osób, które poniosły śmierć, nie wzrasta znacząco, ani nie spada w sposób jednoznacznie zauważalny na przestrzeni analizowanych lat. Tendencja waha się w granicach $\pm 2-3$ osób.

Analizując Rys. 9–13 można zauważyć, że miejscami, gdzie dochodzi do największej liczby zdarzeń z tlenkiem węgla są duże aglomeracje i miasta. Jest to spowodowane, tak jak już wcześniej wspomniano, specyfiką zabudowy – kamienice, bloki – oraz, co się z tym wiąże, rodzajem stosowanego ogrzewania mieszkań lub ciepłej wody użytkowej.

Największe zagęszczenie dużych miast występuje na śląsku, co odzwierciedla liczbę zdarzeń, które miały miejsce w minionych sezonach grzewczych.

Województwa, które posiadały najniższy odsetek zdarzeń z udziałem tlenku węgla są województwami z dużymi połaciami lasów, czyli o mniejszym zaludnieniu.

Podsumowując, na liczbę zdarzeń w poszczególnych województwach, które miały miejsce w rozpatrywanych sezonach grzewczych, bardzo duży wpływ mają takie aspekty, jak: liczba dużych aglomeracji na danym terenie, gęstość zaludnienia, zamożność ludności danego terenu, specyfika budynku na danym terenie, rodzaj najpopularniejszego ogrzewania oraz warunki atmosferyczne, panujące danej zimy. Połączenie tych wszystkich zależności ma bezpośredni wpływ na liczbę zdarzeń z tlenkiem węgla.

Podsumowanie i wnioski

Podsumowując, liczbę interwencji straży pożarnej, które były związane z wystąpieniem tlenku węgla jest uzależniona od wielu czynników, m.in.: liczby dużych aglomeracji na danym terenie, gęstości zaludnienia, zamożności ludności danego terenu, specyfiki budynków na danym terenie, rodzaju najpopularniejszego ogrzewania oraz warunków atmosferycznych, panujących w danym okresie grzewczym.

Duże znaczenie dla zmniejszenia liczby tych zdarzeń ma świadomość wśród ludzi, jakie zagrożenie niesie za sobą czad. Prewencja w postaci akcji informacyjnych, doszkalających oraz uświadamiających jest bardzo istotnym czynnikiem w tej sprawie. Jednak, takie informacje trafiają głównie do osób młodych, dopiero rozpoczynających swoje dorosłe – samodzielne życie. W dużej mierze te osoby rozumieją, jak należy zapobiegać wystąpieniu sytuacji potencjalnie niebezpiecznych dla zdrowia ich i ich rodzin. Osoby starsze, bardziej doświadczone życiem, ciężko jest przekonać do konieczności zapobiegania takim zjawiskom, gdyż były one wychowywane w dobie braku wszystkiego i głównym, najważniejszym ich celem jest oszczędność.

Urzędy miast i województw przeznaczają bardzo duże środki na kampanie informacyjne oraz urządzenia detekcji tlenu węgla. W wielu miastach takie detektory było rozdawane mieszkańcom, aby zwiększyć ich bezpieczeństwo. Jednak tego rodzaju kampanie prowadzone są głównie w większych miastach. Ludzie, którzy mieszkają na wsiach, czasami w warunkach, bardzo ciężkich, nie mają dostępu do internetu. Bardzo rzadko zdarza się, aby gminy finansowały zakup detektorów czadu dla swoich mieszkańców.

Nie wszystkich obywateli stać na zakup dobrej jakości detektora, nie mówiąc już o wymianie instalacji grzewczej na bardziej bezpieczną i niezawodną.

Jeśli ludzie zdecydują się na zakup urządzenia monitorującego poziom tlenu węgla w powietrzu, należy zdawać sobie sprawę z tego, że nie jest to urządzenie, które po zakupie będzie działało bezawaryjnie przez 20–30 lat. W zależności od urządzenia konieczna jest kalibracja lub zakup nowego sprzętu po okresie 2–3 lat. Na rynku dostępne są również urządzenia w różnym przedziale cenowym, od kilkudziesięciu do kilkuset złotych. Należy unikać urządzeń z najniższej półki, gdyż w grę wchodzi bezpieczeństwo. Czujniki tej klasy są wykonane ze słabej jakości materiałów, a ich kalibracja w większości jest niemożliwa. Po okresie zużycia trzeba kupić nowe urządzenie, co wiąże się z kolejnymi kosztami.

Obecna prewencja i nieustanne uświadamianie nowych pokoleń powinno w przyszłości przynieść korzyści, w postaci spadku liczby zdarzeń z CO oraz ofiar śmiertelnych. Sytuacja powinna poprawiać się powoli, jednak sukcesywnie.

Literatura

- [1] Gulińska H., Haładuda J., Smolińska J., *Ciekawa chemia*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 2017.
- [2] Juszczak M., Eksploatacyjne i konstrukcyjne przyczyny nadmiernej emisji tlenu węgla z kotłowni zasilanej drewnem, [in:] *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, Vol 41, 2010, p. 380–387.
- [3] Korenkiewicz I., *Zatrucia tlenkiem węgla i tlenkami azotu*, Państwowa Insp. Sanit. Minist. Spraw Wewnętrznych i Adm., 1–16.
- [4] Nieścior M., Jackowska T.: *Zatrucie tlenkiem węgla*, [in:] *Postępy Nauk Medycznych*, Vol 26, 2013, p. 519–522.
- [5] Sowa M., Winnicki A., Wójcik K., Tarkowski M., Gnatowski T., Medicum C., *Zatrucie tlenkiem węgla – drogi narażenia, obraz kliniczny, metody leczenia*, [in:] *Formerly Journal of Health Sciences*, Vol 5, 2015, p. 345–354.
- [6] *Tlenek węgla (czad) – o czym należy wiedzieć*. KG PSP, 1–6;

-
- [7] <http://kmpspskierniewice.pl/informacje/nie-dla-czadu/> (data dostępu: 11.01.2018).
 - [8] <http://www.straz.gov.pl/porady/czad> (data dostępu: 11.01.2018).
 - [9] http://www.straz.gov.pl/porady/bezpieczenstwo_pozarowe_w_domu (data dostępu: 17.01.2018).
 - [10] Urządzenia elektryczne do wykrywania tlenku węgla w pomieszczeniach domowych -- Część 1: Metody badań i wymagania. PN-EN 50291-1:2010/A1:2013-05, 2013, p. 1-8;
 - [11] <http://straz.brzesko.pl/index.php?symbol=newsy1&idNews=601> (data dostępu: 17.01.2018).
 - [12] <http://www.czujnikczadu.pl/dzialanie.html> (data dostępu: 17.01.2018).



Wioletta Maria Bajdur¹, Tomasz Polak¹, Monika Kula¹, Błażej Mielczarek²

¹*Politechnika Częstochowska*

Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 36 B, 42–200 Częstochowa

²*Politechnika Łódzka*

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

ul. Wólczańska 171/173, 90–924 Łódź

ANALIZA ZAGROZEŃ ŚRODOWISKOWYCH W FIRMIE PRODUKUJĄCEJ SKLEJKĘ PROFILOWANĄ

Streszczenie. Współczesne badania nad ryzykiem zawodowym prowadzą do wniosku, że nie ma możliwości sformułowania jednej obiektywnej i uniwersalnej definicji ryzyka. W artykule przedstawiono identyfikację podstawowych zagrożeń i ocenę ryzyka zawodowego w małym przedsiębiorstwie produkującym sklejkę profilowaną. Zaprezentowano krótką charakterystykę przemysłu drzewno-papierniczego, do którego zalicza się firma, a także przedstawiono ogólną strukturę przedsiębiorstwa. W dalszej części przybliżono oraz omówiono proces technologiczny produkcji sklejk, a także sporządzono charakterystykę stanowisk pracy, na których przeprowadzono analizę zagrożeń środowiska – bliższego i dalszego otoczenia oraz ocenę ryzyka zawodowego. Badania dowiodły, że w wytwórni elementów sklejkowych pracownicy stosują się do zaleceń pracodawcy, co skutkuje brakiem cięższych obrażeń pracowników oraz brakiem wypadków w miejscu pracy.

Słowa kluczowe: przemysł drewno – papierniczy, sklejka profilowana, zagrożenia środowiskowe, ocena ryzyka zawodowego

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL HAZARDS IN A COMPANY PRODUCING A PROFILED FOIL

Abstract. Modern research on occupational risk leads to the conclusion that it does not exist the possibility of formulating one objective and universal definition of risk. The article presents the identification of basic hazards and the assessment of occupational risk in a small company producing profiled plywood. Presented short characteristics of the wood and paper industry, which includes the company, as well the overall

structure of the company is presented. In the following, approximate and the technological process of plywood production was discussed, and the characteristics were prepared workplaces on which the analysis of threats to the environment - closer and closer further environment and occupational risk assessment. Research has shown that at the label plywood elements employees follow the employer's instructions, which results in a lack heavier worker injuries and no accidents in the workplace.

Keywords: wood industry – paper industry, profiled plywood, environmental hazards, risk assessment.

Wprowadzenie

Ryzyko zawodowe to prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą, powodujących straty, w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych obecnych w środowisku pracy lub powstałych na skutek sposobu wykonywania pracy [3].

W ostatnich latach coraz większe znaczenie zyskuje zapewnienie bezpieczeństwa w pracy [1, 2] a zatem wzrasta znaczenie zarządzania ryzykiem. Zarządzanie ryzykiem zawodowym pojawiło się niecałe 50 lat temu w przedsiębiorstwach amerykańskich. W podejściu praktycznym nie zawsze oznacza to minimalizację ryzyka za wszelką cenę, lecz zazwyczaj jest to dążenie do rozwiązania optymalnego pod kątem przyjętych kryteriów (najczęściej głównym kryterium są względy ekonomiczne). W aspekcie tego wyróżnia się dwa podejścia do zarządzania ryzykiem – tradycyjne oraz nowoczesne. W podejściu klasycznym punkt zainteresowania koncentruje się na momencie wystąpienia wypadku. Zdarzenie to powoduje uruchomienie kolejnych etapów, takich jak: analiza powypadkowa, określenie przyczyn, podjęcie i wdrożenie środków zapobiegawczych. Z kolei podejście nowoczesne polega na przewidywaniu zagrożeń przed ich wystąpieniem oraz ich eliminacji lub, jeśli jest to niemożliwe, na minimalizacji ich skutków lub obniżeniu prawdopodobieństwa ich występowania. Efektem końcowym jest ocena wdrożonych działań oraz proces ciągłego doskonalenia [4].

Ocenę ryzyka zawodowego przeprowadza się w taki sposób, aby umożliwić pracodawcy i/lub osobom zaangażowanym w działania związane z bezpieczeństwem i ochroną zdrowia w pracy:

- zidentyfikowanie zagrożeń związanych z pracą oraz oszacowanie i wyznaczenie dopuszczalności związanego z nimi ryzyka zawodowego, a w następstwie zastosowanie odpowiednich środków ochrony, z uwzględnieniem obowiązujących wymagań prawa, sprawdzenie, czy stosowane obecnie środki ochrony przed zagrożeniami w miejscu pracy są odpowiednie,
- ustalanie priorytetów w działaniach zmierzających do eliminowania lub ograniczania ryzyka zawodowego, jeżeli są one potrzebne,

- wykazanie, zarówno pracownikom i/lub ich przedstawicielom, jak i organom nadzoru i kontroli, że przeprowadzono identyfikację zagrożeń i zastosowano właściwe środki ochrony, eliminujące i/lub ograniczające ryzyko zawodowe związane z zagrożeniami,
- dokonanie odpowiedniego wyboru wyposażenia stanowisk pracy, materiałów oraz organizacji pracy dostosowanych do możliwości psychofizycznych pracowników,
- zapewnienie, że stosowane środki ochrony zbiorowej i indywidualnej, a także zmiany technologii oraz metod i organizacji pracy, podejmowane w celu ograniczenia ryzyka zawodowego, służą poprawie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników. W praktyce ocena ryzyka zawodowego oznacza systematyczne identyfikowanie, monitorowanie i badanie wszystkich aspektów pracy w celu określenia związanych z nią zagrożeń, które mogą spowodować wypadek przy pracy, chorobę lub złe samopoczucie pracownika i stwierdzenia, czy zagrożenia te mogą być wyeliminowane, a jeżeli nie, to jakie środki ochrony powinny być zastosowane w celu odpowiedniego ograniczenia wynikającego z nich ryzyka zawodowego [6].

W zakresie wdrażania środków zapobiegawczych i ochronnych obowiązuje następująca hierarchia ważności :

- eliminacja zagrożenia i ryzyka;
- kontrola zagrożenia i ryzyka u źródła z zastosowaniem środków ochrony zbiorowej lub środków organizacyjnych;
- minimalizacja zagrożenia i ryzyka dzięki opracowaniu bezpiecznych systemów pracy obejmujących administracyjne środki kontroli;
- zapewnienie przez pracodawcę bezpłatnie odpowiednich środków ochrony indywidualnej (w tym odzieży) oraz wdrożenie środków zapewniających ich stosowanie i konserwację w przypadkach, gdy zagrożeń rezydualnych i ryzyka rezydualnego nie można kontrolować, stosując środki zbiorowe [7].

Usystematyzowane podejście do zarządzania zapewnia pełną ocenę ryzyka oraz wprowadzanie i przestrzeganie bezpiecznych metod pracy. Dzięki okresowym przeglądom zapewniona jest stała adekwatność tych środków [5].

Charakterystyka przemysłu drzewno-papierniczego

Przemysł drzewno-papierniczy jest jedną z większych gałęzi przemysłu przetwórczego, w którym jako materiał wykorzystuje się drzewo pochodzące przeważnie z kompleksów leśnych.

Obecnie przemysł drzewno-papierniczy jest jednym z największych działów gospodarki narodowej zatrudniający ok. 330. tys. osób, co stanowi 2,5% ca-

łego zatrudnienia. Stanowi on także 9% udziału przemysłu przetwórczego w Polsce. Rocznie przetwarza on średnio ponad 37 mln m³ drewna okrągłego pochodzącego głównie z PGL Lasy Państwowe. Dzięki temu, iż Polska dysponuje dużymi zasobami drzewnymi, przemysł drzewno-papierniczy ma silną pozycję w Europie. Największą siłę tego przemysłu stanowi branża meblarska oraz powiązana z nią branża materiałów drewnopochodnych tj.: płyty, sklejki.

Branża ta cechuje się także różnymi dokuczliwymi dla zdrowia zagrożeniami. Najczęstszymi chorobami wywołanymi poprzez kontakt z drewnem są choroby skóry oraz układu oddechowego. Wdychanie pyłu drzewnego może doprowadzić do niedrożności nosa, krwawienia z nosa, a w skrajnych przypadkach do raka nosa oraz astmy. Z kolei kontakt skóry z drewnem może wywołać mniej lub bardziej poważne podrażnienia bądź zapalenia skóry. Innymi zagrożeniami są m.in.: hałas, pożar, wszelkiego rodzaju skaleczenia, podrażnienia spojówek.

Opis procesu produkcji sklejki

Pierwszym krokiem, dotyczącym produkcji sklejki, jest obróbka hydrotermiczna drzewa. Polega ona na tzw. kąpieli bądź sparowaniu kłód drewna przez około 30–70 godzin (w zależności od pory oraz rodzaju drewna) w temperaturze ok. 40–60°C. Obróbka ta ma za zadanie uplastyczyć materiał w celu jego dalszej obróbki. Tak przygotowane drewno przetransportowane zostaje na stanowisko korowania, gdzie następuje oczyszczenie kłód z kory, łyka, a także zanieczyszczeń mineralnych, takich jak piach, ziemia, kamień, za pomocą korowarki mechanicznej. Następnym etapem jest przecinanie kłód drewna na tzw. wyrzynki. Skrawanie odbywa się za pomocą łuszczarki. Proces ten polega na zapięciu w obrabiarce klocka drewna, który zostanie wprowadzony w ruch obrotowy, a następnie za pomocą noża skrawa fornir w postaci wstęgi o grubości od 0,1 mm do 3,0 mm w zależności od zamówienia.

Po obróbce skrawania następuje proces suszenia. Odbywa się on za pomocą suszarni taśmowej w temperaturze 110–140°C i polega na jednokrotnym przejściu poprzez całą długość suszarni (ok. 25 m) za pomocą taśm forniru, jedynie w postaci arkuszy, na 3 poziomach. Następnie odbywa się proces wycinania arkusza na żądany wymiar oraz ewentualne naprawy forniru. Kolejnym etapem jest nakładanie kleju za pomocą obustronnych, rolkowych oklejarek, na co drugi arkusz. Stosuje się to tego kleje na bazie żywic syntetycznych w zależności od rodzaju produkowanej sklejki. Następnym etapem jest proces układania, kompletowania elementów sklejki polegający na odpowiednim dobraniu oraz ułożeniu arkuszy w zależności od przeznaczenia wyrobu końcowego oraz wymagań klienta.

Tak przystosowany zestaw zostaje przetransportowany do wielopółkowych pras hydraulicznych, gdzie odbywa się proces prasowania na gorąco,

trwający ok. 7 min. Nagrzane matryce pras formują sklejkę na żądany przez klienta kształt.

Poprzez szeroko rozwinięty park maszynowy sklejka sprawnie przechodzi szereg zabiegów: obcinania, szlifowania, wiercenia. Następnie sklejka trafia do kontroli jakości, gdzie następuje klasyfikacja sklejki wg ustalonych wymogów.

Etapem końcowym jest pakowanie sklejki na paletach w ściśle określony sposób. Tak przygotowane palety składowane są w magazynie, gdzie czekają na odbiór klientów.

Operator prasy hydraulicznej

Stanowisko operatora prasy hydraulicznej umieszczone jest w hali produkcyjnej. Wyposażone jest ono w prasy hydrauliczne.

Operator pras hydraulicznych otrzymuje do dyspozycji karty charakterystyk substancji szkodliwych oraz niebezpiecznych. Ma także dostęp do instrukcji bezpiecznego użytkowania oraz konserwowania maszyn. Pracodawca zapewnia okresowe przeglądy oraz konserwacje pras. Dodatkowo stanowisko wyposażone jest w przenośny sprzęt przeciwpożarowy oraz apteczkę pierwszej pomocy.

Na stanowisku pracy występuje czynnik chemiczny – formaldehyd zawarty w kleju. Według karty charakterystyki kleju, produkt ten nie wymaga kwalifikacji jako rakotwórczy.

Jak do tej pory na stanowisku tym nie stwierdzono wypadków przy pracy, ani nie zgłoszono chorób zawodowych.

Analiza i ocena ryzyka zawodowego na stanowisku operatora pras hydraulicznych w wytwórni elementów sklejkowych

Każdy pracownik wykonując czynności związane z pracą, narażony jest na szereg czynników środowiskowych, przeważnie mających negatywny wpływ na jego zdrowie oraz samopoczucie. Przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego ma za zadanie ustanowić bezpieczne miejsca pracy dla pracowników, zaznajomić ich z zagrożeniami mogącymi wystąpić podczas wykonywanych przez nich czynności oraz z ich konsekwencjami.

Przemysł drzewny, wg statystyk, jest sektorem gospodarki, w którym pracownicy są szczególnie narażeni na oddziaływanie czynników uciążliwych i szkodliwych dla zdrowia. Po przeprowadzeniu odpowiednich badań oraz obserwacji, w rozdziale tym, zostaną zaprezentowane wyniki przeprowadzonej oceny ryzyka w wytwórni elementów sklejkowych. Ze względu na złożony

proces produkcji oraz dużą liczbę stanowisk pracy, owa ocena została przeprowadzona na stanowisku – operator pras hydraulicznych.

Metodyka badań

W artykule, aby ocenić ryzyko zawodowe na stanowisku operatora pras hydraulicznych posłużono się metodą Risc Score. Metoda ta w pełni spełnia wszelkie międzynarodowe standardy. Otrzymane wyniki są pomocne przy zaplanowaniu działań w celu ciągłego doskonalenia poprawy bezpieczeństwa w miejscu pracy.

Identyfikacja oraz charakterystyka zagrożeń na stanowiskach operatorów pras hydraulicznych

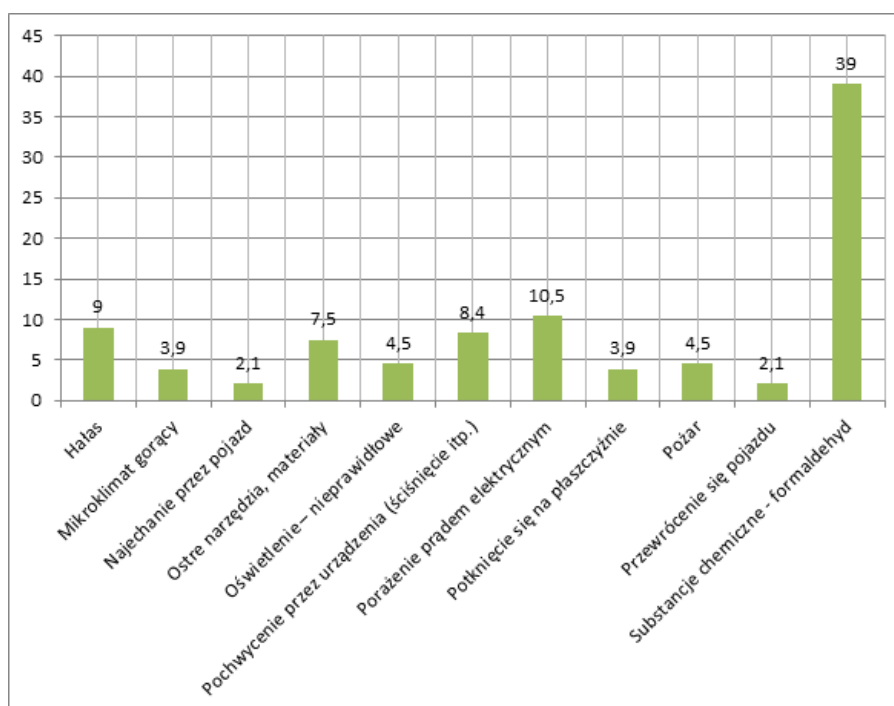
Praca na stanowiskach operatorów pras hydraulicznych wiąże się z występowaniem następujących zagrożeń zestawionych w poniższej tabeli 1.

Tabela 1. Zagrożenia występujące na stanowisku pracy operatora pras hydraulicznych

Lp.	Rodzaj zagrożenia	Prasa hydrauliczna
1.	Hałas (m.in.: pracujące silniki, urządzenia, maszyny)	Występuje
2.	Mikroklimat gorący	Występuje
3.	Najechanie przez pojazd	Występuje
4.	Ostre krawędzie, materiały	Występuje
5.	Nieprawidłowe oświetlenie	Występuje
6.	Pochwycenie przez części wirujące	Nie występuje
7.	Pochwycenie przez urządzenie (ściśnięcie)	Występuje
8.	Porażenie prądem elektrycznym	Występuje
9.	Potknięcie się na płaszczyźnie	Występuje
10.	Pożar	Występuje
11.	Przewrócenie się pojazdu	Występuje
12.	Pył	Nie występuje
13.	Substancje chemiczne – formaldehyd	Występuje
14.	Uderzenie obrabianym przedmiotem	Nie występuje

Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku operatora pras hydraulicznych

Na Rys. 1 przedstawiono zestawienie zagrożeń na stanowisku operatora pras hydraulicznych.



Rys. 1. Zestawienie zagrożeń na stanowisku operatora pras hydraulicznych
Źródło: Opracowanie własne.

W wyniku przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora pras hydraulicznych zaobserwowano, iż ryzyko pozostaje na poziomie minimalnym. W związku z tym, zaleca się do dokonywania regularnych kontroli w celu utrzymania ryzyka na danym poziomie. Zauważyć też można, iż szczególną uwagę należy zwrócić na czynnik chemiczny w postaci formaldehydu w celu zmniejszenia owego zagrożenia.

Podsumowanie

Podczas przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego, w zakładzie produkującym sklejki profilowaną na stanowisku operatora pras hydraulicznych

stwierdzono występowanie następujących zagrożeń: hałasu, mikroklimatu gorącego, najechania przez pojazd, występowania ostrych krawędzi, nieprawidłowego oświetlenia, pochwycenia przez części wirujące, pochwycenia przez urządzenie, porażenia prądem elektrycznym, potknięcia się na płaszczyźnie, pożar, przewrócenia się pojazdu, pyłu, występowania substancji chemicznych w postaci formaldehydu oraz uderzenia obrabianym przedmiotem. Przeprowadzone badania wykazały, że ryzyko związane z wykonywaną przez operatora pracą należy uznać za dopuszczalne. Zaleca się czynności kontrolne w celu utrzymania ryzyka na danym poziomie.

Zaobserwowano także, iż operator pras hydraulicznych narażony jest w znacznym stopniu na działanie substancji chemicznej w postaci formaldehydu zawartego w kleju. W związku z tym, zaleca się stosowanie rękawic, masek ochronnych oraz zapewnienie dobrej wentylacji pomieszczenia. Jednocześnie nakazuje się regularne pomiary stężenia występowania formaldehydu w powietrzu oraz, w razie konieczności, zastosowanie odpowiednich środków w celu jego zmniejszenia.

W związku z powyższym, działanie związane z występującymi czynnikami szkodliwymi, powinny ograniczać się do czynności kontrolno-sprawdzających. Pracownicy za każdym razem przed przystąpieniem do czynności powinni optycznie sprawdzić stan maszyn oraz urządzeń, na których będzie wykonywana praca. Pracodawca z kolei powinien zagwarantować regularne oraz rzetelne przeglądy owych urządzeń. Stosowanie się przez pracowników do regulaminów oraz zasad bhp panujących w zakładzie jest gwarancją bezpiecznej pracy. Jeżeli natomiast zostaną zaobserwowane przez pracownika jakiegokolwiek nieprawidłowości, powinny one zostać niezwłocznie zgłoszone bezpośrednio do przełożonego, a w razie nagłej potrzeby także do odpowiednich służb ratowniczych.

Przeprowadzone badanie dowiodło, iż ocena ryzyka zawodowego jest ważnym źródłem informacji w sprawie poprawy bezpieczeństwa wykonywanej pracy oraz spełnia swoje podstawowe zadanie, czyli ochronę pracownika przed zagrożeniami w jego miejscu pracy. Jak do tej pory na badanych stanowiskach nie stwierdzono żadnych cięższych urazów czy też wypadków poniesionych przez pracownika. Do najczęściej występujących urazów zalicza się drobne skaleczenia, otarcia czy też zaprószenia oczu. Przeważnie ma to związek z nieuwagą pracownika czy też pośpiechem.

Zatem wytwórnię elementów sklejkowych można uznać za przedsiębiorstwo, w którym panują bezpieczne warunki pracy. Pracownicy, stosując się do zaleceń kierownictwa oraz instrukcji stanowiskowych mogą sumiennie i bezpiecznie wykonywać powierzoną im pracę, a pracodawca może mieć poczucie, iż spełnił swój podstawowy obowiązek wobec pracownika, a mianowicie zapewnił mu bezpieczne miejsce pracy.

Literatura

- [1] Mrugalska B., Kawecka-Endler A., *Machinery Design for Construction Safety in Practice*, Universal Access in HCI, Part III, HCII 2011.
- [2] Mrugalska B., Kawecka-Endler A., *Practical Application of Products Design Method Robust to Disturbances*, „Journal of Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries” 2012, t. 22, nr 2, s. 121.
- [3] PN-N-18002:2011, Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.
- [4] Stasiuk A., Mrugalska B., *Ekonomiczne problemy usług*, nr 102, Politechnika Poznańska 2013.
- [5] Zagrożenia w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy w sektorze opieki zdrowotnej Poradnik dotyczący zapobiegania i dobrej praktyki; Unia Europejska, 2013; ISBN 978-92-79-26835-9 doi:10.2767/78406.
- [6] <https://asystembhp.pl/media/mainsite/druki/ORZ-Robotnik.pdf> (data dostępu 1.06.2018).
- [7] http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_107727.pdf&prev=serach (data dostępu 1.06.2018).



Wioletta Maria Bajdur, Tomasz Polak, Monika Kula, Marcin Stefaniak

Politechnika Częstochowska

Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 36 B, 42–200 Częstochowa

ANALIZA ZAGROZEŃ ŚRODOWISKA PRACY Z WYKORZYSTANIEM OBRABIAREK CNC

Streszczenie. Ocena ryzyka zawodowego jest kluczowym elementem zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego ma za zadanie ustanowić bezpieczne miejsca pracy dla pracowników, zapoznać ich z zagrożeniami mogącymi wystąpić podczas wykonywanych przez nich czynności oraz z ich konsekwencjami. Każdy pracownik wykonując czynności związane z pracą, narażony jest na szereg czynników środowiskowych, przeważnie mających negatywny wpływ na jego zdrowie oraz samopoczucie. Praca na stanowisku operatora pras obrabiarek CNC również wiąże się z występowaniem wielu zagrożeń. Szczegółowa analiza tych zagrożeń przedstawiona została w artykule. Dodatkowo przeanalizowano działania korygujące i zapobiegawcze, które stanowią klucz do bezpiecznego wykonywania przez operatora obrabiarek CNC czynności związanych z pracą.

Słowa kluczowe: obrabiarki CNC, zagrożenia, ocena ryzyka zawodowego, działania korygujące i zapobiegawcze

ANALYSIS OF WORK ENVIRONMENT HAZARDS WITH THE USE OF CNC MACHINES

Abstract. Occupational risk assessment is a key element of safety management and occupational hygiene. Conducting risk assessment is to establish safe work places for employees, make them aware of possible threats occur during their activities and with their consequences. Each the employee is exposed to a number of factors when performing work related activities environmental problems, mostly affecting his health and well-being. Working as an operator of press CNC machine tools is also associated with the occurrence of many threats. A detailed analysis of these threats has been presented In this article. In addition, corrective and preventive actions were analyzed are the key to the safe operation of the CNC machine tool operator related to work.

Keywords: CNC machine tools, threats, occupational risk assessment, corrective and preventive actions.

Wprowadzenie

Wiadomo już od dawna, że ocena ryzyka zawodowego jest kluczowym elementem zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Coraz więcej ludzi zdaje sobie sprawę, że są one jednymi z podstawowych czynników zapobiegania chorobom i wypadkom związanym z wykonywaną pracą. Mimo licznych szkoleń oraz ogólnie dostępnych przepisów i informacji, w wypadkach przy pracy na świecie ginie kilkaset tysięcy ludzi rocznie, a wiele milionów w ich konsekwencji staje się niepełnosprawnymi. Dlatego zapobieganie wypadkom oraz chorobom zawodowym ma nieprzerwanie kolosalne znaczenie dla pracowników oraz pracodawców.

Zgodnie z definicją z normy PN-N-18001:2004, działania korygujące to działania mające na celu wyeliminowanie przyczyny już wykrytej niezgodności lub innej niepożądanego sytuacji, natomiast działania zapobiegawcze mają na celu wyeliminowanie przyczyny potencjalnej niezgodności lub innej potencjalnej sytuacji. Zatem działania zapobiegawcze podejmuje się w celu zapobieżenia wystąpieniu nieprawidłowości, podczas gdy działania korygujące podejmuje się w celu zapobieżenia ponownemu wystąpieniu nieprawidłowości. Oba rodzaje działań muszą być proporcjonalne do związanych z nim zagrożeń i ryzyka zawodowego. W celu wybrania właściwych działań można posłużyć się metodami, takimi jak: 5S, kaizen, poka-yoke [5].

Metoda 5S (Seiri – selekcja, Seiton – systematyka, Seiso – sprzątnięcie, Seiketsu – standaryzacja, Shitsuke – samodyscyplina) [1] to tworzenie i utrzymywanie dobrze zorganizowanego, czystego, wysoko wydajnego i wysokiej jakości stanowiska pracy. Opisuje standaryzacje utrzymywania porządku w miejscu pracy.

Kaizen (jap. *Kai* – zmiana, *zen* – dobry, czyli ciągłe doskonalenie). W myśl tej filozofii, jakość sprowadza się do stylu życia – niekończącego się procesu ulepszania, ciągłego podnoszenia jakości firmy i produktu [3]. Istnieje dziesięć zasad Kaizen:

- 1) problemy stwarzają możliwości,
- 2) pytaj 5 razy „Dlaczego?” (metoda 5 „why”),
- 3) zbieraj pomysły od wszystkich,
- 4) myśl nad rozwiązaniami możliwymi do wdrożenia,
- 5) odrzucaj ustalony stan rzeczy,
- 6) zbędne są wymówki, że czegoś się nie da zrobić,
- 7) wybieraj proste rozwiązania – nie czekając na te idealne,

- 8) użyj sprytu zamiast pieniędzy,
- 9) pomyłki koryguj na bieżąco,
- 10) ulepszenie nie ma końca.

Poka-yoke (ang. mistake proofing, terror proofing) [2] to metoda zapobiegania błędom i pomyłkom popełnionym przez nieuwagę. Za twórcę Poka-yoke uważa się Shigeo Shingo, który kierował się starą prawdą, iż „błąd jest rzeczą ludzką” [4]. Przez analogię do tego stwierdzenia, zwrócono uwagę, że pomiędzy pomyłką a wynikającym z niej defektem jest jeszcze jedna, potencjalna możliwość: zauważenie pomyłki i jej poprawienie. Stąd wniosek, że sposobem ograniczenia wadliwości jest stwarzanie warunków, w których błąd nie może się zdarzyć, albo będzie natychmiast widoczny.

