



4 lat



Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza Safety & Fire Technique



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

<http://czytelnia.cnbop.pl>

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique

Kwartalnik CNBOP-PIB



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
<http://czytelnia.cnbop.pl>
Józefów 2012

Redaktor Naczelny - mł. bryg. dr inż. Dariusz WRÓBLEWSKI

KOMITET REDAKCYJNY

dr inż. Eugeniusz W. ROGUSKI - Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego

/Redaktor Działu: Organizacja i Zarządzanie Strategiczne/

dr hab. inż. Ewa RUDNIK, prof. nadzw.

/Redaktor Działu: Badania i Rozwój/

dr inż. Stefan WILCZKOWSKI

/Redaktor Działu: Technika i Technologia/

dr Tomasz WĘSIERSKI

/Redaktor Statystyczny/

mł. bryg. mgr inż. Jacek ZBOINA

/Redaktor Działu: Certyfikaty, Aprobaty i Rekomendacje/

bryg. mgr inż. Krzysztof BISKUP

/Redaktor Działu: Rozdział Autorski – Współpraca Zagraniczna/

nadbryg. Janusz SKULICH

/Redaktor Działu: Studium Przypadku – Analiza Akcji/

nadbryg. w st. spocz. Maciej SCHROEDER

/Redaktor Działu: Z Praktyki dla Praktyki/

mgr Joanna CYBULSKA - Sekretarz Redakcji

/Redaktor Działu: Nauki Humanistyczne i Społeczne na Rzecz Bezpieczeństwa/

Przygotowanie do wydania

mgr Joanna Cybulska

Projekt okładki:

Barbara Dominowska

ISSN 1895-8443

© Copyright by Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwopozarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

Wersja papierowa jest wersją pierwotną

Wydawca:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwopozarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

05-420 Józefów k/Otwocka, ul. Nadwiślańska 213

centrala: +48 22 769 33 00

internet: www.cnbop.pl, e-mail: cnbop@cnbop.pl

Nakład 500 egzemplarzy

Publikacja przeznaczona dla kadry Państwowej Straży Pożarnej oraz specjalistów z zakresu ochrony przeciwpożarowej i bezpieczeństwa powszechnego.

Wszystkie zamieszczane artykuły dopuszczane są do druku decyzją Komitetu Redakcyjnego na podstawie recenzji naukowo-badawczych i inżynierijno-technicznych przygotowanych przez niezależnych recenzentów.

Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” jest czasopismem punktowanym z listy Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (6 pkt.). Informacja na podstawie Komunikatu nr 16 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 21 czerwca 2010 roku.

SPIS TREŚCI

Od Redakcji	5
------------------------------	---

I. ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE

1. I. Szustkiewicz	Ratownictwo chemiczno-ekologiczne w strukturach Państwowej Straży Pożarnej	9
--------------------	---	---

II. BADANIA I ROZWÓJ

1. L. Osvaldova J. Svetlik	Fire of personal motor vehicle	21
2. T. Maciak T. Czerpak	Modelowanie pożaru lasu cz. IV. Modele inicjacji i rozprzestrzeniania się ognia koron drzew	27
3. N. Tuśnio D. Saleta	Zastosowanie modelowania komputerowego do prognozowania rozwoju pożarów w obiektach mieszkalnych	37

III. CERTYFIKATY, APROBATY I REKOMENDACJE

1. G. Mroczo	Zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych.	45
--------------	---	----

IV. TECHNIKA I TECHNOLOGIA

1.T. Zgodziński	Ewolucja stosowania paliwa gazowego do napędu pojazdów samochodowych i związane z tym zagrożenia dla użytkownika	53
-----------------	---	----

V. Z PRAKTYKI DLA PRAKTYKI

1. K. Siwicki T. Węsierski	Problemy użytkowania podstawowych pomp wykorzystywanych w ratownictwie chemicznym	67
-------------------------------	--	----

VI. STUDIUM PRZYPADKU – ANALIZA ZDARZEŃ RZECZYWISTYCH

1. T. Węsierski	Wykolejenie się wagonów kolejowych z chlorem w Białymstoku. Analiza zdarzenia	71
-----------------	--	----

Wymagania dla autorów	81
Recruitments for authors	82

Szanowni Czytelnicy,

Zbliża się okres letnich wakacji. Wielu z Państwa spędzi je w kontakcie z przyrodą, nad jeziorem czy w lesie. Oby pogoda Państwu sprzyjała. Jest to jednak także trudny okres między innymi dla Państwowej Straży Pożarnej czy Lasów Państwowych. Wiele tysięcy hektarów lasów płonie rokrocznie choćby przez lekomyślność czy nieuwagę człowieka. Czy da się uniknąć pożarów lasów? Zapewne nie, ponieważ część z nich powstaje na skutek działania sił przyrody. Można natomiast ograniczyć ich liczbę poprzez kampanie społeczne, jak choćby ta, która przy wsparciu funduszy Unii Europejskiej prowadzona była przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych pod nazwą „Ogień w lesie a przyroda – podniesienie świadomości mieszkańców terenów wiejskich w zakresie zapobiegania pożarom lasów”. Oby ta i inne podobne kampanie zmniejszyły liczbę pożarów. Co jednak jeśli las już płonie? Z punktu widzenia strażaków jest to jeden z trudniejszych typów pożarów. Ogień ugaszony nad ziemią ciągle tli się pod jej powierzchnią. Podobnie ma się rzecz z pożarami torfowisk, które tlić się mogą całymi miesiącami. Dlatego tak ważne jest wyposażenie strażaków w odpowiednie środki gaśnicze, które z jednej strony będą skuteczne, a z drugiej nie zniszczą życia tętniącego w lesie. Jednocześnie w sposób odpowiedni nawilżą najniższe partie lasu poprzez zwiększoną zdolność przenikania w głąb ściółki, a także zabezpieczą je przed powtórny rozprzestrzenieniem się pożaru.

Naukowcy pracujący w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowym Instytucie Badawczym (wraz z konsorcjantami: Instytutem Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” oraz Wydziałem Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej) opracowali recepturę takiego środka. Prezentowaliśmy artykuły na ten temat w kilku poprzednich numerach naszego Kwartalnika, jak choćby tekst **st. kpt. mgr inż. Joanny Rakowskiej, mł. bryg. mgr Bożenny Poryckiej i dr inż. Bożeny Twardochleb** „Surface tension, wettability and absorptivity of basic components of wetting agents” przedstawiający wyniki cząstkowe badań nad wspomnianym środkiem.

Środek ten był wielokrotnie nagradzany na krajowych i międzynarodowych targach i wystawach. Jednakże najbardziej prestiżowe wyróżnienie – **godło i statuetka „Teraz Polska”** – odebrane zostało w dniu 11 czerwca 2012 r., podczas Gali XXII edycji Konkursu. Jesteśmy dumni, że tak wielką radością możemy się podzielić z naszymi Czytelnikami.

Podobnej tematyki, rozprzestrzeniania się pożaru w lesie, dotyczy również jeden z tekstów prezentowanych w bieżącym numerze.

Jednak najbardziej chcielibyśmy polecić uwadze Państwa artykuł dwojga autorów ze Słowacji, Bc. Ing, Lindy Makovickiej Osvaldovej PhD., oraz Ing. Jozefa Svetlíka, PhD. „Fire of personal motor vehicle” przedstawiający wyniki badań naukowców z Uniwersytetu w Żylinie. Badania te dotyczyły pożarów różnych typów samochodów osobowych oraz analizy zależności szybkości wzrostu tego typu pożarów w wybranych scenariuszach pożarów wraz z wybranymi bodźcami energetycznymi niezbędnymi do zapłonu palnej fazy gazowej. Artykuł ten znalazł uznanie w oczach recenzentów i jednogłośnie decyzją Komitetu Redakcyjnego wybrany został najlepszym tekstem bieżącego numeru. Serdecznie gratulujemy autorom.

Szanowni Państwo, mamy nadzieję, że artykuły zamieszczone w Kwartalniku znajdą uznanie w Państwa oczach. Byłby to dla nas duży powód do radości. Już dziś zapraszamy do lektury następnego numeru naszego Czasopisma, który związany będzie z jubileuszem CNBOP – PIB. Tak więc do zobaczenia już we wrześniu.

Komitet Redakcyjny:

dr inż. Eugeniusz W. Roguski – Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego
 mł. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski – Redaktor Naczelny
 dr hab. inż. Ewa Rudnik, prof. nadzw., – członek Komitetu Redakcyjnego
 nadbryg. Janusz Skulich – członek Komitetu Redakcyjnego
 nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder – członek Komitetu Redakcyjnego
 dr inż. Stefan Wilczkowski – członek Komitetu Redakcyjnego
 dr Tomasz Węsierski – członek Komitetu Redakcyjnego
 mł. bryg. mgr inż. Jacek Zboina – członek Komitetu Redakcyjnego
 bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup – członek Komitetu Redakcyjnego
 mgr Joanna Cybulska – Sekretarz Redakcji



Bezpieczeństwo powszechne, w tym przeciwpożarowe, jest niezwykle ważnym zagadnieniem wpływającym na standard naszego zdrowia i życia. Ważność tej tematyki postrzegam zarówno z pozycji wszystkich nauk technicznych, jak i środowiska związanego z budową i utrzymaniem infrastruktury drogowej.

Tematyka bezpieczeństwa przeciwpożarowego oraz ratownictwa wiąże się ze wszystkimi obszarami działalności instytutów badawczych – technicznych, medycznych, przyrodniczych. Wynika z tego potrzeba podejmowania wspólnych działań i strategii oraz interdyscyplinarnej współpracy, aby stosując nowe technologie skutecznie przeciwdziałać zagrożeniom przyrodniczym i cywilizacyjnym.

Z mojego punktu widzenia cenne są właśnie te wydawnictwa, które wiedzę z laboratoriów przenoszą do szerokich odbiorców z różnych dyscyplin naukowych oraz do przemysłu.

Wydawany przez Centrum Naukowo – Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej - PIB kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” w sposób profesjonalny ukazuje tematykę szeroko rozumianego bezpieczeństwa, prezentując nowoczesne technologie i zdobycze nauki oraz możliwości ich praktycznego zastosowania.

prof. Leszek Rafalski

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'L' followed by a series of loops and a horizontal stroke.

Przewodniczący Rady Głównej
Instytutów Badawczych

Prezes Akademii Inżynierskiej w Polsce

Dyrektor Instytutu Badawczego
Dróg i Mostów

mgr Izabela SZUSTKIEWICZ
Komenda Główna
Państwowej Straży Pożarnej

RATOWNICTWO CHEMICZNO-EKOLOGICZNE W STRUKTURACH PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ

State Fire Service's chemical and ecological rescue

Streszczenie

Ratownictwo chemiczno-ekologiczne, rozumiane jako działalność ratownicza, metodyka organizowania procesu ratowniczego oraz system współdziałających jednostek, stanowi jeden z obszarów zadań realizowanych przez Państwową Straż Pożarną. Przeznaczone jest do prowadzenia działań minimalizujących negatywne skutki oddziaływania niebezpiecznych substancji chemicznych na człowieka, jego środowisko i mienie. W artykule podjęto się zatem próby ukazania istoty i roli jaką pełni straż pożarna w tego rodzaju ratownictwie. Analizę rozpoczyna krótki rys historyczny przedstawiający drogę kształtowania się i rozwoju ratownictwa chemiczno-ekologicznego poczynając od lat sześćdziesiątych XX wieku, po dzień dzisiejszy. Przedstawiono obecne unormowania i wytyczne do organizowania działań ratowniczych oraz charakterystykę sprzętu niezbędnego do ich realizacji. Z uwagi na fakt, że w organizowaniu działalności ratowniczej niezbędna jest współpraca wielu podmiotów, aspekt ten rozpatrzono na podstawie porozumień zawartych pomiędzy Państwową Strażą Pożarną a innymi służbami, instytucjami oraz organizacjami pozarządowymi, poprzez przedstawienie zasad i zakresu ich współpracy.

Summary

Chemical and ecological rescue understood as an emergency activity as well as methodology of response process organization and system of interoperating rescue units constitutes one of the tasks performed by the State Fire Service. Its main goal is to minimize negative effects of hazardous chemical substances on human life, his property and environment. In the article an attempt to present the essence and the role of fire services to this end has been made. Analysis begins with a short historical background presenting the way of creation and development of chemical and ecological rescue. Actual legal status, i.e. standards and guidelines for the organization of rescue operations and characteristics of equipment necessary for their implementation have been presented. Considering the fact that an organization of emergency activity requires full cooperation of many entities, this aspect has been examined on a basis of bilateral agreements signed between the State Fire Service and other institutions or NGOs¹, by presenting rules and range of their possible cooperation.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo chemiczne, dekontaminacja, dyrektywa Seveso II, działania ratownicze, specjalistyczne grupy ratownictwa chemiczno-ekologicznego;

Keywords: chemical safety, decontamination, Seveso II Directive, rescue operations, specialist chemical and ecological rescue group;

Postępująca chemizacja życia codziennego niesie ze sobą katastrofalne skutki dla człowieka i jego środowiska naturalnego. Każdego roku powstaje kilka tysięcy nowych związków chemicznych, z czego pewna część charakteryzuje się dużą toksycznością. Wykorzystanie ich w różnych dziedzinach przemysłu i gospodarki stwarza coraz większą skalę zagrożeń. Jak wynika z treści Strategii bezpieczeństwa narodowego RP¹ nadrzędnym celem działań państwa w dziedzinie bezpieczeństwa wewnętrznego jest utrzymanie zdolności do reagowania w przypadku

wystąpienia różnorodnych zagrożeń, w tym również klęsk żywiołowych, katastrof naturalnych i awarii technicznych. Taka rzeczywistość stawia przed ratownictwem chemiczno-ekologicznym poważne wyzwanie. Istotą staje się permanentny rozwój i dążenie do perfekcjonizmu w działaniach.

Obecne unormowania prawne powodują, że Państwowa Straż Pożarna jest wiodącą służbą w ratownictwie chemiczno-ekologicznym. W artykule przedstawiono obecny stan działań ratowniczych oraz kierunki dalszego postępu ratownictwa chemiczno-ekologicznego realizowanego w strukturach PSP.

¹ non governmental organisations

¹ *Strategia bezpieczeństwa narodowego*, Warszawa 2007, pkt 58, s. 15.

Ratownictwo chemiczno-ekologiczne w ujęciu historycznym

Ratownictwo pojawia się zawsze w stanach nagłego zagrożenia, kiedy nieudzielenie pomocy powoduje pogorszenie się stanu zdrowia bądź utratę życia poszkodowanego. Szczególnym jego rodzajem jest ratownictwo chemiczno-ekologiczne, które choć jest stosunkowo młodą dziedziną, zajmuje ważne miejsce w szeroko pojmowanym ratownictwie. W związku ze stale wzrastającym rozwojem technicznym, a co za tym idzie poszerzającym się spektrum zagrożeń, obejmuje swym zakresem coraz szerszą sferę działań.