Zostało udowodnione, że wprowadzane przy użyciu ww. metod usprawnienia, dzięki partycypacji w nich pracowników, dają skuteczne i akceptowane przez pracowników zmiany. Warto zatem, aby doskonaliły one nie tylko wydajność pracy, ale również bezpieczeństwo pracowników [5].

Celem pracy jest identyfikacja podstawowych zagrożeń i ocena ryzyka zawodowego w małym przedsiębiorstwie produkującym elementy sklejki profilowanej. Przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego jest niezbędna, aby zapewnić poprawę bezpieczeństwa pracy poprzez działania korygujące i zapobiegawcze, które należy podjąć, aby zmniejszyć ryzyko do poziomu akceptowalnego, a tym samym zwiększyć ochronę zdrowia i poprawić bezpieczeństwo zatrudnionych pracowników.

Charakterystyka stanowisk pracy

Miejscem pracy operatorów obrabiarki CNC oraz pras hydraulicznych są dwie hale (obróbca i produkcyjna), których minimalna wysokość to 3,3 m. Podłoga jest równa, pomalowana farbą antypoślizgową, a zarazem łatwo zmywalną, nienasiąkliwą, niepylącą oraz nie śliską. Między halami nie występują progi, a nawierzchnia jest utwardzona oraz posiada spadek zapewniający spływ wody.

Ściany są równe, nienasiąkliwe pomalowane łatwo zmywalną farbą. Hale oświetlone są za pomocą światła dziennego przy pomocy świetlików zamieszczonych w dachu oraz okien (1m² okna na 8m² podłogi), a także przy pomocy oświetlenia sztucznego o natężeniu zależnym od rodzaju wykonywanej pracy oraz rodzaju pomieszczeń:

- Schody korytarzowe – 50 lx,
- Pomieszczenia sanitarne – 100 lx,
- Przejścia – 20 lx,
- Stanowiska obsługi – 100 lx,

- Magazyn towarów dużych lub jednorodnych – 20 lx,
- Magazyn towarów różnych, w którym zachodzi potrzeba poszukiwania – 50 lx,
- Magazyn, w którym zachodzi konieczność czytania – 100 lx.

Operator obrabiarki CNC

Stanowisko operatora obrabiarki CNC znajduje się na hali obróbki zewnętrznej też stolarnią. To stanowisko wyposażone jest w centrum obróbkowe, nabijarkę oraz szlifierkę bębnową. Materiałem obrabianym są wypraski sklejk, którym poprzez obróbkę w centrum obróbkowym nadawany jest ostateczny kształt. Pozostałe prace wykończeniowe prowadzone są za pomocą nabijarki (nabijanie tzn. napów) oraz szlifierki bębnowej (szlifowanie krawędzi). Średnio proces trwa ok. 240 min. podczas zmiany roboczej, pozostały czas przeznaczony jest na prace przygotowawcze oraz porządkowe, a także 30-minutową przerwę.

Pracownik ma dostęp do instrukcji użytkowania, bezpiecznej obsługi i konserwacji maszyn oraz posiada do dyspozycji karty charakterystyk substancji szkodliwych i niebezpiecznych. Pracodawca zapewnia okresowe przeglądy oraz konserwacje maszyn. Każde stanowisko operatora obrabiarki wyposażone jest w podręczny sprzęt przeciwpożarowy (gaśnica) oraz w apteczkę pierwszej pomocy. Stanowiska mają zapewnioną dostateczną wentylację w postaci wyciągu.

Pracownik przed rozpoczęciem pracy został wyposażony w odzież roboczą w postaci:

- butów z noskami,
- nakrycia głowy (czapka z daszkiem)
- koszuli/koszulki roboczej
- spodni roboczych (ogrodniczki)
- rękawic ochronnych.

Dodatkowo pracownik otrzymuje do dyspozycji maskę przeciwpyłową oraz nauszniki.

Praca na stanowisku operatora odbywa się w systemie 3-zmianowym. Osoba zatrudniona na tym stanowisku powinna posiadać wykształcenie zawodowe lub średnie, ogólnie dobry stan zdrowia oraz posiadać aktualne badania lekarskie stwierdzające brak przeciwwskazań zdrowotnych do podjęcia pracy na stanowisku. Dodatkowo pracownik powinien zaznajomić się z instrukcjami obowiązującymi na terenie zakładu.

Przed rozpoczęciem pracy pracownik jest zobowiązany do zmiany odzieży prywatnej na odzież roboczą w wyznaczonym do tego pomieszczeniu. Ko-

lejną czynnością przed rozpoczęciem pracy jest wizualna ocena stanu technicznego maszyny, a następnie jej uruchomienie.

Podczas wykonywanej pracy na maszynie pracownik zobowiązany jest do:

- ustawienia odpowiednich parametrów maszyny,
- zamocowania wypraski za pomocą pedału,
- zamknięcia drzwi,
- uruchomienia procesu obrabiania,
- wyszlifowania ostrych krawędzi za pomocą szlifierki bębnowej,
- nabicia nakrętek (tzw. nap),
- kontroli jakości.

Po zakończeniu pracy pracownik zobowiązany jest do posprzątania miejsca pracy, wyłączenia maszyny, a następnie zmiany odzieży roboczej na odzież prywatną. Jak dotąd na stanowisku tym nie stwierdzono wypadków przy pracy ani nie zgłoszono chorób zawodowych.

Metodyka badań i identyfikacja oraz charakterystyka zagrożeń na stanowiskach operatorów pras hydraulicznych oraz obrabiarek CNC

W celu określenia ryzyka zawodowego na stanowisku operatora CNC, posłużono się metodą opracowaną w USA, a mianowicie Risc Score.

Praca na stanowiskach operatorów pras hydraulicznych oraz obrabiarek CNC wiąże się z występowaniem następujących zagrożeń zestawionych w tabeli 1.

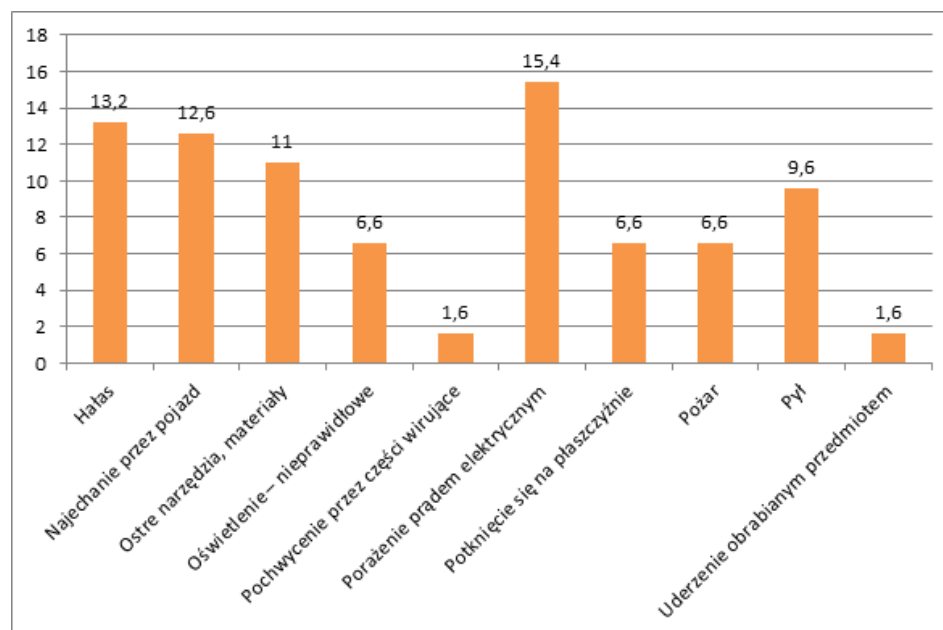
Tabela 1. Zagrożenia występujące na stanowiskach pracy operatora obrabiarki CNC
Źródło: Opracowanie własne.

Lp.	Rodzaj zagrożenia	Obrabiarka CNC
1.	Hałas	Występuje
2.	Mikroklimat gorący	Nie występuje
3.	Najechanie przez pojazd	Występuje
4.	Ostre krawędzie, materiały	Występuje
5.	Oświetlenie – nieprawidłowe	Występuje
6.	Pochwycenie przez części wirujące	Występuje
7.	Pochwycenie przez urządzenie (ściśnięcie)	Nie występuje
8.	Porażenie prądem elektrycznym	Występuje

Lp.	Rodzaj zagrożenia	Obrabiarka CNC
9.	Potknięcie się na płaszczyźnie	Występuje
10.	Pożar	Występuje
11.	Przewrócenie się pojazdu	Nie występuje
12.	Pył	Występuje
13.	Substancje chemiczne – formaldehyd	Nie występuje
14.	Uderzenie obrabianym przedmiotem	Występuje

Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku operatora obrabiarki CNC

Na Rys. 1 zamieszczono zestawienie zagrożeń występujących na stanowisku operatora obrabiarki CNC.



Rysunek 1. Zestawienie zagrożeń na stanowisku operatora obrabiarki CNC
Źródło: Opracowanie własne.

W wyniku przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora obrabiarki CNC stwierdzono, iż ryzyko zawodowe utrzymuje się na

poziomie minimalnym. Zatem zaleca się stałą kontrolę, aby ryzyko utrzymywało się na danym poziomie.

Działania korygujące i zapobiegawcze oraz stosowane środki ochrony

Działania korygujące i zapobiegawcze oraz stosowanie środków ochrony (tabela 11) stanowią klucz do bezpiecznego wykonywania przez pracownika czynności związanych z pracą. Działania korygujące opiera się głównie na niezgodnościach mających miejsce w przeszłości oraz podejmowane są odpowiednie kroki w celu zapobieżenia ich ponownemu wystąpieniu. Natomiast działania zapobiegawcze to nic innego, jak zapobieganie potencjalnym zagrożeniom, które mogą wystąpić w danym środowisku.

W wyniku przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego oraz jej wnikliwej analizie w poniższej tabeli zestawiono działania korygujące i zapobiegawcze oraz środki ochrony, jakie należy stosować w związku z występującymi zagrożeniami na stanowiskach pracy operatora obrabiarki CNC.

Tabela 11. Działania korygujące, zapobiegawcze oraz stosowane środki ochronne
Źródło: Opracowanie własne.

Lp.	Nazwa zagrożenia	Działania korygujące i zapobiegawcze	Środki ochrony
1.	Hałas	<ul style="list-style-type: none"> – regularne przeglądy oraz konserwacje maszyn, – okresowe pomiary hałasu, – dobry stan środków pracy, – dobrze wentylowane pomieszczenia, 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie ochronników słuchu, – stosowanie się do instrukcji stanowiskowych oraz zasad bhp panujących w zakładzie, – zmniejszenie czasu ekspozycji, – zgłaszanie przez pracownika nadmiernego hałasu,
2.	Mikroklimat gorący	<ul style="list-style-type: none"> – zapewnienie dobrej wentylacji, – regularne pomiary obciążenia termicznego WBGT, 	<ul style="list-style-type: none"> – dodatkowe przerwy w pracy, – uzupełnianie płynów poprzez picie wody bądź innych napojów chłodzących,

Lp.	Nazwa zagrożenia	Działania korygujące i zapobiegawcze	Środki ochrony
3.	Najeżdżenie przez pojazd	<ul style="list-style-type: none"> – dobre oznakowanie dróg komunikacyjnych, – regularne przeglądy stanu technicznego pojazdów transportowych, – zapewnienie dobrej widoczności, 	<ul style="list-style-type: none"> – zachowanie szczególnej ostrożności przez pracowników, – bezpieczne poruszanie się pojazdami, – stosowanie sygnalizacji świetlnej oraz dźwiękowej (w razie nagłej potrzeby),
4.	Ostre krawędzie, materiały	<ul style="list-style-type: none"> – dobre oznakowanie elementów wystających, – regularne przeglądy maszyn i narzędzi, – stosowanie osłon 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie odzieży ochronnej, – dbanie o środki pracy, – ostrożność, ograniczenie pośpiechu
5.	Oświetlenie – nieprawidłowe	<ul style="list-style-type: none"> – regularne konserwacje i czyszczenie oświetlenia, – regularne pomiary natężenia światła 	<ul style="list-style-type: none"> – zgłaszanie przez pracownika awarii oświetlenia, – wymiana niesprawnych lamp oświetleniowych, – mycie okien i świetlików,
6.	Pochwycenie przez części wirujące	<ul style="list-style-type: none"> – regularne przeglądy maszyn, – dobre oznakowanie miejsc niebezpiecznych, – stosowanie osłon ochronnych 	<ul style="list-style-type: none"> – dobra koncentracja podczas wykonywania czynności, – stosowanie osłon, – zachowanie bezpiecznej odległości, – stosowanie się do instrukcji stanowiskowych oraz zasad bhp panujących w zakładzie, – zakaz wykonywania pracy w luźnej odzieży,
7.	Pochwycenie przez urządzenie (ściśnięcie)	<ul style="list-style-type: none"> – regularne przeglądy maszyn i urządzeń elektrycznych, – dobre oznakowanie miejsc niebezpiecznych, – zapewnienie dobrego oświetlenia, 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie oburęcznego sterowania, – stosowanie wyłączników krańcowych, – stosowanie odpowiedniej odzieży roboczej, – zachowanie odpowiedniej koncentracji, – stosowanie się do instrukcji stanowiskowych oraz zasad bhp panujących w zakładzie,

Lp.	Nazwa zagrożenia	Działania korygujące i zapobiegawcze	Środki ochrony
8.	Porażenie prądem elektrycznym	<ul style="list-style-type: none"> – regularne przeglądy maszyn i urządzeń elektrycznych, – kontrola zabezpieczeń przeciwporażeniowych, 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie ochrony przeciwporażeniowej, – zakaz dokonywania napraw pod napięciem, – bieżące zgłaszanie zauważonych nieprawidłowości, – stosowanie się do instrukcji stanowiskowych oraz zasad bhp panujących w zakładzie, – dobre oznakowanie miejsc w występującym napięciem elektrycznym,
9.	Potknięcie się na płaszczyźnie	<ul style="list-style-type: none"> – dbanie o podłoże, – stosowanie farb nie śliskich, – naprawa występujących podestów, 	<ul style="list-style-type: none"> – dobre oznakowanie występujących progów, stopni, – dbanie o ład i porządek w miejscu pracy, – ograniczyć pośpiech, – stosowanie odpowiedniego obuwia roboczego, – zachowanie ostrożności,
10.	Pożar	<ul style="list-style-type: none"> – regularne przeglądy środków gaśniczych, – przeprowadzanie ćwiczeń przeciwpożarowych, 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie się do instrukcji stanowiskowych oraz zasad bhp panujących w zakładzie, – zakaz palenia tytoniu oraz używania otwartego ognia, – dobre oznakowanie miejsc ze środkami gaśniczymi, – znaki ewakuacyjne,
11.	Przewrócenie się pojazdu	<ul style="list-style-type: none"> – regularne przeglądy stanu technicznego pojazdów transportowych, – zapewnienie dobrej widoczności, 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie pojazdów transportowych zgodnie z przeznaczeniem, – stosowanie się do zaleceń producenta, – stosowanie nakrycia głowy,
12.	Pył	<ul style="list-style-type: none"> – regularne pomiary stężenia pyłów w atmosferze, – zapewnienie dobrej wentylacji, 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie miejscowych odciągów, – stosowanie odzieży ochronnej, – stosowanie masek przeciwpyłowych oraz gogli,

Lp.	Nazwa zagrożenia	Działania korygujące i zapobiegawcze	Środki ochrony
13.	Substancje chemiczne – formaldehyd	<ul style="list-style-type: none"> – zapewnienie dobrej wentylacji, – monitorowanie procesu, – regularne pomiary stężenia, 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie rękawic ochronnych, – stosowanie masek ochronnych,
14.	Uderzenie obrabianym przedmiotem	<ul style="list-style-type: none"> – regularny przegląd stosowanych narzędzi, 	<ul style="list-style-type: none"> – używanie sprawnych narzędzi oraz zgodnie z ich przeznaczeniem, – stosowanie odzieży ochronnej, – stosowanie się do instrukcji stanowiskowych oraz zasad bhp panujących w zakładzie,

Podsumowanie

Podczas przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego, w zakładzie produkującym sklejkę profilowaną, na stanowiskach pracy operatora obrabiarki CNC stwierdzono, iż ryzyko związane z pracą wykonywaną przez operatora należy uznać za dopuszczalne. W związku z tym zaleca się czynności kontrolne w celu utrzymania ryzyka na danym poziomie.

Każde zauważone nieprawidłowości, stanowiące bezpośrednie zagrożenie życia lub zdrowia pracownika, powinny zostać niezwłocznie usunięte, a jeśli nie jest to możliwe, należy zaprzestać dalszego wykonywania czynności oraz dokładnie zabezpieczyć miejsce zagrożenia. Prace prowadzone w strefach bezpośredniego zagrożenia zdrowia oraz życia należy wykonywać z zachowaniem szczególnej ostrożności oraz staranności. Należy także systematycznie zaznajamiać się z instrukcjami dotyczącymi bezpiecznej pracy oraz obsługi maszyn. Wszystkie powyższe czynności nie mogą sprowadzać się tylko do jednorazowych działań, ponieważ systematyczne oraz ciągle doskonalone działania zapewnią pracownikowi ograniczenie ryzyka zawodowego, a pracodawcy poczucie spełnienia jego obowiązku wobec pracownika.

Literatura

- [1] Bagiński J. (red.), *Menedżer jakości. Jakość, środowisko, bezpieczeństwo*, OWPW, Warszawa 2000.
- [2] Bagiński J. (red.), *Zarządzanie jakością*, OWPW, Warszawa 2004.

-
- [3] Imai M., Kaizen. *Klucz do konkurencyjnego sukcesu Japonii*, MT Biznes, 2007
 - [4] Shingo S., *Zero quality control: source inspection and the Poka-Yoke system*, trans. Dillion A.P., Portland, Oregon, Productivity Press, 1985
 - [5] http://misiak.edu.pl/pliki/wyklady/ebhp/Ocena_ryzyka_EG_AK.pdf (data dostępu 1.06.2018).



Bogna Konodyba-Rorat

Wydział Zarządzania

Politechnika Częstochowska

al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa

KULTURA BEZPIECZEŃSTWA JAKO ELEMENT BUDOWANIA WIZERUNKU „BEZPIECZNEGO” PRZEDSIĘBIORSTWA

Streszczenie. Integralną część zarządzania przedsiębiorstwem stanowi kształtowanie bezpiecznych warunków pracy, a także związane z tym modelowanie i promowanie kultury bezpieczeństwa. Wynika to z faktu, że kultura bezpieczeństwa, jako autonomiczna część kultury organizacji, określa normy, wartości, a także zasady postępowania uznawane przez członków organizacji, a odnoszące się do bezpiecznych warunków pracy. Celem opracowania jest przedstawienie istoty kultury bezpieczeństwa jako elementu budowania wizerunku „bezpiecznego” przedsiębiorstwa

Słowa kluczowe: kultura przedsiębiorstwa, kultura bezpieczeństwa, BHP, wizerunek, wypadkowość.

SAFETY CULTURE AS AN ELEMENT OF CREATING THE IMAGE OF A SAFE ENTERPRISE

Abstract. The development of safe working conditions is an integral part of the company's management, and what is connected with this is modeling and promotion of a safety culture. This is due to the fact that a safety culture as an autonomous part of the organization's culture defines standards, values and principles of conduct that are recognized by the members of the organization and relate to safe working conditions.

The goal of the study is to present the essence of safety culture as creating element of the safe enterprise image.

Keywords: enterprise culture, safety culture, health and safety, image, accidents.

Wprowadzenie

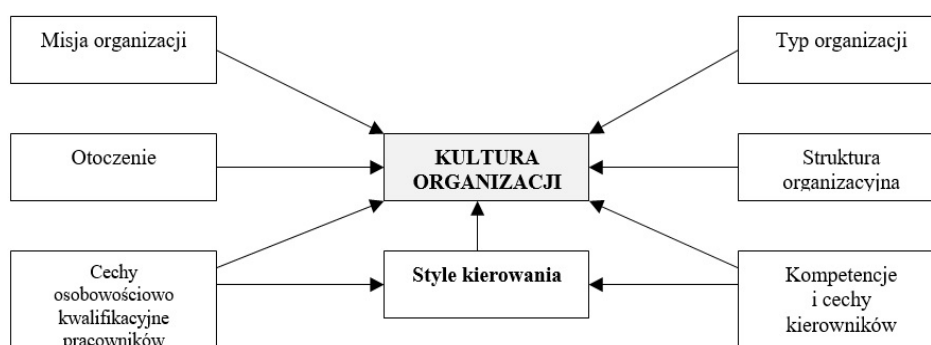
Jedną z najważniejszych wartości, potrzeb i oczekiwań w przedsiębiorstwie jest szeroko rozumiane bezpieczeństwo w pracy. Wynika to z faktu, że postrzegane jest ono jako istotny element zarządzania, przyczyniający się do poprawy warunków pracy, zmniejszenia wypadkowości w środowisku w pracy czy ograniczający ryzyko zawodowe w organizacji [11]. Co więcej, zapewnienie bezpiecznych warunków rozwija właśnie bezpieczne postawy pracowników do pracy, a to z kolei przyczynia się do większej motywacji, zaangażowania czy efektywności w pracy. Jak podkreśla A. Wołpiuk-Ochocińska [12], „w programie działań obejmujących kompleksowe podejście do bezpieczeństwa należałoby uwzględnić obok bezpieczeństwa technicznego (zabezpieczenia urządzeń i stanowisk pracy) i bezpieczeństwa systemowego (ocena ryzyka zawodowego, instrukcji bezpieczeństwa i systemów zarządzania bezpieczeństwem) także elementy związane z psychologicznym i społecznym wymiarem bezpieczeństwa, a mianowicie z kulturą bezpieczeństwa pracy i związanymi z nią wskaźnikami psychologicznymi i behawioralnymi bezpiecznych zachowań pracowników w organizacji”. W świetle powyższego, fundamentalnym zadaniem kierownictwa zdają się być działania mające na celu kształtowanie kultury bezpieczeństwa. Podyktowane jest to faktem, że kultura bezpieczeństwa, jako autonomiczna część kultury organizacji, z jednej strony zajmuje się głównie problematyką bezpieczeństwa i higieny pracy, zwłaszcza ryzykiem utraty życia i zdrowia pracownika, z drugiej zaś jest integralnym elementem budowy wizerunku „bezpiecznego” przedsiębiorstwa.

W opracowaniu skupiono się na istocie i znaczeniu kultury bezpieczeństwa w budowaniu wizerunku przedsiębiorstwa. Z tej perspektywy, z jednej strony zostały przedstawione najważniejsze aspekty kultury bezpieczeństwa, z drugiej zaś - wyniki badań własnych, odnoszące się do kultury bezpieczeństwa jako elementu budowania wizerunku przedsiębiorstwa. Artykuł został oparty na literaturze przedmiotu, a także na wynikach badań sondażowych przeprowadzonych w przedsiębiorstwach działających na terenie powiatu częstochowskiego.

Kultura organizacji i bezpieczeństwa pracy

Pojęcie kultury pracy funkcjonuje w literaturze przedmiotu od dość dawna, ale dopiero na początku lat 80. XX wieku naukowcy zajmujący się teorią organizacji zaczęli przywiązywać do niej większą wagę [1]. Mimo dużego zainteresowania tym zjawiskiem problematyka kształtowania kultury organizacyjnej pozostaje wciąż nie do końca rozpoznana, a wiedza na jej temat nieusystematyzowana. Wynika to z faktu, że samo już pojęcie kultury jest złożone i nie-

jednoznaczne. Jak podkreśla A. Worach [13], owa złożoność wynika z tego, że kultura czerpie z wielu źródeł (na przykład: kultura narodowa, przyjęte zasady działania w danej branży, zachowania i postawy pracowników), jest mieszanką elementów o różnym pochodzeniu, a na kształt kultury organizacyjnej wpływa wiele różnorodnych czynników (Rys. 1).



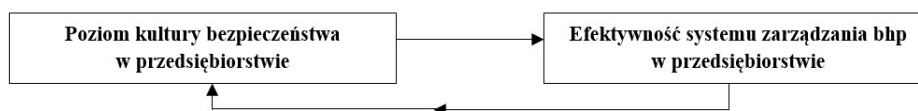
Rys. 1. Czynniki mające wpływ na kulturę organizacji

Źródło: Z. Sekuła (2008), *Motywowanie do pracy, teorie i instrumenty*, PWE, Warszawa, s. 134.

Zdaniem K.S. Camerona i R.E. Quinna [2003, s. 23], „kultura organizacji” była tak długo lekceważona przez praktyków i teoretyków zarządzania, że z jednej strony pozostaje na ogół niezauważona, z drugiej zaś jest zbiorem wartości uważanych za oczywiste.

Jak wykazały liczne badania, właściwa dla danego przedsiębiorstwa kultura organizacyjna wpływa bardzo korzystnie na podstawy i zachowania pracowników, które to zachowania są główną przyczyną niebezpiecznych zachowań, błędów pracowników, wypadków przy pracy i chorób zawodowych, powodując przy tym znaczące i wyliczalne straty [1, 10]. To w konsekwencji musiało spowodować wyodrębnienie się z „kultury organizacji” specyficznego jej nurtu, jakim jest „kultura bezpieczeństwa”.

Kultura bezpieczeństwa jako autonomiczna część kultury organizacji zajmuje się głównie problematyką bezpieczeństwa i higieny pracy, zwłaszcza ryzykiem utraty życia i zdrowia pracownika. Jak piszą D. Podgórski i Z. Pawłowska, kultura bezpieczeństwa związana jest z wysoką wartością przykładaną do zdrowia i życia ludzkiego oraz utrzymaniem granicy między niezbędnym ryzykiem, które jest nieodłącznym elementem życia i rozwoju, a zapewnieniem bezpieczeństwa i ochrony przed zagrożeniami [8]. Można powiedzieć, że poziom kultury bezpieczeństwa jest nie tylko efektem jakości zarządzania BHP w przedsiębiorstwie, ale wyznacza tę jakość (Rys. 2).



Rys. 2. Wzajemna zależność między poziomem kultury bezpieczeństwa, a efektywnością systemu zarządzania BHP w przedsiębiorstwie

Źródło: D. Podgórski, Z. Pawłowska (2004), Podstawy systemowego zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wydawnictwo CIOP – PIB, Warszawa, s. 145.

Należy podkreślić, że poziom kultury bezpieczeństwa ma bezpośredni i znaczący wpływ na funkcjonowanie i efektywność przedsiębiorstwa, na zmiany zachowań poszczególnych osób oraz na postawy pracowników w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Jak podają K.S. Cameron i R.E. Quinn, przyczyną występowania wielkich katastrof przemysłowych jest właśnie niski poziom kultury bezpieczeństwa, czego przykładem jest katastrofa w Czarnobylu w 1986 roku [2]. Interesującą opinię na temat kultury bezpieczeństwa wypowiedział N.F. Pidgeon [7], według którego owa kultura stanowi system znaczeń, poprzez który określona grupa ludzi rozumie zagrożenia na świecie. Ponadto wyróżnił on trzy zasadnicze aspekty kultury bezpieczeństwa, którymi jego zdaniem są:

- zasady i normy dotyczące obszaru radzenia sobie z ryzykiem,
- podstawy wobec bezpieczeństwa odnoszące się zarówno do indywidualnych, jak i grupowych przekonań związanych z zagrożeniami oraz ważnością samego bezpieczeństwa,
- „refleksyjność” dotycząca bezpieczeństwa, której podstawę stanowi uczenie się, tj.: wyciąganie wniosków z podejmowanych działań oraz właściwego (prawidłowego) reagowania na zagrożenia zarówno nowe, jak i jeszcze nieznanne.

Na uwagę zasługuje również podejście E.S. Gellera [5], według którego kultura bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie kształtowana jest przez zaangażowanie wszystkich pracowników pracą w grupach i poczuciu przynależności do firmy oraz właściwą edukację. Zdaniem autora, w największym stopniu zależy ona od środowiska fizycznego w postaci narzędzi, maszyn czy organizacji stanowisk pracy; zachowania pracowników, a szczególnie przestrzegania przepisów bhp, przekazywania informacji i współpracy czy demonstrowania troski o bezpieczeństwo wykraczającej poza obowiązki pracowników oraz cech wewnętrznych pracowników w postaci m.in. wiedzy, umiejętności, motywacji czy też ich cech osobowych.

Kształtowanie wizerunku a kultura bezpieczeństwa

Newralgiczny element każdej działalności gospodarczej na rynku stanowi działania mające na celu pozytywne kształtowanie wizerunku. Wynika to

z faktu, że wizerunek przedsiębiorstwa to sposób postrzegania przedsiębiorstwa przez szerokie grono interesariuszy. Za I. Marzec [6] należy stwierdzić, iż wizerunek przedsiębiorstwa jest subiektywnym wyobrażeniem ludzi o tym przedsiębiorstwie – jest tym, co ludzie o nim sądzą. Nie ma on jednorodnego charakteru, bowiem obejmuje wiele różnych elementów zależnych od kontekstu, sfery działania przedsiębiorstwa czy grupy odbiorców. Wizerunek przedsiębiorstwa jest swego rodzaju obrazem organizacji w świadomości innych osób, które z nią się stykają w sposób bezpośredni (np. jako klienci) lub pośredni (ogólnie jako uczestnicy rynku) [3]. W tym miejscu należy zaznaczyć, że kształtowanie wizerunku nie jest zadaniem łatwym. Podyktowane jest to faktem, że wizerunek to złożona, intelektualna lub zmysłowa interpretacja, wytwór umysłu wynikający z dedukcji opartej na dostępnych przesłankach, zarówno realnych, jak i wyobrażonych, uwarunkowany wrażeniami, przekonaniem, ideami i emocjami [4].

W literaturze przedmiotu wymieniane są heterogeniczne czynniki oddziałujące na wizerunek przedsiębiorstwa, takie jak: tożsamość organizacji, jej reputacja, oferta, jakość produktów, szybkość obsługi, panująca atmosfera, szeroko pojmowane działania CSR itp.

Jednym z istotnych elementów wpływających na kształtowanie wizerunku jest posiadana kultura organizacji, w tym (a może w szczególności) kultura bezpieczeństwa. Wynika to z faktu, że to właśnie ona wpływa na postawy i zachowania członków organizacji, stanowiąc, według E.H. Scheina, zbiór podzielanych przez członków organizacji podstawowych założeń [9]. W tym miejscu należy zaznaczyć, że kultura bezpieczeństwa może być postrzegana indywidualnie lub grupowo. Zdaniem A. Wołpiuk-Ochocińskiej [12], dzięki kulturze bezpieczeństwa tworzy się środowisko, w którym rozwijają się i pogłębiają indywidualne zachowania, przekonania czy postawy pracowników wobec bezpieczeństwa, a jednocześnie są promowane zachowania dotyczące tego bezpieczeństwa. To, obok ogólnego nastawienia kadry kierowniczej czy osób zarządzających, tworzących normy, wartości i klimat przedsiębiorstwa, kreśli z kolei kulturę grupową – kulturę przedsiębiorstwa.

Bez względu na rodzaj, kultura bezpieczeństwa wpływa na posiadaną przez wszystkich pracowników wiedzę, ich umiejętności, kwalifikacje. To z kolei prowadzi do mniejszej wypadkowości w pracy, a w konsekwencji do zmniejszenia ryzyka zawodowego. Z tego też względu istotne jest tworzenie wysokiej kultury bezpieczeństwa, bowiem prowadzi to do:

- zwiększenia wzajemnego zaufania między kierownictwem a pracownikami,
- zwiększenia motywacji do pracy,
- wyższej satysfakcji,
- rozwoju pracowników,
- większej odpowiedzialności,
- zaangażowania pracowników w bezpieczną pracę,
- większego poczucia odpowiedzialności za sprawy bezpieczeństwa, które

przyczyniają się do kształtowania w świadomości szerokiego grona odbiorców przedsiębiorstwa „bezpiecznego” miejsca pracy, u podstaw którego leży troska o zdrowie i życie pracowników.

Kultura bezpieczeństwa jako narzędzie kreowania wizerunku – wyniki badań własnych

Przedmiotowe badanie przeprowadzone przez autorkę miało na celu określenie wpływu kultury bezpieczeństwa na wizerunek przedsiębiorstwa. Przedmiotem badań były przedsiębiorstwa o podwyższonym ryzyku zawodowym, tj. średniej wielkości zakłady produkcji drewna i wyrobów z drewna (tabela 1). Szczegółowa analiza osób biorących udział w badaniu wykazała, że największą grupę stanowili pracownicy szeregowi, następnie członkowie kadry kierowniczej, pracownicy dozoru oraz pełnomocnicy BHP (tabela 2).