Ratownictwo chemiczne zostało powołane, aby prowadzić działalność organizacyjno-techniczną zmierzającą do zapobiegania awariom chemicznym, a w razie ich wystąpienia umożliwić w sposób zorganizowany ratowanie poszkodowanych i zagrożonych oraz likwidację źródeł i skutków awarii chemicznych². Autorzy³ zajmujący się tą tematyką obecnie, nie odbiegają od podanej definicji, jeśli chodzi o charakter działań ratowniczych, jednak nie utożsamiają tego rodzaju ratownictwa z organizacją, lecz z zespołem czynności podejmowanych głównie przez jednostki ochrony przeciwpożarowej. Rozszerzają ponadto pojęcie ratownictwa chemicznego o aspekt ekologiczny⁴, związany przede wszystkim z ograniczeniem skażenia bądź jego likwidacją przez stosowanie odpowiednich zabezpieczeń i środków neutralizujących. Sytuacje awaryjne, jako najbardziej powszechny rodzaj zagrożeń cywilizacyjnych, mogą powodować skomplikowane zagrożenia ekologiczne, mające bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo zdrowia i życia ludzkiego, jego mienie i środowisko.

Literatura pozwala na interpretację ratownictwa chemiczno-ekologicznego jako:

- rodzaj działań ratowniczych, których przedmiotem są sytuacje związane z niekontrolowanym uwolnieniem niebezpiecznych substancji chemicznych;
- dyscyplinę umiejętności praktyczno-zawodowych i kierowniczo-organizacyjnych, której przedmiotem zainteresowań jest metodyka projektowania, organizowania i realizowania procesu ratowniczego w awariach chemicznych;

- system określonych przepisami prawa jednostek organizacyjnych zajmujących się usuwaniem skutków awarii chemicznych.

Z ratownictwem chemiczno-ekologicznym wiąże się ściśle pojęcie bezpieczeństwa chemicznego. Kwestię tę porusza prof. dr hab. n. med. M. Kowalczyk⁵, opisując je jako stosowanie substancji chemicznych w sposób eliminujący bądź mocno ograniczający ich szkodliwy wpływ na człowieka i środowisko, do poziomu akceptowalnego. Taką sytuację można uzyskać, podejmując się różnych przedsięwzięć organizacyjno-technicznych, których głównym celem jest zapobieganie zdarzeniom z udziałem substancji chemicznych.

Działania chemiczno-ekologiczne stanowią najmłodszą formę ratownictwa w naszym kraju. W Polsce dopiero po II wojnie światowej nastąpił znaczący rozwój przemysłu chemicznego, co powodowało wzrost zagrożenia chemicznego, toksycznego, wybuchowego czy pożarowego związanego ze wzmocnionym obrotem, przewozem, a także magazynowaniem substancji niebezpiecznych. W obliczu tej sytuacji, zorganizowano pierwsze spotkanie osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo w przemyśle. Właśnie wtedy, w 1967 r., zapadła decyzja dotycząca powołania służby interwencyjnej w zakresie ratownictwa chemicznego, na wzór ratownictwa górniczego.

W efekcie udało się wypracować akty prawne⁶, na podstawie których powołano do życia ratownictwo chemiczne w Polsce:

- Uchwała RM 82/68 z 15 marca 1968 r. w sprawie dalszej poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy, zobowiązująca do zorganizowania awaryjnych służb ratownictwa chemicznego w zakładach o szczególnym stopniu zagrożenia;
- Uchwała RM 60/70 z 6 maja 1970 r. w sprawie zwalczania skutków związanych z przewozem substancji toksycznych i niebezpiecznych w komunikacji lądowej, uznana za oficjalny początek powołania ratownictwa chemicznego w Polsce⁷;

Wagę bezpieczeństwa ekologicznego podkreśla zapis pochodzący ze Strategii bezpieczeństwa na-

² S. K. Jałoszyński, *Ratownictwo chemiczne*, PZChIO Gdańsk-Wrzeszcz, Gdańsk 1990, s. 30-31.

³ J. Ranecki, *Ratownictwo chemiczno-ekologiczne*, GRA-WIPOL ZPCH, Poznań 1998, s. 5-6, 25-31; A. Wojnarowski, A. Obolewicz-Pietrusiak, *Podstawy ratownictwa chemicznego*, FIREX, Warszawa 2001, s. 9-12.

⁴ Pojęcie ratownictwa ekologicznego, które nie występuje w innych służbach, wprowadziło Rozporządzenie Ministra SWiA z 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, § 10 ust. 2.

⁵ M. Kowalczyk, *Katastrofy chemiczne* [w:] M. Kowalczyk, S. Rump, Z. Kołaciński, *Medycyna katastrof chemicznych*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004, s. 18-19.

⁶ Już w 1963 r. pojawiły się pierwsze akty prawne regulujące sprawy stosowania, oznaczania i magazynowania substancji szkodliwych i trujących.

⁷ S. K. Jałoszyński, *Ratownictwo chemiczne...*, op. cit., s. 22-29; A. Wojnarowski, A. Obolewicz-Pietrusiak, *Podstawy ratownictwa...*, op. cit., s. 9-11; J. Ranecki, *Ratownictwo chemiczne...*, op. cit., s. 7-11.

rodowego RP⁸. Realizację działań na rzecz ochrony środowiska, których nadrzędnym celem jest zapewnienie obywatelom warunków do życia w zdrowym środowisku, w ogromnej mierze warunkuje rozwój ratownictwa chemicznego i ekologicznego.

Ratownictwo chemiczno-ekologiczne normują również dyrektywy Unii Europejskiej. Do niedawna fundament stanowiły cztery akty wspólnotowe, wprowadzające klarowny system klasyfikacji substancji chemicznych i obowiązki sprawowania nadzoru nad ich oznaczaniem, magazynowaniem oraz transportowaniem (Dyrektywy: 67/548/EWG, 99/45/WE, 76/769/EWG i Rozporządzenie 793/93)⁹. Dyrektywy zastąpiło **Rozporządzenie (WE) 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z 18 grudnia 2006 r.** w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH)¹⁰.

Najważniejszym aktem prawnym, regulującym zagadnienia przeciwdziałania poważnym awariom jest Dyrektywa Rady UE 96/82/WE (Seveso II/Comah) z 9 grudnia 1996 r. w sprawie kontroli niebezpieczeństwa poważnych awarii związanych z substancjami niebezpiecznymi. Zawarto w niej nowe wymagania w zakresie systemów zarządzania bezpieczeństwem oraz planowania w sytuacjach nadzwyczajnych. Ich celem jest zapobieganie zagrożeniom poważnymi wypadkami z udziałem niebezpiecznych substancji, a w razie ich wystąpienia ograniczanie skutków. Wejście ustawy z 24 lutego 2006 r. o zmianie ustawy Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw, zakończyło proces implementacji do polskiego prawa dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2003/105/WE z 16 grudnia 2003 r., zmieniającej dyrektywę Seveso II. Jednym z ważniejszych efektów wprowadzenia unijnych aktów prawnych, stało się powiązanie sfery poważnych zagrożeń przemysłowych z dziedzin reagowania kryzysowego oraz określenie wymaganej częstotliwości aktualizacji planu reagowania kryzysowego¹¹.

Unormowania prawne warunkują skuteczność systemu ratownictwa chemiczno-ekologicznego poprzez porządkowanie sfery zagadnień związanych z bezpieczeństwem chemicznym i ekologicznym. Jego sprawne działanie uzależnione jest również od odpowiednio wyposażonych specjalistycznych jednostek ratowniczych, sieci utylizatorów i miejsc bez-

piecznego składowania materiałów chemicznych, dobrze zorganizowanego systemu współpracy oraz świadomości społecznej w zakresie zagrożeń i zachowań adekwatnych do ich stopnia.

Rozwiązania legislacyjne ułatwiają ukazanie zakresu działań ratownictwa chemiczno-ekologicznego. Organizacja tego rodzaju działań ratowniczych jest prowadzona przez specjalistyczne grupy ratownictwa chemicznego i ekologicznego oraz grupy wodno-nurkowe PSP, jednostki ochrony przeciwpożarowej włączone do systemu w zakresie wynikającym z ich możliwości sprzętowo-technicznych, a także wydzielone siły i środki pozostałych podmiotów systemu i swym obszarem obejmują głównie:

- rozpoznawanie zagrożeń oraz ocenę i prognozowanie ich rozwoju oraz skutków dla ludzi i środowiska;
- analizowanie powstałych awarii oraz katastrof chemicznych i ekologicznych;
- ratowanie życia ludzi i zwierząt zagrożonych skażeniem substancją niebezpieczną;
- identyfikację substancji stwarzającej zagrożenie w czasie powstałego zdarzenia;
- prognozowanie rozwoju skażenia środowiska i ocenę rozmiarów zagrożenia oraz zmian wielkości strefy zagrożenia dla ludności;
- dostosowanie sprzętu oraz technik ratowniczych do miejsca zdarzenia i rodzaju substancji stwarzającej zagrożenie;
- przepompowywanie i przemieszczanie substancji niebezpiecznej do nowych lub zastępczych zbiorników;
- obwałowywanie lub uszczelnianie miejsc wycieku substancji niebezpiecznej;
- ograniczanie parowania substancji niebezpiecznej;
- zatrzymanie emisji toksycznych środków przemysłowych;
- stawianie kurtyn wodnych;
- neutralizację substancji niebezpiecznej substancjami chemicznymi;
- związywanie substancji niebezpiecznej sorbentami;
- stawianie zapór na ciekach lub obszarach wodnych zagrożonych skutkami rozlania substancji toksycznych hydrofobowych;
- zbieranie substancji niebezpiecznej z powierzchni wody lub gleby¹²;
- prowadzenie dekontaminacji ludzi i sprzętu;
- ostrzeganie, alarmowanie o zagrożeniu oraz informowanie o zasadach zachowania się;
- współdziałanie z innymi podmiotami między innymi w zakresie wymiany informacji oraz baz danych¹³.

⁸ *Strategia bezpieczeństwa narodowego*, op. cit., pkt 75-77, s. 19-20.

⁹ M. Kowalczyk, *Akty prawne regulujące bezpieczeństwo obrotu wysoce toksycznymi substancjami chemicznymi oraz związane z systemem ratownictwa* [w:] M. Kowalczyk, S. Rump, Z. Kołaciński, *Medycyna katastrof...*, op.cit., s. 80-82.

¹⁰ <http://www.mg.gov.pl/>

¹¹ P. Janik, *Seveso II – nowelizacja wprowadzona*, „Przeгляд Pożarniczy” 2006, nr 6, s. 22-24.

¹² Rozporządzenie Ministra SWiA z 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, § 10 ust. 3, 4, § 14.

¹³ *Wtyczne do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*, KG PSP, Warszawa 2007, s. 4.

Organizacja ratownictwa chemiczno-ekologicznego w Państwowej Straży Pożarnej

Gospodarka narodowa obfituje w tysiące różnych związków chemicznych, w tym szczególnie niebezpiecznych dla ludzi i środowiska. Zakłady chemiczne stanowią potencjalne zagrożenie dla blisko ¼ terytorium państwa. Coraz większe niebezpieczeństwo niesie ze sobą transport substancji chemicznych¹⁴, szczególnie ze względu na wzrost liczby przypadków kolizji drogowych z udziałem pojazdów przewożących materiały niebezpieczne. Problematyka nadzwyczajnych zagrożeń środowiska i życia ludzkiego staje się także jednym z najpoważniejszych zagadnień do rozwiązania dla wszystkich jednostek organizacyjnych, które mają jakąkolwiek styczność z materiałami niebezpiecznymi i TSP. Staje się ona szczególnie paląca dla różnego rodzaju służb, które zajmują się organizowaniem akcji ratowniczych, a przede wszystkim jednostek ochrony przeciwpożarowej¹⁵.

Przepisy UE przewidują powołanie przez państwa członkowskie „kompetentnych władz” odpowiedzialnych za realizację unormowań prawnych dotyczących ratownictwa chemiczno-ekologicznego¹⁶. W Polsce na mocy ustawy Prawo ochrony środowiska, której komplementację stanowi Dyrektywa Seveso II, tę funkcję pełni właśnie Państwowa Straż Pożarna.

Strategia bezpieczeństwa narodowego RP ukazuje nadrzędny cel działań PSP, którym jest rozpoznawanie zagrożeń oraz przygotowanie i prowadzenie akcji ratowniczych. Jej walorem jest zdolność do natychmiastowego reagowania w sytuacji wystąpienia nagłych, nadzwyczajnych zagrożeń. Państwowa Straż Pożarna jawi się również jako organizator krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, który jest aktualnie w trakcie przekształcania w Zintegrowany System Ratowniczy o charakterze powszechnym¹⁷.

Uchwalenie 24 sierpnia 1991 r. dwóch ustaw: o ochronie przeciwpożarowej i o Państwowej Straży Pożarnej, stanowiło przełomowy moment w za-

kresie ratownictwa prowadzonego przez straże pożarne. Państwowa Straż Pożarna, obok typowego dla niej ratownictwa pożarowego, została zobowiązana do prowadzenia działań z zakresu ratownictwa chemicznego i od 1997 r. także ekologicznego¹⁸. Za podstawę wszelkich działań przyjmuje się prewencję wobec możliwości zaistnienia jakichkolwiek zagrożeń. Kwestie te reguluje również wspomniana ustawa Prawo ochrony środowiska¹⁹, która wskazuje obszar kompetencji i odpowiedzialności organów PSP w zakresie przeciwdziałania poważnym awariom, a także rozporządzenie ministra SWiA w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego²⁰, zobowiązujące komendantów powiatowych i wojewódzkich PSP do tworzenia planów ratowniczych na bazie analizy zagrożeń i zabezpieczeń występujących na danym terenie. Z kolei rozporządzenie ministra SWiA w sprawie czynności kontrolno-rozpoznawczych przeprowadzanych przez PSP nakłada na komendantów powiatowych PSP obowiązek sporządzania rocznych planów czynności kontrolno-rozpoznawczych, także na podstawie wykazu zakładów o zwiększonym i dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej²¹.