Tabela 1. Zestawienie przedsiębiorstw objętych badaniem

Grupy przedsiębiorstw	Liczba przedsiębiorstw	Liczba pracowników objętych badaniem
Zakłady przeróbki drewna	9	88
Zakłady meblowe	16	72
Σ	25	160

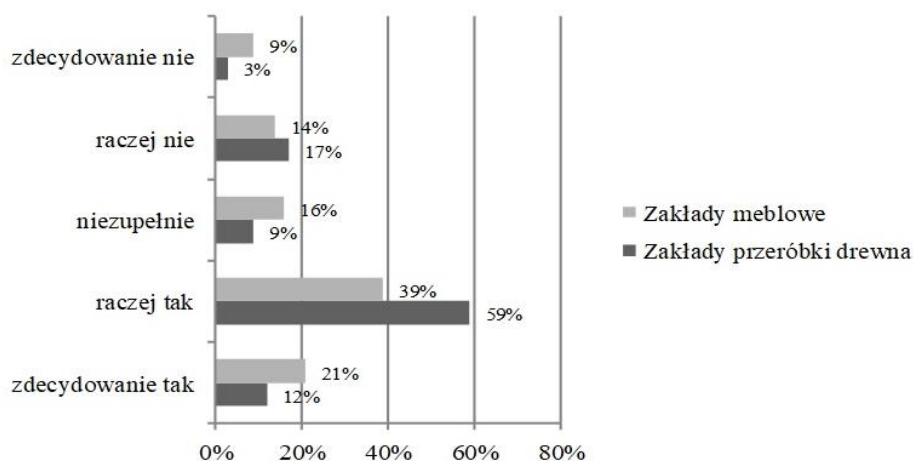
Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań własnych.

Tabela 2. Struktura pracowników przedsiębiorstw objętych badaniem

Pracownicy przedsiębiorstwa	Zakłady przeróbki drewna	Zakłady meblowe	Σ
Członkowie kadry kierowniczej	13	24	37
Pełnomocnicy ds. BHP	11	12	23
Dozór średni	16	11	27
Pracownicy	50	23	73
Σ	88	72	160

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań własnych.

Przechodząc do analizy kwestionariusza ankietowego, w pierwszej kolejności badanych zapytano, czy panującą obecnie kulturę można uznać za sprzyjającą bezpiecznej – bezwypadkowej pracy (Rys. 3).



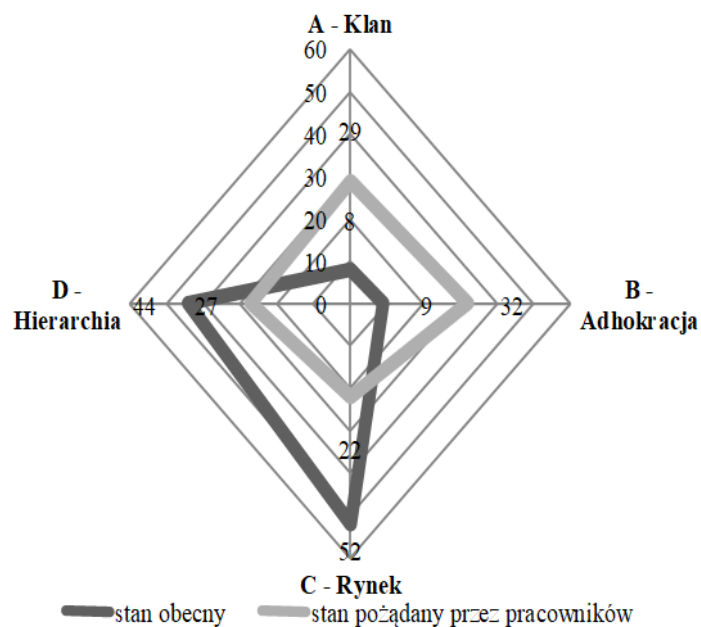
Rysunek 3. Ocena kultury przedsiębiorstwa - ujęcie procentowe
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań własnych.

Na podstawie danych przedstawionych na Rys. 1 można stwierdzić, że zarówno w zakładach meblowych, jak i przeróbki drewna obecnie panująca kultura to kultura bezpieczeństwa, przyczyniająca się do bezpiecznej pracy, chroniąca życie i zdrowie zatrudnionych. Z reguły jest ona różna w różnych przedsiębiorstwach, a o jej charakterze (i profilu) w największym stopniu decyduje kadra kierownicza (CKK) oraz właściciel przedsiębiorstwa.

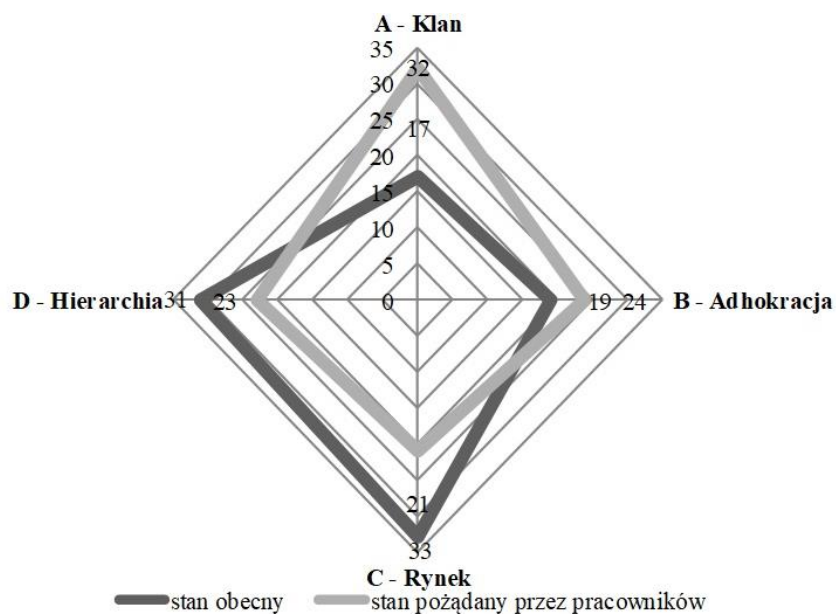
Z przeprowadzonych przez autorkę badań wynika, że dla większości CKK i pełnomocników (P-BHP) w zarządzanych przez nich przedsiębiorstwach panująca tam „kultura organizacyjna” jest „korzystną” (dobrą), a jej stan oceniają jako „korzystny”, a nawet jako „wyróżniający się”. W odróżnieniu od CKK i pełnomocników ds. BHP (P-BHP) pracownicy (robotnicy) zakładów produkcji drewna i wyrobów z drewna ww. „kulturę organizacyjną” panującą w ich zakładach oceniają mniej korzystnie, bo tylko jako „przeciętną”, a jej stan określają najczęściej jako „dogodny”, tj. mniej niż korzystny.

Za „umiarkowaną”, czyli mniej niż „dogodną” uważają ją w swoich zakładach pracownicy (robotnicy) fabryk mebli. Kilka wybranych przykładów modelu (charakteru i profilu) „kultury organizacyjnej” badanych w pracy przedsiębiorstw przedstawiono na Rys. 4–5.

Na podstawie danych zamieszczonych na Rys. 2 i 3 widoczna jest różnica między obecnym a pożądanym przez pracowników stanem (profilem, charakterem) kultury organizacyjnej - bezpieczeństwa. Jak wynika z analizy kwestionariusza ankietowego, pracownicy pragną (oczekują) zmian w charakterze (profilu) „kultury organizacyjnej” idących w kierunku kultury „klanu” (przyjaznej człowiekowi) oraz adhokracji (inwazyjność i postęp).

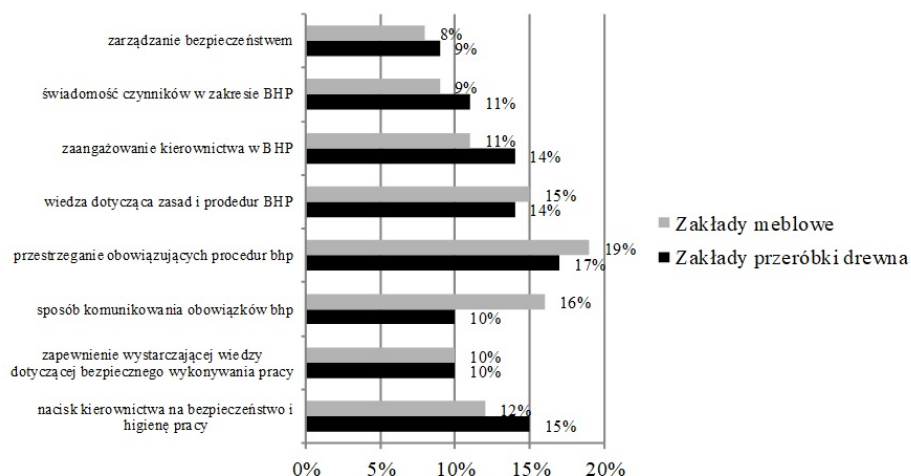


Rys. 4. Model kultury organizacyjnej zakładu meblowego w opinii jej pracowników (robotników)
 Źródło: Opracowanie na podstawie badań własnych.



Rys. 5. Model kultury organizacyjnej zakładu przeróbki drewna w opinii jej pracowników (robotników)
 Źródło: Opracowanie na podstawie badań własnych.

Z uwagi na cel badania poproszono respondentów o wskazanie czynników kształtujących kulturę bezpieczeństwa w ich przedsiębiorstwie (Rys. 6).



Rys. 6. Czynniki kształtujące kulturę bezpieczeństwa w badanych przedsiębiorstwach
Źródło: Opracowanie na podstawie badań własnych.

Analiza kwestionariusza ankietowego wykazała odmienną, choć zbliżoną, hierarchię ważności wyłonionych czynników w dwóch grupach przedsiębiorstw (Rys. 4). Najważniejszy czynnik kształtujący kulturę bezpieczeństwa (w zakładach meblowych oraz przeróbki drewna) stanowi przestrzeganie obowiązujących procedur BHP. Następnie w przypadku zakładów przeróbki drewna:

- nacisk kierownictwa na bezpieczeństwo i higienę pracy - 15% wskazań,
- wiedza dotycząca zasad i procedur BHP – 14% wskazań,
- zaangażowanie kierownictwa w BHP – 14% wskazań.

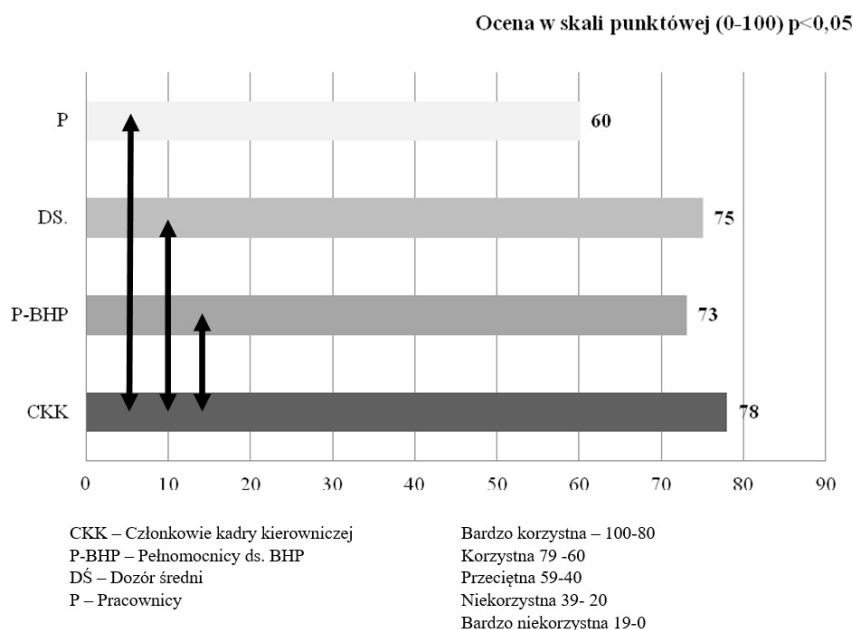
Z kolei w przypadku zakładów meblowych czynnikami, które w równie dużym stopniu wpływają na kształtowanie kultury bezpieczeństwa, jest:

- sposób komunikowania obowiązków BHP – 16% wskazań,
- wiedza dotycząca zasad i procedur BHP – 15% wskazań,
- nacisk kierownictwa na bezpieczeństwo i higienę pracy – 14% wskazań.

Dla zobrazowania i identyfikacji czynników kształtujących kulturę bezpieczeństwa uzyskane z ankiet wartości punktowe¹ przetransformowano z przedziału 1–5 do przedziału liczbowego 0–100, gdzie 100 oznacza w tym przypadku

¹ W kwestionariuszu ankietowym zastosowano 5-stopniową skalę oceny, gdzie kryterium zdecydowanie nie spełnione przypisano odpowiedzi zdecydowanie NIE (1punkt), kryterium zdecydowanie spełnione – odpowiedź zdecydowanie TAK (5 punktów).

ku całkowite (doskonałe) spełnienie wymagań danego kryterium, natomiast 0 oznacza całkowity brak spełnienia wymagań danego kryterium. W tym celu uzyskane wyniki badań sprawdzono testem Smirnowa-Kołmogorowa.



Rys. 7. Ocena elementów składowych kultury bezpieczeństwa w badanych przedsiębiorstwach
 Źródło: Opracowanie na podstawie badań własnych.

Jak można zauważyć (Rys. 7), elementom składowym kształtującym kulturę bezpieczeństwa członkowie kadry kierowniczej (CKK), pełnomocnicy (P-BHP) oraz dozór średni przypisują najczęściej ocenę „korzystną” (dobrą). Dotyczy to ich własnego zaangażowania w proces jej kształtowania. Zdecydowanie najniżej oceniają kulturę bezpieczeństwa pracownicy, choć w dalszym ciągu jako „korzystną”.

Zakończenie

Podsumowując rozważania zawarte w niniejszym opracowaniu, można stwierdzić, iż kultura bezpieczeństwa wydaje się więc być niezwykle istotnym elementem funkcjonowania współczesnego przedsiębiorstwa. Z tego też względu zadaniem kierownictwa jest podejmowanie wielu działań, mających na celu tworzenie jej wysokiego poziomu przez promowanie działań nastawionych na

ochronę zdrowia i życia zatrudnionych, prawidłową, w tym otwartą i szczerą komunikację związaną z informowaniem pracowników o zagrożeniach i ryzyku wynikającym z wykonywania określonych zadań, przestrzegania przepisów BHP, edukacji w dziedzinie BHP, analizie wypadków, motywowaniu oraz wzmacnianiu zachowań bezpiecznych. Skupienie uwagi na wyłonionych czynnikach ma na celu wyrobienie nawyków bezpiecznych zachowań w środowisku pracy, a także wyeliminowanie negatywnych zjawisk z działalności. Co więcej, i co najważniejsze z punktu widzenia celu rozważań, wysoki poziom kultury bezpieczeństwa może stać się czynnikiem wyróżniającym przedsiębiorstwo na rynku, co z kolei wpłynie pozytywnie na odbiór organizacji w otoczeniu zewnętrznym, w tym na przewagę konkurencyjną. Tym samym kształtowanie w świadomości szerokiego grona interesariuszy obrazu bezpiecznego przedsiębiorstwa, w którym pracownicy cechują się postawą aktywnej, ciągłej troski o bezpieczeństwo swoje i innych, jest podstawą do kształtowania pozytywnego – bezpiecznego wizerunku.

Literatura

- [1] Aniszewska G. (2007), *Kultura organizacyjna w zarządzaniu*, PWE, Warszawa, s. 13.
- [2] Cameron K. S., Quinn R. E. (2004), *Kultura organizacyjna – diagnoza i zmiana*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, ss. 15–16.
- [3] Cenker E. M. (2007), *Public relations*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej, Poznań, s. 42.
- [4] Davis A. (2007), *Public relations*, PWE, Warszawa, s. 47.
- [5] Geller E.S. (2000), *Ten principles for achieving a Total Safety Culture*, „Professional Safety”, 39 (9), ss. 18–24.
- [6] Marzec I. (2016), *Rola kultury organizacyjnej w kreowaniu wizerunku ośrodków pomocy społecznej jako pracodawcy*, „Studia Ekonomiczne” 185, s. 152.
- [7] Pidgeon N. F. (1998), *Safety culture: a key theoretical issues*, „Work & Stress” Vol. 12, No. 3, ss.202–216.
- [8] Podgórski D., Pawłowska Z. (2004), *Podstawy systemowego zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy*, Wydawnictwo CIOP – PIB, Warszawa, s. 145.
- [9] Schein E.H. (1992), *Organizational Culture and Leadership*. Jossey-Bass, San Francisco , s. 6.
- [10] Sekuła Z. (2008), *Motywowanie do pracy, teorie i instrumenty*, PWE, Warszawa, ss. 134–135.
- [11] Stankiewicz M., Sznajder M. (2010), *Badanie poziomu bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie* [w:] J. Ejdys (red.), *Kształtowanie kultury*

bezpieczeństwa i higieny pracy w organizacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, s. 64.

- [12] Wołpiuk-Ochocińska A. (2016), Zaangażowanie w pracę i przywiązanie organizacyjne pracowników w przedsiębiorstwach o różnym poziomie kultury bezpieczeństwa pracy „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach” Nr 1(12), ss. 137–138.
- [13] Worach A. (2009), Kultura organizacyjna [w:] W. Olejniczak (red.), Zespół – Kultura – Projekt, Wydawnictwo ZPSB, Szczecin, s. 41.



Justyna Żywiolek

Politechnika Częstochowska

Wydział Zarządzania

Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 19 B, 42–200 Częstochowa

e-mail: justyna.zywiolek@wz.pcz.pl

ANALYSIS OF THE OCCURENCE OF INCIDENTAL EVENTS ON THE SCOPE OF INFORMATION SECURITY IN A PRODUCTION ENTERPRISE

Abstract. The article presents the structure and analysis of possible events for information security of manufacturing enterprises. The aim of the analysis is to identify incident events, their time and frequency, occurrence. This analysis includes the occurrence of notifications, threatening events, employee errors and false alarms. The conducted research also takes into account the functions performed in the enterprise. For these events, a daily distribution of events and statistical analysis of their occurrence were developed. Thanks to the analysis of the phenomena in time, enterprises can introduce actions preventing the occurrence of incidents. The conducted research has shown that employees report incidents which, in their opinion, constitute an incident, which greatly facilitates the work of the information security administrator. These events are analysed and classified accordingly. The analysis showed that most events take place between midnight and two in the morning. The conducted analysis is extended pilot studies carried out in three large enterprises from the metallurgical industry.

Keywords: analysis of phenomena in time, information security, incidents.

ANALIZA WYSTĘPOWANIA ZDARZEŃ INCYDENTALNYCH Z ZAKRESU BEZPIECZEŃSTWA INFORMACJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono strukturę oraz analizę możliwych zdarzeń dla bezpieczeństwa informacji przedsiębiorstw produkcyjnych. Celem prowadzonej analizy jest rozpoznanie zdarzeń incydentalnych, ich czasu i częstotliwości występowania.

Analiza ta obejmuje występowanie zgłoszeń, zdarzeń zagrażających, błędów pracowników oraz fałszywych alarmów. Prowadzone badania uwzględniają również pełnione w przedsiębiorstwie funkcje. Dla tych wydarzeń został opracowany dobowy rozkład zdarzeń oraz analiza statystyczna ich występowania. Dzięki analizie zjawisk w czasie, przedsiębiorstwa mogą wprowadzić działania zapobiegające występowaniu incydentów. Przeprowadzone badania wykazały, iż pracownicy dokonują zgłoszeń zdarzeń, które ich zdaniem stanowią o incydencie, co znacznie ułatwia pracę administratora bezpieczeństwa informacji. Zdarzenia te są analizowane i odpowiednio klasyfikowane. Analiza wykazała, iż najwięcej zdarzeń ma miejsce pomiędzy północą a drugą w nocy. Przeprowadzona analiza to poszerzone badania pilotażowe, przeprowadzone w trzech dużych przedsiębiorstwach z branży metalurgicznej.

Słowa kluczowe: analiza zjawisk w czasie, bezpieczeństwo informacji, incydenty.

Introduction

Situations threatening information security may occur at any time and in any place. This means that enterprise is a place of potential threats, activated due to the unfavourable changes in space. The purpose of this analysis is to show the periods of probability of potentially incidental events. The study was carried out on the basis of data provided by the metallurgical and multi-employer plans enterprise. The surveyed enterprises consist of at least two departments, namely steelworks and rolling mills. Emerging signals about information security threats have caused an analysis of the occurrence of events [9]. The aim of the article is to indicate the occurrence of physical and IT events that threaten the information security of enterprises. The results of such an analysis of daily distribution and indicated employee groups that expose the company to data loss allow to overcome the safety.

Information and its safety

The basis for carrying out changes in the organization is to have relevant information that is the basis for changes, their justification and a tool for process analysis, allowing to assess whether the changes were effective and effective. Information is a very important intangible resource of an organization that can be directly translated into its value [4].

Information for management allows continuous improvement of the organization and adaptation to the constantly changing environment. Its value can be judged on the basis of the decisions made [5]. The value of information for management is called its usefulness, which changes with the passage of time.

Information security in a broad sense is understood as a state free of threats, which in turn are described mainly as [6]

- providing information to unauthorized entities,
- espionage,
- diversionary or sabotage activity.

Information security is also every action, system, method that secures the resources of data collected, processed, transmitted and stored in the memory of computers and ICT networks. Therefore, information security should be understood as a resultant of physical, legal, personal and organizational security as well as ICT.

Information safety in the surveyed enterprises is threatened in a direct way by events, which gives a basis for the analysis of these events.

Occurrence of possible events

For information security, there has been created a hierarchy of events which may appear in the company's both global and internal environment. They may also threaten human, his surroundings, or even the whole company. The structure of the occurrence of particular types of events divided into months is presented in Figures 1, 2 and 3. Figure 1 describes the occurrence of events threatening information security, while Figures 2 and 3 illustrate in detail the physical and IT threats. Physical information security threats are actions that can lead to the physical disappearance of information. It is about stealing documents [7], a pen drive, a computer or a disk, as well as breaking into a room or computer. In contrast, when talking about IT threats, we are dealing with viruses, hacking and similar activities carried out using a computer [8].

Analysis of Figure 1 proves that during the holiday season and in the months of January, February and December, the occurrence of the largest number of situations threatening the security of information can be noticed. It is related to the holiday period, winter breaks and festive seasons, during which employees often replace each other without paying much attention to the information security. In the months with the lowest intensity of information security threats their number decreases at least several times. In July and August, it ranges from 20% to 25% in the studied period. When it comes to physical threat, there is a large variation in the number of events in particular months in the considered period. July, August, December, January and February are the periods of the most frequent occurrences of physical and IT threats. It is in these months that more than half (64.2%) of the total number of threats is created. The difference between the largest and the smallest number of incidental situations in the month is very large: in February it reaches 18.6%, while in March only 2.7%. Analyzing the data of the total number of events in particular months, it can be concluded that the majority of events falls on February, July and August. The most peaceful months are March, April, May.

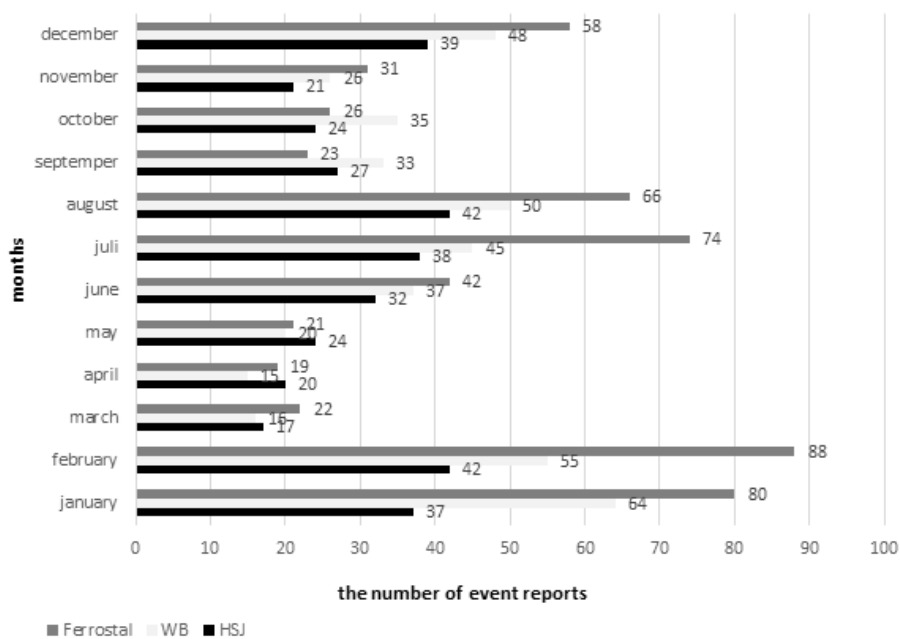


Fig. 1. Reporting events that threaten information security

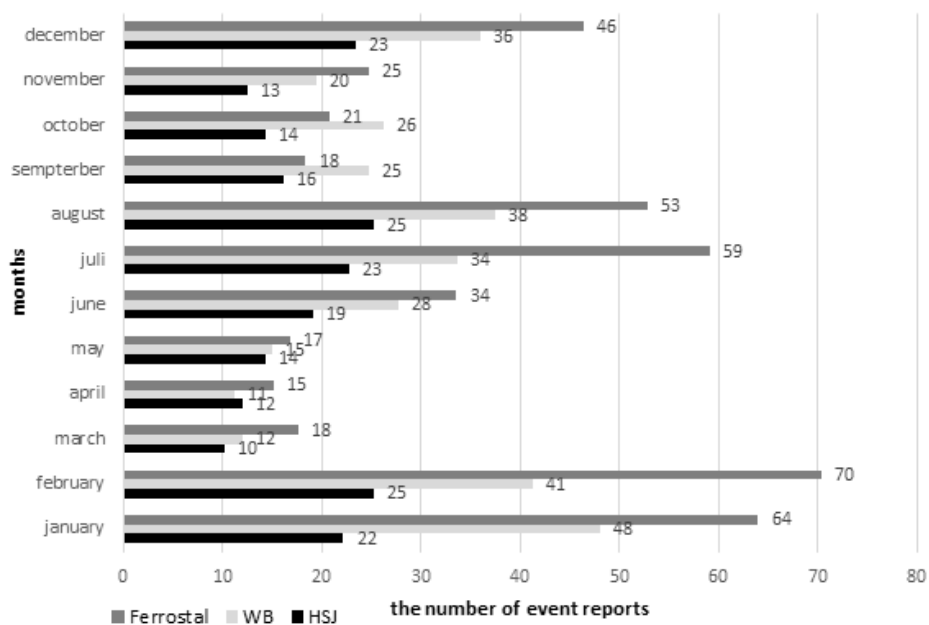


Fig. 2. Real physical threat by months

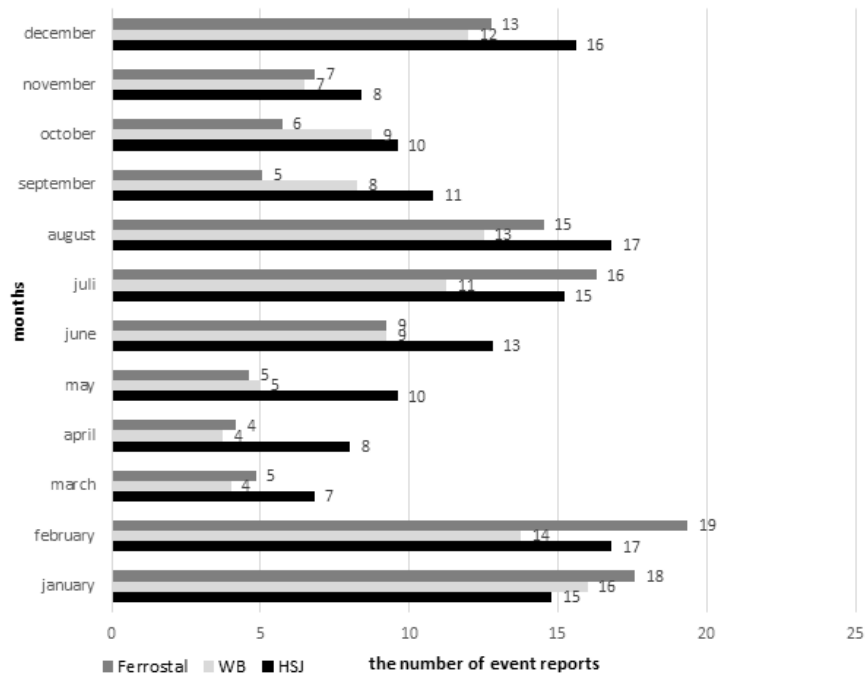


Fig. 3. Real IT threat divided into months

The period of low activity of the occurrence of events could be used for [1]:

- familiarization with possible threats;
- conducting exercises to protect from threats;
- staff training;
- IT system tests.

The diversity of the occurrence of the largest and smallest numbers of local hazards in different periods could be used to analyze events including division into days of the week and the function fulfilled in the enterprise (Figure 4).

The analysis shows that middle-level executives make the most mistakes on Fridays, as do office workers, which is caused by the five-day mode of working and fatigue at the end of it. Top executives usually make mistakes on Mondays and Fridays. The increase in the number of errors on Monday is associated with the board meetings, commonly carried on this day of the week. Additionally, the management rarely uses IT profiles requiring changing the password every 30 days, which brings problems to the management. Therefore, situations threatening the IT system are then demonstrated.

From an hour for hours		Reporting events	Real events	Employee error	False alarm	A total of events	Participation mistakes	Participation incidents
06:00	07:00	0	0	0	0	0	0%	0%
07:00	08:00	0	0	0	0	0	0%	0%
08:00	09:00	4	0	2	2	2	100%	0%
09:00	10:00	3	0	1	2	1	100%	0%
10:00	11:00	0	0	0	0	0	0%	0%
11:00	12:00	0	0	0	0	0	0%	0%
12:00	13:00	0	0	0	0	0	0%	0%
13:00	14:00	0	0	0	0	0	0%	0%
14:00	15:00	9	0	0	9	0	0%	0%
15:00	16:00	7	1	3	3	4	75%	25%
16:00	17:00	0	0	0	0	0	0%	0%
17:00	18:00	0	0	0	0	0	0%	0%
18:00	19:00	11	2	4	5	6	67%	33%
19:00	20:00	10	1	3	6	4	75%	25%
20:00	21:00	8	0	4	4	4	100%	0%
21:00	22:00	0	0	0	0	0	0%	0%
22:00	23:00	0	0	0	0	0	0%	0%
23:00	00:00	0	0	0	0	0	0%	0%

In table 1, in bold, the minimum and maximum values for the selected group of events are marked. The minimum share of employee errors in all events and the minimum share of incidents in the events are marked in gray. In turn, the green colour indicates the maximum share of employee errors in all events and the maximum share of incidents in all events. Basing on Table 1, there was developed Figure 5, which shows the daily distribution of events.

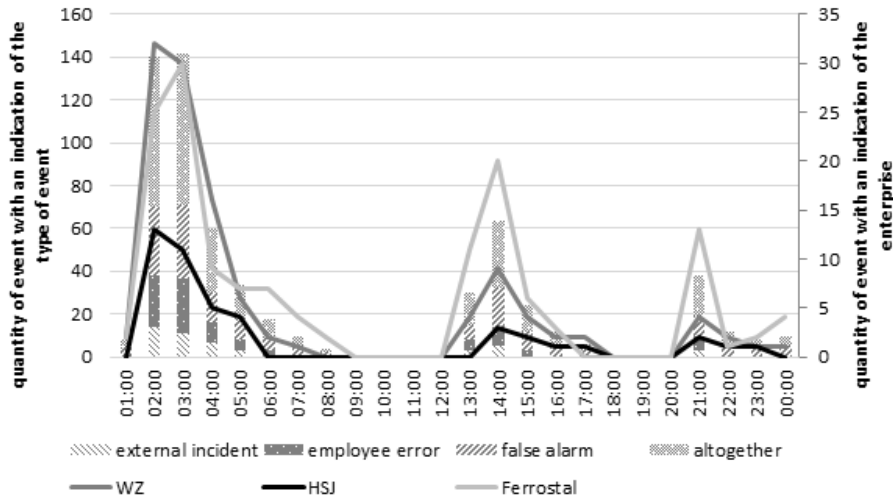


Fig. 5. Daily distribution of events for the period 2015–2017 [1]

For individual types of events, the most commonly used measures in the statistical analysis were calculated: arithmetic mean, standard deviation, coefficient of variation, quartiles and Pearson's correlation coefficient [2, 6].

The arithmetic mean \bar{x} for straight lines, where the data is not ordered, is given by (1):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

x_i - value of the examined feature of the i -th statistical unit;
 n - number of statistical units tested.

The standard deviation σ_x for a straight series is (2):

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

The coefficient of variation V_x is a measure of the "quality" of the average (arithmetic), it has the form (3):

$$V_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \quad (3)$$

The calculations for the remaining possible events are described in Table 2.

Table 2. Values of calculated statistical measures used to determine the structure of the occurrence of events over time [1]

	max	min	The arithmetic mean	The standard deviation	The coefficient of variation
Reporting events	18	0	3,91	3,72	0,95
Real events	2	0	0,25	0,21	0,84
Employee error	6	0	0,58	0,46	0,79
False alarm	6	0	1,125	1,052	0,94

The values of standard deviation and variability coefficient show that the daily distribution of the number of false positives is the most diversified. Their average number over five years is 1,125 applications in one hour, with the maximum of 12 reports falling from 1:00 to 02:00 a.m., while the minimum equal to 0 is from 10:00 to 02:00 p.m.. False alarm type reports have the highest correlation coefficient between their number and the total number of reports, and reach 0.94. The hours at which the most false alarms should be expected are 00:00 to 04:00. Similarly, the hours when applications will be relatively less are between 02:00 and 04:00 p.m., and 06:00 and 09:00 p.m..

By analyzing in a similar way the data on employee errors, it is possible to obtain information that the dispersion for these applications is high (coefficient of variation equal to 0.79). During the period from which the data were collected, an average of 0.58 applications per hour occurred. The most, i.e. 6 reports were recorded between 01:00 and 02:00, while for the smallest number of events reporting employee errors, these data are dispersed within 24 hours.

In turn, real events constituting threats to information security, of which 0.25 per hour on average in the analyzed period, are poorly correlated with the total number of applications. This allows to state that the more applications are made, the smaller percentage of them will be real threatening events. Analyzing the daily distribution of applications, one could conclude that the maximum number of recorded events is 2. The largest percentage was recorded between 6:00 and 8:00 p.m.. During the night hours between 00:00 and 02:00 there can also be noticed a small amount of this type of events. In other hours, events threatening information security are not noticed.

Summary

The analysis indicates that the majority of events threatening the information security of the examined enterprise occurs in January, February and during the holiday period. The information about physical IT events, with the highest frequency of such events, occurs in a similar period as general occurrences. For employee errors and false alarms, a daily distribution of events was also performed. This distribution indicated that the occurrence of these events intensifies especially during the night shift. Statistical analysis was also carried out for individual types of events. Maximum occurrence of real events, employee errors and false alarms appears between 00:00 and 02:00, whereas the minimum depends on the type of the event. The distribution of events, which include division into days of the week and the function performed in the enterprise, indicates that office employees, middle and senior managers make mistakes in a similar period of time. On the other hand, production workers commit a similar number of errors throughout the week.

Literature

- [1] Grodzki G., Piech H., *Audit Expert System of Communication Security Assessment*, *Procedia Computer Science*, 2017.
- [2] Józwiak J., Podgórski J., *Statystyka od podstaw*, PWE, Warszawa 2006.
- [3] Liderman K., *Bezpieczeństwo informacyjne*, PWN, 2012, Warszawa.
- [4] Pawełoszek I., *Semantic Organization of Information Resources for Supporting the Work of Academic Staff*, *Annals of Computer Science and Information Systems*, 2014.
- [5] Szymonik A., *Logistyka w bezpieczeństwie*, Difin, Warszawa, 2010.
- [6] Wołowski F., Zawila-Niedźwiecki J., *Bezpieczeństwo systemów informacyjnych. Praktyczny przewodnik zgodny z normami polskimi i międzynarodowymi*, edu-Libri, 2015, Warszawa.
- [7] Zou P., Lun P., Cipolla D., Mohamed S., *Cloud-based safety information and communication system in infrastructure construction*, *Safety Science*, Volume 98, October 2017.
- [8] Żywiołek J., *Międzyorganizacyjna wymiana informacji jako element zagrożenia bezpieczeństwa informacji* [w:] *Systemy bezpieczeństwa w podmiotach gospodarczych* (red.) Klimecka-Tatar Dorota, Pacana Andrzej, Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji, Częstochowa, 2016.

-
- [9] Żywiołek J., *Zarządzanie wiedzą o systemie bezpieczeństwa i higieny pracy w przedsiębiorstwie*, [w:] Światowy Dzień Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Pracy 2017 (red.) Ulewicz Robert, Żywiołek Justyna, Częstochowa, 2017.



Justyna Żywiolek

Politechnika Częstochowska

Wydział Zarządzania

Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 19 B, 42–200 Częstochowa

e-mail: justyna.zywiolek@wz.pcz.pl

CYBERSLACKING AND ANONYMITY IN THE NETWORK OF EMPLOYEES OF MANUFACTURING ENTERPRISES

Abstract. Computerization of companies, functioning in the information society with continuous access to the Internet is closely related to the use of the Internet by employees. A tool with such a large potential can certainly contribute to the improvement of the company's functioning, but it turns out that it also has a negative side. A factor that has a negative impact on small enterprises and large corporations is cybercrime, ie abuse of the network during business hours for private purposes. The article presents the results of a survey regarding the use of the Internet at work by employees and anonymity in the network.

Keywords: online anonymity, cyberslacking, internet usage at work.

CYBERSLACKING A ANONIMOWOŚĆ W SIECI PRACOWNIKÓW PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH

Streszczenie. Informatyzacja firm, funkcjonowanie w społeczeństwie informacyjnym z ciągłym dostępem do Internetu są ściśle związane z korzystaniem z Internetu przez pracowników. Narzędzie o tak dużym potencjale może z pewnością przyczynić się do poprawy funkcjonowania firmy, ale okazuje się, że posiada on także negatywną stronę. Czynnikiem mającym niekorzystny wpływ na małe przedsiębiorstwa i duże korporacje jest cyberprzestępstwo, tj. nadużywanie sieci w godzinach pracy do celów prywatnych. W artykule przedstawiono wyniki ankiety dotyczącej wykorzystania Internetu w pracy przez pracowników oraz anonimowości w sieci.

Słowa kluczowe: anonimowość w sieci, cyberslacking, wykorzystanie Internetu w pracy.

Introduction

The use of the Internet is noticeable in all enterprises. The size of the company and the industry is irrelevant. The network is a comprehensive information and knowledge centre that is so much needed in the company's operations. However, it turns out that most employees use the Internet for private purposes even during business hours. Abuse of the network is most often seen in areas such as visiting websites devoted to work and hobbies, searching for current information, planning holidays shopping or active participation in discussion forums and chat rooms. This phenomenon is called cyberslacking, it can be explained as the use of the Internet network by employees during work for private purposes. The problem of losing the sense of time and dropping it is not only related to the use of the Internet, but has a significant contribution to it [1]. The problem of losing valuable work time has existed for a long time, however, the dissemination of the Internet has caused a close linking of these problems. Until now, employees visibly avoided working by talking on the phone, extending coffee breaks or a cigarette. It is now easy to hide job abandonment because most employees use a computer or the Internet in their work [4]. A significant number of employers decide to purchase software to track employee activities on the Internet and even their e-mail and business mailboxes.

Cyberslacking

In order to investigate the phenomenon of using the Internet and convince employees about their anonymity in the network, a research survey was conducted, as well as an interview with senior management in 365 enterprises of various sizes (from micro to medium) in various industries located in the Silesian Voivodeship. The research was to prove where these phenomena occur commonly and how they affect the functioning of the company.

Among employees, as many as 76% of respondents have higher education, 12% average, 11% bachelor and 2% post-secondary education. The subjects have prestigious professions. In the first question, the respondents answered questions about their profession and indicated the form of their employment.

The results of the study clearly indicate that 78% of owners and presidents of companies admit that they use the Internet for private purposes. Most often those sitting on these positions feel impunity, instead of fulfilling their duties, they deal with the implementation of private goals. The second group of Internet abusers at work are IT specialists and programmers. This professional group has the owners' trust, it is they who control the remaining employees, but they themselves remain without control and supervision.

The next question concerned the identification of the industry in which the respondents are employed (Figure 2).

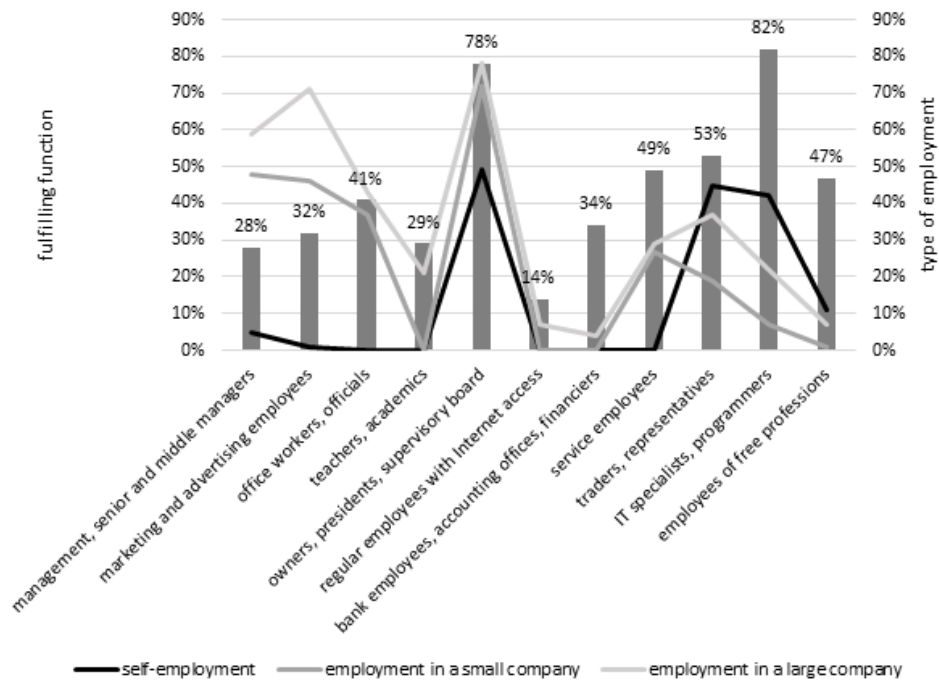


Fig. 1. Occupation and form of employment of the respondents
Source: Own study.

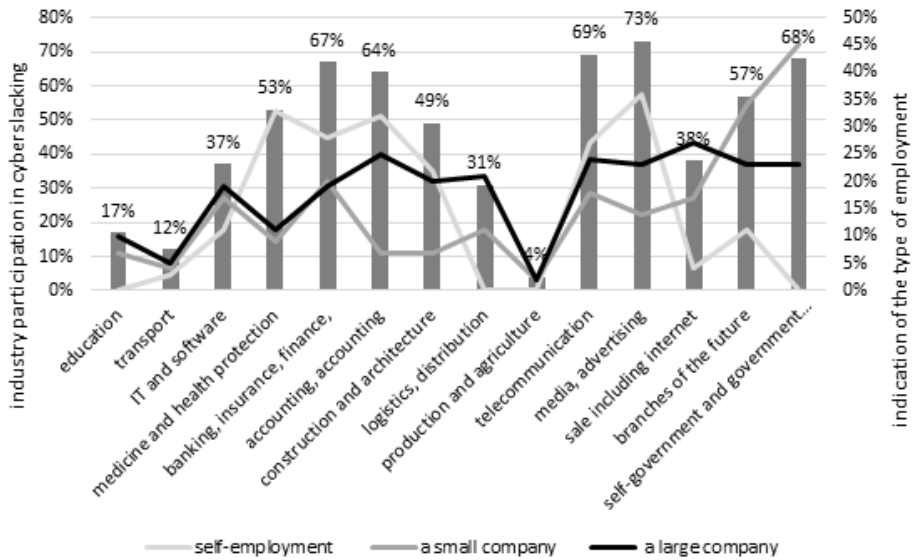


Fig. 2. Industry and form of employment of the respondents
Source: Own study.

The results of the survey indicate that the industry associated with media and advertising is particularly exposed to the phenomenon of cyberslacking, but 69% telecommunications and 68% self-governments were also ranked the highest, while the smallest rates are recorded in the production and agricultural profile.

Employees gave the information about their use of the Board for private purposes at work without much resistance. They also do not think that they do something bad, as shown in Figure 3.

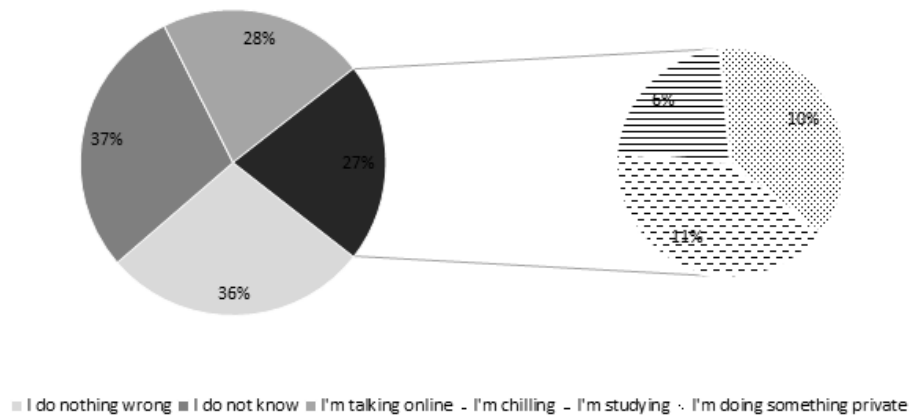


Fig. 3. Declaration of respondents on using the Internet
Source: Own study.

The respondents indicate that they are aware of carrying out activities against the employer. However, in most cases, they describe it as a temporary relaxation, training as reading information on internet portals. Employees believe that their activities are anonymous in the network.

Anonymity in the network

Anonymity is treated as the impossibility of identification in the network [5]. The word anonymity derives from the Greek word "anonymia", which was translated as "namelessness" [9]. Currently, this concept is defined as the inability to identify a given person's identity among other members of a given community [3]. Anonymity can be understood in many different aspects, also in terms of the web. The Internet, that is the generally available, global computer network is treated by many of its users as a tool ensuring some anonymity. The mechanisms of the Internet seem simple, especially for people who are unaware of the complexity of the network and are unaware of its threats [6]. The assump-

tion that the Internet gives a sense of anonymity is wrong, because every action taken, for example, browsing the pages, sending various information, setting up e-mail accounts everyone leaves a "trace" [8]. Left 'traces' make identification easier because each computer has an IP address (Eng. Internet Protocol).

There are more and more reasons why people want to remain anonymous on the Internet. By hiding IP, computer users try to avoid [2]:

- the blockade established by a given web server that reserves the right to use and access its resources to specific people,
- recognizing the sender of the message or email,
- tracing people in the network that use the computer for illegal purposes.

Employees take actions on their own, which they think help with remaining anonymous on the Internet (Figure 4).

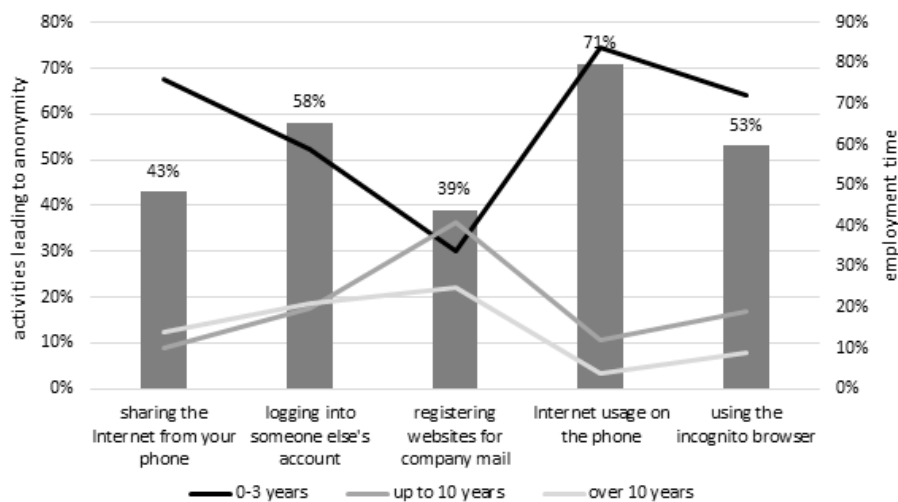


Fig. 4. Actions taken by employees to ensure their anonymity on the Internet, taking into account the time of employment

Source: Own study.

Employees of the surveyed companies believe that using the Internet on the phone or logging in to a coworker's account is the best way to anonymity on the Internet. Providing passwords is widespread, it causes difficulties in verifying the actions taken by employees. Employees employed in the company for up to three years also practice registering shopping websites for corporate e-mail. Private shopping takes up a lot of time at work, registration of shopping websites is to eliminate verification of logins to private mail, which, according to employees, gives them anonymity of activities on the Internet [7]. Newly employed people use the Internet with smartphones. Employees working for

more than 10 years rarely use smartphones, but they are happy to register shopping portals on a formal mailbox.

Employees should apply certain activities to remain anonymous, by creating certain behaviours among employees, a certain level of anonymity can be maintained, which provides the enterprise and its employees with security against industrial espionage, presented in Figure 5.

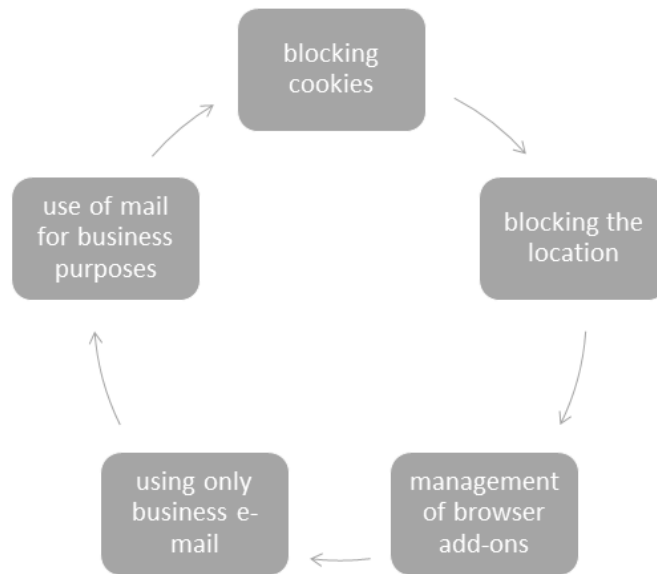


Fig. 5. Activities aimed at maintaining "healthy" anonymity on the Internet
Source: Own study.

Keeping the "healthy" anonymity on the Internet by following the rules described in Figure 5 will ensure the security of the company and its employees, but also reduces the emerging phenomenon of cyberslacking in the company.

Summary

The aim of the article was to show the threats arising with the development of technology enabling the use of the Internet at work. The dynamic development of these tools has facilitated illegal activity on the web. However, it is worth remembering that these methods were not intended to be used for illegal activities, but for the safety of users and enterprises on the Internet. The article is only preliminary research, showing in which industries and professions the phenomenon of cyber-caching threatens the functioning of the enterprise. The phenomenon of using the Internet at work is so common that employers try

to protect themselves from it using, for example, programs tracking employees' activities on the Internet. The methods of preventing the phenomenon of cyberslacking constitute the next stage of research.

Literature

- [1] Nowak M., Cybernetyczne przestępstwa – definicje i przepisy prawne, <http://www.ebib.pl/2010/113/a.php?nowak> (14.04.2018)
- [2] Podraza, P. Potakowski, K. Wiak, Cyberterroryzm zagrożeniem XXI wieku. Perspektywa politologiczna i prawna, Difin, Warszawa, 2013, s. 278 r.
- [3] Weber R. H., Heinrich U. I., Anonymization, Springer, 2012, s. 1, books.google.com/books?isbn=1447140664 (10.04.2018)
- [4] <https://www.hacking.pl/prosty-sposob-na-anonimowosc-w-internecie/>
- [5] Mitnick K., Vamosi R., Niewidzialny w sieci. Sztuka zacierania śladów, Wydawnictwo Pascal, Warszawa, 2017.
- [6] Sokół R., Jak pozostać anonimowym w sieci, Helion, Gliwice, 2015.
- [7] Żywiołek J. Międzyorganizacyjna wymiana informacji jako element zagrożenia bezpieczeństwa informacji [in:] Systemy bezpieczeństwa w podmiotach gospodarczych, Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji, Częstochowa, 2016, p. 78.
- [8] Żywiołek J., Zarządzanie wiedzą o systemie bezpieczeństwa i higieny pracy w przedsiębiorstwie, [in:] Światowy Dzień Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Pracy 2017, Częstochowa, 2017, p. 114.
- [9] Liderman K., Bezpieczeństwo informacyjne, PWN, Warszawa, 2012, p. 163.



**Jacek Sztyler¹, Tomasz Girek², Igor Jatulewicz², Damian Kulawik²,
Katarzyna Ciesielska², Beata Girek², Agnieszka Folentarska²,
Wojciech Ciesielski²**

¹*ARRIBA Sp. z o.o.*

ul. Obroki 130, 40–833 Katowice

²*Wydział Matematyczno-Przyrodniczy*

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa

WPŁYW PRZECHOWYWANIA NA ZAWARTOŚĆ WITAMIN ORAZ SUBSTANCJI ODŻYWCZYCH W SUPLEMENTOWANYCH SAŁATKACH WARZYWNYCH

Streszczenie. Celem badań było określenie poziomu bazowych zawartości witamin D3 i K2 oraz zawartości witamin w sałatkach po suplementacji. Przeprowadzono także badania zawartości jonów wapnia i magnezu w sałatkach i produktach suplementacji w celu określenia poziomu dostępności jonów wapnia i magnezu po suplementacji sałatek oraz w celu określenia interakcji substancji czynnych oraz jonu wapnia. Połączenie suplementacji produktów spożywczych ma dodatni wpływ przede wszystkim na prawidłową regulację gospodarki wapniowo-fosforanowej – a więc na wzmocnienie kości oraz elementów układu kostnego. Witamina D dodatkowo wspomaga i wzmacnia działanie układu immunologicznego, szczególnie podczas długich oraz intensywnych wysiłków. Ma również wpływ na funkcjonowanie układu nerwowego, mięśniowego, a także działa jako czynnik zmniejszający stan zapalny.

Słowa kluczowe: witamina D3, witamina K2, suplementacja.

THE EFFECT OF STORAGE ON THE CONTENT OF VITAMINS AND NUTRIENTS IN SUPPLEMENTED VEGETABLE SALADS

Abstract. The aim of the study was determining the level content of vitamins D3 and K2 and the content of vitamins in salads after supplementation. The calcium and magnesium ions were also tested in salads and supplementation products to determine the

availability of calcium and magnesium ions after salad supplementation and to determine the interaction of active substances and calcium ion. The combination of food supplementation has a positive influence on the correct regulation of calcium and phosphate and the strengthening of bones and elements of the skeletal system. Vitamin D additionally supports and strengthens the immune system during long and intense efforts. It also affects the functioning of the nervous and muscular systems, and also acts as a factor that reduces inflammation.

Keywords: vitamin D3, vitamin K2, supplementation.

Wstęp

Suplementacja umożliwia uzupełnienie niedoboru składników odżywczych w krótkim czasie poprzez indywidualne przyjmowanie składnika odżywczego w formie jedno- lub wieloskładnikowego preparatu, który - zależnie od dawki - może być suplementem lub lekiem. Suplementy diety są ogólnodostępnymi środkami spożywczymi przeznaczonymi do uzupełniania całodziennej racji pokarmowej np. w witaminy, składniki mineralne, aminokwasy lub kwasy tłuszczowe [1].

Sposób żywienia ludności często prowadzi do niedoboru m. in. witamin C, D, niektórych witamin z grupy B, kwasu foliowego, wapnia, magnezu, żelaza, miedzi.

Na niedobór tych witamin i minerałów najczęściej narażone są: kobiety ciężarne, kobiety w wieku rozrodczym, osoby starsze, a także dzieci i młodzież. Ryzyko niedoborów może dotyczyć też osób z zaburzeniami wchłaniania, przyjmujących niektóre leki, nadużywających alkoholu, stosujących restrykcyjne diety, itp. [2–5].

Wyniki badań nad rolą niektórych witamin i składników mineralnych w zachowaniu zdrowia, wskazują, że dieta złożona nawet z dobrze dobranych, z żywieniowego punktu widzenia, produktów nie pokrywa zapotrzebowania na niektóre składniki odżywcze wszystkich osób i we wszystkich sytuacjach. Modyfikacją sposobu żywienia jest często suplementacja i wzbogacanie żywności. Wzbogacanie żywności odgrywa większą rolę w redukcji ryzyka wystąpienia chorób cywilizacyjnych. Suplementacja jest raczej stosowana w celu indywidualnego zwiększenia spożycia niektórych składników odżywczych w danym okresie, np. letnim lub zimowym [6].

Suplementacja żywności to zjawisko, które jest znane od średniowiecza. Przez stulecia prowadzono suplementację żywności substancjami odżywczymi, często zanim dostępne były ku temu naukowe przesłanki [7].

W Europie Środkowej w średniowieczu znane były matki, które wbijały żelazne gwoździe w jabłka, a następnie, po upływie pewnego czasu karmiły jabłkami apatyczne lub chore dzieci. Spożycie, np. jednego jabłka gatunku red

delicious, w którym umieszczono kilka żelaznych gwoździ przez dobę, może dostarczyć 10–15 mg żelaza o dobrej biodostępności [8].

Istnieją także doniesienia, że już w 1824 roku ludność południowej Azji, leczyła wole przy użyciu soli, która później okazała się mieć bardzo wysoki poziom jodu [9–10].

W Meksyku przygotowywanie tradycyjnych tortilli rozpoczyna się od namoczenia kukurydzy w wapiennej wodzie. Tak spreparowana kukurydza nie wymaga długiego gotowania i zachowuje większość witaminy. Ponadto ten sposób przygotowywania tortilli miał zapewnić należyte spożycie wapnia. [11–12].

Doskonałym źródłem wapnia są również skorupki jaj kurzych. Jak wykazały badania zawierają one dobrze przyswajalne sole wapnia, ale również niewielkie ilości pierwiastków, takich jak selen, cynk, miedź i stront. Ten ostatni pierwiastek jest stosowany w terapii osteoporozy w postaci ranelinianu strontu. Skorupki jaj kurzych mogą więc służyć wytwarzania wysokiej jakości suplementów diety [13].

Jedną z pierwszych formalnych sugestii dotyczących suplementacji żywności była konferencja w 1831 roku Boussingault. Wtedy to po raz pierwszy poparto jodowanie soli do redukcji wola. Pierwsze oficjalne dodanie jodku do soli domowej nastąpiło w Szwajcarii w 1900 roku, a praktyka ta jest kontynuowana w wielu krajach po dziś dzień [14–15].

Inne produkty żywnościowe, w których suplementy mikrośladników zostały oficjalnie zatwierdzone lub wymagane prawem to margaryna i mąka. Dopiero sześć lat później zidentyfikowano witaminę A (retinol). Wtedy to wiodący lekarz w Londynie, prezes Unilever, napisał, że jeśli firma chce, aby margaryna przypominała masło, należy dodać „nowo wprowadzonej witaminy”, której niedobór odnotowano wśród dzieci w Danii w 1917 roku. To najwyraźniej wynikało z faktu, że Dania eksportowała dużą część swojej produkcji masła i istniała potrzeba zastąpienia go na rynku krajowym margaryną [16].

W II połowie XIX wieku opracowano pierwsze sprasowane tabletki dostarczające leki w takiej formie, w jakiej gwarantowane odpowiednie suplementy we właściwych proporcjach. Przez ostatnie półtora wieku nastąpił znaczny postęp w zakresie dostarczania witamin i niezbędnych jonów metali do organizmów w taki sposób, aby większość z nich była dodawana w suplementach diety [17].

Państwa członkowskie Unii Europejskiej są zobowiązane do dostosowania prawa krajowego do unijnego również w zakresie dopuszczenia do produkcji suplementów żywności.

Określono rodzaje witamin i składników mineralnych stosowanych do produkcji tych preparatów. Unifikacji podlegają także normy dotyczące znakowania suplementów w poszczególnych krajach oraz ich forma i postać. Pozostaje jednak ważny problem produktów pogranicza, które wg dyrektyw unijnych

spełniają zarówno definicję produktu leczniczego, jak i suplementu diety - czyli żywności [18].

Komisja Europejska ustanowiła zharmonizowane zasady, aby zapewnić, że suplementy żywnościowe są bezpieczne i odpowiednio oznakowane. W UE suplementy diety są traktowane jako żywność, a prawodawstwo koncentruje się na witaminach i minerałach stosowanych jako składniki suplementów diety. Głównym aktem prawnym UE w tej kwestii jest dyrektywa 2002/46/WE dotycząca suplementów diety zawierających witaminy i minerały. W dyrektywie określono wymogi dotyczące etykietowania i nakazano wprowadzenie maksymalnych i minimalnych poziomów dla każdej witaminy i minerału dodawanych do suplementów. Ponieważ nadmierne spożycie witamin i składników mineralnych może powodować niepożądane skutki, dyrektywa przewiduje ustalenie maksymalnych ilości witamin i minerałów dodawanych do suplementów diety [20]. To zadanie zostało przekazane Komisji i jest obecnie procedowane. Ponadto załącznik II tej dyrektywy zawiera listę dopuszczalnych substancji witaminowych lub mineralnych, które mogą być dodawane do specjalnych celów żywieniowych w suplementach diety. Załącznik II został zmieniony rozporządzeniem nr 1170/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. [19].

Substancje witaminowe i mineralne mogą zostać uwzględnione w wykazach po dokonaniu oceny odpowiedniej dokumentacji naukowej dotyczącej bezpieczeństwa i biodostępności poszczególnych substancji przez EFSA. Firmy, które chcą wprowadzić na rynek substancję nieuwzględnioną w dozwolonej liście, muszą złożyć wniosek do Komisji Europejskiej [20].

Witamina D

Witamina D wpływa na strukturę, metabolizm kości i prawidłowe funkcjonowanie tkanek. Wiadomo, że u wielu osób jej stężenie jest niższe niż zalecane dla utrzymania optymalnego zdrowia. Źródłem witaminy D jest skórna synteza pod wpływem ekspozycji na promieniowanie UVB pochodzące ze światła słonecznego. Zatem na niedobór witaminy D w organizmie mają wpływ takie czynniki, jak: szerokość geograficzna, pora roku, unikanie słońca i stosowanie kosmetyków z filtrami słonecznymi. Ponadto powstanie niedoboru tej witaminy może być spowodowane niewystarczającą podażą w diecie lub chorobami przewodu pokarmowego, nerek lub wątroby [21].

Zgodnie zaleceniami The Endocrine Society z roku 2011 przed podjęciem suplementacji witaminą D należy oznaczyć jej stężenie we krwi. Dotyczy to zwłaszcza osób z grupy wysokiego ryzyka:

- z przewlekłą chorobą nerek,
- z niewydolnością wątroby,
- z nadczynnością tarczycy,

- z zaburzeniami wchłaniania, spowodowanymi np. celiakią, chorobą Crohna, radioterapią w obrębie układu pokarmowego,
- z krzywicą, osteomalacją lub osteoporozą,
- stosujące niektóre leki, np. używane w leczeniu AIDS, przeciwgrzybicze, przeciwpadaczkowe,
- kobiet ciężarnych i karmiących,
- osób otyłych,
- osób starszych [21–23].

Zakresy norm dla całkowitego stężenia 25-hydroksywitaminy D [25(OH)D] w surowicy według Mayo Medical Laboratories przedstawiają się następująco:

- ciężki niedobór (<10ng/ml)
- łagodny-średni niedobór (10-24 ng/ml)
- optymalne stężenie (25-80 ng/ml)
- prawdopodobieństwo zatrucia (>80 ng/ml) [21].

W 2012 r. polskie normy dotyczące zaleceń spożycia witaminy D były niższe od norm krajów europejskich, wobec czego zwiększono je dla wszystkich grup wiekowych [24].

W rekomendacjach dawkowania witaminy D dla Europy Środkowej z 2013 r. zaleca się rozpoczęcie jej suplementacji u noworodków od pierwszego dnia życia w ilości 400 IU (10 µg) dziennie.

U dzieci i młodzieży od 1 do 18 roku życia wskazana jest podaż w dawce 600–1000 IU (15–25 µg) dziennie w okresie od października do marca, a także miesiącach letnich, jeśli nie jest zapewniona wystarczająca synteza skórna. Natomiast osoby dorosłe powinny stosować suplementację witaminy D w dawce 800–2000 IU (20–50 µg) dziennie. U osób po 65 roku życia zaleca się stosowanie witaminy D przez cały rok, w związku z obniżoną efektywnością syntezy skórnej [24–25].

Według dr Reinholda Vietha, nie ma żadnych opublikowanych danych, które udowodniłyby, że dawka 10 000 IU D3 przyjmowana przez dorosłych może być przyczyną toksyczności [26].

Witaminę D niszczy promieniowanie ultrafioletowe. Nie rozpada się podczas długiego przechowywania, jak również pod wpływem podwyższonej temperatury [27].

Witamina K

Witamina K₂ została odkryta w 1939 r. przez duńskiego badacza Henricka Dama. W języku duńskim słowo koagulation oznacza krzepnięcie krwi, dlatego Dam postanowił nazwać nowo odkrytą cząsteczkę witaminą K. Osiągnięcie to doceniono w 1943 r., przyznając uczoneму Nagrodę Nobla [28].

Witamina K jest istotna dla organizmu człowieka w przypadku wytwarzania wielu białek, m.in. czynników krzepnięcia II, VII, IX i X. Dzięki witaminie K2 wapń staje się składnikiem kości. Jej niedobór powoduje, że wapń trafia do tkanek miękkich, np. tętnic, co prowadzi jednocześnie do osteoporozy i miażdżycy. Na ten temat powstało wiele opracowań naukowych, m.in. dr Kate Rheume-Bleue [29].