Krajowy system ratowniczo-gaśniczy ma na celu ochronę życia, zdrowia, mienia i środowiska także poprzez ratownictwo chemiczne i ekologiczne²², które ze względu na wyposażenie, wyszkolenie i możliwości realizacji zadań dzieli się w jego ramach na dwa stopnie. Zakres podstawowy obejmuje zadania ratownicze przy wykorzystaniu sprzętu, który posiada każda jednostka ochrony przeciwpożarowej należąca do KSRG. Zakres specjalistyczny dotyczy działań ratowniczych wykonywanych przez specjalistyczną grupę ratownictwa chemiczno-ekologicznego (SGR CHEM-EKO), posiadającą odpowiednie wyszkolenie, uprawnienia oraz sprzęt. Za koordynację i nadzór nad zadaniami z zakresu podstawowego i specjalistycznego odpowiada strażak, wyznaczany przez komendanta wojewódzkiego PSP.

¹⁴ Kwestie te regulują przepisy dotyczące transportu: kolejowego – RID, drogowego – ADR, morskiego – IMO-Code, żeglugi śródlądowej – A

¹⁵ Zgodnie z ustawą z 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, art. 15, za jednostki ochrony przeciwpożarowej uważa się: jednostki organizacyjne PSP, jednostki organizacyjne Wojskowej Ochrony Przeciwpożarowej, zakładowa straż pożarna, zakładowa służba ratownicza, gminna zawodowa straż pożarna, powiatowa (miejska) zawodowa straż pożarna, terenowa służba ratownicza, ochotnicza straż pożarna, związek ochotniczych straży pożarnych oraz inne jednostki ratownicze.

¹⁶ Seveso II Directive [96/82/EC], art. 16, zob.: <http://mahbsrv.jrc.it/>

¹⁷ Strategia bezpieczeństwa narodowego, op. cit., pkt 110, s. 27.

¹⁸ Ustawa z 8 listopada 1996 r. o zmianie ustawy o ochronie przeciwpożarowej, art. 2, ust. 1; Ustawa z 22 sierpnia 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie przeciwpożarowej, art. 1 pkt 3.

¹⁹ Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, § 245, § 246, § 250, §251, § 254, § 257-259, § 261, § 263-269.

²⁰ Rozporządzenie Ministra SWiA z 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad..., op. cit., Załącznik 1.

²¹ Rozporządzenie Ministra SWiA z 24 października 2005 r. w sprawie czynności kontrolno-rozpoznawczych przeprowadzanych przez Państwową Straż Pożarną, § 2.

²² Ustawa z 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, art. 14.

Tabela 1.

Minimalny zakres zadań jednostek ochrony przeciwpożarowej w ramach ratownictwa chemiczno-ekologicznego

Table 1.

Minimal range of tasks for fire protection in chemical and ecological rescue

Zakres zadań w ramach ratownictwa chemiczno-ekologicznego (Range of tasks in chemical & ecological rescue)	Wszystkie jednostki ochrony przeciwpożarowej (All units of fire protection)	Specjalistyczne grupy ratownictwa chemiczno-ekologicznego (Special groups of chemical & ecological rescue)
Rozpoznanie i zabezpieczenie miejsca zdarzenia.	X	X
Rozpoznawanie zagrożeń, ocena i prognozowanie ich rozwoju, w tym próba identyfikacji lub pobieranie do dalszej analizy próbek substancji chemicznych.	W*	X
Evakuacja poszkodowanych i zagrożonych ludzi i zwierząt poza strefę zagrożenia.	X	X
Ostrzeganie i alarmowanie o zagrożeniu oraz informowanie o zasadach zachowania się.	X	X
Ograniczanie skutków wycieku substancji ropopochodnych.	X	X
Stawianie zapór na ciekach lub obszarach wodnych zagrożonych skutkami wycieków substancji chemicznych.	W	X
Stawianie kurtyn wodnych.	X	X
Splukiwanie osób poszkodowanych wodą.	X	
Prowadzenie dekontaminacji ludzi i sprzętu.	W	X
Przepompowywanie i przemieszczanie substancji chemicznych do zastępczych zbiorników.	W	X
Ograniczanie i zatrzymywanie emisji substancji chemicznych.	W	X
Zbieranie substancji chemicznych.	W	X
Kwalifikowana pierwsza pomoc medyczna poza strefą zagrożenia.	X	
Wsparcie logistyczne akcji ratowniczych według możliwości sprzętowych i lokalowych, realizowane poza strefą zagrożenia.	X	

* W (wstępny) – działania, które mogą być podjęte w zakresie wstępnym, przy dysponowaniu odpowiednimi siłami i środkami, w sytuacji gdy zagrożenie jest niewielkie i nie ma potrzeby dysponowania sił II czy III rzutu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Wytycznych do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym”

Zgodnie z Wytycznymi do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w KSRG, na obszarze każdego województwa powinna funkcjonować co najmniej jedna SGR CHEM-EKO PSP utworzona na bazie jednostki ratowniczo-gaśniczej, której powołanie poprzedza sporządzenie analizy zagrożeń oraz zabezpieczenia operacyjnego danego obszaru²³. W rzeczywistości, do centralnego odwołu operacyjnego komendanta głównego PSP włączonych jest siedemnaście specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego, w tym cztery grupy z województwa śląskiego, dwie z lubelskiego, małopolskiego i zachodniopomorskiego oraz po jednej z dolnośląskiego, łódzkiego, mazowieckiego, opolskiego, pomorskiego, świętokrzyskiego i wielkopolskiego. Dwie z tych grup, warszawska i katowicka, przewidziane zostały do działań międzyna-

rodowych, jednak w ciągu ostatnich dwóch lat zgłaszano tylko grupę z Katowic²⁴.

Znane są ogólne zasady prowadzenia działań w zakresie ratownictwa chemiczno-ekologicznego²⁵. Pierwszy etap odbywa się na poziomie stanowiska kierowania, które uruchamia swoje działania począwszy od alarmowania. Przyjęcie zgłoszenia wymaga ustalenia danych osoby zgłaszającej, rodzaju zdarzenia i substancji chemicznej, miejsca zdarzenia i jego skutków, a także liczby poszkodowanych i zagrożonych. Następnie przeprowadzone zostaje rozpoznanie. Najistotniejsze staje się ustalenie warunków zewnętrznych zdarzenia, takich jak sytuacja meteorologiczna czy ukształtowanie terenu. Kolej-

²⁴ Dane z KCKRiOL, kwiecień 2012 r.

²⁵ Podstawę stanowią: *Wytyczne do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*, KG PSP, Warszawa kwiecień 2007 r. oraz Rozporządzenie Ministra SWiA z 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego.

²³ *Wytyczne do organizacji ratownictwa...*, op. cit., KG PSP, Warszawa kwiecień 2007 r., s. 5-6.

nym krokiem jest wstępna ocena miejscowego zagrożenia chemicznego²⁶, określenie jego granic oraz zaistniałych i potencjalnych skutków zagrożenia przy wykorzystaniu informacji własnych i zewnętrznych, pochodzących z planów ratowniczych, komputerowych banków danych czy programów symulacyjnych. Na podstawie zgromadzonych informacji przeprowadzona zostaje kalkulacja sił i środków własnych, spoza powiatu i PSP oraz podmiotów współdziałających, a następnie ich rozdysponowanie (jednostki najbliższe, specjalistyczne, pomocnicze) do likwidacji zagrożenia chemicznego.

Drugi etap rozgrywa się na miejscu zdarzenia, gdzie jednostki ratownicze dokonują rozpoznania właściwego. Szczególnie ważnym jest przestrzeganie zasad dojazdu i lokalizacja służb ratowniczych, weryfikacja działań podjętych przed przybyciem PSP, podjęcie próby określenia rodzaju substancji niebezpiecznej, skali i dynamiki rozwoju zagrożenia i przewidywanych skutków oddziaływania na otoczenie, ustalenie ewentualnych ofiar, poszkodowanych i zagrożonych, a także ocena zjawisk towarzyszących. Zostaje przekazany również meldunek z prowadzonych działań do stanowiska kierowania. Organizację akcji ratowniczej rozpoczyna rozkaz wstępny i wyznaczenie stanowiska „meldunkowego”. Uwzględniając zasadę pierwszorzędności bezpieczeństwa ratowników, w pierwszej kolejności dobrany zostaje sprzęt ochrony osobistej, formy zabezpieczenia i asekuracji. Przygotowywany jest również sprzęt ewakuacyjny dla poszkodowanych i zabezpieczenia miejsca ewakuacji. Wybrany zostaje sposób zabezpieczenia terenu akcji oraz obszaru zagrożenia, ustala się zasady porozumiewania i łączności, a także opracowuje szczegółowy plan działania z uwzględnieniem określonej metody i sprzętu do likwidacji występującego zagrożenia. Prowadzenie działań ratowniczych zakłada dwa warianty:

Wariant I – siły i środki I rzutu (rejonowe) wystarczające do likwidacji zagrożenia:

- określenie stopnia ochrony ratowników i zabezpieczenia;
- określenie granic zagrożenia poprzez wydzielenie strefy I, niebezpiecznej – skażonej, do której wymagane jest wkraczanie wyłącznie w specjalnym zabezpieczeniu oraz strefy II, bezpiecznej – ochronnej, stanowiącej zabezpieczenie dla realizacji zadań w strefie I. - stały monitoring;

- ewakuacja zagrożonych w bezpieczne miejsce (strefa II), udzielanie pierwszej pomocy poszkodowanym i przekazanie specjalistycznym służbom medycznym;
- oznakowanie i zabezpieczenie terenu akcji, wyznaczenie drogi ewakuacji dla jednostek ratowniczych;
- opracowanie szczegółowego planu akcji;
- ograniczenie źródła występującego zagrożenia;
- uszczelnianie, przepompowywanie;
- neutralizacja, dekontaminacja²⁷;
- porządkowanie terenu po akcji.

Wariant II – siły i środki I rzutu są niewystarczające do likwidacji zagrożenia:

- wezwanie sił i środków II i III rzutu;
- ostrzeganie ludności o występującym zagrożeniu za pomocą syren alarmowych, mass mediów, komunikatów interwencyjnych ogłaszanych przez różne służby;
- określenie stopnia ochrony ratowników i zabezpieczenia;
- określenie stref zagrożenia i ich oznakowanie;
- ewakuacja osób ze stref zagrożonych;
- analiza rozwoju sytuacji, dokumentowanie przebiegu akcji;
- działania organizacyjno-techniczne ograniczające zagrożenie i przygotowujące teren dla wezwanych sił i środków w ramach posiadanych możliwości osobowo-sprzętowych.

Zakończenie działań charakteryzuje sporządzenie dokumentacji zdarzenia. Określony zostaje stopień skażenia i sposoby neutralizacji środowiska, zabezpiecza się dowody zdarzenia, zaś teren akcji przekazuje właściwym organom. Wykonanie zadań kończy sprawdzenie stanu technicznego sprzętu, dekontaminacja właściwa i zapewnienie ochrony medycznej dla ratowników po przeprowadzonej akcji²⁸. Ważnym elementem jest dokonanie podsumowania, analizy i wyciągnięcie wniosków z przeprowadzonych działań.

²⁷ Dekontaminacja – rozumiana jako usuwanie skażeń powstałych na skutek działania substancji chemicznych na ludzi, zwierzęta i sprzęt; różni się dekontaminację wstępną – na terenie akcji ratowniczej, oraz dekontaminację właściwą – poza terenem akcji, w celu całkowitego usunięcia skażenia. Zob.: rozporządzenie Ministra SWiA z 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej, § 2, pkt 10.

²⁸ Rozporządzenie Ministra SWiA z 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad..., op. cit., rozdz. 3-6, Załącznik 1; *Wytyczne do organizacji ratownictwa...*, op. cit., s. 8-10; J. Ranecki, *Ratownictwo chemiczno-ekologiczne*, GRAWIPOL ZPCH, Poznań 1998, s. 80-81, 92-97; J. Ranecki, M. Schroeder, *Uszczelnienia w ratownictwie*, Firex, Warszawa 1998, s. 182-192.

²⁶ Jednostki ochrony przeciwpożarowej zostały powołane również do zwalczania miejscowych zagrożeń, czyli zdarzeń wynikających z rozwoju cywilizacyjnego i naturalnych praw przyrody nie będące pożarem ani klęską żywiołową, stanowiące zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska, któremu zapobieżenie lub którego usunięcie skutków nie wymaga zastosowania nadzwyczajnych środków. Zob. ustawa z 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, art. 2, pkt 3.

Tab.2. Elementarne zasady bezpieczeństwa i prowadzenia akcji ratowniczej w sytuacji zagrożenia chemiczno-ekologicznego

Tab.2. Elementary principles of safety and rescue in case of chemical and ecological hazards

Podstawowe zasady (The main rules)	
Kierowania akcją ratowniczą (Commanding of rescue action)	Bezpieczeństwa w ratownictwie chemiczno-ekologicznym (Safety in chemical&ecological rescue)
Jednoosobowe kierowanie działaniami ratowniczymi, stosowanie jednoznacznych pojęć i komend.	Bezpieczny dojazd do miejsca zdarzenia: - zgodnie z kierunkiem wiatru, - zapewnienie możliwości wycofania i asekuracji, - przestrzegać minimalnej odległości od zdarzenia.
Określenie zasięgu występowania zagrożenia, jego największego nasilenia, podział na strefy I i II.	Rozpoznanie substancji niebezpiecznej.
Ustalenie sygnału do natychmiastowej ewakuacji wszystkich ratowników ze strefy zagrożenia.	Stosowanie sprawnych urządzeń pomiarowych.
Bezwzględne pierwszeństwo w ratowaniu ludzi i zapewnienie kwalifikowanej pomocy medycznej.	Wyposażenie ratowników w odpowiedni sprzęt ochrony osobistej.
Dostosowanie decyzji i działań do zmieniających się warunków i sytuacji.	Działania ratownicze w strefie zagrożenia mogą prowadzić tylko przeszkoleni ratownicy.
Określenie zakresu działań ratowniczych oraz dostosowanie sił i środków do ich realizacji, wyznaczenie rezerwowych grup ratowniczych.	Zespół ratowniczy liczy minimum dwie osoby asekurowane przez drugiego, utrzymujący z nim stałą łączność i wyposażony w sprzęt o takim samym stopniu zabezpieczenia.
Stały monitoring czasu pobytu w strefie zagrożenia, stosowanie odpowiednich zabezpieczeń i asekuracji.	Absolutne pierwszeństwo w ratowaniu ludzi, zapewnieniu im ochrony, możliwości ewakuacji i pierwszej pomocy przedmedycznej.
Reguła „10 minut” – przewidywania rozwoju sytuacji.	Zabezpieczenie miejsca akcji pod względem przeciwpożarowym, jeśli istnieje takie ryzyko.
Niedopuszczenie do nadmiernego podziału sił i środków.	Zwracanie uwagi na wszelkiego rodzaju wycieki, rozlewiska czy rozsypy substancji chemicznych mogące stanowić dodatkowe zagrożenie.
Zapewnienie niezbędnej pomocy zewnętrznej (dekontaminacja, opieka medyczna).	Na zakończenie akcji przeprowadzić dekontaminację osób i sprzętu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Wytycznych do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym”

Sprzęt stosowany w ratownictwie chemiczno-ekologicznym

Ze względu na stały wzrost zagrożeń jednostki PSP muszą być wyposażone w nowoczesny sprzęt służący do prowadzenia akcji z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego. Zgodnie z ustawą o ochronie przeciwpożarowej, zdecydowana większość wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej może być stosowana wyłącznie na podstawie certyfikatu (wyjątek stanowią ubrania lekkie przeciwichemiczne – nie posiadające określonych norm)²⁹. Każdą jednostkę ochrony przeciwpożarowej obowiązuje minimum wyposażenia w sprzęt niezbędny do realizacji podstawowych zadań z zakresu działań ratownictwa chemiczno-ekologicznego³⁰. Zalicza się do niego lekkie ubrania ochro-

²⁹ Ustawa z 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, art. 7, ust. 1.