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23.09.2010 r., określa sposoby postępowania w przypadku noworodków i zaleca podawanie wszystkim noworodkom witaminy K w ciągu pierwszych 5 godzin życia [30].

W 2016 roku Standardy Medyczne Pediatria 1/2016 podały nowe zalecenia dotyczące profilaktyki krwawienia z niedoboru witaminy K. Jest to aktualizacja rekomendacji z 2007 r. Było to efektem często powtarzających się przypadków krwawień noworodków i niemowląt, wynikających z niedoboru witamin K. Skłoniło to zespoły ekspertów do przedstawienia nowych zaleceń na podstawie dostępnego przeglądu literaturowego oraz standardów wprowadzonych przez inne państwa [31].

Przepisy prawne dotyczące suplementacji witaminą D3 i K2

Suplementy diety oraz środki spożywcze specjalnego przeznaczenia żywieniowego zostały zdefiniowane w art. 3 ust. 3 ustawy o bezpieczeństwie żywności i żywienia [18].

Warunkiem wprowadzenia suplementów na polski rynek, jest spełnienie wymagań dotyczących składu i odpowiedniego oznakowania określonych m.in. w następujących przepisach prawnych:

- dziale II ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz. U. z 2017 r. poz. 149 i 60),
- rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności,
- zmianach rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006,
- dyrektywie Rady 90/496/EWG,
- dyrektywie Komisji 1999/10/WE,
- dyrektywie 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady,
- dyrektywie Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE,
- rozporządzeniu Komisji (WE) nr 608/2004 (Dz. Urz. UE L 304 z 22.11.2011, str. 18, z późn. zm.),
- rozporządzeniu (WE) nr 1924/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie oświadczeń żywieniowych i zdro-

wotnych dotyczących żywności (Dz. Urz. UE L 12 z 18.01.2007 r., str. 3, z późn. zm.),

- rozporządzeniu Komisji (UE) nr 432/2012 z dnia 16 maja 2012 r. ustanawiające wykaz dopuszczonych oświadczeń zdrowotnych dotyczących żywności, innych niż oświadczenia odnoszące się do zmniejszenia ryzyka choroby oraz rozwoju i zdrowia dzieci (Dz. Urz. UE L 136 z 25.05.2012 r., str. 1, z późn. zm.),
- art. 29 ust. 1 ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia [32].

Metodyka badań

Powyższy przegląd stanowił podstawę dalszych badań dotyczących suplementacji sałatek witaminami oraz jonami wapnia i magnezu.

Przeprowadzono badania dotyczące:

- bazowych zawartości witamin D3 i K2 oraz zawartości witamin w produktach po suplementacji,
- zawartości jonów wapnia i magnezu w sałatkach i produktach suplementacji.

Szczegółowe dane dotyczące metodyki oznaczeń dostępne są w raportach wykonanych na rzecz firmy zlecającej badania.

Badania przeprowadzono w etapach:

- dodatek jonów wapnia,
- dodatek jonów magnezu,
- dodatek jonów wapnia i magnezu w celu określenia poziomu dostępności jonów wapnia i magnezu po suplementacji sałatek,
- dodatek witaminy D3,
- dodatek witaminy K2,
- dodatek witaminy D3 i witaminy K2 w celu określenia poziomu dostępności witamin po suplementacji w sałatkach,
- dodatek witaminy D3 i witaminy K2 oraz jonów wapnia w celu określenia interakcji substancji czynnych oraz jonu wapnia na poziomie chemicznym w sałatkach,
- dodatek witaminy D3 i witaminy K2 oraz jonów wapnia i magnezu w celu określenia interakcji substancji czynnych oraz jonów na poziomie chemicznym w sałatkach.

Badania te polegały na dodaniu określonej liczby jednostek witamin D3 i K2 oraz jonów wapnia i magnezu do próbki sałatki i określenie ich ilości w sałatce po suplementacji, 1 godzinie, 12 godzinie, 24 godzinach (1 dzień), 48 godzinach (2 dni), 168 godzinach (7 dni), 720 godzinach (30 dni), 1440 godzi-

nach (60 dni) i 2160 godzinach (90 dni). Badania przeprowadzono w naczyniach z białego i ciemnego szkła (zielone i brązowe).

Jony metali ciężkich

Na wstępie przeprowadzono analizę fizykochemiczną sałatek. Określono zawartość metali ciężkich. Są to jony żelaza, manganu, miedzi, chromu, niklu, cynku, kobaltu, które są jonami wielu centrów enzymatycznych i w odpowiednich ilościach odgrywają ważną rolę w funkcjonowaniu organizmów żywych. Oznaczono także jony, których zawartość w sałatkach jest nieuzasadniona. Są to jony kadmu, ołowiu, rtęci i arsenu.

Badania wskazały, że wszystkie zawartości metali spełniają normy polskie oraz Komisji UE zawartych w rozporządzeniu nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. oraz w rozporządzeniu zmieniającym nr 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r., które ustalają najwyższe dopuszczalne poziomy metali ciężkich w produktach spożywczych. Zawartość wskazanych powyżej zanieczyszczeń nie jest większa niż wskazana w załączniku do wspomnianego wyżej rozporządzenia, co predysponuje produkty do obecności tego typu żywności na rynku krajowym i zagranicznym.

Aniony

Przeprowadzono także badania mające duże znaczenie dla projektu, polegające na ocenie ilości anionów: chlorki, azotany(III), azotany(V), siarczany(VI), fosforany(V). Pomiary przeprowadzono w celu określenia ich wpływu na ostateczną zawartość jonów wapnia i magnezu w suplementowanych produktach.

Jony magnezu i wapnia

Przeprowadzono także badania mające duże znaczenie dla projektu, polegające na ocenie ilości jonów magnezu i wapnia w sałatkach. Badania zostały przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi normami. Według aktualnego Rozporządzenia Ministra Zdrowia minimalny próg mineralizacji wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi wynosi 60 mg/l. Taka ilość minerałów nie przyczynia się do zaburzeń równowagi wodno-elektrolitowej ani do wypłukiwania pierwiastków z organizmu. Stwierdzono, że zawartości tych jonów odpowiadają normom opisanym w rozporządzeniach.

Karotenoidy, Kwas askorbinowy (witamina C)

Przeprowadzono badania bazowych zawartości karotenoidów i kwasu askorbinowego oraz ich zawartości w produktach po suplementacji.

Witaminy D3 i K2

W badanych sałatkach przy użyciu chromatografu HPLC-UV (Varian) określono także ilości witamin D3 i K2.

Aparatura

Do badań wykorzystano: chromatograf jonowy firmy Thermo Scientific (Dionex ICS-3000) wyposażony w pompę gradientową, system odgazowania próżniowego, zawór strzykowy, program komputerowy Chromeleon 7, automatyczny podajnik próbek (AS-A P), supresor A ERST M300_2mm, detektor konduktometryczny DC-3000 oraz automatyczny generator eluentu Dionex EGC KOH.

Analizę ilościową przeprowadzono za pomocą urządzenia HPLC-UV (Varian). Użyto kolumny Gemini-NX-C18 (150 x 4,6 mm x 5 µm) z kolumną wstępną, obie dostarczone przez Phenomenex. Szybkość przepływu wynosiła 1 ml/min. Objętość nastrzyku wynosiła 10 µl.

Badania mikrobiologiczne

Przeprowadzono badania stanu mikrobiologicznego sałatki warzywnej. Badany produkt zgodnie z etykietą NIE zawiera konserwantów, poddawany był natomiast procesowi pasteryzacji. Sałatkę wyprodukowano 03.12.2017 roku.

W przeprowadzonych badaniach oceniono zanieczyszczenie sałatki przez drożdże, grzyby pleśniowe oraz bakterie mezofilne tlenowe, bakterie kwaszące, pałeczki z grupy coli i bakterie chorobotwórcze.

Wyniki

Badania pokazały, że jedynie wpływ zastosowanego szkła ma nieznaczny wpływ na spadek zawartości witamin i jonów w badanych próbkach. Taki sam procent ubytku obserwowany był dla prób kontrolnych. Także dodatek wapnia i magnezu nie ma wpływu na spadek zawartości witamin w badanych układach (Tabele 1–6).

Tabela 1. Zawartość witaminy D [µg/100g]

Czas suplementacji [godzina]	0	1	12	24	48	168	720	1440	2160
Szkło białe	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0	2,8	2,5	2,1
Szkło zielone	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0	2,9
Szkło brązowe	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0

Także zawartości karotenoidów i kwasu askorbinowego oraz ich zawartości w produktach po suplementacji w próbkach po określonej ekspozycji na światło nie uległy zmianie (Tabele 7–8).

Tabela 7. Zawartość karotenoidów [$\mu\text{g}/100\text{g}$]

Czas suplementacji [godzina]	0	1	12	24	48	168	720	1440	2160
Szkło białe	477	476	476	475	470	460	455	450	450
Szkło zielone	477	477	476	476	476	476	470	470	467
Szkło brązowe	477	477	477	477	477	476	473	473	470

Tabela 8. Zawartość kwasu askorbinowego [$\mu\text{g}/100\text{g}$]

Czas suplementacji [godzina]	0	1	12	24	48	168	720	1440	2160
Szkło białe	348	348	348	348	346	342	340	335	330
Szkło zielone	348	348	348	348	348	348	346	346	342
Szkło brązowe	348	348	348	348	348	348	348	348	346

Przeprowadzone badania odniesiono do ustawodawstwa krajowego, m. in. „Rozporządzenia Ministra Zdrowia nr 1425 z dnia 9.10.2007 z późniejszymi zmianami w sprawie składu oraz oznakowania suplementów diety” oraz do przepisów prawa unijnego [36].

Przeprowadzone badania nie wykazały zanieczyszczenia badanej sałatki przez mikroflorę saprofityczną. Świadczy to o prawidłowo przeprowadzonych zabiegach mycia i odpowiednio dobranej i przeprowadzonej metodzie pasteryzacji sałatki. Dodatkowo zachowaniu czystości mikrobiologicznej sprzyja dobór odpowiednich opakowań oraz metod pakowania. Skład sałatki, tzn. zawartość czosnku, jalapenio oraz octu spirytusowego może korzystnie wpływać na zachowanie właściwego stanu mikrobiologicznego sałatki.

Szczegółowe dane oraz dyskusje wyników dostępne są w raportach wykonanych na rzecz firmy zlecającej badania.

Stan mikrobiologiczny produktów warzywnych zależy od jakości mikrobiologicznej surowców, a także od warunków produkcji, pakowania i przechowywania [33]. Na powierzchni warzyw (zwłaszcza liściowych i korzeniowych) występuje liczna mikroflora, także chorobotwórcza, która stanowi potencjalne zagrożenie dla zdrowia konsumentów [34]. Odpowiednio przeprowadzone zabiegi mycia zwykle połączone z dezynfekcją mają istotny wpływ na obniżenie ilości drobnoustrojów w surowcu (o 20–90%) [35]. Natomiast obieranie i roz-

drabnianie surowców ze względu na możliwość wzrostu zakażenia, stanowi punkt krytyczny w produkcji. Sok wypływający z uszkodzonych komórek jest dobrą pożywką dla drobnoustrojów. Dla zahamowania rozwoju drobnoustrojów zaleca się rygorystyczne przestrzeganie chłodniczej temperatury (0–4°C) zarówno w czasie produkcji, jak też przechowywania i dystrybucji.

Podsumowanie

Proponowanym przez nas rozwiązaniem jest nowy sposób procesu wzbogacania produktów spożywczych, w szczególności sałatek z dodatkiem suplementów diety pozwalających na pokrycie zapotrzebowania człowieka na wapń i magnez oraz zawierających składniki odżywcze zwiększające jego wchłanianie. Produkty zostały także wzbogacone z suplementy diety – witaminą D. Połączenie suplementacji produktów spożywczych będzie miał dodatni wpływ przede wszystkim na prawidłową regulację gospodarki wapniowo-fosforanowej – a więc wzmocnienie kości oraz elementów układu kostnego. Witamina D dodatkowo wspomaga i wzmacnia działanie układu immunologicznego, szczególnie podczas długich oraz intensywnych wysiłków. Ma również wpływ na funkcjonowanie układu nerwowego, mięśniowego, sercowo-naczyniowego, a także działa jako czynnik zmniejszający stan zapalny. Na przestrzeni ostatnich lat prowadzone były badania naukowe dotyczące możliwości wykorzystania witaminy D w profilaktyce przeciwnowotworowej, cukrzycy oraz w zahamowaniu demencji starczej [37].

Dobór tego typu innowacyjnych produktów dostępnych w ofercie AR-RIBA S.C. może spowodować twórczą zmianę w funkcjonowaniu podmiotu i zwiększyć liczbę partnerów w Polsce i Europie.

Literatura

- [1] Gertig H., Gawęcki J., Słownik terminów żywieniowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2001.
- [2] Kunachowicz H., Ratkowska B., Przygoda B., Wojtasik A., Nadolna I., *Nutritional information on the label of food products and estimation of vitamins and minerals intake with the diets including enriched food products*, Ann. Nutr. Met. 45 (suppl. 1), 2001, s. 171.
- [3] Brown K.H., Peerson J.M., Allen L.H., *Effect of zinc supplementation on children's growth: a metaanalysis of intervention trials*. Sandstrom B., Walter P. (ed.), Bibliotheca Nutritio et Dieta, No.54, Karger, Basel 1998

- [4] Addition of nutrients to food: Nutritional and safety consideration. Summary of ILSI workshop held in Madrid, 1997. ILSI Report Series, 1998
- [5] Switoniak T., *Stan odżywienia witaminami i mikroelementami w wybranych subpopulacjach w Polsce*, Witaminy i mikroelementy w żywieniu człowieka - biodostępność i stan odżywienia. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1998.
- [6] Brzozowska A., *Wzbogacanie żywności i suplementacja diety składnikami odżywczymi - korzyści i zagrożenia*, Żywność, Nauka, Technologia, Jakość 4(29), 2001, s 17.
- [7] Burchi F., De Muro P., *From food availability to nutritional capabilities: Advancing food security analysis*, Food Policy, Vol. 60, 2016, 10–19, [dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.03.008](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.03.008)
- [8] Rosanoff A., Kennedy B.M., *Bioavailability of Iron Produced by the Corrosion of Steel in Apples*, Journal of Food Science, 47(2), 2006, 609–613.
- [9] Miles M., *Goitre, Cretinism and Iodine in South Asia: Historical Perspectives on a Continuing Scourge*, Medical History, 1998, 42, 47–67, [dx.doi.org/10.1017/S002572730006333X](https://doi.org/10.1017/S002572730006333X)
- [10] Leung A.M., Braverman L.E., *Consequences of excess iodine*, Nat Rev Endocrinol. 2014, 10(3), 136–142, [dx.doi.org/10.1038/nrendo.2013.251](https://doi.org/10.1038/nrendo.2013.251)
- [11] Maurizio A., 1926. Pożywienie roślinne w rozwoju dziejowym Wydane z zasiłku MWRiOśw. Publ., Warszawa, 178–181.
- [12] Karczmarczyk R., Kukurydza – prastare zboże Indian, Kosmos, 1994, 43(2), 245–257.
- [13] Szeleszczuk Ł., Skorupa jaja kurzego – niedoceniane źródło wapnia, Farmakoterapia, 2013, Vol. 23(9), 64–71.
- [14] McCay C.M., McCay J.B., History of work with soyfoods, Soyinfo Center, 2009.
- [15] Stanbury J.B., Endemic goiter; report of the Meeting of the PAHO Scientific Group on Research in Endemic Goiter held in Puebla, Mexico, 27 to 29 June 1968.
- [16] Bockisch M., Fats and Oils Handbook, AOCS Press, 1998.
- [17] Ottaway P.B., Food fortification and supplementation: Technological, safety and regulatory, Woodhead Publishing, 2008.
- [18] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia.
- [19] Dyrektywa 2002/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 10 czerwca 2002 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do suplementów żywnościowych.
- [20] Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1170/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. zmieniające dyrektywę 2002/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie (WE) nr 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wykazów witamin i składników mineralnych oraz

ich form chemicznych, które można dodawać do żywności, w tym do suplementów żywnościowych.

- [21] Kennel K.A., Drake M.T., Hurley D.L., *Niedobór witaminy D u dorosłych: kiedy badać i jak leczyć?*, Medycyna po Dyplomie, 2011, Vol. 20, nr 5, 61–68.
- [22] <https://www.endocrine.org/>, (data dostępu 15.11.2018).
- [23] Chandra P, Wolfenden LL, Ziegler TR, et al. Treatment of vitamin D deficiency with UV light in patients with malabsorption syndromes: a case series. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 2007, 23,179–185.
- [24] Jarosz M. (red.), *Normy żywienia dla populacji Polski*, Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie, Warszawa, 2017.
- [25] Płudowski P., Karczarewicz E., Bayer M. i wsp., *Witamina D: Rekomendacje dawkowania w populacji osób zdrowych oraz w grupach ryzyka deficytów – wytyczne dla Europy Środkowej*, 2013 r., *Standardy Medyczne/Pediatrics*, 2013, 10, 573–578.
- [26] Vieth R., Vitamin D toxicity, policy, and science, *J Bone Miner Res.*, Vol. 22, 64–68, 2009, [dx.doi.org/10.1359/jbmr.07s221](https://doi.org/10.1359/jbmr.07s221)
- [27] Debasish Maji, Vitamin D toxicity, *Indian J Endocrinol Metab*, 2012, 16(2), 295–296, [dx. 10.4103/2230-8210.93773](https://doi.org/10.4103/2230-8210.93773)
- [28] Dam H., Shampo M.A., Kyle R.A., Stamp Vignette on Medical Science, *Mayo Clin Proc.*, 73:46, 1998.
- [29] Rheaume-Bleue K., *Vitamin K2 and the Calcium Paradox: How a Little-Known Vitamin Could Save Your Life*, Paperback, 2013
- [30] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 września 2010 r. w sprawie standardów postępowania oraz procedur medycznych przy udzielaniu świadczeń zdrowotnych z zakresu opieki okołoporodowej sprawowanej nad kobietą w okresie fizjologicznej ciąży, fizjologicznego porodu, położu oraz opieki nad noworodkiem.
- [31] Borszewska-Kornacka M.K., Czech-Kowalska J., Czerwionka-Szaflarska M., Dobrzańska A., Helwich E., Jackowska T., Jankowska-Zduńczyk A., Peregud-Pogorzelski J., Socha P., Walkowiak J., *Zalecenia dotyczące profilaktyki krwawienia z niedoboru witaminy K*, *Stand Med Pediatr* 2016, 13, 26–37.
- [32] <https://gis.gov.pl/zywnosc-i-woda/suplementy-diety-oraz-zywnosc-wzbogacana-wymagania-ogolne/> (data dostępu 15.11.2018).
- [33] Ahvenainen R., New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 7, Issue 6, June 1996, 179–187, [dx.doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10022-4](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10022-4).
- [34] Janicki A.: *Żywność minimalnie przetworzona*. [w:] *Żywność wygodna i funkcjonalna*, pod red. F. Świdorskiego. WN-T, Warszawa 1999, 133–147.

-
- [35] Nguyen-the C., Carlin F., The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1996, 36, 371–401.
 - [36] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9 października 2007 r. w sprawie składu oraz oznakowania suplementów diety.
 - [37] Anuszevska E.L., Nowe spojrzenie na witaminę D, *Gazeta Farmaceutyczna*, 2011 (luty), s. 32–35.



Aleksandra Zyska, Weronika Gawrys, Andrzej Ślęzak

Politechnika Częstochowska

Instytut Nauk o Zdrowiu i Żywieniu

al. Armii Krajowej 36b, 42–200 Częstochowa

WPŁYW TOKSYN PRZEMYSŁOWYCH I SUBSTANCJI SZKODLIWYCH NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Streszczenie. Problemy zdrowotne w krajach wysoko uprzemysłowionych zarówno wśród dzieci, jak i dorosłych są wynikiem działania toksyn przemysłowych oraz substancji szkodliwych na organizm człowieka. Jednym z najważniejszych i niepożądanych efektów występowania toksyn przemysłowych jest wpływ na powstawanie nadwagi i otyłości, która została uznana przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) za epidemię XXI wieku. Podłoże obecnej epidemii otyłości jest kontrowersyjne. Istniejąca hipoteza, iż otyłość jest konsekwencją braku równowagi pomiędzy spożyciem energii a brakiem aktywności fizycznej jest kwestionowana poprzez obserwacje i badania naukowe. Wysuwanych jest coraz więcej teorii na temat etiologii otyłości, nie związanych ze stylem życia, do których zalicza się między innymi: toksyny środowiskowe, substancje dodawane do żywności czy interakcję pomiędzy czynnikami genetycznymi i środowiskowymi.

Artykuł przedstawia aktualny stan wiedzy na temat ryzyka zdrowotnego związanego z otyłością a czynnikami zewnętrznymi środowiskowymi wpływającymi na jej rozwój.

Słowa kluczowe: toksyny przemysłowe, substancje endokrynnie czynne, czynniki otylogenne, zaburzenia metabolizmu.

THE IMPACT OF INDUSTRIAL TOXINS AND HARMFUL SUBSTANCES ON THE HUMAN BODY

Abstract. The health problems in highly developed countries' among children as well as adults are the results of industrial toxins and harmful substances on human body. One of the most important and most unwanted effects of occurrence of industrial toxins is the impact on becoming overweight and obesity, which recognized by the World Health Organization (WHO) as the epidemics of the XX. The basis of the ongoing obesity epidemic is controversial. The existing hypothesis that obesity is the consequence of the

lack of balance between the energy intake and the lack of physical activity is challenged by observations and scientific research. More and more theories on the etiology of obesity not connected with lifestyle are proposed. According to these theories obesity may be attributed to other factors such as: environmental toxins, food additives or the interaction between genetic and environmental agents.

The article presents the current state of knowledge on health risk connected to obesity and external factors – environmental agents facilitating the emergence of obesity.

Keywords: industrial toxins, endocrine active substances, obesity causing agents, metabolic disorders.

Wprowadzenie

Panuje powszechny pogląd, że jednym z najważniejszych czynników służących zachowaniu dobrego zdrowia proporcjonalnego do wieku, jest prawidłowa masa ciała, której przykładami ilustrującymi są wskaźniki antropometryczne BMI (body mass index), WCR (wist-hip ratio), ABSI (a body shape index), etc. [3, 15]. Dla prawidłowej masy ciała wartość BMI jest zawarty w przedziale od 18,5 do 24,9 kg/m², a w przypadku nadwagi - od 25 do 29,9 kg/m². Otyłość występuje wtedy, gdy BMI ≥ 30 kg /m² [19].

Natomiast w ostatnich latach nastąpił dramatyczny wzrost liczby otyłych osób. Nadwaga i otyłość stanowią poważny problem epidemiologiczny na świecie, jak również i w Polsce. Problem ten dotyka nie tylko ludzi, ale wg E. Lange niepokój budzi coraz częściej występująca nadwaga wśród dzieci i młodzieży [17]. Wg raportu WHO z 2005 roku nadwaga i otyłość dotyka ok. 1,6 mln ludzi na świecie. Jest ona problemem nie tylko ludzi w krajach rozwiniętych, ale dotyczy również mieszkańców krajów rozwijających się [32], także Polski. Według wyników badań antropometrycznych BMI przeprowadzonych podczas Wieloośrodkowego Ogólnopolskiego Badania Stanu Zdrowia Ludności w latach 2003–2005 oraz 2013–2014, wynika, iż odsetek osób z nadwagą w Polsce w grupie wieku 20–74 lat wzrósł w przypadku mężczyzn z 40,2% do 43,1%, a u kobiet z 27,7% do 29,5%. Natomiast porównując występowanie otyłości wśród mężczyzn i kobiet, odsetek osób otyłych wśród mężczyzn wzrósł z 20,0% do 24,2%, a wśród kobiet z 22,3% do 23,4% [28].

Przyczyną nadwagi i otyłości jest zachwianie bilansu energetycznego, który uwarunkowany jest różnorodnymi czynnikami etiologicznymi oraz/bądź patogenetycznymi. Osoby otyłe cierpią na zaburzenia wtórne zwiększające ryzyko występowania zespołu metabolicznego związanego z nadciśnieniem tętniczym, cukrzycą typu 2 i dyslipidemią, chorobami układu pokarmowego: chorobą refluksową, kamicą żółciową, rakiem gruczołu krokowego czy niealkoholowym stłuszczeniem wątroby [12]. Wśród osób otyłych znacznie częściej występują choroby układu krążenia: choroba niedokrwienna serca, niewydolność

serca, zatorowość płucna i żylaki kończyn dolnych [5, 20]. Najpoważniejszą konsekwencją otyłości jest cukrzyca typu 2 oraz zwiększenie ryzyka wystąpienia chorób nowotworowych, do których zalicza się: raka sutka, jelita grubego, śluzówki macicy, jajnika, pęcherza żółciowego, przełyku, trzustki, nerki [11, 12, 14].

Otyłość jest również uwarunkowana wieloma czynnikami: genetycznymi, metabolicznymi, endokrynologicznymi, środowiskowymi, psychologicznymi i behawioralnymi. Wraz z niekontrolowanym uprzemysłowieniem wzrosło zanieczyszczenie powietrza, wody i gleby. W związku z tym ludzie nieświadomie zostali narażeni na nieustanne wdychanie i przyjmowanie toksyn będących w ich otoczeniu. Wiele toksycznych substancji chemicznych występujących w żywności i środowisku naturalnym w efekcie zmieniło naturalne mechanizmy kontroli masy ciała, co wyjaśnia różnice w przyroście masy ciała u ludzi pomimo zmniejszenia spożycia pokarmu i wzrostu aktywności fizycznej [1]. W odniesieniu do otyłości ekspozycja na środowiskowe endokrynnie aktywne modulatory hormonalne (EDCs) może wpływać na kontrolę rozwoju tkanki tłuszczowej, liczbę komórek tłuszczowych i metabolizm [8].

Istotną rolę w powstaniu otyłości odgrywają również predyspozycje genetyczne i osobniczy typ metabolizmu, nawyki żywieniowe, przyjmowane leki, rodzaj aktywności fizycznej oraz toksyny środowiskowe (EDCs) [16]. W ostatnich latach w literaturze pojawiło się wiele hipotez objaśniających mechanizm kreowania otyłości. Za jedną z przyczyn występowania otyłości uważa się czynnik genetyczny, który koduje zaburzenia metaboliczne sprzyjające jej powstawaniu. Otyłość uwarunkowana genetycznie może mieć podłoże wielogenowe lub monogenowe. W przypadku dziedziczenia monogenowego, powstającego w wyniku mutacji pojedynczego genu, możemy wyróżnić zespół Laurence'a-Moona, zespół Cohena i Carpentera oraz zespół Pradera-Willego [29]. Czynniki genetyczne w znaczący sposób wpływają na zaburzenia w termogenezie, w tym termogenezie poposiłkowej, w podstawowej przemianie materii, w występowaniu metabolicznie aktywnych substancji, takich jak rezystyna, leptyna, TNF α , w zaburzeniach w wydzielaniu hormonów: hormon wzrostu, kortyzol, wrażliwość tkanek na insulinę. Czynniki genetyczne regulują preferencje żywieniowe (wybór produktów obfitujących w tłuszcz lub/i w cukier) oraz mogą prowadzić do powstawania efektu jo-jo po kuracji odchudzającej [33]. Otyłość powiązana jest również z dysfunkcją i chorobami innych gruczołów wydzielania wewnętrznego, np. z rzekomą niedoczynnością przytarczyc, nadczynnością tarczycy, zespołem Cushinga, zespołem policystycznych jajników, hipogonadyzmem [26].

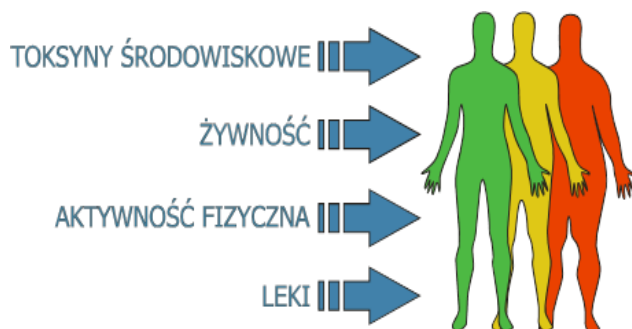
Z uwagi na coraz większe zagrożenie występowania związków toksycznych tzw. obesogenów – czynników „otylogennych” w środowisku życia ludzi, w niniejszym opracowaniu, w oparciu o dane literaturowe, omówiono rolę nie-

których toksyn środowiskowych, metali ciężkich i ich wpływ na powstawanie nadwagi i otyłości oraz przybliżono negatywny wpływ na zdrowie człowieka.

Narażenie środowiskowe a substancje wpływające na otyłość

W roku 2006 opracowano „hipotezę obesogenu” („*obesogen hypothesis*”), w której zaproponowano istnienie chemikaliów zakłócających procesy hormonalne (EDCs), wpływające na adipogenezę i powstawanie otyłości [7]. Endokrynnie aktywne modulatory hormonalne (EDCs), lub inaczej związki zakłócające działanie endokryne, mogą być ważnymi substancjami powodującymi występowanie otyłości. „Obesogeny”, czyli czynniki „otyłogenne”, są zdefiniowane funkcjonalnie jako chemikalia (naturalne, farmaceutyczne lub ksenobiotyczne), które promują otyłość poprzez zwiększenie liczby komórek tłuszczowych lub magazynowanie tłuszczu w już istniejących komórkach tłuszczowych. Obesogeny mogą również działać w adipocytach pośrednio przez zmianę podstawowej przemiany materii poprzez przesunięcie bilansu energii w kierunku przechowywania kalorii, zmieniając hormonalną kontrolę nad ośrodkiem głodu i sytości [6]. Chociaż hipoteza obesogenu początkowo budziła wiele kontrowersyjnych spostrzeżeń, w ostatnich latach zidentyfikowano i opisano wiele chemikaliów sprzyjających otyłości. Obecnie liczba zbadanych i zdefiniowanych związków zaliczanych do EDCs waha się od kilkudziesięciu do kilkuset. Substancje te wykazują podobne działanie do naturalnych estrogenów. Do tej grupy związków zalicza się fitoestrogeny (genisteinę, kumestrol, resweratol) występujące na przykład w czerwonym winie, liściach zielonej herbaty czy nasionach soi [16]. Innymi związkami należącymi do grupy EDCs są ksenoestrogeny, które znajdują zastosowanie w przemyśle, np. bisfenol A, oraz: ftalany – sole i estry kwasu ftalowego, fenole, nonylofenol, oktynofenol i ich pochodne. W rolnictwie do takich substancji zaliczamy preparat DDT (**Dichlorodifenylotrichloroetan**) oraz jego metabolity (p,p'-DDE, p,p'-DDD). Wśród środków farmaceutycznych wskazano na estrogeny, takie jak dietylostilbesterol (DES) wchodzący w skład leków hormonalnych i antykoncepcyjnych [16]. Na wzrost masy ciała wpływają również metale ciężkie do których zalicza się kadm, ołów, arsen czy rtęć [1, 6].

Z badań nad epidemiologią otyłości wynika, iż występuje wiele czynników odpowiedzialnych za rozwój nadwagi i otyłości. Otyłość dotyczy ludzi w każdym przedziale wiekowym począwszy od wieku dziecięcego. Rozpatruje się różne czynniki wpływające na zmianę metabolizmu, do których można zaliczyć m.in. dietę, uwarunkowania genetyczne, leki i czynniki środowiskowe oraz sposób życia (Rys. 1.)



Rys. 1. Czynniki wpływające na zmianę masy ciała: żywność, aktywność fizyczna, leki, toksyny środowiskowe (opracowanie własne)

P.F. Baille-Hamilton w publikacji *Chemical toxins a hypothesis to explain the global obesity epidemic* [1], przedstawiła hipotezę, iż obecny poziom narażenia ludzi na substancje chemiczne mógł negatywnie wpłynąć na wiele naturalnych mechanizmów kontroli masy ciała. Wykazała, że epidemia otyłości występująca wśród ludzi zbiegła się wraz ze wzrostem przemysłu i ogólnie stosowanych toksycznych substancji wykorzystywanych w życiu codziennym [1].

Z substancjami tymi mamy styczność każdego dnia. Obecne czasy to era plastiku, który wyparł materiały naturalne i znalazł szerokie zastosowanie w produkcji użytkowej, np. w telefonii i telewizji, samochodach, meblach, materiałach budowlanych, ubraniach, sprzęcie gospodarstwa domowego, butelkach czy zabawkach, czyli we wszystkich przedmiotach codziennego użytku. Odpady z tworzyw sztucznych stały się globalnym zagrożeniem ekologicznym. Należą do tanich w produkcji i eksploatacji, a recykling jest źródłem ponownego użytku tego surowca do wyrobu innych pochodnych towarów. Produkty plastikowe są źródłem wszechobecnie występującego bisfenolu A (BPA) – należącego do organochloryn i odpowiadającego za zaburzenia hormonalne sprzyjające powstawaniu nadwagi i otyłości [4].