³⁰ Określają je *Wytyczne do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*, KG PSP, Warszawa kwiecień 2007 r., s. 7.

ny przeciwichemicznej, aparaty izolujące drogi oddechowe, standardowy sprzęt i pojazdy ratownicze dostosowane do wykonywania podstawowych czynności ratowniczych (w tym kurtyna wodna, eksplozometr), a także przyrządy pomiarowe umożliwiające pomiar stężenia tlenu oraz dwóch gazów toksycznych. W przypadku braku standardowego wyposażenia w sprzęt ochronny, pierwsza jednostka przybyła na miejsce zdarzenia może jedynie zabezpieczyć miejsce zdarzenia, przeprowadzić prewencyjną ewakuację, udzielić pierwszej pomocy poza strefą zagrożenia, ostrzec ludność, a w razie potrzeby sflukać uszkodzonych wodą.

Szczegółowy zakres wyposażenia SGR CHEM-EKO powinien zostać dostosowany do specyfiki zadań i charakteru zdarzeń występujących na obszarze działania operacyjnego grupy, z uwzględnieniem warunków naturalnych i lokalnych zagrożeń³¹. Z uwagi na ten fakt, wyposażenie tych grup okre-

³¹ Zob.: Rozporządzenie Ministra SWiA z 22 września 2000 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jed-

śla komendant powiatowy PSP, w uzgodnieniu z komendantem wojewódzkim PSP. SGR CHEM-EKO powinny być oparte w swoim podstawowym składzie na strukturze plutonu³². Standardowy zakres ich wyposażenia powinien obejmować:

- sprzęt ochrony osobistej – charakteryzuje się odpornością na przesiąkanie wody, działanie bodźców termicznych, czynników chemicznych, nie krępuje ruchów i musi być dobrze widoczny w różnych warunkach oświetlenia;
- sprzęt ochrony dróg oddechowych – jest produktem złożonym, wymagającym stosowania różnorodnych tworzyw;
- ubrania specjalne – odporne na działanie strumienia ciepła, promieniowanie, przenikanie płomienia do wewnątrz, substancje chemiczne, wytrzymałe na rozciąganie, rozdarcie, zmiany wymiarów po praniu, wodoszczelne;
- sprzęt do oznaczania stężeń – umożliwia ocenę zaistniałej sytuacji i stanu zagrożenia;
- środki neutralizujące i sorbenty³³ – używane do neutralizacji³⁴ substancji niebezpiecznych, wchłaniają **medium** i **zabezpieczają środowisko naturalne** przed skażeniem;
- zapory przeciwolejowe: sorpcyjne, parkanowe, sztywne, elastyczne, pomostowe.
- separatory i zbieracze oleju: urządzenia oddzielające (skimery),
- sprzęt techniczny i logistyczny zabezpieczenia akcji ratowniczej – ze względu na to, że akcje ratownicze mogą trwać od kilku do kilkunastu godzin, w różnych warunkach, niezbędne jest więc zapewnienie zaplecza akcji ratowniczej;
- sprzęt transportowy – ważne, aby przewidzieć możliwość transportu ratowników, sprzętu oraz innych materiałów technicznych niezbędnych do prawidłowego przeprowadzenia akcji³⁵.

Sprzęt specjalistyczny i środki ochrony indywidualnej podlegają sprawdzeniu po każdorazowym użyciu oraz podczas przeprowadzania zmiany służby, a także przed rozpoczęciem ćwiczeń na szkole-

nostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej, § 2, ust. 1.

³² Pluton to pododdział w sile od 3 do 4 zastępów lub 2 sekcji, liczący od 15 do 21 ratowników, w tym dowódca. Zob.: Rozporządzenie Ministra SWiA z 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad..., op. cit., § 21pkt 1, ust. 4.

³³ Ilości i asortyment substancji neutralizujących oraz sorbentów na potrzeby działań ratowniczych ustalają komendanci wojewódzcy PSP.

³⁴ Neutralizację należy rozumieć jako neutralizację chemiczną kwasowo-zasadową, jak i neutralizację przez wchłonięcie, z brakiem dalszego oddziaływania.

³⁵ J. Ranecki, *Ratownictwo chemiczno-ekologiczne...*, op. cit., s. 74-78, J. Ranecki, *Pompy i osprzęt stosowane w ratownictwie chemiczno-ekologicznym*, SA PSP, Poznań 1995.

niach³⁶. Stworzenie bazy sprzętowej przewidzianej do realizacji zadań w zakresie ratownictwa chemiczno-ekologicznego w dużej mierze umożliwiły dotacje z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Przypisanie dodatkowych zadań dla PSP, narzuconych przez obie ustawy z 24 sierpnia 1991 r., uwidoczniło zapotrzebowanie na nowe rodzaje samochodów pożarniczych. Zaczęto również dostosowywać przepisy dotyczące wyposażenia w sprzęt do obowiązujących w pozostałych krajach UE. W związku z tym, w czerwcu 2000 r. wprowadzono Polską Normę PN-EN-1846-1-1:2000 dotyczącą zakresu podziału i oznaczenia samochodów pożarniczych oraz ich nowe definicje, a następnie jej kolejną część PN-EN 1846-2:2001 traktującą o wymaganiach ogólnych, bezpieczeństwie i parametrach samochodów ratowniczo-gaśniczych. Zapisy normy PN-EN 1846-2 zostały zatwierdzone w „Wymaganiach ogólnych dla samochodów ratowniczo-gaśniczych KG PSP-CNBOP-2002”, które wprowadzają dodatkowe wymogi w stosunku do pojazdów pożarniczych wynikające ze specyfiki działania polskich jednostek ochrony przeciwpożarowej.

Rozporządzenie ministra SWiA z 22 września 2000 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych PSP w pojazdy gaśnicze i specjalne oraz w sprzęt i środki techniczne wprowadziło dodatkowe rodzaje samochodów pożarniczych. W grupie tej znalazły się również samochody ratownictwa chemiczno-ekologicznego. Ze względu na stosunkowo niedawne przejście przez PSP zadań w tym zakresie stanowią one grupę pojazdów nowych, wyposażonych zgodnie z europejskimi normami w nowoczesny sprzęt i są wykorzystywane są przy wszelkiego typu działaniach związanych z substancjami chemicznymi.

Głównym zadaniem samochodu sprzętowego ratownictwa chemicznego jest przewóz wyposażenia, które umożliwia prowadzenie działań ratowniczych i zapewnienie odpowiedniej ochrony dla załogi. Zgodnie z definicją Polskiej Normy jest to samochód pożarniczy zaopatrzone w środki ochrony indywidualnej i sprzęt do ograniczania szkód w środowisku naturalnym. Wymagania dla średnich samochodów sprzętowych ratownictwa chemicznego określa załącznik nr 2 do rozporządzenia ministra SWiA z 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania. Rozporządzenie to mówi jedynie o samochodach średnich i ciężkich, jednakże w praktyce wyróżnia się także pojazdy klasy lekkiej.

³⁶ Rozporządzenie Ministra SWiA z 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej, § 7.

W Polsce funkcjonują SGR CHEM-EKO wyposażone w około 60 lekkich, 30 średnich i 30 ciężkich samochodów sprzętowych³⁷. Obecnie wyróżnić możemy następujące pojazdy wykorzystywane w ratownictwie chemiczno-ekologicznym, np.:

- w klasie średniej Renault Premium Lander 320.19D, w którym zastosowano silnik o maksymalnej mocy 311 KM;
- ciężki samochód sprzętowy ratownictwa chemicznego zbudowany na podwoziu Scania R340 DB 4x2 CR16 o jednostce napędowej silnika spełniającej normę Euro 4 o maksymalnej mocy 340 KM³⁸.

Najnowszym nabytkiem PSP przeznaczonym do realizacji zadań z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego, stał się światowej klasy samochód rozpoznawczo-pomiarowy do wykrywania skażeń chemicznych, biologicznych, radiacyjno-nuklearnych i wybuchowych (CBRNE). To „jeżdżące laboratorium” trafiło do JRG nr 6 w Warszawie oraz JRG nr 6 w Poznaniu. W Polsce zaledwie trzy jednostki ratowniczo-gaśnicze posiadają samochody tej grupy. Z uwagi na zastosowanie najnowszych technologii pojazd ten stanowi istotne wzmocnienie systemu bezpieczeństwa państwa³⁹. W ramach projektu „Wsparcie techniczne ratownictwa ekologicznego i chemicznego” współfinansowanego przez UE, w bieżącym roku planowany jest zakup nowoczesnego sprzętu, który podniesie zdolność do reagowania na współczesne zagrożenia chemiczne, biologiczne i radiacyjne⁴⁰.

Zasady współpracy PSP i innych służb, podmiotów ratowniczych w przypadku emisji substancji niebezpiecznej i wystąpienia nagłych zagrożeń chemicznych

O skuteczności działań państwa w dziedzinie bezpieczeństwa wewnętrznego świadczy przede wszystkim nawiązanie sprawnej współpracy pomiędzy wszystkimi instytucjami państwowymi, organami administracji publicznej oraz służbami ratowniczymi z uwzględnieniem uprawnień i zadań

³⁷ Pierwsze samochody sprzętowe ratownictwa chemicznego, które trafiły na wyposażenie PSP, pochodziły z importu, głównymi ich dostawcami były niemieckie firmy Iveco-Magirus, Schmitz i Ziegler.

³⁸ P. Frątczak, J. Woźniak, *Samochody pożarnicze cz. XVI*, „Strażak” 2008, nr 10.

³⁹ Zob.: P. Frątczak, R. Jankowski, *Pojazd na miarę zagrożenia*, „Technika Wojskowa” 2010, nr 5, s. 101-104.

⁴⁰ Sprzęt: 16 szt. lekkich samochodów specjalnych rozpoznania chemicznego, 2 szt. lekkich samochodów rozpoznania, robot rozpoznania chemicznego oraz kontenery do dekontaminacji, ubrania gazoszczelne, urządzenia do zdalnej detekcji skażeń i chromatografy gazowe. Źródło: BWM KG PSP, kwiecień 2012.

przypisanych im przez przepisy prawne, zgodnie z posiadanymi siłami i środkami.

Państwowa Straż Pożarna jest zasadniczym elementem podsystemu niemilitarnego w zakresie ratownictwa chemicznego. Wcześniej stanowiło ono domenę zakładowych stacji ratownictwa, które wchodziły w skład **większych zakładów chemicznych**. KSRG może jednak nie posiadać wystarczających sił i środków, na przykład w przypadku ataku bronią masowego rażenia (BMR). Istotnym jest więc zapewnienie efektywnej współpracy lub wspierania się **wszystkich służb biorących udział w akcjach ratowniczych podczas wystąpienia zagrożenia skażeniem**. Warto zaznaczyć, że pomiędzy podmiotami ratowniczymi występują relacje określające charakter ich wzajemnych działań. Mowa tu o współdziałaniu, które na mocy umowy cywilnoprawnej zobowiązuje obie strony do współpracy w trakcie akcji ratunkowych oraz o wspomaganiu dla podmiotów ujętych w planach ratowniczych, które nie są włączone do systemu.

Wsparcie elementów podsystemu niemilitarnego przez oddziały Sił Zbrojnych RP uzależnione jest od spełnienia warunków zdefiniowanych w ustawie o zarządzaniu kryzysowym z 2007 r. Wojsko nie jest służbą ratowniczą, dlatego też jego wykorzystanie w sytuacjach kryzysowych może nastąpić, gdy użycie innych sił i środków jest niemożliwe lub ich potencjał jest niewystarczający⁴¹. Taki stan rzeczy wiąże się przede wszystkim ze znacznie wydłużonym czasem gotowości do użycia w porównaniu z jednostkami funkcjonującymi w ramach KSRG⁴², wielostopniowymi procedurami aktywującymi użycie sił wojskowych, a także określonymi w regulaminach wojskowych metodami dowodzenia. Oficjalnie nie podpisano żadnego porozumienia pomiędzy SZ RP a PSP, co powoduje, że wojsko powołane do innych zadań, dysponujące wszechstronnym potencjałem, funkcjonuje wyłącznie jako podmiot wspomagający.

W zakresie ratownictwa chemicznego wiodącą rolę **odgrywa KSRG z funkcjonującymi w jego ramach specjalistycznymi grupami ratownictwa chemiczno-ekologicznego PSP**. Militarnym odpowiednikiem tych pododdziałów są **chemiczne i radiacyjne zespoły awaryjne (CHRZA) będące częścią integralną Wojsk Chemicznych**. Występują jako **pododdziały tworzone doraźnie we wszystkich rodzajach sił zbrojnych**, choć różnią się składem, wyposażeniem oraz czasem osiągnięcia gotowości do działania⁴³.

⁴¹ Ustawa z 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, art. 25.

⁴² Czas gotowości do użycia w Wojskach Lądowych dla GRCh – 3 godziny, dla ChrZA – 6 godzin, w Marynarce Wojennej – 6 i 18 godzin.

⁴³ S. Kleszcz, *Wojska chemiczne – perspektywy rozwoju*, „Przegląd Wojsk Lądowych” 2008, nr 6, s. 8-10.

PSP współpracuje na mocy zawartych porozumień z wieloma służbami, instytucjami oraz organizacjami pozarządowymi⁴⁴. Na ich mocy strony zobowiązują się do współdziałania przede wszystkim w zakresie:

- utrzymywania stałej łączności i wzajemnego informowania o występowaniu zdarzeń niosących zagrożenie;
- podejmowania czynności mających na celu likwidację zaistniałych zagrożeń;
- dokonywania analiz, sprawozdań, zestawień statystycznych potencjalnych zagrożeń;
- prowadzenia czynności kontrolno-rozpoznawczych;
- konsultowania tworzonych i nowelizowanych dokumentów, przepisów prawnych, instrukcji zmierzających do przeciwdziałania i likwidacji skutków awarii i katastrof;
- tworzenia i udostępniania baz danych informacji o wszystkich prawdopodobnych źródłach zagrożeń (w tym wykaz specjalistów objętych współpracą);
- udostępniania sprzętu do ratownictwa chemiczno-ekologicznego;
- przygotowania specjalistycznych grup ratownictwa do działań na terenie kraju, jak i poza nim;
- prowadzenia szkoleń i ćwiczeń doskonalących umiejętności z dziedziny ratownictwa chemiczno-ekologicznego;
- wymiany doświadczeń z prowadzonych działań ratowniczych.

Niezwykle istotną umową jest ta, którą PSP podpisała z Polską Izbą Przemysłu Chemicznego. Traktuje ona o współdziałaniu w zakresie poprawy bezpieczeństwa przewozu materiałów niebezpiecznych oraz usuwania skutków zagrożeń powstałych podczas ich transportu⁴⁵. Aktualnie służby zakładowe ratownictwa chemicznego współpracują w ramach indywidualnych umów lub właśnie w systemie po-

mocy w likwidowaniu awarii SPOT. System obejmuje trzy stopnie pomocy:

- **I stopień** – porada eksperta z Ośrodków Regionalnych i Krajowego Centrum SPOT, przekazywana drogą telefoniczną, radiową, faksem bądź poprzez e-mail;
- **II stopień** – pomoc merytoryczna udzielana przez specjalistę na miejscu zdarzenia;
- **III stopień** – przyjazd wyspecjalizowanych jednostek ratowniczych udzielających pomocy technicznej w celu likwidacji awarii.

Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej zawarł także umowy z organizacjami pozarządowymi⁴⁶ w celu nawiązania współpracy w przygotowaniu i prowadzeniu akcji pomocy humanitarnej dla ludności poszkodowanej w wyniku katastrof, awarii technicznych i innych tego typu zdarzeń oraz zakładami opieki zdrowotnej⁴⁷, dla realizacji współpracy w zakresie stworzenia optymalnych warunków wykorzystania możliwości techniczno-organizacyjnych w sytuacji niesienia pomocy poszkodowanym w stanach nagłego zagrożenia życia i zdrowia.

Współpracę PSP z innymi podmiotami z zakresu tego typu ratownictwa kształtuje także porozumienie o współpracy ze Służbą Więzienną, które przewiduje nieodpłatne zatrudnianie skazanych przy pracach publicznych na rzecz straży pożarnej, kierowanie do wypełniania zadań związanych z usuwaniem skutków klęsk żywiołowych, katastrof lub długotrwałych akcji ratowniczo gaśniczych. Możliwość współpracy w ramach ratownictwa chemiczno-ekologicznego zawiera się także w porozumieniu zawartym z ZG ZOSP RP, które porusza kwestię podejmowania wspólnych działań na rzecz ochrony ludności.

W zintegrowanym systemie zarządzania kryzysowego RP funkcjonuje także Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania (KSWSiA), wyspecjalizowany podsystem do przeciwdziałania i likwidacji skażeń chemicznych, biologicznych, promieniotwórczych i nuklearnych, określanymi jako

⁴⁴ Przede wszystkim: Państwowa Agencja Atomistyki, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Ministerstwo Środowiska, Ministerstwo Transportu i Gospodarki Morskiej, Morska Służba Poszukiwania i Ratownictwa, Straż Graniczna, Policja, Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe, Instytut Medycyny Pracy, PKP Polskie Linie Kolejowe, Przedsiębiorstwo Eksploatacji Rurociągów Naftowych, BP Poland Sp. z o. o. i Sp. jawna, Polski Koncern Naftowy ORLEN, Spółka Polskie Górnictwo Naftowe (wykaz porozumień: Załącznik nr 1).

⁴⁵ Współpraca bazująca na Systemie Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych SPOT, który za nadrzędny cel stawia sobie ograniczanie skutków awarii podczas transportu materiałów niebezpiecznych poprzez udzielanie pomocy Państwowej Straży Pożarnej, a także innym służbom ratowniczym.

⁴⁶ Caritas Polska, Polska Akcja Humanitarna, Polski Czerwony Krzyż, Polski Komitet Pomocy Społecznej, Związek Harcerstwa Polskiego, Związek Harcerstwa Rzeczypospolitej, Polska Rada Ekumeniczna.

⁴⁷ Departament Zdrowia MSWiA, Polska Misja Medyczna, Samodzielne Publiczne Zakłady Opieki Zdrowotnej Zarządów Służby Zdrowia MSWiA w Krakowie i Poznaniu, Samodzielny Publiczny Zespół Zakładów Opieki Zdrowotnej Stołecznego Zarządu Służby Zdrowia MSWiA, Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej Lotnicze Pogotowie Ratunkowe, Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich (włączone do KSRG) oraz Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej pod wezwaniem Przemienienia Pańskiego w Warszawie (tzw. Szpital Praski).

CBRN⁴⁸. Jego uruchomienie uwarunkowane jest wystąpieniem sytuacji zagrożenia skażeniami o wielkiej skali, gdy niezbędne staje się wykorzystanie wszystkich sił i środków dostępnych w państwie. W skład KSWSiA wchodzi:

- System Wykrywania Skażeń Sił Zbrojnych RP;
- sieci i systemy nadzoru epidemiologicznego i kontroli chorób zakaźnych;
- system stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych koordynowany przez prezesa Państwowej Agencji Atomistyki;
- wojewódzkie systemy wykrywania i alarmowania oraz wojewódzkie systemy wczesnego ostrzegania o zagrożeniach;
- system alarmowania o zagrożeniach i skażeniach, określony w Krajowym Planie Zwalczenia Zagrożeń i Zanieczyszczeń Środowiska Morskiego;
- jednostki organizacyjne prowadzące działania interwencyjne nadzorowane przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych;
- formacje obrony cywilnej przeznaczone do monitoringu, wykrywania, rozpoznania i alarmowania o skażeniach.

W sytuacji wymagającej uruchomienia KSWSiA, koordynację działań zapewnia minister obrony narodowej przy pomocy centrum dyspozycyjnego, którego rolę pełni Centralny Ośrodek Analizy Skażeń Sił Zbrojnych, funkcjonujący na co dzień jako centralny punkt Systemu Wykrywania Skażeń Sił Zbrojnych.

Nietrudno zauważyć, że ratownictwo chemiczno-ekologiczne wykracza znacznie zasięgiem poza KSRG, dlatego też należy uwzględnić wszystkie potencjalne podmioty mogące uczestniczyć w akcji ratunkowej, w czasie awarii lub katastrofy chemicznej, biorąc pod uwagę także stany wyższej konieczności państwa. Na tak rozumiane ratownictwo chemiczne składają się podmioty ratownicze podległe resortom obrony narodowej, spraw wewnętrznych oraz komunikacji i gospodarki⁴⁹. Służby te opracowują własną metodykę postępowania podczas akcji ratowniczej, wynikającą z charakteru zdarzenia oraz specyfiki organizacji i wyposażenia. Istnieją jednak wspólne dla wszystkich służb cele i zadania realizowane w trakcie awarii, stanowiące podstawy koordynacji działań ratowniczych w czasie likwidacji skutków poważnych awarii chemicznych.

⁴⁸ Funkcjonowanie KSWSiA reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z 16 października 2006 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i właściwości organów w tych sprawach.

⁴⁹ Chemiczne i radiacyjne zespoły awaryjne w ramach wojsk chemicznych i inżynierskich, Stacje Ratownictwa Chemicznego w SPOT, Pociągi Ratownictwa Technicznego w PKP, Formacje Ratownictwa Chemicznego Obrony Cywilnej mobilizowane w stanach nadzwyczajnych zagrożeń oraz wojny.

Podsumowanie

W obliczu stale pojawiających się nowych zagrożeń chemiczno-ekologicznych, zapewnienie bezpieczeństwa państwa i jego obywateli musi stanowić efektywnie działający KSRG. Powinien zostać utworzony w oparciu o istniejące siły oraz środki, jako spójny układ niemilitarnego (SGR CHEM-EKO) i militarnego (CHRZA) podsystemu reagowania kryzysowego, składających się na Narodowy System Pogotowia Kryzysowego⁵⁰.

Ważnym zadaniem staje się ujęcie ratownictwa chemicznego w ramach ratownictwa cywilnego, realizowanego w trakcie działań wojennych i awarii chemicznych o dużym zasięgu. Taki sposób pojmowania okazałby się przydatny, w sytuacji zmasowanych ataków terrorystycznych, czy z użyciem TSP. Zadania tego rodzaju wykraczają jednak poza możliwości KSRG, dlatego też powinno przewidywać się użycie jednostek obrony cywilnej o specjalności ratownictwa chemicznego.

Istotnym elementem bezpieczeństwa jest niewątpliwie sprawnie i skutecznie działające ratownictwo chemiczno-ekologiczne, w którym wiodącą służbą jest Państwowa Straż Pożarna. Pełni ona ogromnie ważną rolę w procesie przeciwdziałania awariom, jak i reagowania po ich wystąpieniu. Należy podkreślić jej duży potencjał w ratownictwie chemicznym i ekologicznym. Rozwiązania przyjmowane przez PSP w ramach realizacji podsystemu ratownictwa chemiczno-ekologicznego, skupiły się przede wszystkim na poprawie efektywności działań w sytuacji nagłego zagrożenia. Przyniosło to rezultat w postaci skrócenia czasu przystąpienia do akcji, jak i wzrostu skuteczności w usuwaniu następstw występujących zagrożeń. Doświadczenia wynikające z przeprowadzonych akcji ratowniczych, uwiadamiają również wysoki poziom współpracy podmiotów ratowniczych, bez naruszania kompetencji poszczególnych służb.

W celu poprawy bezpieczeństwa i stanu środowiska naturalnego niezbędna jest rozbudowa, ale zarazem ujednoczenie KSRG, który powinien być otwarty na wszystkie podmioty ratownicze i uwzględniać ich autonomiczność. Wymaga to stałego nadzoru jakościowego, jak i merytorycznego oraz bieżącej weryfikacji. Priorytet musi stanowić podnoszenie stanu świadomości obywateli z zakresu zagrożeń chemicznych, a przede wszystkim ratowanie życia i zdrowia ludzi.

Literatura

1. Frątczak P., Jankowski R., *Pojazd na miarę zagrożenia*, [w:] Technika Wojskowa 2010, nr 5;

⁵⁰ Zob.: Z. Piątek, *Procedury i przedsięwzięcia systemu reagowania kryzysowego*, AON, Warszawa 2006, s. 65, 68-69.

2. Frątczak P., Woźniak J., *Samochody pożarnicze cz. XVI*, [w:] Strażak 2008, nr 10;
3. Jałoszyński S. K., *Ratownictwo chemiczne*, PZ-ChiO Gdańsk-Wrzeszcz, Gdańsk 1990;
4. Janik P., *Seveso II – nowelizacja wprowadzona*, [w:] Przegląd Pożarniczy 2006, nr 6;
5. Kleszcz S., *Wojska chemiczne – perspektywy rozwoju*, [w:] Przegląd Wojsk Lądowych” 2008, nr 6;
6. Kowalczyk M., *Akty prawne regulujące bezpieczeństwo obrotu wysoce toksycznymi substancjami chemicznymi oraz związane z systemem ratownictwa* [w:] M. Kowalczyk M., Rump S., Kołaciński Z., *Medycyna katastrof chemicznych*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004;
7. Kowalczyk M., *Katastrofy chemiczne* [w:] Kowalczyk M., Rump S., Kołaciński Z., *Medycyna katastrof chemicznych*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004;
8. Piątek Z., *Procedury i przedsięwzięcia systemu reagowania kryzysowego*, AON, Warszawa 2006;
9. Ranecki J., *Pompy i osprzęt stosowane w ratownictwie chemiczno-ekologicznym*, SA PSP, Poznań 1995;
10. Ranecki J., *Ratownictwo chemiczno-ekologiczne*, GRAWIPOL ZPCH, Poznań 1998;
11. Ranecki J., Schroeder M., *Uszczelnienia w ratownictwie*, Firex, Warszawa 1998;
12. Wojnarowski A., Obolewicz-Pietrusiak A., *Podstawy ratownictwa chemicznego*, Firex, Warszawa 2001.

mgr Izabela Szustkiewicz jest absolwentką studiów magisterskich o profilu pedagogicznym na Uniwersytecie Łódzkim oraz studiów podyplomowych z zakresu bezpieczeństwa narodowego na Akademii Obrony Narodowej w Warszawie. Od trzech lat pracuje w Komendzie Głównej Państwowej Straży Pożarnej. Jako autorka współpracuje z „Przeglądem Pożarniczym”, miesięcznikiem, którego wydawcą jest Komendant Główny PSP. Interesuje się literaturą faktu, turystyką górską i kulturową, tańcem, kulturą arabską i dogoterapią.

Artykuł stanowi fragment pracy dyplomowej, napisanej na Akademii Obrony Narodowej, pod kierunkiem płk. dr. inż. Zbigniewa Piątka.

Recenzenci

dr inż. Stefan Wilczkowski

dr Tomasz Węsierski

Bc. Ing. Linda MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, PhD.
Ing. Jozef SVETLÍK, PhD.
Department of fire engineering
Faculty of special engineering
University of Zilina

FIRE OF PERSONAL MOTOR VEHICLE

Požary samochodów osobowych

Summary

Passenger vehicle fires are part of everyday life. Every year an increasing number of such fires and the damage growth contribute to increasing the intensity of the survey causes the development of fire vehicles and vehicle behaviour during combustion. The resources available for research during a fire are given to a group of Japanese scientists who published their findings in the journal "Fire Safety Journal." The research was aimed to drive sedan category. Authors summarize the results in four types of experiments; where then describe the temperature, heat flux, and deformation phenomena achieved in a fire. Europe, similar research done on the car and its products, but that information and the measured data wasn't publishing.

The article presents the results of experimental burning of cars in real life. Under real conditions in the experiments considered standing vehicles on 4 wheels in a horizontal position, and measured the initial environmental conditions (weather conditions). The solutions of grant tasks were performed 10 trials in 5 experiments. For each test was initiated by the fire in the engine compartment and passenger compartment, which were dealt with several sub-tasks. The main task was to describe the sequence of initiation of combustion in the engine compartment with a focus on measuring the temperature during combustion. Another sub-task was to investigate the flame skipping from vehicle to vehicle when stopped in the parking lot, and the interior and exterior. During the tests were measured in the temperature dependence of burning time. The results were then used in a computer simulation of fire development in cars.