Bisfenol A (BPA)

Bisfenol A wchodzący w skład żywic epoksydowych wykorzystywany jest do wyrobu m.in. opakowań plastikowych codziennego użytku, butelek dla dzieci, lakierów powlekających wnętrza metalowych puszek do konserw, jak również wykorzystywany jest do kompozytów dentystrycznych [4].

Wykazano negatywny wpływ na zdrowie oraz występowanie zaburzeń hormonalnych spowodowanych występowaniem BPA w organizmie ludzi. Eksperymentalne badania na zwierzętach donoszą, że nawet niskie dawki $<5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{dobę}$ są związane z wieloma zaburzeniami o charakterze estrogen-

nym, mogą zakłócić funkcjonowanie komórek β trzustki i zahamować funkcjonowanie hormonów tarczycy [15]. Wykazano, że w hodowlach *in vitro* BPA zwiększa transport glukozy w preadipocytach, a w połączeniu z insuliną zwiększa aktywność lipazy lipoproteinowej i akumulację triacyloglicerolu, co wpływa na powstawanie otyłości [25]. Również BPA jako obesogen powodujący otyłość opisali T.M. Wang i wsp. [31], wskazując, iż dorośli o podwyższonym stężeniu BPA w moczu posiadają wysoki wskaźnik BMI i WHR oraz wykazują cechy insulinooporności [31].

Badania kliniczne, epidemiologiczne i eksperymentalne pokazują, że niektóre symptomy z początków otyłości zaczynają być widoczne już w okresie prenatalnym. Rozwijający się płód reaguje na niezadowalające warunki w trakcie zmian strukturalnych i funkcjonalnych rozwijających się komórek i tkanek, a zwłaszcza adipocytów, co może być konsekwencją ekspozycji płodu lub noworodka na niskie dawki BPA, zwiększającego tempo wzrostu i poporodowej otyłości, co zbadano u myszy i szczurów [8]. Ponadto, gdy osobnik staje się otyły, ma trudności z utratą nadmiernej masy ciała, jak również z późniejszym utrzymaniem odpowiedniej wagi, ze względu na zaburzenie homeostazy regulującej bilans energii w okresie prenatalnym [31]. BPA wywołuje również wśród nowonarodzonych dzieci zaburzenia związane z brakiem odporności, co wykryto na podstawie badania poziomu przeciwciał p-CMV, jak również zwiększonej częstotliwości występowania kataru siennego i alergii oraz zaburzeń wydzielania i transportu hormonów tarczycy wpływających na metabolizm [21, 30].

Diethylstilbestrol (DES)

Do czynników otyłogennych zalicza się również dietylostilbesterol (DES), ksenoestrogen zaliczany do leków, a stosowany w terapii hormonalnej i antykoncepcji.

Dietylostilbesterol w krwi pępowinowej był związany z podwyższonym BMI u dzieci, a efekt ten pogarszało palenie papierosów przez matkę [10].

Brak możliwości przeprowadzania badań doświadczalnych na ludziach przyczynia się do ostrożności w ocenie toksykologicznej badanych związków będących w grupie obesogenów. Podkreśla się, że przeprowadzane są liczne badania *in vivo* i *in vitro*, dzięki którym można potwierdzić toksyczne podłoże działania związków otyłogennych.

Newbold i in. przeprowadzili badania eksperymentalne na myszach z użyciem DES i badali wpływ tejże substancji na wzrost masy ciała. Dowiedli, iż niskie dawki DES (1 μ g/kg/dzień), podawane w okresie prenatalnym lub noworodkowym, spowodowały nieznaczny wzrost masy ciała u myszy eksperymentalnych (CD-1), jednakże od 6 tygodnia życia waga myszy znacznie się zwiększyła. W wieku 16 tygodni, eksponowane na DES zwierzęta miały 27,6% tkanki tłuszczowej w porównaniu z grupą kontrolną - 20,9% tkanki tłuszczowej.

Tak więc, u myszy traktowanych lekami DES wystąpił nadmiar tkanki tłuszczowej w obrębie jamy brzusznej. Zwierzęta te wykazywały tendencję do nadwagi i otyłości. Takie rozmieszczenie tkanki tłuszczowej oraz nadmierna masa ciała występująca u ludzi są powiązane z chorobami układu krążenia i cukrzycą [23]. Myszy poddane badaniom eksperymentalnym miały również podwyższony poziom leptyny, adiponektyny, IL-6 (interleukiny-6) i trójglicerydów, osiągnięty jeszcze zanim uwidoczniła się otyłość. Zwiększony poziom leptyny mógł być spowodowany zmianą w programowaniu leptyny w wyniku ekspozycji chemicznej. W badaniach nad działaniem DES na rozwój otyłości wśród myszy wzięto również pod uwagę ekspresję genów zaangażowanych w rozwój i programowanie powstawania i różnicowania adipocytów. Geny zaangażowane w różnicowanie adipocytów podczas życia prenatalnego nie wykazywały różnic, natomiast geny zaangażowane w rozmieszczenie tkanki tłuszczowej zostały zmienione [22]. Trwają nadal badania nad szkodliwością DES, wiele prac poświęconych toksycznemu działaniu tej substancji wskazuje, że jest to związek działający w okresie rozwojowym organizmu i sprzyja pojawieniu się otyłości u dorosłych [10, 22, 23].

Fitoestrogeny

Do najlepiej poznanej i zbadanej grupy EDCs zalicza się fitoestrogeny, które przyjmowane są w postaci produktów sojowych, suplementów sojowych, orzechów, większości owoców i warzyw, jak również w liściach zielonej herbaty i czerwonym winie [16].

Fitoestrogeny znajdujące się w tak zdrowych produktach zastępują wysokokaloryczne tłuszcze zwierzęce. W produktach uzupełniających braki witamin i soli mineralnych, zostały uznane za substancje pozytywnie wpływające na organizm i działające przeciwko występowaniu otyłości. Należące do tej grupy genisteina i daizeina są najobficiej występującymi substancjami w diecie i wpływają na homeostazę – regulując gospodarkę węglowodanową i lipidową. Jednakże M. Penza i wsp. wykazali, że genisteina w małych dawkach podobnych do tych znajdujących się w mleku sojowym czy suplementach diety zawierających soję powoduje wzrost tkanki tłuszczowej zwłaszcza u mężczyzn, oraz koreluje z łagodną formą obwodowej insulinooporności. Autorzy wskazują, iż potrzebne są dalsze badania na potwierdzenie obesogennego działania genisteiny oraz innych fitosteroli, które zależą od dawki, płci oraz czasu ekspozycji [24].

Inne związki

Badania epidemiologiczne na ludziach powiązały obecność ksenobiotycznych substancji chemicznych ze zwiększoną masą ciała u człowieka. Trwale zanieczyszczenia organiczne (POPs), to związki organiczne, które mogą utrzymywać i gromadzić się w tkance tłuszczowej w wyniku ich litofilności

oraz odporności na biodegradację. Chociaż użycie DDT (1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorofenylo)etan) zostało ograniczone kilka dekad temu z powodu potencjalnie szkodliwych skutków dla zdrowia ludzkiego i środowiska, nadal wpływają na zaburzony metabolizm i homeostazę. Wynik ten został również poparty eksperymentami przeprowadzonymi na myszach, mianowicie wyższe stężenie DDE - metabolitu DDT, w surowicy matki było związane ze zwiększeniem masy i BMI u dorosłych samic, jak i u potomstwa [13]. Ostatnie badania wykazały, że u szczurów karmionych olejem surowych ryb zawierającym niskie dawki POPs rozwinęła się otyłość trzewna, stłuszczenie wątroby i odporność insulinowa. Uogólniając, wielonienasycone kwasy tłuszczowe w oleju rybnym mają korzystne efekty, poprawiając dyslipidemię u chorych na cukrzycę, natomiast POPs, znajdujące się również w oleju rybnym podnoszą całkowity poziom cholesterolu i potęgują odporność insulinową [13].

Z badań R.W. Stahihut wynika, iż obecność metabolitów ftalanów monobenzylu i mono-etylo-heksylu w moczu, jako dystrybutorów endokrynych powodujących liczne zaburzenia zdrowia u mężczyzn, jest związana ze zwiększoną średnicą talii u mężczyzn [27]. Ftalany są aktywatorami receptorów α i γ , aktywowanych przez proliferatory peroksydów i regulują homeostazę glukozy i lipidów w wątrobie oraz tkance tłuszczowej [13].

E.P. Hines i wsp. stwierdzili, iż jednym z najpoważniejszych problemów jest stosowanie kwasu perfurooctanowego (PFOA) należącego do fluoropolimerów i wykorzystanego w produkcji m.in. teflonu, wosków do konserwacji podłóg czy wodoodpornych tkanin. Wskazali, że zanieczyszczenie żywności i wody (PFOA) wpływa na powstawanie otyłości oraz zaburza homeostazę i metabolizm tłuszczowy oraz podnosi frakcję LDL cholesterolu [9].

Metale ciężkie

Istnieje wiele dowodów na związek metali ciężkich z ryzykiem otyłości i cukrzycy. Metale ciężkie: Fe, Zn, As są związane ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia cukrzycy typu II (T2D). Niedobór cynku może być potencjalnym czynnikiem ryzyka insulinooporności i powstawania T2D w późniejszych etapach życia [2]. Arsen jest powiązany z rakiem i chorobami naczyń obwodowych. Na obszarach o wysokiej ekspozycji na arsen częstość występowania cukrzycy typu II była dwu- do pięciokrotnie wyższa w porównaniu z mieszkańcami mieszkającymi na obszarach o niskiej ekspozycji. Osoby narażone na wysokie poziomy skumulowanego arsenu były bardziej otyłe. Arsen może być związany z odpornością insulinową i zaburzeniami komórek β , głównymi elementami składowymi patogenezy cukrzycy typu II [13].

Również zaobserwowano, iż kadm i rtęć należą do pierwiastków wpływających na zaburzenie gospodarki węglowodanowej, wywołując hiperglikemię. Kadm zakłóca działanie trzustkowych komórek β i zwiększa odporność na

insulinę, powodując zmniejszenie wydzielania adiponektyny i wyłączenie transdukcyjnej kaskady sygnalizacyjnej insuliny. Rtęć natomiast wywołuje cukromocz wśród chorych na chorobę Minamata, a także wpływa na zaburzenia trzustkowych komórek β i oddziałuje na szlak sygnalizacji insuliny [13].

Podsumowanie

Do prawidłowego funkcjonowania w zdrowiu, od narodzin aż do późnej starości, człowiek potrzebuje „dobrych” białek, tłuszczów, węglowodanów, witamin czy spokojnego snu. Nie potrzebuje ksenobiotyków, a szczególnie związków endokrynnie czynnych, obesogenów, negatywnego stresu, czyli czynników, które przyczyniają się do nadwagi i otyłości, a w konsekwencji do grupy chorób metabolicznie zależnych, takich jak cukrzyca typu II, przewlekłe choroby sercowo-naczyniowe, udary, niektóre nowotwory czy zapalenie stawów itd.

Ludzie poprzez odpowiedni styl życia, poprzez spożywanie zdrowej, mało przetworzonej żywności, odpowiednią aktywność fizyczną i unikanie sytuacji stresogennych mogą dodatkowo wpływać na zachowanie zdrowia. Optymistyczne założenie, poparte wieloma badaniami i publikacjami, że chemikalia związane z epidemią otyłości powinny być usunięte z produktów spożywczych i codziennego użytku, pozwalałoby mieć nadzieję, że obecny trend rosnącej otyłości mógłby zostać spowolniony.

Literatura

- [1] Baillie-Hamilton PF, *Chemical toxins a hypothesis to explain the global obesity epidemic*, J Altern Complem Med; 8, 2002, p. 185–192.
- [2] Burgio E, Lopomo A, Migliore L, *Obesity and diabetes: from genetics to epigenetics*, Mol Biol Rep. 42(4):, 2015, p. 799–818.
- [3] Gawrys W, Zyska A, Ślęzak A. *Anthropometric indicators and their applications for assessing population's health condition*, Hygeia Public Health 52(1), 2017, p. 41–47.
- [4] Georgescu B, Georgescu C, Daraban S i wsp.; *Heavy metals acting as endocrine disrupters*, Animal Science and Biotechnologies, 44(2), 2011, p. 89–93.
- [5] Greiner T Backhed F., *Effects of the gut microbiota on obesity and glucose homeostasis*, Trends Endocrinol. Metab. 22, 2011, p. 117–123.
- [6] Grun F, Blumberg B, *Endocrine disrupters as obesogens*, Mol Cell Endocrinol, 304, 2009a, p. 19–29.

- [7] Grun F, Blumberg B., *Environmental obesogens: organizations and endocrine distributions via nuclear receptor signaling*, *Endocrinology*, 147 (6 Suppl), 2006, p. 50–55.
- [8] Heindel JJ, vom Saal FS, *Role of nutrition and environmental endocrine disrupting chemicals during the perinatal period on the aetiology of obesity*, *Molecular and Cellular Endocrinology* 304, 2009, p. 90–96.
- [9] Hines EP, White SS, Stanko JP i wsp., *Phenotypic dichotomy following developmental exposure to perfluorooctanoic acid (PFOA) in female CD-1 mice: Low doses induce elevated serum leptin and insulin, and overweight in mid-life*. *Mol Cell Endocrinol.* 304(1–2), 2009, p. 97–105.
- [10] Hiroi T, Okada K, Imacka S, Osada M, Funae Y, *Bisphenol A binds to protein disulfide isomerase and inhibits its enzymatic and hormone – binding activities*. *Endocrinology*, 147 (6), 2006, p.2773–2780.
- [11] Irigaray P., Newby JA, Lacomme S, Belpomme D, *Overweight/obesity and cancer genesis: more than a biological link*, *Biomed Pharmacother*, 61, 2007, p. 665–678.
- [12] Jaworski P., Binda A., Tarnowski W. *Wpływ otyłości na rozwój choroby nowotworowej*. *Postępy Nauk Medycznych*, 9, 2015, p. 675.
- [13] Ja Yong Jae, Kyung Hwa H, Dae Jung K, *New risk factors for obesity and diabetes: Environmental chemicals*. *J Diabetes Invest* 6(2), 2015 p. 109–111.
- [14] Kirenko J., Wiatrowska A. *Otyłość. Przystosowanie i uwarunkowanie*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2015 p. 53.
- [15] Krakauer NY, Krakauer JC., *New body shape index predicts mortality hazard independently of body mass index*. *PLoS One*, 7, 2012 Ap. 39504
- [16] Langauer–Lewowicka H, Pawlas K.: *Związki endokrynnie czynne – prawdopodobieństwo niepożądanego działania środowiskowego*, *Medycyna środowiskowa* 18(1), 2015, p. 7–11.
- [17] Lange E., *Dietoterapia i dietoprofilaktyka otyłości*, [w:] *Dietoterapia*, red. Włodarek D., Lange E., Kozłowska L i wsp. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2014.
- [18] Łaszczyca D, Paradowska K, Makarova K, *Zanieczyszczenie środowiska bisfenolem A*, *Biul. Wydz. Farm. WUM*, 1, 2015, p. 1–5.
- [19] Małecka – Tendera E., Mazur A., *Definicja otyłości* [w:] *Otyłości u dzieci i młodzieży*, red. Małecka – Tendera E., Socha P., Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2011, p. 9.
- [20] Mark D. H., *Deaths attributable to obesity*. *JAMA*, 293, 2005, p. 1918–1919.
- [21] Muhlhausler B, Smith SR, *Early-life origins of metabolic dysfunction: role of the adipocyte*. *Trends Endocrinol Metab.* 20, 2009, p. 51–57.
- [22] Newbold RR, Jefferson WN, Grisson SF i wsp., *Developmental exposure to diethylstilbestrol alters uterine gene expression that may be associ-*

- ated with uterine neoplasia later in life, *Mol Carcinog*, 46, 2007, p. 783–796.
- [23] Newbold RR, Padilla-Banks E, Snyder RJ, Jefferson WN. *Perinatal exposure to environmental estrogens and development of obesity*. *Mol Nutr Food Res*, 51, 2007, p. 912–917.
- [24] Penza M, Montani C, Romani A i wsp., *Ganistein affects adipose tissue deposition in a dose – dependent and gender – specific manner*. *Endocrinology*, 147, 2006, p. 5740–5751
- [25] Ropero AB, Alonso- Magdalena P, Garcia – Garcia E i wsp. *Bisfenol A distribution of the endocrine pancreas and blood glucose homeostasis*. *Int J Androl.*; 31(2) , 2008, p.194–200.
- [26] Sipe J., Scott M., Murray S. i wsp. *Biomarkers of Endocannabinoid System Activation in Severe Obesity*. *Plos One*;1. 2010
- [27] Stahihut RW, van Wijgaarden E, Dye TD, i wsp. *Concentrations of urinary phthalate metabolites are associated with increased waist circumference and insulin resistance in adult U.S. males*. *Environ Health Perspect.*, 11, 5, 2007, p. 876–882.
- [28] Stępniać U. Micek A. Waśkiewicz A., i wsp., *Prevalence of general and abdominal obesity and overweight among adults in Poland. Results of the WOBASZ II study (2013–2014) and comparison with the WOBASZ study (2003–2005)*, *Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej*, 126(9), 2016, p. 662–671.
- [29] Tatoń J., Czech A., Bernas M.: *Otyłość zespół metaboliczny*. PZWL, Warszawa, 2007p. 69-94
- [30] Trasande L, Attina TM, Blustein J, *Association between urinary bisphenol A concentration and obesity prevalence in children and adolescents*. *Jama* 308(11), 2012, p. 1113–1121.
- [31] Wang T.M, Li B, Chen M Xu i wsp. . *Urinary bisfenol A (BPA) concentration associates with obesity and insulin resistance*. *J. of Clin. Endocrin. Metabol* 97(2), 2012, p. 223–227.
- [32] Wąsowski M., Walicka M., Marcinkowski – Suchowierska E., *Otyłość – definicja, epidemiologia, patogeneza*, *Postępy Nauk Medycznych*, 4, 2013, p. 302.
- [33] Yang W., Kelly T., He J., *Genetic epidemiology of obesity*. *Epidemiol Rev*, 2007, 29, p. 4961.



Joanna Błaszczyk, Grażyna Grabowska, Marzena Fejdyś

Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX”

ul. Marii Skłodowskiej-Curie 3, 90–505 Łódź

e-mail: jblaszczyk@moratex.eu

OPTIMALIZACJA PROCEDUR, DYSLOKACJI BAZ I DOSKONALENIA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH SPRZĘTU STOSOWANEGO PRZEZ POLSKIE SŁUŻBY RATOWNICZE W ZAKRESIE PRZECIWDZIAŁANIA ZAGROŻENIOM NATURALNYM ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POWODZI (RĘKAWY PRZECIWPOWODZIOWE)

Streszczenie. Występujące w ostatnich latach na terenie kraju zjawiska powodziowe niosą ze sobą duże zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi, powodują duże straty materialne, w tym niejednokrotnie niemożliwe do odtworzenia, dotyczy to dóbr kultury narodowej lub stanowiących dziedzictwo światowe. Powodzie mogą dotyczyć wielkich obszarów, bądź też mogą mieć charakter lokalny powodowany wezbraniem niewielkich cieków wodnych, w tym również systemów melioracyjnych.

Biorąc pod uwagę stałe zagrożenie powodzią szczególnie w okresie wiosny i jesieni, a także związane z tymi zjawiskami potrzeby Komendy Głównej Straży Pożarnej, Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX” w ramach projektu pt.: „*Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenia rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)*” o akronimie ŻYWIOŁ opracował założenia konstrukcyjne demonstratora technologii w postaci wyspecjalizowanego zestawu przeciwpowodziowego (WZP), składającego się z rękawów przeciwpowodziowych mobilnych poprzez rozłączne połączenie go ze specjalistycznym środkiem transportu – amfibią. Dodatkowo zestaw przeciwpowodziowy został powiększony o przyczepę dostosowaną do przewożenia zgromadzonego w projekcie sprzętu przeciwpowodziowego.

Słowa kluczowe: powódź, sprzęt ratunkowy, amfibia, przyczepa, rękawy przeciwpowodziowe.

OPTIMIZATION OF PROCEDURES, BASES DISLOCATION AND IMPROVEMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR EQUIPMENT IN USE AMONG POLISH EMERGENCY SERVICES WHEN DEALING WITH NATURAL HAZARDS, ESPECIALLY FLOODING (THE ANTI-FLOOD SLEEVES)

Abstract. Flood phenomena occurring country-wide in the last years cause a great threat to human life and health, high material losses, often impossible to reproduce. This applies to national cultural goods or constituting world heritage. Floods may affect large areas, or they may be local, caused by raised level of small watercourses, including drainage systems.

In view of the recurring threat of flooding, especially in spring and autumn, as well as the needs of the National Headquarters of the State Fire Service related to those phenomena, The Institute of Security Technologies MORATEX” has developed under the project „*Optimization of procedures, bases dislocation and improvement of technical solutions for equipment in use among Polish emergency services when dealing with natural hazards, especially flooding (the anti-flood sleeves)*”, acronym ZYWIOŁ (eng. ELEMENT) the structural guidelines for the technology demonstrator in the form of a Specialised Anti-Flood Set, consisting of the mobile rescue equipment including the anti-flood sleeves by combining them in a separable manner with the specialised transportation mean – the amphibious vehicle. In addition, the Anti-flood Set was extended with a trailer adapted to carry the anti-flood equipment collected within the project.

Keywords: flood, rescue equipment, amphibious vehicle, trailer, anti-flood sleeves.

Wprowadzenie

Projekt o akronimie ŻYWIOŁ realizowany przez konsorcjum naukowe z udziałem partnerów przemysłowych, ukończony został w marcu 2015 roku na VIII poziomie gotowości technologii (TRL).

Celem głównym projektu było zoptymalizowanie procedur oraz dyslokacji baz sprzętu, a także przedstawienie nowych rozwiązań technicznych sprzętu, który może być stosowany przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym, ze szczególnym uwzględnieniem powodzi. W trakcie prac projektowych zwrócono szczególną uwagę na usprawnienie monitorowania zagrożeń powodziowych, zwiększenie możliwości w zakresie likwidacji zagrożeń, oraz usuwania skutków zagrożeń naturalnych, ze szczególnym uwzględnieniem powodzi.

Realizując powyższe założenia opracowano:

- koncepcję Lokalnego Systemu Ostrzegania przed Powodzią uwzględniającą zweryfikowane, procedury działań oraz zaproponowane lokalizacje

- baz sprzętowych (Uczelnia Handlowo-Techniczna im. Heleny Chodkowskiej, Szkoła Główna Służby Pożarniczej),
- wymagania dla mobilnego, Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego, przeznaczonego do użytkowania przez polskie służby ratownicze w czasie powodzi,
 - nowe procedury ratownicze, pozwalające na usprawnienie działań ratowniczych, a także rozszerzenie możliwości działań na inne niż powodziowe działania ratownicze, dzięki modyfikacji istniejących rozwiązań stosowanych w rękawach przeciwpowodziowych,
 - zaprojektowanie, wykonanie i wyposażenie nośnika transportowego – amfibii w sprzęt, m.in. w zmodyfikowane rękawy przeciwpowodziowe,
 - wyposażenie zestawu przeciwpowodziowego w przyczepę do transportu sprzętu ratowniczego,
 - metodę dekontaminacji Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego i recyklingu rękawów przeciwpowodziowych,
 - program szkolenia i przeszkolenie służb ratowniczych wybranej jednostki administracyjnej kraju w zakresie wykorzystania rozwiązania opracowanego w projekcie.

Wyspecjalizowany Zestaw Przeciwpowodziowy (WZP)

Efektem materialnym projektu jest demonstrator technologii – prototyp Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego [WZP], który zgodnie z założeniami składa się z mobilnych środków transportu amfibii i przyczepy oraz rękawów przeciwpowodziowych znajdujących się wśród jego wyposażenia. Amfibia i przyczepa wyposażone zostały w liczny specjalistyczny sprzęt przeciwpowodziowy zgodnie z oczekiwaniami PSP (wyposażenie specjalistyczne: amfibia – 20 pozycji; przyczepa - 25 pozycji). Poniżej zaprezentowano Wyspecjalizowany Zestaw Przeciwpowodziowy.

Amfibia

Amfibia [1] jest to pływający pojazd kołowy o napędzie hydraulicznym, który opracowano przez firmę AMZ-KUTNO S.A. z Grudziądza we współpracy z partnerami projektowymi, przeznaczony do transportu sprzętu przeciwpowodziowego w warunkach powodziowych.

Prowadzone prace nad budową prototypu amfibii miały na celu dostosowanie pojazdu do pełnienia funkcji transportowej w sytuacjach klęsk żywiołowych, ze szczególnym uwzględnieniem stanów powodziowych, sytuacji, gdy podtopione drogi uniemożliwiają dotarcie do niektórych zalanych terenów. Pojazd posiada zdolność pływania i szybkiej konfiguracji nadwozia, przeznaczony jest do wykorzystania w warunkach cywilnych oraz militarnych.



Fot. 1. Amfibia – test wejście do wody [1]

Fot. 2. Amfibia – testy pływania [1]

Przyczepa

Wybrano i opracowano propozycję wyposażenia przyczepy [6] w sprzęt przeciwpowodziowy. Prace prowadzono w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodziej im. Józefa Tuliszkowskiego-Państwowy Instytut Badawczy i Delta Rescue z Grudziądza, na podstawie propozycji własnych i konsultacji z jednostkami Państwowej Straży Pożarnej i Ochotniczej Straży Pożarnej, które w ostatnich latach brały aktywny udział w akcjach ochrony przeciwpowodziowej.



Fot. 3. Przyczepa wraz z wyposażeniem [6]

Rękaw przeciwpowodziowy

Zmodyfikowany [3] rękaw przeciwpowodziowy zaproponowany jednostkom Państwowej Straży Pożarnej składa się z rękawa wewnętrznego i zewnętrznego wytworzonego z trójskładnikowej folii wewnętrznej i zewnętrznej opracowanej przez Zakład Pracy Chronionej - Przedsiębiorstwo Produkcyjno-

Handlowe „LESTER” oraz Delta Rescue we współpracy z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego - PIB i Instytutem Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX”.



Fot. 4. Rękaw przeciwpowodziowy [5]

Podstawową funkcją rękawa przeciwpowodziowego, który po napełnieniu wodą zwany jest zaporą przeciwpowodziową, jest doraźne zapobieganie zalaniu, podtopieniu, podsiąkaniu. Rękaw może być napełniany wodą z powodzi, ze zbiornika naturalnego lub hydrantu [5].

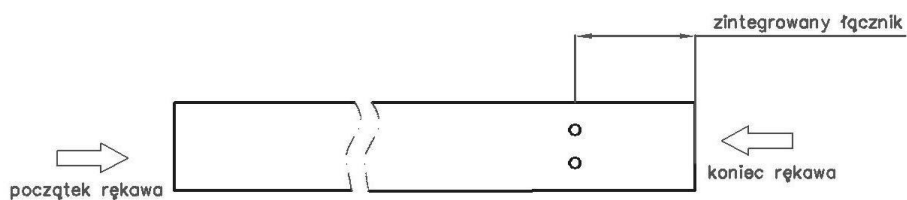
W trakcie badań porównawczych polegających na określeniu czasu ułożenia piramidy ze zmodyfikowanych w projekcie rękawów przeciwpowodziowych, a ułożeniem piramidy z worków wypełnionych piaskiem uzyskano: czas ustawiania piramidy z rękawów przeciwpowodziowych – 27'20", czas ustawiania wału z worków z piaskiem – 1h34'.

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie rękawów przeciwpowodziowych jest metodą szybszą alternatywnie do wykorzystania worków napełnionych piaskiem, co zdecydowanie jest korzystniejsze w trakcie konieczności przeprowadzenia akcji ratunkowej podczas zagrożenia powodziowego. Rękawy przeciwpowodziowe powinny być stosowane przede wszystkim przed wystąpieniem zagrożenia, na suchym terenie, ale mogą być ustawiane również bezpośrednio w czasie akcji przeciwpowodziowej. Rękawy przeciwpowodziowe mogą być ustawiane w piramidę, której podstawę tworzą dwa rękawy: jeden rękaw ułożony jest na górze, tworząc wał wysokości ok. 70 cm. Rękawy mogą być również łączone ze sobą szeregowo poprzez zintegrowany łącznik, tworząc wał ochronny o długości nawet kilku kilometrów, a dzięki swej elastyczności mogą tworzyć łuki zgodnie z linią brzegową rzek lub linią drogi.

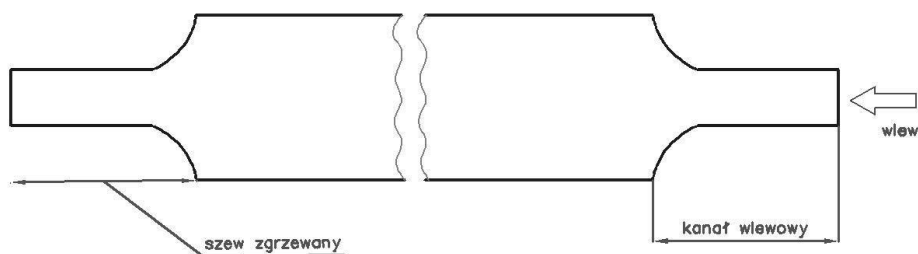


Fot. 5. Rękawy przeciwpowodziowe ułożone szeregowo tworzące łuk [4]

Zmodernizowany rękaw przeciwpowodziowy posiada budowę dwukomorową i wytworzony jest z folii PE o niskiej gęstości z dodatkami technologicznymi. Rękaw przeciwpowodziowy występuje w różnych długościach, najczęściej jednak posiada długość 10 m. Składa się z tzw. rękawa zewnętrznego (Rys. 1) i wewnętrznego (Rys. 2).



Rys. 1. Schemat rękawa zewnętrznego z zaznaczeniem zintegrowanego łącznika, początkiem i końcem rękawa przeciwpowodziowego [2]



Rys. 2. Rysunek rękawa wewnętrznego z zaznaczeniem kanału wlewowego [2]

W ramach prowadzonych prac realizowanego projektu szczególną uwagę zwrócono na ochronę środowiska, dlatego też przeprowadzono badania w zakresie oceny cyklu życia opracowanego rękawa przeciwpowodziowego, od wytworzenia surowca poprzez laboratoryjne badania starzeniowe i badania prowadzone w środowisku naturalnym. Życie rękawa kończy się recyklingiem folii, z których jest on wytworzony.

Istotnym aspektem badań starzeniowych [5] rękawa przeciwpowodziowego były badania starzeniowe w środowisku naturalnym, gdzie trzy rękawy przeciwpowodziowe poddano procesowi starzenia naturalnego, w czasie dwunastu miesięcy (pełny cykl czterech pór roku). Rękawy ułożono w formie piramidy tak, jak zostało to zaprezentowane na Fot. 4. i obserwowano zachowanie się wody wypełniającej rękawy w zależności od temperatury otoczenia (zamarza/nie zamarza), czy zachodzą zmiany w stopniu napełnienia rękawa wodą (ocena wzrokowa) oraz czy następują jakiegokolwiek widoczne gołym okiem zmiany w materiałach użytych do wykonania zapory przeciwpowodziowej (uwzględniając również elementy zamykające rękaw).

Po zakończeniu 12-to miesięcznego okresu starzenia rękawów przeciwpowodziowych nie stwierdzono uszkodzeń powłoki rękawa zarówno wewnętrznego, jak i zewnętrznego, jak również nie nastąpił widoczny ubytek wody wypełniającej rękaw, tzn. raz postawione rękawy przeciwpowodziowe w stanie powodziowego zagrożenia wiosennego mogą przetrwać w stanie nienaruszonym do następnej wiosny.

Dokumentacje

Dla wszystkich składników Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego, tzn. amfibii, przyczepy i rękawa przeciwpowodziowego opracowano:

- Dokumentacje Techniczne, w skład których wchodzi Dokumentacja Konstrukcyjna i Eksploatacyjna,
- Programy badań dla rękawów przeciwpowodziowych, amfibii i przyczepy,
- Dokumentacje szkoleniowe amfibii, rękawów przeciwpowodziowych i przyczepy,
- Instrukcje użytkownika, amfibii, przyczepy i rękawów przeciwpowodziowych,
- Procedury dekontaminacji przyczepy, amfibii i rękawów przeciwpowodziowych,
- Procedura Walidacji amfibii, rękawów przeciwpowodziowych i przyczepy,
- Instrukcja czyszczenia i wymiany rękawa przeciwpowodziowego.

Podsumowanie

Mobilne specjalistyczne środki transportu, takie jak: amfibie i przyczepa posiadają w wyposażeniu m.in. rękawy przeciwpowodziowe, wraz z którymi tworzą Wyspecjalizowany Zestaw Przeciwpowodziowy.

W niniejszym artykule szczególną uwagę zwrócono na zmodernizowane rękawy przeciwpowodziowe, które mogą być stosowane przez służby ratownicze PSP oraz przez prywatne osoby do ochrony przed powodzią, jak również do ochrony przed jej skutkami. Z uwagi na długi okres użytkowania rękawów przeciwpowodziowych wypełnionych wodą w różnych warunkach pogodowych, co zostało potwierdzone badaniami starzeniowymi w warunkach naturalnych, mogą być one użytkowane również jako zapory przeciwpowodziowe co najmniej przez okres jednego roku, co znacznie obniża koszt ich eksploatacji. Łatwość sprawiania rękawów i możliwość użycia do ich napełniania wodą z rozlewisk, jak i z hydrantu umożliwia wykorzystanie ich również zarówno do ochrony budynków użyteczności publicznej, jak i do ochrony budynków prywatnych.

Podziękowania

Projekt pt.: „*Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenia rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)*” o akronimie ŻYWIOŁ (Nr O ROB 0013 01/ID13/2) zrealizowano na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, sfinansowany został przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju na podstawie umowy 0013/R/ID2/2011/01 z dnia 27 grudnia 2011 r.

Praca została zrealizowana przez konsorcjum naukowo-przemysłowe: Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX” w Łodzi- Lider projektu, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowy Instytut Badawczy w Józefowie/Warszawa, Uczelnia Techniczno-Handlowa im. Chodkowskiej w Warszawie, Delta Rescue z Grudziądza, Z.P.Ch., P.P.H.U. „LESTER” z Kwidzyna, AMZ-Kutno S.A., Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie.

Literatura

- [1] AMZ-KUTNO S.A. „Sprawozdanie merytoryczne z realizacji Produktu P11.1. Walidacja prototypu w badaniach użytkowych w warunkach rzeczywistych, z udziałem służb ratowniczych”, 2014.

-
- [2] Błaszczak J., Riergert D., Olszewski M. i in.: Dokumentacja techniczna rękawa przeciwpowodziowego, projekt Nr O ROB 0013 01/ID13/2, 2015.
 - [3] Dziedzianowicz. S.: Sposób podwyższania lub ustawiania tymczasowych wałów przeciwpowodziowych lub ochronnych oraz przenośny system tamujący do realizacji tego sposobu, patent nr 195058 na wynalazek, 16.09.2000r, Grudziądz, Polska.
 - [4] Riergert D., Suchorab P.: Opracowanie produktu: P8.7 Realizacja programu walidowanych badań użytkowych, projekt Nr O ROB 0013 01/ID13/2, 2014.
 - [5] Riergert D., Suchorab P., Porycka: Sprawozdanie B. Obserwacje z badań starzenia naturalnego po 9 miesiącach trwania badania, CNBOP-PIB, projektu Nr O ROB 0013 01/ID13/2, 2013.
 - [6] Riergert D., Suchorab P.: Przygotowanie dokumentacji nośnika transportowego – przyczepy, CNBOP-PIB, 2013.



Joanna Świątek-Prokop, Aneta Majchrowska

*Instytut Techniki i Systemów Bezpieczeństwa
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa
e-mail: j.prokop@ajd.czyst.pl*

OCENA SKUTECZNOŚCI NAUCZANIA O BEZPIECZEŃSTWIE NA RÓŻNYCH POZIOMACH NAUCZANIA

Streszczenie. W celu sprawdzenia, jak skuteczny jest obecny system nauczania w zakresie bezpieczeństwa, przeprowadzono badania ankietowe wśród uczniów szkół podstawowych, gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych. Ankieta dostosowana była do wieku respondentów i obejmowała pytania z zakresu ochrony ppoż, pierwszej pomocy, bezpieczeństwa w sieci. Wyniki badań wskazują na dobrą znajomość teorii, niestety zdecydowanie mniejsze umiejętności praktyczne, co zgłaszali sami ankietowani.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, edukacja dla bezpieczeństwa, poziom nauczania.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SAFETY TEACHING AT DIFFERENT LEVELS OF EDUCATION

Abstract. In order to check, how effective the current security teaching system is, we conducted questionnaire surveys among primary, middle and high school students. The survey was adjusted to the age of respondents and included questions about fire protection, first aid, and online safety. The results of the research indicate a good knowledge of the theory, unfortunately much less practical skills, as reported by the respondents themselves.

Keywords: safety, education for safety, level of education.

Wstęp

Rozwój techniki, a wraz z nim wzrastająca liczba różnorodnych zagrożeń, powoduje, że w ostatnich latach coraz większy nacisk kładzie się na edukację z zakresu bezpieczeństwa. Kształtowanie odpowiednich postaw rozpoczyna się już w nauczaniu przedszkolnym i kontynuowane jest na dalszych poziomach nauczania. W podstawach programowych zawarte są zagadnienia związane z szeroko rozumianym bezpieczeństwem, np. przeciwpożarowym, internetowym, środowiskowym czy osobistym. Celem kształcenia jest wyrabianie odpowiedniej uważności, powodującej rozpoznawanie zagrożeń w życiu codziennym oraz nauka odpowiednich reakcji, takich, które zagwarantują bezpieczeństwo uczniów. Edukacja szkolna wspiera rodziców w wypracowywaniu odpowiednich wzorców zachowań, chociaż w dużej mierze wiedza przekazywana jest w sposób teoretyczny, brakuje odpowiednio wyposażonych pracowni umożliwiających zdobywanie umiejętności praktycznych. Równocześnie status przedmiotów związanych z bezpieczeństwem nie jest zbyt wysoki zarówno ze strony nauczycieli jak i uczniów.

Edukacja dla bezpieczeństwa w polskiej szkole

Bezpieczeństwo jest bardzo szerokim terminem, w związku z tym można się do niego odnosić w wielu kontekstach. K. Kołodziejczyk [1] wyróżnił 11 dziedzin, w których można mówić o bezpieczeństwie: ekonomiczne, międzynarodowe, państwa, wewnętrzne, ekologiczne, społeczne, finansowe, danych, sieci komputerowych, społeczne, surowcowe.

Poczucie bezpieczeństwa jest niezbędne w prawidłowym rozwoju dziecka, a także w społecznym funkcjonowaniu człowieka dorosłego [2, 3]. Rodzaje zagrożeń wiążą się z zakresem zjawisk, które są analizowane i dotyczyć mogą bezpośrednio osoby lub środowiska życia, w tym środowiska sprzężonego. Zagrożenia dotyczące osoby mogą odnosić się do wybranej sfery osoby (cielesności, życia psychicznego, życia duchowego) lub narażenia organu (np. zagrożenie wzroku). Zagrożenia dotyczące środowiska życia człowieka obejmują jego środowisko przyrodnicze, kulturowe, społeczne, rodzinne.

Zagrożenia mają różny charakter i z tego względu wyróżnia się następujące ich rodzaje :

1. naturalne (np. klęski żywiołowe),
2. związane z działalnością człowieka, a te dzielą się na:
 - zagrożenia cywilizacyjne, np. choroby,
 - zagrożenia destrukcyjne, np. terroryzm, przestępczość, sabotaż,
 - zagrożenia gospodarcze, np. zanieczyszczenie środowiska, wadliwe konstrukcje,

- zagrożenia osobowe wynikające z upowszechnienia technologii informacyjnych (uzależnienia od technologii informacyjnych),
- zagrożenia wynikające z upowszechnienia internetu (globalne i osobowe); sieciologizm, uzależnienia od gier komputerowych,
- zagrożenia wynikające z przemian pracy człowieka,
- zagrożenia jakości życia [4].

Zagrożenia można najogólniej podzielić na zewnętrzne i wewnętrzne. W skład zagrożeń zewnętrznych wchodzi zagrożenia, których źródłami są: przyroda, wytwory ludzkiej cywilizacji lub ludzie. Natomiast do zagrożeń wewnętrznych należą zagrożenia ekonomiczne i społeczne. Szczególnie silne w tej grupie są zagrożenia powodujące skłonności do alkoholizmu, narkomanii (i innych uzależnień), autoagresji, chorób psychicznych, samobójstw.

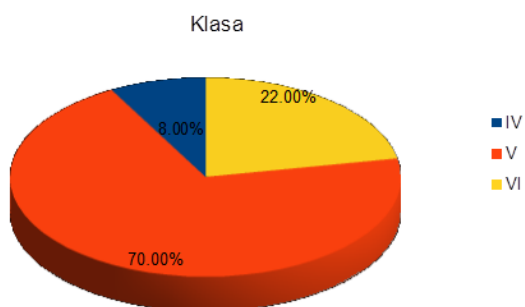
Wychodząc naprzeciw społecznemu zapotrzebowaniu i reagując na zdarzenia spotykane w Polsce i świecie, Ministerstwo Edukacji Narodowej w uzgodnieniu z Ministerstwem Obrony Narodowej, wprowadziło od 1 września 2009 r., w podstawie programowej nowy przedmiot nauczania – „edukacja dla bezpieczeństwa” (EDB), zastępujący dotychczasowy przedmiot „przysposobienie obronne” (PO) [5]. Idea przedmiotu wyraża się w przygotowaniu teoretycznym, jak i w praktycznym wykształceniu odpowiednich reakcji i sposobów zachowań w sytuacjach stwarzających zagrożenie dla zdrowia i życia [6, 7]. W zależności od etapu edukacyjnego poruszane są zagadnienia związane z bezpieczeństwem państwa, w tym powszechnej samoobrony i obrony cywilnej oraz treści dotyczące organizacji działań ratowniczych, edukacji zdrowotnej i pierwszej pomocy, a także bezpieczeństwa w sieci internetowej. Zakres poruszanych tematów jest bardzo szeroki, a wymiar godzinowy niewielki, w związku z tym rodzi się pytanie, na ile skuteczna jest edukacja z zakresu bezpieczeństwa. Czy uczniowie potrafią skorzystać z przekazywanej im wiedzy i czy posiadają odpowiednie umiejętności jej implikowania w sytuacjach zagrożenia zdrowia lub życia, kiedy dodatkowo dochodzi silny stres.

Wyniki badań i ich dyskusja

Badania ankietowe zostały przeprowadzone w 2017 r. na 100 uczniach szkoły podstawowej, 100 uczniach szkoły gimnazjalnej i 100 uczniach szkół ponadgimnazjalnych. Pytania w arkuszach zostały dostosowane do wieku respondentów, zarówno pod względem merytorycznym, jak i językowym.

Analiza skuteczności nauczania o bezpieczeństwie w szkole podstawowej

Wśród badanych uczniów szkoły podstawowej większą część stanowiły dziewczęta – 57%. Ankiety wypełniali uczniowie klas IV–VI, nie uwzględniono obecnej reformy szkolnictwa polegającej na wydłużeniu nauki w szkole podstawowej i zlikwidowaniu gimnazjów.



Rys. 1. Przynależność ankietowanych do klasy w szkole podstawowej

Z przeprowadzonych badań wynika (tab. 1), iż to nauczyciele są osobami, z którymi uczniowie najczęściej poruszają tematy związane z bezpieczeństwem, jednocześnie 48% ankietowanych, subiektywnie ocenia, że dzieje się to średnio często (tab. 2).

Tab. 1. Osoba, z którą najczęściej uczniowie rozmawiają o bezpiecznym zachowaniu (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
nauczyciele	65
rodzice	48
ktoś inny, kto?/przyjaciele	4

Tab. 2. Częstotliwość poruszania tematu bezpieczeństwa w szkole w opinii uczniów

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
tak, bardzo często	30
średnio często	48
rzadko	17
nigdy	4

Uzyskane wyniki potwierdzają rolę szkoły w szerzeniu wiedzy o bezpieczeństwie.

Zbadano, jak często uczniowie w tym przedziale wiekowym, zostają sami w domu i czy zachowują się zgodnie z wpajaną im wiedzą. (tab. 3 i 4).

Tab. 3. Częstotliwość zostawiania uczniów w domu bez obecności dorosłych

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
bardzo często	5
często	30
rzadko	48
nigdy	17

Tab. 4. Zachowania uczniów podczas nieobecności dorosłych w domu (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
nie używam żelazka	96
nie przyjmuję leków	87
włączam kuchenkę gazową	4
korzystam z zapalek i zapalniczki	0

17% deklaruje, że nigdy nie zostaje bez opieki w domu, pozostałe 83% z różną częstotliwością, od „bardzo często” 5% do rzadko 48%. Równocześnie wyniki dotyczące zachowania uczniów potwierdzają dużą świadomość ankietowanych – 96% nie używa żelazka, 87 % nie przyjmuje leków, nikt nie korzysta z zapalek czy zapalniczki. Jednakże niepokojący jest fakt, że znalazły się osoby, co do których można mieć uzasadnione obawy, że korzystają z wymienionych urządzeń. Biorąc pod uwagę wiek respondentów, sytuacje takie nie powinny mieć miejsca.

Kolejnym obszarem zainteresowania były relacje uczniów z osobami obcymi (bez obecności dorosłych opiekunów/rodziców) zarówno w życiu codziennym, jak i podczas surfowania w sieci.

Tab. 5. Właściwe zachowania w kontaktach z osobami obcymi w opinii uczniów (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
nie wpuszczam obcych do domu	83
biorę słodycze, którymi mnie częstują	4
podaję adres zamieszkania	4
nie udzielam żadnych informacji	87
przyjmuję propozycje obcej osoby	0

Na pytanie o to, jakie są właściwe zachowania w kontaktach z osobami obcymi, 87% badanych uczniów szkoły podstawowej odpowiedziało, że nie udzielają obcym żadnych informacji, natomiast 83% nie wpuszcza nikogo obcego do domu. Żaden z uczniów, jak deklarują badani, nie przyjmuje propozycji od obcych osób, niemal wszyscy nie biorą słodyczy od obcych i niemal wszyscy nie podają swojego adresu zamieszkania. Niepokojący jest fakt, że 17% respondentów nie zaznaczyło odpowiedzi dotyczącej wpuszczania obcych do domu podczas nieobecności dorosłych. Należałoby podjąć działania edukacyjne, aby 100% ankietowanych udzieliło poprawnej odpowiedzi.

Tab. 6. Częstotliwość sytuacji podczas surfowania w internecie, gdy ktoś, wbrew woli ucznia, próbował usilnie z nim rozmawiać

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
nigdy	61
raz lub dwa	39
kilka razy	0
wiele razy	0

Tab. 7. Częstotliwość sytuacji w ciągu ostatniego roku, gdy podczas surfowania w internecie, ktoś wbrew woli ucznia próbował się z nim umówić

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
nigdy	83
raz lub dwa	13
kilka razy	4
wiele razy	0

Tab. 8. Spotkania z osobami poznanymi w sieci

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
tak, wiele razy	0
tak, kilka razy	0
tak, tylko raz	9
nigdy	91

Tab. 9. Informacje podawanie przez internet (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
adres e-mail	39
adres zamieszkania	0
numer telefonu	17
zdjęcie	57
żadne z powyższych	30

Na pytanie o to, czy zdarzyło się uczniom szkoły podstawowej, że podczas surfowania w internecie, ktoś, wbrew ich woli, próbował z nimi usilnie rozmawiać 61% odpowiedziało, że nigdy taka sytuacja nie miała miejsca. Pozostałe 39% stwierdziło, że zdarzyło się to raz lub dwa. 83% uczniów odpowiedziało, że w ciągu ostatniego roku nie było sytuacji, że podczas surfowania w internecie, ktoś wbrew ich woli próbował się z nimi umówić na spotkanie. 13% uczniów zaznaczyło, że taka sytuacja zdarzyła się raz lub dwa. 91% uczniów szkoły podstawowej nigdy, jak deklarują, nie umówiło się z osobą poznaną w sieci, natomiast 9% odpowiedziało, że sytuacja taka miała miejsce raz. 30% ankietowanych deklaruje, że nie podaje żadnych informacji w sieci. 57% uczniów zamieściło w internecie zdjęcia, 39% podało swój adres e-mail, natomiast 17% podało numer telefonu. Uczniowie, bardzo świadomie, nie podają swojego adresu zamieszkania w internecie.

Uzyskane wyniki, z jednej strony wskazują na dużą wiedzę w tym obszarze, jednakże w dobie obecnie szerzącej się przestępczości z wykorzystaniem internetu, niepokojący jest odsetek badanych, którzy nie widzą przeciwwskazań, aby np. umówić się z nieznanym, poznanym w sieci. Należy zdecydowanie uczyć dzieci na takie sytuacje i uczyć je prawidłowych zachowań.

Tab. 10. Częstotliwość noszenia elementów odblaskowych przez uczniów

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
tak, zawsze	22
tylko czasami	61
nie	17

Tab. 11. Wiedza uczniów na temat tego, czy można grać w piłkę na ulicy

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
nie można grać	68
można grać, gdy rodzice patrzą	10
można grać, gdy nie jeżdżą po niej samochody	22

Badano również zachowania uczniów w życiu codziennym, sprawdzono częstotliwość noszenia elementów odblaskowych (tab.10), 61% ankietowanych stwierdziło, że nosi je tylko czasami, 17% nie nosi w ogóle, a noszenie zawsze zadeklarowało 22%. Uzyskane wyniki wskazują na małą popularność takich środków, tłumaczyć wyniki może fakt, że ankietowane dzieci mieszkały w mieście, gdzie znaczenie takiego zabezpieczenia jest mniejsze niż w środowisku wiejskim.

Na pytanie dotyczące, tego czy można grać w piłkę na ulicy (tab.11) 22% udzieliło zaskakującej odpowiedzi, że można, gdy nie jeżdżą po niej samochody, a 10% że można, gdy patrzą rodzice. Ta ostatnia odpowiedź, sugeruje, że takie zachowania mają miejsce w życiu codziennym i są akceptowane przez rodziców ankietowanych.

Wszyscy ankietowani (100%) wykazało się znajomością telefonów alarmowych, co jest bardzo dobrym wynikiem i potwierdza skuteczność nauczania w tym obszarze.

Uczniowie zapytani, jakich informacji powinni udzielić, powiadamiając dyspozytora pogotowia ratunkowego o wypadku, którego są świadkami odpowiedzieli (100%), że należy podać miejsce, gdzie się znajdują, 70% stwierdziło, że ważną informacją jest także to, ile jest osób poszkodowanych, natomiast na trzecim miejscu znalazła się odpowiedź, że należy podać, kto jest poszkodowany – tak stwierdziło 57% uczniów.

Tab. 12. Najważniejsze informacje, jakie w opinii uczniów szkoły podstawowej, należy podać podczas powiadamiania dyspozytora pogotowia ratunkowego, znajdując się na miejscu wypadku (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
gdzie się znajduję	100
kto jest poszkodowany	57
czy podjęte są czynności ratunkowe	4
jak się nazywam	39
ile jest osób poszkodowanych	70
jakich urazów doznali poszkodowani	22
z jakiego numeru dzwonię	0

W celu stwierdzenia, czy nauczanie o bezpieczeństwie wyrabia odpowiednio nawyki zapytano uczniów, czy byli świadkami zdarzenia, w którym należało pomóc poszkodowanemu i czy poradzili sobie w takiej sytuacji. 5 ankietowanych przyznało, że było w takiej sytuacji, 1 osoba, nie miała problemu z prawidłowym zachowaniem, potrafiła pomóc poszkodowanej osobie, pozostali respondenci (4 osoby) albo nie wiedzieli (lub byli niepewni), co zrobić, albo stres zupełnie ich sparaliżował.

Tab.13. Samoocena ankietowanych, dotycząca zachowania się w sytuacji kryzysowej

Odpowiedź	Liczba osób
tak, potrafiłem (am) w pełni pomóc poszkodowanemu	1
nie byłem(am) pewny(a) jak należy się zachować	2
nie wiedziałem(am) co zrobić	1
wiedziałem(am) co zrobić, ale strach mnie zupełnie sparaliżował	1

Uzyskane wyniki wskazują, że w trakcie nauczania, należy zwrócić większą uwagę na wyrabianie nawyków w zachowaniu, aby stres nie wpływał na działanie ratującego. Należy jednak wziąć pod uwagę, że wyniki te pochodzą od uczniów szkoły podstawowej, czyli osób w wieku 11–13 lat.

Analiza skuteczności nauczania o bezpieczeństwie w gimnazjum

Uczniowie gimnazjum to kolejna grupa poddana badaniom ankietowym. Wiek respondentów sugeruje, że korzystają oni często z portali społecznościowych, co sprzyja nawiązywaniu nowych znajomości.

Tab. 14. Częstotliwość rozmawiania/pisania z obcymi osobami przez internet

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
bardzo często	11
często	15
rzadko	56
nigdy	18

Otrzymane wyniki wskazują, że z różną częstotliwością, ale z osobami nieznanymi rozmawiało 82% badanych gimnazjalistów. Jest to obecnie bardzo częste zjawisko wśród młodzieży, przy czym 63% zadeklarowało, że nikt nigdy nie próbował nawiązać z nimi kontaktu wbrew ich woli, 37% że zdarza się to rzadko (tab.15) w związku z tym, można wysnuć wniosek, że w większości przypadków kontakty te są dobrowolne, inicjowane np. podczas gry on-line.

Tab. 15. Częstotliwość sytuacji podczas surfowania w internecie, w trakcie których ktoś wbrew woli ucznia próbował nawiązać z nim kontakt

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
bardzo często	0
często	0
rzadko	37
nigdy	63

Tab. 16. Spotkania uczniów gimnazjum z osobami poznanymi przez internet

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
tak, wiele razy	4
tak, kilka razy	7
tak, tylko raz	15
nigdy	74

Do bezpośredniego spotkania z osobą poznaną przez internet przyznało się 26% badanych, przy czym do wielokrotnego 4%, 74% nie podjęło takiego ryzyka.

Sprawdzono jakie informacje są skłonni przekazywać przez internet gimnazjaliści (tab.17).

Tab. 17. Podawanie informacji przez internet przez uczniów gimnazjum (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
adres e-mail	18
adres zamieszkania	4
numer telefonu	15
zdjęcie	33
żadne z powyższych	52

Ponad połowa ankietowanych zachowuje ostrożność i nie ujawnia swojego wizerunku, adresu zamieszkania czy adresu e-mail, 33% deklaruje, że umieszcza swoje zdjęcia w internecie, 18% podało swój adres e-mail, 15% numer telefonu. Łącząc to z poprzednimi danymi, rysuje się dość niepokojący obraz i nasuwa się wniosek, że zagadnienia związane z bezpieczeństwem w sieci powinny być częściej poruszane zarówno w szkole, jak i w domu.

Jednym z obszarów wiedzy poruszanych na lekcjach EDB są zagadnienia związane z udzielaniem pierwszej pomocy, w tym te dotyczące resuscytacji. Zapytano gimnazjalistów o to, ile oddechów i ile uciśnień klatki piersiowej trzeba wykonać podczas resuscytacji krążeniowo-oddechowej.

Tab. 18. Wiedza uczniów szkoły gimnazjalnej na temat tego, ile oddechów i ile uciśnień klatki piersiowej trzeba wykonać podczas resuscytacji krążeniowo-oddechowej

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
30 uciśnień / 2 oddechy	96
1 oddech / 5 uciśnień	0
40 uciśnień / 4 oddechy	0
2 oddechy / 20 uciśnień	4

Należy stwierdzić, że edukacja w tym zakresie jest niezwykle skuteczna – 96% udzieliło poprawnej odpowiedzi, niewątpliwie na taki wynik składają się również kampanie społeczne: spoty reklamowe, plakaty czy instrukcje znajdujące się w miejscach publicznych.

Następne pytanie dotyczyło tego, czym jest wstrząs pourazowy (tab.19). Z udzielonych przez uczniów odpowiedzi wynika, że według 55% jest to reakcja organizmu na uraz. Natomiast 33% uznało, że jest to utrata przytomności, a 30% że jest to uderzenie po upadku. Kolejne pytanie odnosiło się do tego, w jakiej pozycji należy ułożyć chorego nieprzytomnego z zachowanym oddechem i krążeniem. Na tak postawione pytanie 67% uczniów gimnazjum odpowiedziało prawidłowo, a mianowicie, że w pozycji bezpiecznej, 33% wybrało inną odpowiedź.

Tab. 19. Wiedza uczniów szkoły gimnazjalnej na temat tego, czym jest wstrząs pourazowy (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
reakcja organizmu na uraz	55
uderzenie po upadku	30
utrata przytomności	33

Tab. 20. Wiedza uczniów szkoły gimnazjalnej na temat tego, w jakiej pozycji należy ułożyć chorego nieprzytomnego z zachowanym oddechem i krążeniem

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
na wznak	7
przeciwwstrząsowej	7
czterokończynowej	19
bezpiecznej	67

Podobnie jak uczniom szkoły podstawowej, zadano gimnazjalistom pytanie, czy znajdowali się kiedykolwiek w sytuacji, w której należało udzielić pomocy osobie poszkodowanej. 9 osób potwierdziło, iż ma takie doświadczenia.

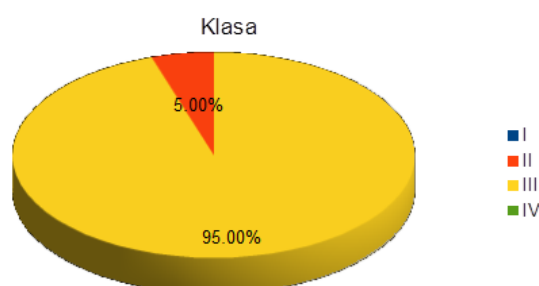
Tab. 21. Samoocena ankietowanych, dotycząca zachowania się w sytuacji kryzysowej

Odpowiedź	Liczba osób
tak, potrafiłem (am) w pełni pomóc poszkodowanemu	3
nie byłem(am) pewny(a) jak należy się zachować	2
nie wiedziałem(am) co zrobić	1
wiedziałem(am) co zrobić, ale strach mnie zupełnie sparaliżował	3

3 osoby potwierdziły, że potrafiły w pełni pomóc osobie poszkodowanej. Nie ma tu znaczącego postępu, dotyczącego wzrostu umiejętności zachowania się w sytuacji kryzysowej. Należałoby poszerzyć badania o analizę konkretnych przypadków, strukturę płci i wieku.

Analiza skuteczności nauczania o bezpieczeństwie w szkołach ponadgimnazjalnych

Szkoły ponadgimnazjalne to szkoły zasadnicze, technika i licea. Badani byli w 80% uczniami liceów, po 10% stanowili uczniowie szkół zasadniczych i techników.



Rys. 2. Klasa, do której uczęszczają uczniowie szkoły średniej

95% ankietowanych to uczniowie klasy 3, czyli ci, którzy zakończyli już naukę przedmiotu EDB. Wszyscy respondenci potwierdzili, że zagadnienia związane z bezpieczeństwem poruszane są w szkołach, przy czym, 81 % wskazało, że szczególnie nacisk kładziony jest na przygotowanie do działań ratowniczych w sytuacji zagrożenia, 52% zwróciło uwagę na szkolenia z zakresu pierwszej pomocy.

Tab. 22. Zagadnienia poruszane w szkole (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
Zagadnienia dotyczące samoobrony i ochrony cywilnej lub/i znajomości struktury obronności państwa	19
przygotowanie do działania ratowniczego lub/i przygotowanie do sytuacji zagrożenia	81
nabycie umiejętności udzielania pierwszej pomocy lub/i opanowanie zasad pierwszej pomocy	52

Ponadto 76% odpowiedziało, że wiedza taka była im przekazywana w szkole gimnazjalnej, a 38% spotkało się z elementami edukacji z zakresu

bezpieczeństwa w szkole podstawowej. W związku z powyższym wśród badanych nie było uczniów, którzy podczas swojej edukacji szkolnej nie spotkali się z zagadnieniami dotyczącymi bezpieczeństwa.

Odnosząc się do obowiązującej podstawy programowej, zadano uczniom pytania dotyczące ich zachowań podczas surfowania po internecie (tab. 23–26), z zakresu pierwszej pomocy (tab. 27–31) oraz umiejętności zachowania się w sytuacjach kryzysowych (tab. 32–35).

Tab. 23. Struktura badanych ze względu na to, czy często zdarza im się rozmawiać/pisać z obcymi przez internet

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
bardzo często	14
często	14
rzadko	62
nigdy	10

Tab. 24. Struktura badanych ze względu na to, czy zdarza im się, będąc na czacie w internecie, że ktoś wbrew ich woli próbuje nawiązać z nimi kontakt

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
bardzo często	0
często	19
rzadko	62
nigdy	19

Tab. 25. Struktura badanych ze względu na to, czy zdarzyło im się spotkać z osobą poznaną przez internet

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
tak, wiele razy	15
tak, kilka razy	19
tak, tylko raz	33
nigdy	33

Tab. 26. Struktura badanych ze względu na to, jakie prywatne informacje podawali przez internet (wykluczając dane podawane w trakcie zakupów)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
adres e-mail	48
adres zamieszkania	5
numer telefonu	57
zdjęcie	62
żadne z powyższych	14

Z uzyskanych danych wynika, że 90% badanej młodzieży rozmawiało, bądź pisało przez internet z osobami obcymi, przy czym częstotliwość takich kontaktów jest różna – 62% zadeklarowało, że robi to rzadko, 14% często lub bardzo często. Przy tym pytaniu nie określono, po czyjej stronie leżała inicjatywa takiej rozmowy, należy założyć, że mogła ona również leżeć po stronie respondentów. 19% uczniów stwierdziło, że nigdy nie znalazło się w sytuacji, w której ktoś usilnie, wbrew ich woli, próbował nawiązać z nimi kontakt, zatem 81% w takiej sytuacji się znalazło, co jest wielkością niepokojącą. 19% określiło, że zdarza się to często, 62% że rzadko. 67% ankietowanych spotkało się z osobami poznanymi przez internet, a 15% zadeklarowało, że uczyniło to wielokrotnie. Jak wynika z ankiety, tylko 14% nie podaje żadnych informacji przez internet. Pozostali podają różne informacje na swój temat: 62% – zdjęcie, 57% – numer telefonu, 48% – adres email, 5% – adres zamieszkania.

Uzyskane dane wskazują, że młodzież czuje się swobodnie w kontaktach z obcymi osobami poznanymi przez internet, w związku z tym należy położyć większy nacisk w trakcie nauczania na zachowanie większej ostrożności.

Kolejna grupa pytań związana była z działaniami podejmowanymi w ramach pierwszej pomocy przedmedycznej (tab. 27–33).

Tab. 27. Wiedza uczniów szkoły średniej na temat tego, jak należy sprawdzić stan przytomności poszkodowanego (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
obserwując czy się nie rusza	19
podchodząc blisko, głośno pytając czy słyszy, potrącając za rękę	86
obserwując czy otwiera oczy	10
sprawdzając czy odpowie na pytanie	14

Tab. 28. Wiedza uczniów szkoły średniej na temat tego, jakie są ogniwa łańcucha przeżycia

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
wczesna reakcja, wczesna resuscytacja, wczesna defibrylacja, wczesna opieka medyczna	90
wczesna resuscytacja, wczesna reakcja, wczesna opieka medyczna, wczesna defibrylacja	5
wczesna defibrylacja, wczesna opieka medyczna, wczesna reakcja, wczesna resuscytacja	0
wczesna opieka medyczna, wczesna reakcja, wczesna resuscytacja, wczesna defibrylacja	5

Tab. 29. Wiedza uczniów szkoły średniej na temat tego, kiedy należy rozpocząć resuscytację krążeniowo-oddechową (RKO) u nieprzytomnego człowieka

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
gdy przestanie oddychać	81
gdy nie wyczuwamy tętna na tętnicy promieniowej	0
gdy nie oddycha i po stwierdzeniu braku tętna na tętnicy szyjnej	14
gdy oddech jest już słaby, niewydolny	5

Tab. 30. Wiedza uczniów szkoły średniej na temat tego, ile oddechów i ile uciśnieć klatki piersiowej trzeba wykonać podczas resuscytacji krążeniowo-oddechowej

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
30 uciśnieć / 2 oddechy	100
1 oddech / 5 uciśnieć	0
40 uciśnieć / 4 oddechy	0
2 oddechy / 20 uciśnieć	0

Tab. 31. Wiedza uczniów szkoły średniej na temat tego, jaka powinna być prawidłowa częstotliwość ucisków klatki piersiowej wykonywanych podczas 1 minuty

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
60–80 ucisków / minutę	48
100–120 ucisków / minutę	52
130–150 ucisków / minutę	0
powyżej 150 ucisków / minutę	0

Na pytanie dotyczące metod sprawdzania stanu przytomności poszkodowanego, 86% ankietowanych udzieliło prawidłowej odpowiedzi, że należy to uczynić podchodząc blisko, głośno pytając, czy słyszy, potrącając za rękę. Następne pytanie miało na celu weryfikację wiedzy uczniów szkoły średniej na temat tego, jakie są ogniwa łańcucha przeżycia. Jak wskazują dane, 90% uczniów wiedziało, czym jest łańcuch przeżycia i wskazało prawidłową kolejność, czyli: wczesna reakcja, wczesna resuscytacja, wczesna defibrylacja, wczesna opieka medyczna. Zapytano również o to, kiedy należy rozpocząć resuscytację krążeniowo-oddechową (RKO) u nieprzytomnego człowieka. Na to pytanie 81% ankietowanych odpowiedziało, że należy to zrobić, gdy człowiek przestanie oddychać. Z kolei według 14% – gdy nie oddycha i po stwierdzeniu braku tętna na tętnicy szyjnej. Ponieważ ocena obecności tętna na tętnicy szyjnej może sprawiać trudności, użycie tej metody – jako uzupełniającej – jest zarezerwowane wyłącznie dla osób z wykształceniem medycznym.