Abstrakt

Príspevok predstavuje výsledky experimentov horenia osobných motorových vozidiel v reálnych podmienkach. V rámci riešenia grantovej úlohy bolo vykonaných 10 skúšok v 5 experimentoch. Pri jednotlivých skúškach bol požiar iniciovaný v motorovom priestore a priestore pre cestujúcich. Ďalšou čiastkovou úlohou bolo sledovanie preskoku plameňa z vozidla na vozidlo pri státi na parkovisku, a to v interiéri, ako aj v exteriéri. Počas skúšok boli merané teploty v závislosti od času. Výsledky bol následne využité v počítačovej simulácii rozvoja požiaru v osobnom motorovom vozidle.

Keywords: fire, temperature measurement, course of fire, personal motor vehicle;

Kľúčové slová: požiar, meranie teplôt, priebeh požiaru, osobné motorové vozidlo;

Introduction

The aim of the experiments was to observe the course and development of individual fire phases of chosen fire types of personal motor vehicles. Also other authors deal with this type of experiments (testing materials) regarding fire in personal car. (MANGS, J. – RAHKONEN, O, 1994) And with the measurements to secure needed data for the program system enabling computer fire simulation of personal motor vehicles. With the fire simulation it is possible confirm the use of fire extinguishing tactics and use it within the location of the fire causes.

Experiments

In the last two years several tests were carried out that focused on the fire development in engine bay of personal motor vehicle:

- **Experiment A – experimental fire of vehicle AUDI 80** – fire simulation with initiation in engine bay,
- **Experiment B – experimental fire of vehicle KIA Ceed** – three experiments, fire simulation with initiation in engine bay, under dash panel in inside space and in the interior on the passenger's front seat.

Further the observation concentrated on the temperature measurements and spark-over from one vehicle onto another:

- **Experiment C – experimental fire of vehicle BMW 318i and KIA Ceed** – fire simulation of a moving personal car on free space, its consecutive shut down and spark-over onto a neighbouring car (three individual tests)
- **Experiment D – experimental fire of vehicles RENAULT 19 Chamade and FORD Escort CLX in closed space** – fire simulation of personal engine fire in closed space with spark-over onto a neighbouring parked vehicle with fire initiation in engine bay (two individual tests).

The last aim of the experiments was to record the whole process of temperature curve by complete fire of personal motor vehicle:

- **Experiment E – experimental fire of vehicle FIAT Regata** – simulation of complete car fire on free space,
- **Experimental fire of vehicle KIA Ceed** – figures measured during the experiment of spark-over.

Experiments were carried out in conditions simulating real conditions by burning of personal motor vehicles, which occur by technical defect on the vehicle. (APVV „POMOV“)

Experiment conditions

The tests of experiment A, B, C and E were carried out in exterior. The space for tests was a concrete area with the size 5x8 metres. In the area of the test apart from the measurement and protection agents of equipment (protection against radiant heat) there were not any flammable materials.

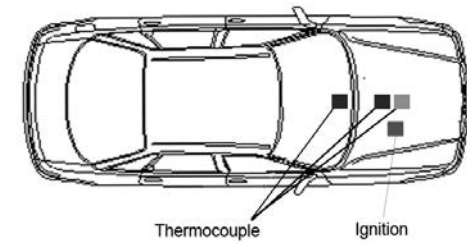
Experiment D was realised in experimental fire tunnel with controlled external air supply. The tunnel was made into a stone massif (that is from non-flammable material).

In case of level measurements in closed space the measurement station was in parallel measurement tunnel separated by a wall from the testing tunnel.

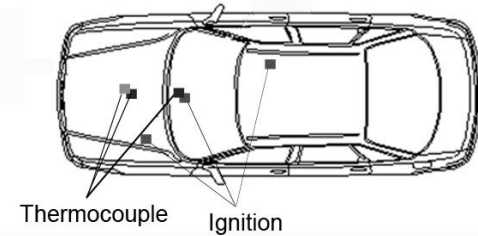
The realisation of experiments required security of safety in the area of safety against fires, as well as in the area of safety at work.

The course of experiments

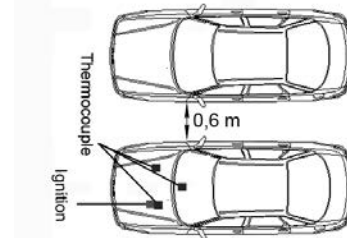
The personal cars were engineering with self-contained body shell, functional engineering groups. The vehicles were secured against movement with park braking system. The fire initiation proceeded in engine bay and in the space for passengers through open fire. The individual points of initiation can be seen on the Picture 1.



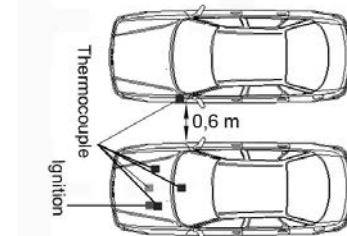
EXPERIMENT A



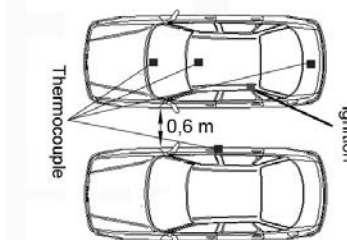
EXPERIMENT B



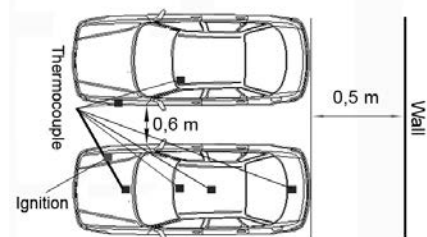
EXPERIMENT C1



EXPERIMENT C2



EXPERIMENT C3



EXPERIMENT D1

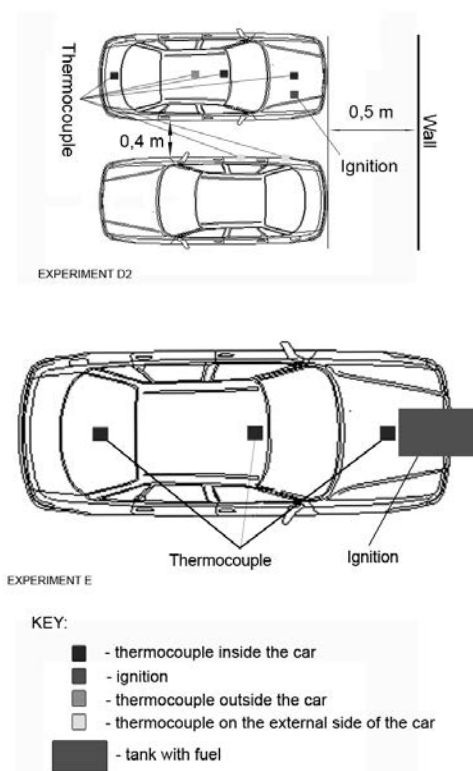


Fig. 1. Places of ignition by experiments and the thermocouple placement

Experiment A

The aim of the first test was mainly to verify suggested methodology of temperature measurements by fire of personal motor vehicle. Simulated fire was initiated in the engine bay of the vehicle. A square felt with the size 3 x 3cm was used; it was impregnated into 5 ml of petrol that was put into the part above suction tube of the engine. For initiation of the fire a flame from torch was used, with which the felt was lit. The lid of the engine space was during ignition (initiation of the burning) open and after ignition it was closed.

Experiment B

The second experiment of the observation of fire course of personal motor vehicle was divided into three partial tests. The first test was observation of the fire course in engine bay. The second represents initiation in the space of dash panel and the third on the passenger seat. The ignition was done with the help of open fire through impregnated fabric as in experiment A.

Experiment C

The experiment was aimed at the development of fire in a moving car. By individual partial tests two cars were used. The first test represented simulation of fire development in engine bay by moving car with a speed of 86 km.h⁻¹. For wind simulation a mixed flow fan was used. The second part of the experiment was the fire initiation in engine bay and regu-

lation of radiant heat through mixed flow fan towards neighbouring standing car in distance of 60 cm. The third experiment was a complete fire and a spark-over onto a close standing vehicle. The distance was adjusted based on the result from previous test for 50cm.

Experiment D

Fire in experimental tunnel was divided into two separate tests. In both cases it was a simulation of spark-over from vehicle onto a vehicle. The position of vehicles in the tunnel is visible on picture 2. Vertical side distance between vehicles was 60cm. After reaching temperature decline on the neighbouring car the test was stopped and the vehicles were exchanged. The distance between vehicles was lowered onto 40cm.

Experiment E

It represented complete fire of personal motor vehicle on outside area without fire-fighting crew intervention. The initiation started in a bath filled with fuelling (mixture of petrol + diesel) which was pushed under the engine part of the car. Through this a fire was simulated and initiated via burning puddle created by propellants.

During all experiments the temperatures were measured via Ni-Cr thermocouples (Type K) and basic levels of outside environment (temperature, air humidity etc.). The initiation of vehicles was carried out through fabric burning that was impregnated in car petrol. In case of initiation in engine bay the engine bonnet was closed. (POLEDŇÁK, P., 2010)

Results and discussion

Primary aim of the tests was measurement of temperatures by burning that will be consequently confirmed by computer simulation. Individual temperature curves can be seen on pictures 2-6.

Results – Experiment A

The experiment lasted 11 minutes and 36 seconds. By temperature decline in engine bay the experiment was finished. The temperatures were measured in three places – in engine bay, above front engine bonnet and in passenger cab (in middle panel of dash panel). Complete temperature course can be seen on the picture 2.

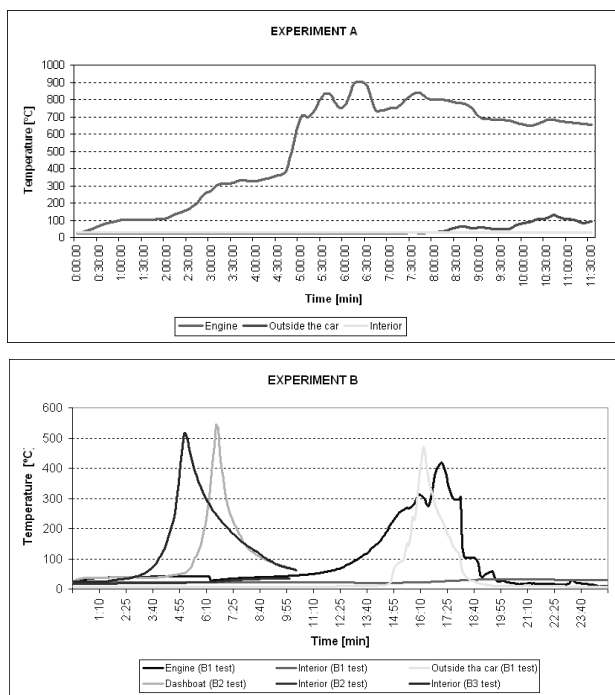


Fig. 2. Temperatures by experiment A and B

The temperature in engine bay reached value of 840°C. The temperature in the space above engine bonnet slightly rose above 100°C. During the whole experiment it did not come to significant temperature rise in the space for passengers.

Results – Experiment B

By tests of Experiment B three places of initiation were chosen. It was engine bay (B1), dash panel (B2) and passenger front seat (B3). In engine bay were reached temperatures only about 400°C, which was achieved by sealing of thermocouple into plastic. By initiation in the space of dash panel the fire itself was extinguished by use of oxygen in the space. It was the same also by test B3.

Results – Experiment C

The experiment C consisted in performing three partial tests. By C1 the place of initiation was engine bay by simulated drive by speed 86 km.h⁻¹. The fire course was enormously slower and the temperatures in the space reached in the 8th minute only 225°C. The initiation by the test C2 was also in the engine bay. The wind direction was lateral with speed 10 km.h⁻¹. On the second vehicle during test was not shown temperature rise (Picture 4).

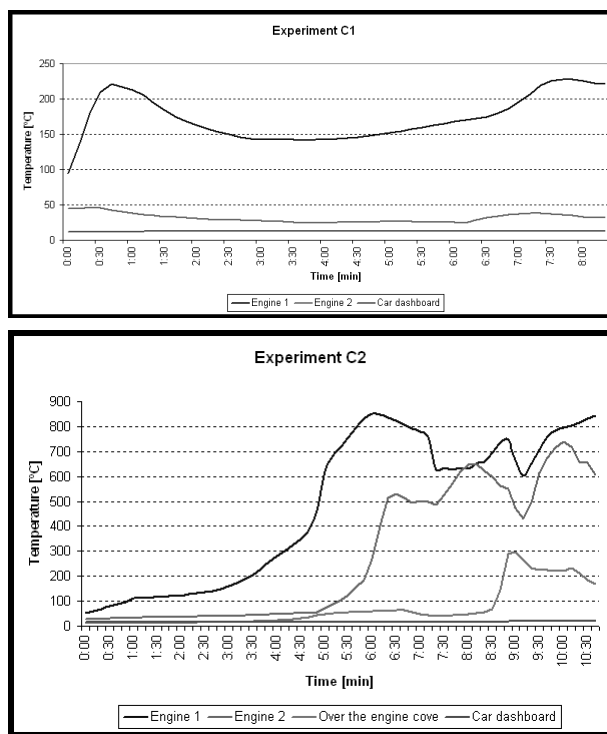


Fig. 3. Temperatures achieved by experiment C1 and C2

The test C3 linked to the test B3, whereas the spark-over from burning vehicle standing next to the not burning vehicle was observed. After initiation in the space for passengers (Picture 1) the window was left open on the burning car. From the side of the second car. During the fire the second car was lit, however not via radiant heat but through a flying piece of plastic plinth of doors onto the front door of the second vehicle. Temperatures measured by thermocouple on the B-pillar reached during measurement max 63°C which is insufficient temperature for initiation. The measured temperatures can be seen on the Picture

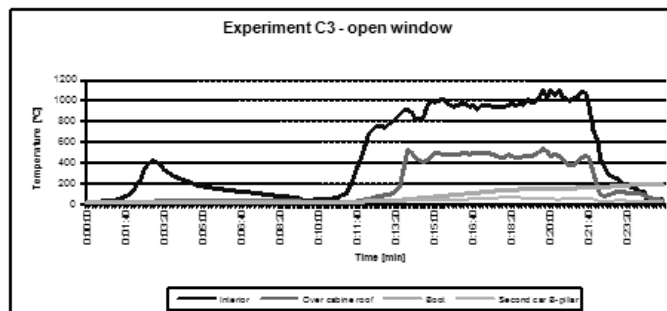


Fig. 4. Temperatures by Experiment C3 – spark-over

By this experiment it was confirmed that the blast of air in engine bay significantly influenced the first phase of fire in personal motor vehicle. The temperatures by simulated drive did not reach even 250°C, what is by majority of flammable material the flash point. After fan switch off at the beginning of the 4th minute in C1 the temperature started gradually rise,

however after repeated switch on onto max power (in 7th minute) it declined again.