52% badanych, podało prawidłową odpowiedź dotyczącą ilości ucisków klatki piersiowej (100–120/min) ale 48% podało wartość zaniżoną (60–80/min).

Tab. 32. Wiedza uczniów szkoły średniej na temat tego, czym jest wstrząs pourazowy

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
reakcja organizmu na uraz	100
uderzenie po upadku	0
utrata przytomności	0

Tab. 33. Najważniejsze informacje, jakie w opinii uczniów szkoły średniej należy podać podczas powiadamiania dyspozytora pogotowia ratunkowego, znajdując się na miejscu wypadku (pytanie wielokrotnego wyboru)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
gdzie się znajduję	100
kto jest poszkodowany	2
czy podjęte są czynności ratunkowe	25
jak się nazywam	10
ile jest osób poszkodowanych	95
jakich urazów doznali poszkodowani	60
z jakiego numeru dzwonię	0

Tab. 34. Wiedza uczniów szkoły średniej na temat tego, do kogo należy obowiązek prawny udzielenia pierwszej pomocy na miejscu zdarzenia (wypadku)

Odpowiedź	Liczba odpowiedzi [%]
do osób posiadających odpowiednie przeszkolenie	0
do wykwalifikowanych służb ratowniczych	5
do każdego świadka takiego zdarzenia	95

Uczniowie szkoły średniej nie mieli już problemu z określeniem, w jakiej sytuacji może pojawić się wstrząs pourazowy – 100% ankietowanych udzieliło prawidłowej odpowiedzi – oraz zdawali sobie sprawę, że pomocy poszkodowanemu ma obowiązek udzielić każdy świadek takiego zdarzenia. Uczniowie wiedzą również, jakie najważniejsze informacje należy przekazać dyspozytorowi pogotowia, powiadamiając go o wypadku, chociaż pojawiają się rozbieżności dotyczące szczegółów. Należy jednak pamiętać, iż dyspozytorzy doskonale wiedzą, jakie pytania zadać, aby uzyskać niezbędne informacje.

W celu sprawdzenia, czy uczniowie potrafią zastosować posiadaną wiedzę w działaniach praktycznych, zapytano, czy ankietowani znaleźli się w sytuacji, w której musieli udzielić pierwszej pomocy. 4 osoby potwierdziły takie zdarzenie z ich udziałem, przy czym 2 z nich oceniły, że nie były pewne, jak się zachować, a 2 pomimo wiedzy sparaliżował strach.

Tab. 35. Struktura badanych uczniów szkoły średniej ze względu na to, czy będąc w sytuacji kryzysowej potrafili pomóc poszkodowanej osobie

Odpowiedź	Liczba
tak, potrafiłem (am) w pełni pomóc poszkodowanemu	0
nie byłem(am) pewny(a) jak należy się zachować	2
nie wiedziałem(am) co zrobić	0
wiedziałem(am) co zrobić, ale strach mnie zupełnie sparaliżował	2

Podsumowanie

Celem nauczania o bezpieczeństwie jest nie tylko przekazanie wiedzy teoretycznej, ale także wykształcenie nawyków pozwalających na odpowiednie zachowanie w sytuacjach kryzysowych, które wywołują duży stres wśród uczestników i świadków zdarzenia.

Przeprowadzone badania pozwoliły na weryfikację wiedzy uczniów z zakresu bezpieczeństwa i pozwalają stwierdzić, że uczniowie nie mają problemu z przyswojeniem teoretycznej wiedzy na ten temat. Wiedza uczniów jest zgodna z podstawą programową na danym poziomie nauczania. Z przeprowadzonych badań wynika jednak, iż mimo poznanej teorii z zakresu bezpieczeństwa, większość uczniów ma problem z wykorzystaniem jej w praktyce, gdy rzeczywiście zaistnieje sytuacja zagrożenia czyjeś życie lub zdrowia. Należy wprowadzić więcej ćwiczeń praktycznych, symulacji działań z osobami poszkodowanymi, aby niewątpliwie towarzyszący takim sytuacjom stres, nie wpływał na szybkość podejmowanych decyzji i skuteczność udzielanej pomocy.

Obszarem, na który należy zwrócić większą uwagę, zarówno ze strony szkoły, jak i rodziców, jest bezpieczeństwo w internecie. Im starsi byli ankietowani, tym ich poczucie bezpieczeństwa było większe i w związku z tym rósł również poziom podejmowanego ryzyka. Kontakty z przypadkowymi osobami były częstsze, również te przenoszone do świata realnego. Oczywiście nie należy budować wśród młodzieży poczucia zagrożenia, ale sugerować zachowanie ostrożności i pokazywać możliwe zagrożenia, z jakimi mogą się zetknąć.

Niebezpieczeństwo i zagrożenie są nieustannym towarzyszem życia ludzi, bez względu na wiek. We współczesnym świecie, obfitującym w wiele potencjalnych możliwości wypadkowych, istotnym aspektem staje się więc upowszechnianie wiedzy na temat bezpieczeństwa i taką rolę pełni szkoła, ale także prasa, telewizja czy tak chętnie odwiedzane przez młodzież portale spo-

łecznościowe. Analizując uzyskane wyniki, można wysnuć wniosek, że wprowadzony do szkół w 2009 r. przedmiot EDB, spełnia nakładane na niego cele.

Literatura

- [1] Kołodziejczyk K., Człowiek – centrum rozważań o bezpieczeństwie, [w:] *Przedsiębiorczość i Zarządzanie – zarządzanie bezpieczeństwem narodowym*, t. 10, z. 3, Łódź 2009, s. 121–132.
- [2] Kruszko K., *Pedagogiczne aspekty bezpieczeństwa dzieci w wieku wczesnoszkolnym*, Lublin WUMCS, 2010, s.11.
- [3] Guz S., Andrzejewska J.(red), *Edukacja wobec zagrożeń rozwoju i bezpieczeństwa dzieci*, red., WUMCS, Lublin 2008, s. 7.
- [4] Furmanek W., *Edukacja wobec problemów bezpieczeństwa człowieka*, [w:] W. Kojs, E. Rostańska, K. Wójcik, *Edukacja i bezpieczeństwo w dobie globalizacji*, Dąbrowa Górnicza 2016, s. 37.
- [5] Klimek K., *Aksjologiczne i teleologiczne aspekty „edukacji dla bezpieczeństwa” w szkole*, [w:] *Studia Dydaktyczne* 26, 2014.
- [6] <https://men.gov.pl/wp-content/uploads/2016/11/podstawa-programowa-przedmiotu-edukacja-dla-bezpieczenstwa> (data dostępu 1.06.2018).
- [7] M. Rybakowski, *Edukacja dla bezpieczeństwa – nowe wyzwania i potrzeby*, [w:] M. Rybakowski (red.), *Edukacja. Praca. Bezpieczeństwo*, Oficyna Wyd. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2009, s. 11.



Jozef Meteňko, Milan Marcinek

Academy of Police Forces in Bratislava

Head Criminalistics and Forensic Science Department

Sklabinská 1, 835 17 Bratislava, Slovak Republic

HYDRAULIC RESCUE EQUIPMENT FOR FIREFIGHTERS

Abstract. Authors deal with the topic relating to use of hydraulic extrication tools while technical interventions. They characterize the individual technical items used during extrication. They characterize material and technical equipment of rescue units emphasizing the need of systematic approach to any emergency situation relating to extrication of persons.

Keywords: Hydraulic extrication tool, hydraulic spreader/expander, hydraulic cutter, hydraulic elevating ram jacks, power unit, emergency situation, material and technical equipage.

HYDRAULICZNE WYPOSAŻENIE RATUNKOWE DLA STRAŻY POŻARNYCH

Streszczenie. Autor zajmuje się zastosowaniem narzędzi do wyciągania hydraulicznego w interwencjach technicznych w zakresie ratowania osób i bliżej charakteryzuje poszczególne elementy techniczne wykorzystywanych urządzeń ratowniczych. Charakteryzuje wyposażenie techniczne odpowiednich jednostek i podkreśla potrzebę systematycznego rozwiązywania każdej nadzwyczajnej sytuacji awaryjnej związanej z wydobywaniem osób.

Słowa kluczowe: narzędzie do wyciągania hydraulicznego, rozsiewacz hydrauliczny/ekspander, przecinak hydrauliczny, podnośnik hydrauliczny, jednostka napędowa, sytuacja awaryjna, materiał i wyposażenie techniczne.

There is an urgent need for modern, economical stronger and faster vehicles. This is a challenge to be bear with a modern epoch not only for rescuers but also for used extrication equipment. Demandingness of rescue activities is thus more difficult and demanding annually. Rescue activities are complicated by new automobile vehicles which are manufactured. Intervening units must overcome laminated glazing, high strong steel reinforcement that is able to cause damage or even eliminate hydraulic tools from operation.

Safety has become one of the most demanding features. It has become more complex system. There are widely discussed topics between men and machines. Among them there are especially accident simulation tests, vehicle interior design and body, as well as the occupational and pedestrian protection, accident avoidance scenarios, injury mitigation, legislation and technology changes.

Legal regulations and standards concerning the use of extrication equipment

Some of the regulations only partly pay attention to the theme, which aims at Fire and Rescue Service in general. Other regulations, on the contrary, deal with it and are closely specialized in it. There are especially the Minister of Interior's Order and the President of Fire and Rescue Service's Directions.

- Act No. 314/2001 Coll., on protection against fire as amended
- Act No. 315/2001 Coll., on Fire and Rescue Service
- Act No. 8/2009 Coll., on Road Traffic Act
- Act No. 124/2006 Coll. on Occupational Safety and Health and amending and modifying some Acts
- Act No. 264/1999 Coll., on technical requirements and reviewing accordance
- Decree of the Ministry of Interior of the Slovak Republic No. 611/2006 Coll. on firefighting units
- Decree of the Ministry of Interior of the Slovak Republic No. 162/2006 Coll. on firefighting technique and equipment characteristics and on particular conditions of operation and securing regular check thereof.
- Regulation of the Ministry of Interior of the Slovak Republic No. 26/2002 Coll. Slovakia.
- Directions of the President of Fire and rescue Service No. 20/2007, on the tactical and methodical practices of rescue service performance
- Directions of the President of Fire and rescue Service No. 31/2005, on technical and tactical parameters and on Fire and Rescue Service vehicle technical equipment

Among all the above mentioned legal regulations, it is important to mention the Regulation of the Ministry of Interior of the Slovak Republic no. 26/2002 Coll. Slovakia which specifies the requirements for safe work with extrication equipment or Decree of the Ministry of Interior of the Slovak Republic No. 611/2006 Coll. on firefighting units which defines the means of Fire and Rescue Service and requirements for their usage. Directions of the President of Fire and rescue Service No. 31/2005 on technical and tactical parameters of the Fire and Rescue Service.

European standard EN 13204:2004 "Double acting hydraulic rescue tools for fire and rescue service use. Safety and performance requirements". This standard involves fire-fighting equipment, rescue equipment, cutting tools, hydraulic equipment, hydraulically powered equipment, hazards, equipment safety, safety measures, testing of performance characteristics, checks, emergency equipment, risk assessment, operation and maintenance. This standard is used also by manufacturers. These requirements should reflect any changes relating with vehicle development. It is also used by manufacturers of hydraulic extrication equipment.

Technical description of hydraulic equipment

Subject of new vehicle construction are mainly new deformation zones in the front vehicle part in case of frontal impact. Restraint rods against side-on impact are located in side vehicle doors. At the frontal impact, the size and system of wheels and engine deviation are important for protection of lower limbs of transported persons. There has been a discussion on high alloy steel for bodywork frames and on Titanium steel or reinforcement of the most important bodywork parts (pillars) by so-called steel strip which cannot be cut by hydraulic extrication equipment produced before 2002.

Each automobile production has own designing studios where safety engineers design bodyworks consisting of extremely hard safety frame that is understood as a safe area for travelers and that is surrounding by deformation zones capturing impact energy. Deformation zones absorbing impact energy help to minimize unwanted impact consequences. Side-on deformation zones located between outer door panel and inner cladding disperse impact energy on large area while shockproof stiffeners are intended for danger minimalization in case of side impact.

Creation and development of extrication equipment was connected with development of automobile industry and transport. It was just an increasing vehicle number as well as strengthened transport on transporting roads that brought also increasing number of accidents and injured persons. New technologies and materials development directly was connected with increasing of

speed and performance of transporting vehicles what besides clear advantages had also effect on accidents seriousness.¹

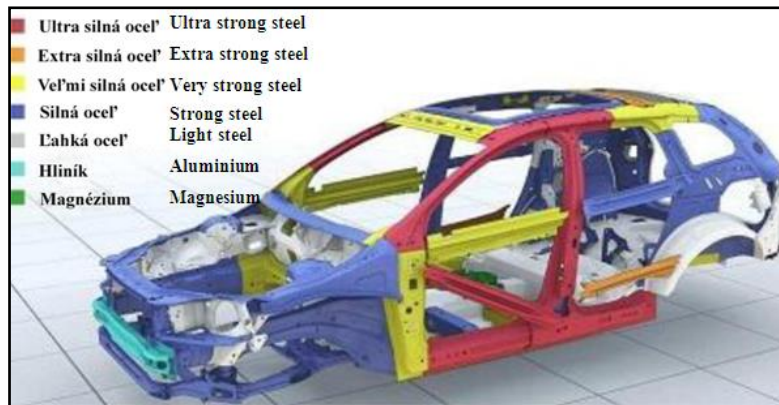


Fig.1. Volvo SX60 vehicle material production

The important fact is that relatively large percentage of all traffic accidents number is caused by lorries. It is necessary to take into account that mass and size of the vehicle has a great effect on traffic accident seriousness and consequences. Also development of highway and whole road network where increased traffic velocity as well as traffic density lead to many traffic accidents. It is necessary to mention also several railway accidents and crashes of vehicles and trains. All of these mentioned factors lead to the fact that many injured persons were captured in crashed transport means and it was necessary to extricate them as soon as possible.² Due to increased number and seriousness of traffic accidents, it was necessary to increase technical equipage, and speed and flexibility of responding members of firefighting and rescue units. Solution was represented in progressive putting in place of special extrication equipment required mostly at traffic accident response into the Fire and Rescue Corps units' equipage.

Extrication equipment is a significant technical tool required at traffic accident involving injured persons. Use of extrication equipment significantly shortens time for reaching victims in a crashed vehicle what fastens first aid rendering. Technical tools intended for direct extrication of persons can be classified in three basic groups:

- Hydraulic extrication equipment;

¹ Marcinek M., *Correlation of tested parameters of hydraulic cutters at cutting pillars of selected personal vehicles within technical interventions*, Zvolen: Technical university in Zvolen, 2012, p. 167.

² Marcinek M., *Simulation of crisis situations of the national and international crisis management as a support for crisis managers' education*, Žilina: FSI ŽU, 2011, p. 117.

- Pneumatic extrication equipment;
- Mechanic extrication equipment.

Hydraulic extrication equipment

Hydraulic extrication equipment represents the most significant part of the equipage of responding Fire and Rescue Corps units. Its force operational ranges and mutual compatibility of individual items allow large use as regards extrication of captured persons. It can be divided into several parts that together assembly one unit.

Power unit

Engine power unit serves as a source for pressure energy production. It consists of:

- Hydraulic pump
- Loading frame
- Safety valve
- Tank for hydraulic oil
- Manifold distribution valves

Hydraulic piston radial two-stage pump creates in the hydraulic circuit a pressure 1.5 MPa at the first stage and 72 MPa in the second stage.

Power units are divided according to number of pressure outlets to the one-branch power units and the two-branch ones that can supply a power for:

- one tool /STO - Single Tool Operation/
- two tools simultaneously /MTO - Multiple Tool Operation/
- two tools alternatively /ATO – Alternative Tool Operation/

Another possible division way is according to engine powering:

- powered by combustion engine
- powered by electric engine.

For better handling with power units, a hose reel is installed as a part thereof with two pairs of 20 m high pressure hoses with quick action couplings or single hose line. The hose reel can be operated independently but also with pressured hoses. It can be affirmed on the side or front frame wall of the power unit. The disadvantage is an increasing mass of the power unit. Individual powering possibilities have their advantages and disadvantages. In a case of distance longer than the hose length, the power unit can be taken off and located closer to an accident site; while the electric powering, which supplies a continuous power, has an operation radius from the electric power source limited by sum of pressure hoses length and electric cable length.

Table 1. Technical data of power units

Aggregate	E 330 L	V 330	V 40 Silent	V 50 Turbo
Motor	Electric motor 220V/50Hz	four-stroke petrol engine	four-stroke petrol engine	four-stroke petrol engine
Oil volume	2 l	2 l	2 l	4 l
Output power	0.5 kW	1.3 kW	1 kW	2.6 kW
Operation pressure	630 / 700 bar	630 / 700 bar	630 / 700 bar	630 / 700 bar
EN - class	STO	STO	ATO	MTO
Mass	19 kg	18 kg	24 kg	28 kg

Pressure hoses and hose reel

They serve for pressure energy transport from engine unit to an adapter of extrication equipment. One or two pairs of 20 m pressure hoses distinguished by colours are assembled to the hose reel. One hose from the pair always supplies oil to the working part of the extrication equipment and the second one this oil takes off. Another possibility is a pressure energy distribution by one hose line. For connecting pressure hoses are used quick action couplings with safety locking.

Hydraulic spreader

It serves for expansion, opening door deformed at traffic accident, squeezing of frame pillars and their removing, lifting the loads and for approach. Chain parts with quick action couplings significantly spreading use of hydraulic spreader tool are important accessories. They are divided according to force magnitude by which they act on spreading path.

Table 2. Technical data of spreading tools

Spreader	SP 35	SP 40	SP 60	SP 80
Spreading force	42 – 93 KN	48 – 118 KN	68 – 245 KN	90 – 470 KN
Tensile force	38 KN	48 KN	77 KN	105 KN
Spreading	615 mm	710 mm	815 mm	620 mm
Mass	17.7 kg	19.4 kg	24.9 kg	25 kg
EN- class	AS 35	LHS 40	BS 63/810-25	CS 87/600-25

Hydraulic cutter

Hydraulic cutter is intended exclusively for cutting and separating of bodywork parts, e.g. roof using cutting blades. It can be used for flat or profiled section materials. They cannot be used for axles, leaf springs, or steering wheel where cutter damage threats. Hydraulic cutters are divided according to power and maximal opening of cutting blades.

Table 3. Technical data of hydraulic cutters

Cutters	S 140	S 180	S 260	S 270	RS 165	RS-170
Opening	140 mm	180 mm	260 mm	270 mm	165 mm	170 mm
Maximal round bar diameter	Ø 22 mm	Ø 30 mm	Ø 32 mm	Ø 36 mm	Ø 36 mm	Ø 43 mm
Mass	9,1 kg	13,5 kg	14,9 kg	17,4 kg	16,8 kg	18,9 kg
EN - class	D	G	H	H	BC-165-F	BC 170-H

Hydraulic combined tool

It is a combination of hydraulic cutter and hydraulic spreader in a one tool. It can be used for spreading, cutting, squeezing, elevating and approaching. Special cutting knives are equipped with blades enabling cutting metal sheets as well as profiled materials.³ When using combined tools, a combination with chain harness or spreader adapter is possible. They are divided according to performance (Table 4) and power unit – with engine or mechanical power energy.

Table 4. Technical data of combined tools

Combined tool	HANDVARIO SPS 250 H	VARIO SPS 330	VARIO.SPS 400
Opening	250 mm	330 mm	425 mm
Opening force	40–83 KN	36–90 KN	48–726 KN
Tensile force	–	32 KN	58 KN
Maximal round bar diameter	Ø 22 mm	Ø 25 mm	Ø 35 mm
Mass	10.4 kg	13 kg	18.5 kg
EN – class	–	F	H

³ Marcinek M., *Testing program according to principles for testing firefighters' accoutrement and armoury GUV 67.13 Hydraulic extrication equipment. Methodical guidelines for revision of WEBER HYDRAULIK equipment*, Praha: Generální ředitelství VPO, 2001, p. 42.

Hydraulic spreading ram jack

It serves for pushing off, supporting and pulling off construction parts or to enlarge openings created by hydraulic spreader or combined tool. When using terminal adapters together with chain harness and changeable footing, it is a suitable accessory to increase action ability of intervening rescuers.⁴ Spreading rams are divided according to working piston into double-acting (Table 5) and telescopic.

Table 5. Technical data of double acting rams

Spreading ram	RZ 1- 850	RZ 2-1250	RZ 3-1600
Pressure force	120 KN	120 KN	120 KN
Tensile force	23 KN	23 KN	23 KN
Initial length	530 mm	750 mm	1100 mm
Piston stroke	320 mm	500 mm	500 mm
Final length	850 mm	1250 mm	1600 mm
Mass	12.5 kg	16 kg	18.5 kg

Hydraulic pedal cutter

Extremely light and compact cutter intended for use in confined spaces as one-hand tool. It serves for removing pedal at foot capturing during traffic accident. They are divided according to cutting jaws size (Table 6).

Table 6. Technical data of pedal cutters

Pedal cutter	S 30	S 50
Width of jaws	33 mm	50 mm
Maximal round bar diameter	Ø 15 mm	Ø 16 mm
Mass	3.7 kg	4.5 kg

Hydraulic extrication equipment with electric-hydraulic power

Rescue extrication equipment with 12 V direct current integrated battery electric-hydraulic power has manifold use. Due to unchangeable performance when comparing with classically powered tools, they are flexible and have unlimited action radius. They do not consume many space, are quiet and ecological (Table 7).

⁴ Marcinek M., *Hydraulic extrication equipment*, Product catalogue WEBER HYDRAULIK for the Czech Republic and Slovak Republic. Praha: Generální ředitelství VPO, 2003, p. 12.

Table 7. Technical data of hydraulic extrication equipment with accumulator power

Tool	SP 35 A	S 140 A	SPS 330 A
Spreading force	34-170 KN	–	40-90 KN
Maximal round bar diameter	–	22 mm	25 mm
Tensile force	29 KN	–	32 KN
Maximal opening	615 mm	140 mm	330 mm
Tensile distance	530 mm	–	400 mm
Mass	22 kg	13,5 kg	17 kg

Hydraulic extrication equipment with mechanical power

They are hydraulic tools intended for special use or for efficiency increasing of used hydraulic extrication equipment; for example:

- set for opening door;
- set for stroking;
- manual hydraulic pump;
- manual combined tool.

Accessories of extrication equipment

Among technical tools used by the Fire and Rescue Corps units at traffic accidents belong not only equipment mentioned above but also tools that do not serve for direct extrication of persons from crashed vehicles.⁵ They are prevalently tools intended for protection responding rescuers as well as injured persons. They are:

- airbag arrester
- spring glazing breaker.
- set for work with glazing;
- saw for sawing glued safety glazing;
- technical tools for protection injured persons (blanket, tent canvas, etc.) enabling protection of injured persons against further injury that can be these persons be exposed during rescue activities; e.g. broken pieces and fragments, sharp edges, etc.;
- technical tools for stabilization of crashed vehicle (cascade prisms, struts, etc.) prohibiting further shakes of crashed vehicle that lead to worsening of health condition of injured persons;

⁵ Dworzecki J, *Prvky bezpečnostního systému v silniční dopravě*, Karlovy Vary: „Karlovarská právní revue“, 2011. No. 1, p. 129–144.

Comparison of times required for opening and closing of selected types of hydraulic cutters

Based on scientific research of this discussed topic, we can compare three individual types of hydraulic extrication equipment as regards working arms rate (Table 8). As shown on the Figure 2a) opening and closing times are different. It is connected with the angle φ (rad) that is calculated from adequate arm area. For closing time we can state that with decreasing φ (rad) value, the closing time increases.

Table 8. Comparison of times required for opening and closing of hydraulic cutters

Hydraulic cutter	opening time (s)	closing time (s)	φ (rad)	ω opening	ω closing
				(rad.s-1)	(rad.s-1)
Holmatro-3040 NCT	8,448	5,278	3,142	0,372	0,595
Holmatro-4035 GCP	7,258	5,682	2,047	0,282	0,360
Weber S-260	10,47	7,252	1,734	0,166	0,239

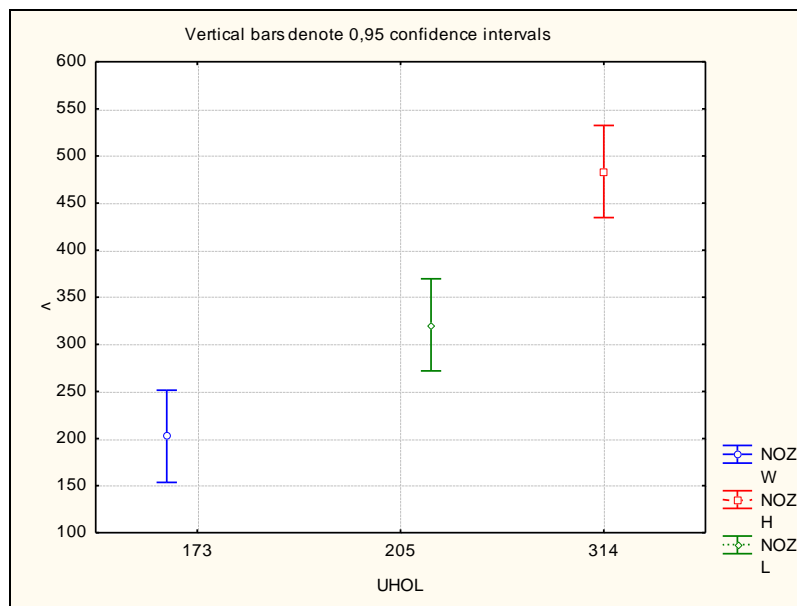


Fig. 2 Mutual comparison of studied parameters for hydraulic cutters

C) Graphical expression of 1-factor analysis of influence of hydraulic cutter angle on cutting speed. Legend: Angle 173 - W-S260, 205 - H-3040 and 314 - H-4035; v is speed (rad/s); and abbreviations: NOZ W – Weber S260, NOZ H Holmatro H-3040 NCT a NOZ L - Holmatro-4035 GCP.

Mutual comparison of opening and closing times of hydraulic cutters and calculated radial speed

Based on our measurements (Table 8) we can state that as regards opening time the fastest is testing model H-4035 CGP hydraulic cutter, followed by the H-3040 NCT type and the last one is the W-S 260 model. As regards closing times, the fastest is H-3040 NCT type tightly followed by the H-4035 CGP type, and the last one is the W-S 260 type. From the practical standpoint taking into account the cutter mass, as regards cutter mass and resulting physical exertion during work, the more favourable is H-4035 CGP cutter. During practical part of the experiment another positive point confirming this statement appeared- an advantage of one-hose H-4035 CGP cutter connection with power unit; while cutters H-3040 NCT and W-S 260 were connected by two-hose system. At the H-4035 CGP cutter type this connecting option was more suitable when comparing with the two-hose system as regards rescuers moving rate with the tool during cutting and cutter handling. The two-hose system used to get jammed, create loops and required greater attention at cutter moving and appeared relatively stiffly.

When taking into account also time required for connecting two quick action couplings compared with time for one H-4035 CGP coupling, we can state that cutter H-4035 CGP seems to be the most suitable from this practical comparison. To make clear the total quality of operation tested tools as regards ergonomics and on basis of gained practical experience during experiments carrying out we can judge also way of operating cutters. In this case we took into account FRC members' opinions and their statements based on practical situations from responses with hydraulic extrication equipment when ergonomically more suitable is to use tools of the H type. This way is much more suitable mostly at work and handling cutter above the shoulder height where operation is more convenient and less demanding than operation the W type cutter.

Summary

Rescue of involved persons trapped in vehicles at traffic accidents is a continuously developing topic.⁶ Every rescue response is specific and unique. The choice of rescue equipment and tools always depends on the intervention commander who is fully responsible for situation seriousness evaluation and

⁶ Dworzecki J., *Traffic in Poland. Diagnosis of safety components*, [In:] *Metodológia a metodika analýzy zdrojov ohrozenia vnútornej bezpečnosti SR*, Bratislava: Akadémia Policajného zboru, 2011, p. 66–74.

consequently for choice of rescue tools. The equipment used in an actual situation is affected also by other factors.

Requirements laid on extrication equipment are unambiguously determined by vehicles that are produced and are driven on roads. It depends on extrication equipment producers who have to judge these requirements and to produce devices that can handle and overcome new technologies used for vehicles production. This technical equipment leads mostly to shortening time required for intervention but also to protection of intervening firefighters and increasing their safety. At the last, but not the least, it improves ergonomics of controlling and operation of extrication equipment what not in small extent saves intervening rescuers force.

Regarding growing requirements relating to vehicle safety, research in this field becomes more intensive and new innovative solutions appear regularly. It can be seen that older vehicles are not equipped by all modern safety elements available on current market not only for their high financial demand but mostly due to vehicle production year or from producer's reasons who does not install these elements into his vehicles on contrary with other producers..

Safety of vehicle crew is on a value pedestal but new vehicles seem to be a threat for extrication equipment. Modernization of hydraulic extrication equipment should be growing arithmetically wit new vehicles production. Saving of human lives represents seconds that can be prolonged even into several minutes which can cause even fatality for a human being due to more complicated vehicle bodywork combined together with passive safety elements. If a human has not got oxygen input up to 5 minutes, a non-reversible damage of brain cells occurs resulting in physical organism damage or even with a fatality phenomenon.

Literature

- [1] *Act No. 129/2002 Coll. on Integrated Rescue System as amended* [Zákon Národnej rady SR č. 129/2002 Z. z. o Integrovanom záchrannom systéme v znení neskorších predpisov]
- [2] *Act No. 314/2001 Coll. on protection against fire as amended* [Zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 314/2001 Z. z. o ochrane pred požiarimi v znení neskorších predpisov].
- [3] *Act No. 124/2006 Coll. on safety and health protection at work as amended* [Zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 124/2006 Z. z. o Bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci v znení neskorších predpisov]

-
- [4] *Decree of the Ministry of Interior of the Slovak Republic No. 611/2006 Coll. on firefighting units* [Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 611./2006 o hasičských jednotkách]
- [5] *Decree of the Ministry of Interior of the Slovak Republic No. 162/2006 Coll. on firefighting technique and equipment characteristics and on particular conditions of operation and securing regular check thereof* [Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 162/2006 o vlastnosti hasičskej techniky a vecných prostriedkov na ochranu pred požiarmi, konkrétnych podmienkach ich prevádzkovania a zabezpečenia ich pravidelnej kontroly]
- [6] Dworzecki J., *Bezpieczeństwo w ruchu lądowym na Śląsku*, Bielsko-Biala: WSBiF, 2010. 292 pp. ISBN 978-83-62674-00-8, ISBN 978-83-61310-56-3.
- [7] Dworzecki J., *Prvky bezpečnostního systému v silniční dopravě*, Karlovy Vary: „Karlovarská právní revue“, 2011. No 1, ISSN 1801-2193.
- [8] Dworzecki J., *Traffic in Poland. Diagnosis of safety components*, [In:] *Metodológia a metodika analýzy zdrojov ohrozenia vnútornej bezpečnosti SR*, Bratislava: Akadémia Policajného zboru, 2011, ISBN 978-80-8054-517-8.
- [9] *STN EN 13204:2005: Double acting hydraulic rescue tools for fire and rescue service use. Safety and performance requirements*. [Dvojčinné hydraulické záchranárske nástroje pre hasičov a záchrané služby. Požiadavky na bezpečnosť a výkon]
- [10] Marcinek M., *Correlation of tested parameters of hydraulic cutters at cutting pillars of selected personal vehicles within technical interventions*. [Korelácia testovaných parametrov hydraulických nožníc pri strihaní stĺpikov vybraných osobných automobilov v rámci technických zásahov]. Zvolen. Technical university in Zvolen, 2012. 202 pp. Dissertation thesis.
- [11] Marcinek M., *Hydraulic extrication equipment*. [Hydraulická vyprošťovací technika]. Product catalogue WEBER HYDRAULIK for the Czech Republic and Slovak Republic. PRAHA: Generální ředitelství VPO, a.s., 2003.
- [12] Marcinek M., *Testing program according to principles for testing firefighters' accoutrement and armoury GUV 67.13 Hydraulic extrication equipment. Methodical guidelines for revision of WEBER HYDRAULIK equipment*. [Zkušební program podle zásad pro zkoušení výstroje a přístrojů hasičů GUV 67.13. Hydraulická vyprošťovací technika. Metodický návod pro výkon revize WEBER HYDRAULIK]. PRAHA: Generální ředitelství VPO, a.s., 2001.
- [13] Marcinek M., *Simulation of crisis situations of the national and international crisis management as a support for crisis managers' education*.

[Simulácia krízových situácií národného a medzinárodného krízového manažmentu ako podpora edukácie krízových manažérov] In: Nehody s hromadným postihnutím osôb, 2011 Žilina, International Congress, ISBN 978-80-969219-8-0

- [14] Marková I. et al.: *Protection of persons and property against fire*. [Ochrana osôb a majetku pred požiarom]. Zvolen. Technical university in Zvolen, 2011. 187 pp. ISBN 978-80-228-2329-6.