Results - Experiment D

The experiments D1 and D2 were different from previous by space. They were performed in closed experimental tunnel by which burning in closed space and spark-over in closed space was simulated. The vehicles position can be seen on the Picture 1. By first test the temperatures in engine bay reached more than 900°C and in interior more than 800°C in the 39th minute when the extinguishing started what can be confirmed also by the decline of measured levels in measured points. [4] After vehicle extinguishment both cars were turned (see Picture 1) and the test was repeated. By second test the vehicles in the space were left to a complete burn down and the time of test was more than 140 minutes. The interior temperatures achieved 1080°C. In the luggage boot the rise of temperature was from cca. 400°C onto 780°C in the 58th minute (Picture 5)

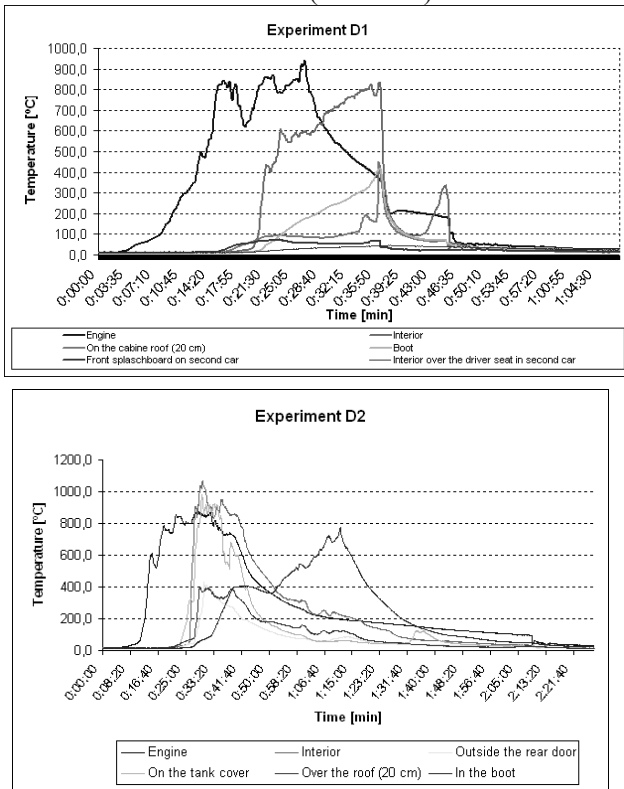


Fig. 5. Temperatures by experiment D

Results – Experiment E

The last big test was a simulation of complete fire of personal motor vehicle. In this case the initiation was different from others. The car was lit through container with flammable liquid (Picture 1) pushed after initiation under the engine bay. The temperatures by fire were measured in engine bay, in car interior and in the luggage boot. By experiment was anticipated faster rise of temperature by burning and overall faster course of fire, which however was not confirmed and the temperature curves

copied temperatures measured by previous tests (at least in engine bay). The maximum temperatures reached 1100 °C approximately in the 23rd – 27th minute of burning. As in previous cases, so in this experiment the highest temperatures were measured in car interior. The complete temperature course is on the Picture 6.

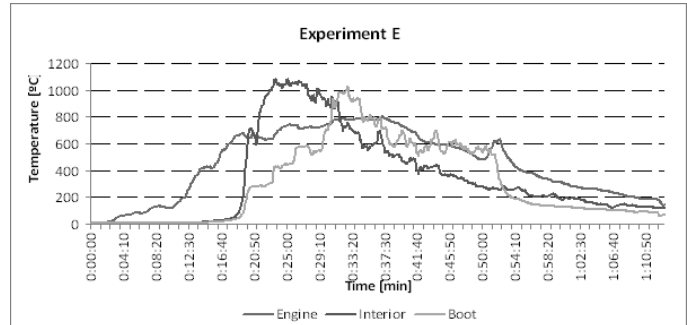


Fig. 6. Temperatures measured by experiment E

Conclusion

Fires of personal vehicles are everyday reality in road traffic. The authors as the most likely place of fire start assumed engine bay of the car that was most used for fire initiation. This argument came out from facts:

- in engine bay are installed individual parts of car system (braking system, fuel system, electric system etc.);
- regular business interruption in this space;
- amount and variety of flammable material in the space;
- the inability to control space visually and that way prolonging the phase of free fire course;
- the presence of moving part and components with higher service temperatures [3].

The aim of the experimental fire tests of personal motor vehicles was:

- to note temperature course by car burning
- to verify the possibility of spark-over from burning car onto standing cars,
- to verify the influence of moving car onto the fire development in engine bay,
- to set the phases of fire burning of personal motor vehicle.

From presented tests can be summarised that the fire in engine bay is into a certain time limited fire – there is no transfer of flame into the cab of driver, the temperatures by burning reach max 800 up to 1100°C and that is also in closed space and the course of fire is significantly influenced by gas exchange in the space of the fire – mainly in the primary phase of fire (in closed space came to flame extinguishment after initiation and closing of the space)

References

1. The methodology of experiments of conducted burning personal motor vehicle; APVV „PO-MOV“;
2. Poledňák P., *Experimental verification of the passenger motor vehicle fires*, [in:] Proceedings of 4 International Conference on Protection against fire and rescue services FŠI ŽU in Žilina, 2.-3.6.2010. ISBN 978-80-554-0208-6;
3. Šimonová M., Ponce I., Kopták M., *The importance of burning modelling of burning processes by computer simulation*, [in:] Transcom 2007, 7-th European conference of young research and scientific workers. Žilina 2007. Str. 73 – 76, ISBN 978-80-8070-698-2;
4. Mangs, J., Rahkonen O., *Characterization of the fire behaviour of a burning passenger car*, Part I: car fire experiments. [in:] Fire Safety J., 23 (1994), pp. 17–35;
5. Mangs J., Rahkonen O., *Characterization of the fire behavior of a burning passenger car*, Part II: parameterization of measured rate of heat release curves, [in:] Fire Safety J., 23 (1994), pp. 37–49.

The paper is one of the outputs from the project -APVV 0532-07 „**Fires of personal cars, computer simulation of fires and their experimental verification**“.

Ing. Jozef Svetlik, PhD. He studied at the Faculty of Special Engineering, University of Zilina. He is a graduate study program “Crisis Management” (Ing.), who graduated in 2001. After graduation he entered the military service for civil protection rescue brigades. Since 2002 he works as a professor assistant at the Department of Fire Engineering. In 2009, finished the PhD, in the “rescue services”. During the action on the department of fire engineering is concerned about the dynamics of fire, fire fighting and fire brigades supply of extinguishing agents. He completed fire-fighter training and work experience placements for Fire Departments.

Bc.Ing, Linda Osvaldová Makovicky, PhD., Studied at the Faculty of Wood Sciences, Technical University in Zvolen. She graduates in program fire protection (Ing.), which ended in 2003. Continue in postgraduate studies at the Institute of Forest Ecology, Slovak Academy of Sciences, which ended in 2007 with a thesis on forest fires. At the same time studying at Matej Bel University on Faculty of law and finish with title Bc, in 2006. Since 2006, she worked as a health and safety specialist for foreign company in the automotive industry. Since 2008 she works as a professor assistant in the Department of Fire Engineering, where she is concerned about the Fire Investigation and material testing, and also in fire prevention and of health and safety at work.

Recenzenci

dr hab. Marzena Pólka, prof. SGSP

dr inż. Jacek Roguski

dr hab. inż. **Tadeusz MACIAK**
mgr inż. **Tomasz CZERPAK**
Wydział Informatyki, Politechnika Białostocka

MODELOWANIA POŻARU LASU. CZĘŚĆ IV. MODELE INICJACJI I ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ OGNI KORON DRZEW

Forest fire modelling. Part IV. Models of the initiation and spread of crown fire

Streszczenie

W pracy zaprezentowano matematyczny sposób modelowania pożaru koron drzew lasu oraz omówiono model roznoszenia płonących fragmentów roślinności przez wiatr. Oba modele są stosowane w oprogramowaniu FARSITE. Model pożaru koron drzew został przedstawiony zgodnie z teorią Van Wagnera. Zaprezentowane równania są częściowo empiryczne. Za pomocą modelu Van Wagnera można określić, czy ogień pozostaje tylko w przestrzeni paliw powierzchni, czy przenosi się na korony drzew. Paliwa koron są traktowane jako jednorodna warstwa umiejscowiona na stałej wysokości od podłoża, posiadająca określoną głębokość i gęstość. W rozważanych modelach nie są brane w wyraźny sposób pod uwagę różne mechanizmy przenikania ciepła takie jak np. promieniowanie, konwekcja lub przewodzenie. Przyjęcie jednorodnej warstwy koron drzew jest podstawowym założeniem współczesnych modeli służących do przewidywania zachowania się ognia. W rzeczywistości warunki te są spełnione tylko w siedliskach gęstych lasów składających się z drzew bardzo podobnych jeśli chodzi o wiek i rozmiar. Nie są natomiast spełnione w siedliska o zmiennej gęstości drzew. Model roznoszenia płonących fragmentów roślinności przez wiatr został zaprezentowany na podstawie opracowania Albiniego. Modelowane zjawisko może mieć bardzo duży zasięg. Płonące żagwie mogą przenosić się z wiatrem na wiele kilometrów, dramatycznie zmieniając rozwój pożaru. Symulacja tego zjawiska opiera się przede wszystkim na określeniu lokalizacji płonących fragmentów o różnych rozmiarach. Odległość przenoszenia płonących żagwi na nierównym terenie zależy przede wszystkim od: wielkości żagwi, pionowego profilu prędkości wiatru oraz od topografii powierzchni w kierunku przenoszenia niedopałków. Model Albiniego pozwala obliczyć poziom, do którego unoszone są płonące cząstki oraz zasięg zagrożenia pożarowego. W trzeciej części pracy pokazano w jaki sposób z niepełnych danych będących w posiadaniu Dyrekcji Lasów Państwowych można oszacować dane wejściowe do symulacji pożaru kompleksu leśnego w oprogramowaniu FARSITE.

Summary

The paper presents a mathematical method of modeling the forest crown fires, and discusses a model of delivering the burning fragments of vegetation by the wind. Both models are used in FARSITE software. Crown fire model has been presented in accordance with the theory of Van Wagner. The presented equations are partially empirical. With the help of Van Wagner's model to determine if the fire is only in the area of fuel surface, and moves to the crowns of trees. Crown fuels are treated as a homogeneous layer located at a constant height from the floor, having a specified depth and density. The models under consideration are not taken explicitly into account the different heat transfer mechanisms such as radiation, convection or conduction. The adoption of a uniform layer of the crown is the basic assumption of contemporary models to predict the behavior of fire. In fact, these conditions are met only in dense forest habitats consisting of trees are very similar in terms of age and size. There are, however, met with a variable density of habitat trees. Model spreading flaming fragments of vegetation by the wind was presented on the basis of the development of Albini. Modeled phenomenon may have a very large range. The burning of charcoal can move with the wind for miles, dramatically altering the development of a fire. The simulation of this phenomenon is based primarily on identifying the location of burning fragments of different sizes. Distance transmission burning charcoal in the rough terrain depends primarily on: the size of charcoal in the vertical profile of wind speed and surface topography of cigarette butts in the conveying direction. Albini model allows to calculate the degree to which particles are lifted and the extent of burning fire hazard. In the third part of the paper shows how the incomplete data held by the RDLP in Białystok can estimate the input to the simulation of complex forest fire in FARSITE software.

Słowa kluczowe: modele pożaru lasu, model pożaru koron drzew;

Keywords: forest fire modeling, crown fire model;

1. Wprowadzenie

W poprzednich publikacjach przedstawiono modele pożaru lasu oraz zaprezentowano wybrane oprogramowania służące do modelowania rozwoju pożarów kompleksów leśnych [1,2]. Symulacja pożaru lasu została przeprowadzona w stosowanym przez Urząd Leśny Ministerstwa Rolnictwa USA oprogramowaniu FARSITE [3]. FARSITE wykorzystuje opisane w pracy [1] matematyczne modele pożaru roślinności takie jak model pożaru powierzchni podłoża [4], pożaru koron drzew [5,6] oraz model roznoszenia płonących fragmentów roślinności [7]. Podstawą implementacji programu jest zastosowanie zasady propagacji fali Huygensa do symulacji wzrostu frontu pożaru [8,9]. FARSITE jest programem zgodnym z Systemami Informacji Geograficznej GIS (*Geographic Information Systems*). Przedstawiona w pracy [2] przykładowa symulacja dotyczyła rozprzestrzeniania się pożaru roślinności w wybranym kompleksie leśnym w pobliżu Nowogrodu.

W celu przedstawienia polskiemu czytelnikowi szerzej obszernego problemu symulacji pożarów kompleksów leśnych, omawiana tematyka została rozszerzona o następne publikacje. W kolejnej pracy zostały przedstawione problemy tworzenia modeli paliwowych [10]. Bieżąca publikacja (czwarta z serii), ma na celu uzupełnienie wiedzy z zakresu modelowania pożaru koron drzew oraz przedstawienie modelu roznoszenia płonących fragmentów roślinności przez wiatr.

2. Modele inicjacji i rozprzestrzeniania ognia koron drzew

Aby przejść do modelu inicjacji i rozprzestrzeniania się ognia koron drzew należy najpierw określić intensywność linii ognia pożaru powierzchni lasu. W swoich rozważaniach Van Wagner [5] zasugerował, że niezależne pożary koron są bardzo rzadkie i krótkotrwałe. Stąd niezależny pożar koron drzew nie jest włączany do analizy wykonywanej w oprogramowaniu FARSITE. Założył on, że współczynnik rozprzestrzeniania się pasywnego pożaru koron jest równy współczynnikowi rozprzestrzeniania się pożaru powierzchni paliw znajdujących się poniżej płonących koron. Należy zaznaczyć, że przedstawiony poniżej model Van Wagnera bazuje na badaniach doświadczalnych i z tego względu należy go sklasyfikować jako pół empiryczny.

2.1. Intensywność linii ognia pożaru powierzchni

Intensywność linii ognia I_b , zgodnie z modelem Byrama [11], opisuje ilość energii wyemitowanej na jednostkę długości frontu pożaru (kW m^{-1}), co przedstawia wyrażenie:

$$I_b = hwR/60 \quad (1)$$

gdzie h reprezentuje ciepło właściwe paliwa (kJ kg^{-1}). Parametr w oznacza masę paliwa na jednostkę powierzchni, spalonego na froncie pożaru (kg m^{-2}), natomiast $R/60$ jest to współczynnik rozprzestrzeniania pożaru powierzchni przekształcony do wymiaru jednostek SI (m s^{-1}). Zależność (1) można również zapisać w postaci:

$$I_b = \frac{I_R 12,6 R}{60 \sigma} \quad (2)$$

gdzie I_R jest intensywnością reakcji (intensywnością wydzielania ciepła na jednostkę powierzchni frontu pożaru), zaś σ oznacza charakterystyczny współczynnik powierzchni do objętości dla warstwy paliwowej. Cechy czoła pożaru (współczynnik rozprzestrzeniania, intensywność linii ognia itp.) są zależne od bieżących warunków środowiska takich jak rodzaj paliwa, wilgotność, prędkość i kierunek wiatru oraz topografia terenu czyli nachylenia i ekspozycje. Do wykonania dobrej symulacji niezbędne jest, aby każdy z tych parametrów był dostępny i przeliczalny dla każdego punktu terenu.

2.2. Pożar koron drzew

Zjawisko pożaru koron drzew zachodzi ponad pożarem warstwy powierzchniowej i paliw powierzchniowych. Model pożaru koron drzew użyty w oprogramowaniu FARSITE został opracowany przez Van Wagnera [5,12] i jest podobny do zastosowanego w systemie oprogramowania kanadyjskiego (*Forest Fire System Info Behavior*) [13]. Istnieje wiele modeli zarówno inicjacji jak i rozwoju pożaru koron. Model Van Wagnera określa czy ogień pozostaje tylko w przestrzeni paliw powierzchni, czy przenosi się na korony drzew oraz czy rozprzestrzenia się aktywnie w koronach czy ogranicza się jedynie do pożaru pojedynczych drzew. W modelu przyjęto, że krytyczna intensywność ognia niezbędna do inicjacji ognia korony I_0 (kWm^{-1}) zależy przede wszystkim od współczynnika wilgotności liści M (który reprezentuje procent suchej masy, określającej energię zapłonu koron), oraz wysokości podstawy korony drzewa CBH (*Crown Base Height* (m)):

$$I_0 = (0,010 CBH (460 + 25,9 M))^{3/2} \quad (3)$$

Wysokość podstawy korony jest to pionowa odległość pomiędzy powierzchnią ziemi a żywym paliwem korony. W praktyce powinny być jeszcze uwzględniona obecność i wpływ tzw. „drabiny” paliw, czyli martwych gałęzi i małych drzew pomiędzy powierzchnią a koronami, co może skutecznie obniżyć wartość CBH [5,12,14]. Inicjacja pożaru korony następuje wtedy, gdy intensywność ognia powierzchni dla danego punktu obliczona ze wzoru (1)

wynosi lub przekracza I_0 . Typ pożaru korony zależy od progu określonego dla rozprzestrzeniania się aktywnego pożaru korony RAC zgodnie z modelem Alexandra [14]:

$$RAC = 3,0 / CBD \quad (4)$$

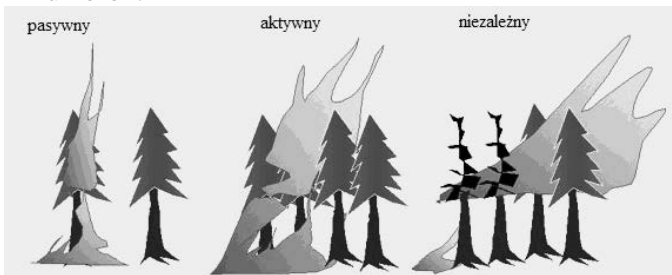
Gdzie CBD jest to gęstość średnia korony (kg m^{-3}), a wartość 3,0 jest stałą empiryczną.

Van Wagner [5] wyodrębnił trzy rodzaje pożaru korony uzależnione od I_0 i RAC :

- pasywny pożar koron ($I_b \geq I_0$, $R_{\text{Cactual}} < RAC$),
- aktywny pożar koron ($I_b \geq I_0$, $R_{\text{Cactual}} \geq RAC$, $E < E_0$),
- niezależny pożar koron ($I_b > I_0$, $R_{\text{Cactual}} \geq RAC$, $E > E_0$).

E i E_0 oznaczają aktualny oraz krytyczny strumień energii odpowiednio w kierunku postępu płomienia, a R_{Cactual} określa aktualny współczynnik rozprzestrzeniania się aktywnego pożaru koron.

Na rysunku 1 przedstawiono w sposób graficzny wyróżnione przez Van Wagnera przypadki pożaru koron.



Ryc. 1. Rodzaje pożaru koron drzew [3]
Fig. 1. Types of wind driven crown fire [3]

Jak już wspomniano, Van Wagner zasugerował, że niezależne pożary koron są bardzo rzadkie i krótkotrwałe. Stąd, nie oblicza się zarówno E oraz E_0 a niezależny pożar koron drzew nie jest uwzględniany w oprogramowaniu FARSITE.

Współczynnik rozprzestrzeniania się pasywnego pożaru koron jest równy współczynnikowi rozprzestrzeniania się pożaru powierzchni paliw znajdujących się poniżej płonących koron. Natomiast aktualny współczynnik rozprzestrzeniania się aktywnego pożaru koron dla *i-tego* wierzchołka R_{Cactual} (m min^{-1}) określa się wykorzystując maksymalny współczynnik rozprzestrzeniania się pożaru koron (R_{Cmax}) zgodnie ze wzorem:

$$R_{\text{Cactual}} = R + CFB(R_{\text{Cmax}} - R) \quad (5)$$

jeśli R_{Cactual} osiąga lub przewyższa RAC , gdzie:

$$R_{\text{Cmax}} = 3,34 R_{10} E_i \quad (6)$$

a $3,34R_{10}$ jest współczynnikiem rozprzestrzeniania aktywnego pożaru koron (m min^{-1}) określonym na podstawie korelacji ze średnim współczynnikiem rozprzestrzeniania pożaru powierzchni dla modelu 10 Paliw „U.S. Fuel Model 10” z wykorzystaniem współczynnika redukcji wiatru równego 0,4 [8]. R jest współczynnikiem rozprzestrzeniania się ognia. CFB jest ułamkiem spalonych koron.

W tym przypadku, mimo iż pierwotnie współczynnik 3,34 został wykorzystany do wyznaczenia średniego współczynnika rozprzestrzeniania pożaru koron, zostanie on wykorzystany do określenia maksymalnego współczynnika rozprzestrzeniania pożaru. Niemniej jednak korelacja pozostaje niezależna od struktury korony, a niepewność w przewidywaniu współczynników rozprzestrzeniania pożaru korony nie może być ustalona poprzez proste dostosowanie tego współczynnika.

Liczba E_i jest ułamkiem współczynnika rozprzestrzeniania przodu pożaru korony ($E_i \leq 1$) osiąganym dla *i* – tego obwodu wierzchołka, określającego orientację tego wierzchołka w stosunku do kierunku maksymalnego rozprzestrzeniania się ognia i wymiarów eliptycznych pożaru koron. CFB jako ułamek spalonych koron, określa proporcję drzew uczestniczących w koronowej fazie pożaru. Zgodnie z modelem Van Wagnera [5]:

$$CFB = 1 - e^{-a_c(R - R_0)} \quad (7)$$

Parametr a_c występujący w wykładniku e skaluje CFB do wartości równej 0,9, kiedy współczynnik rozprzestrzeniania pożaru powierzchni osiąga 90% różnicy pomiędzy RAC a krytycznym współczynnikiem rozprzestrzeniania pożaru powierzchni R_0 (równanie (1):

$$a_c = \frac{-\ln(0.1)}{0.9(RAC - R_0)} \quad (8)$$

$$R_0 = I_0 \frac{R}{I_b} \quad (9)$$

R_0 jest liczone z I_0 wykorzystując tylko część zużytej paliwa powierzchni na froncie ognia w porównaniu do całkowitego zużycia paliwa [13].

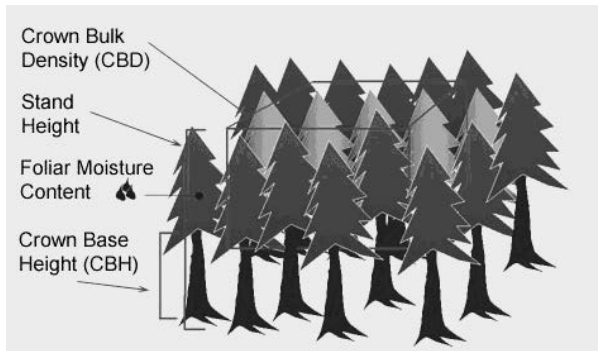
Powiązanie modelu rozprzestrzeniania ognia korony Van Wagnera i modelu rozprzestrzeniania ognia powierzchni Rothermela [4] wymaga zastosowania dodatkowych ustaleń. Współczynnik użyty do skalowania CFB jest obliczany zgodnie z ustaleniami Van Wagnera. Podobnie koncepcja przejścia pasywnego pożaru koron w pożar aktywny jest zgodna z założeniami modelu Van Wagnera i powodu-

je dyskretny skok współczynnika rozprzestrzeniania ognia kiedy $R_{Cactual}$ osiąga lub przekracza progową wartość RAC .

Intensywność ognia korony I_c (kW m^{-1}) jest obliczana dla danego wierzchołka poprzez modyfikację równania Byrama (równanie (1)) określającego I_b . Wykorzystano w nim łączne obciążenie paliw korony i paliw powierzchni strawionych przez ogień na froncie płomieni, oraz współczynnik rozprzestrzeniania aktywnego pożaru koron $R_{Cactual}$ lub pasywnego pożaru koron R .

$$I_c = 300(I_b/300R + CFB \cdot CBD(H - CBH))R_{Cactual} \text{ or } R \quad (10)$$

Gdzie H jest wysokością korony (m) a ciepło właściwe paliw powierzchni i koron zostało zsumowane. Wynosi ono 18000 kJ kg^{-1} [6].



Ryc. 2. Parametry drzewostanu używane do modelowania pożaru koron lasu w oprogramowaniu FARSITE [3].

Fig. 2. The parameters used for modeling of tree crown forest fire in FARSITE software [3].

3. Unoszenie płonących fragmentów roślin (spotting)

Angielski termin „spotting” określa zjawisko polegające na powstawaniu nowych ognisk ognia przed frontem pożaru poprzez przenoszenie płonących fragmentów roślinności przez wiatr. Zjawisko to ma nieraz bardzo duży zasięg a ogień może przenosić się na wiele kilometrów pokonując bariery, dramatycznie zmieniając parametry oraz zachowanie pożaru. Symulacja tego zjawiska opiera się przede wszystkim na określeniu lokalizacji płonących fragmentów o różnych rozmiarach. Jednym z najpopularniejszych modeli opisujących ten problem jest model oparty na równaniach Albiniego [7] opisujących „spotting” z płonących drzew. Płonące drzewa są źródłem licznych płonących fragmentów roślinności (żagwi), które mogą być wyniesione wysoko poprzez wiatr.

Odległość przenoszenia płonących fragmentów roślinności na nierównym terenie zależy przede wszystkim od wielkości żagwi, pionowego profilu prędkości wiatru oraz od topografii powierzchni w kierunku przenoszenia niedopałków. Spośród

wymienionych parametrów bardzo ważny jest rozmiar, gdyż jak łatwo się domyślić większa żagiew płonie dłużej, ale nie zostanie przeniesiona tak daleko jak mniejsza. Model Albiniego pozwala obliczyć poziom, do którego unoszone są płonące cząstki jako wysokość gdzie czas trwania dynamicznego przepływu struktury płonącego drzewa (t_f) jest równy czasowi potrzebnemu cząstce na podróż w górę od jej źródła (t).

$$t_f = t_0 + 1.2 + \frac{a_x}{3} \left(\left(\frac{b_x + z/z_F}{a_x} \right)^{3/2} - 1 \right) \quad (11)$$

Gdzie:

z = wysokość cząsteczki (m)

z_F = wysokość płomienia (m)

Stałe a i b zgodnie z modelem Albiniego dotyczą struktury płomienia

$a_x = 5,963$

$b_x = 4,563$

Natomiast:

$$t_t = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 \quad (12)$$

t_0 jest czasem stałego spalania koron drzew. Zarówno t_0 jak i z_F są określone dla cech charakterystycznych poszczególnych gatunków, średnic drzew i liczby płonących drzew w grupie. t_1 jest czasem w którym cząstka podróżuje ze swojej początkowej wysokości do szczytu płomienia przy czym:

$$t_1 = 1 - (z_0/z_F)^{1/2} + \frac{v_o}{w_F} \ln \left(\frac{1 - v_o/w_F}{(z_0/z_F)^{1/2} - v_o/w_F} \right) \quad (13)$$

t_2 jest to czas podróży cząstki przez strefę przejściową pomiędzy szczytem płomienia a pióropuszem ognia i dymu określony w postaci:

$$t_2 = 0.2 + B \left(\frac{D_p}{z_F} \right)^{1/2} \left(1 + B \left(\frac{D_p}{z_F} \right)^{1/2} \ln \left(1 + 1 / \left(1 - \left(\frac{D_p}{z_F} \right)^{1/2} \right) \right) \right) \quad (14)$$

zaś t_3 jest to czas podróży cząstki w pióropuszu ognia i dymu obliczony według zależności:

$$t_3 = \frac{a_x}{0.8v_o/w_F} \left(\ln \left(\frac{1 - 0.8v_o/w_F}{1 - 0.8v_o/w_F} \right) - 0.8(v_o/w_F)(r-1) - \frac{1}{2}(0.8v_o/w_F)^2(r-1)^2 \right) \quad (15)$$

Gdzie:

v_o – prędkość końcowa cząstki (m s^{-1})

w_F – prędkość płomienia gazowego (m s^{-1})

$r = ((b+z/z_F)/a)^{1/2}$

D_p = średnica cząstki (m)

$B = 40$

$v_o/w_F = B(D/z_F)^{1/2}$ (bezwymiarowe)

Do obliczania wysokości wynoszenia cząstek stosuje się kilka istotnych założeń:

- zakłada się, że cząstki pochodzą z górnej części korony,
- podstawa płomienia jest równa połowie wysokości całkowitej,
- cząstki mają kształt cylindrów o stałym ciężarze właściwym $0,3 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$ i współczynnika oporu $C_D = 1,2$,
- cząstki są wynoszone pionowo ponad płonące drzewa. (np. nie występuje podrózkowanie z wiatrem podczas wynoszenia).

Uniesione przez wiatr palące się fragmenty roślinności zaczynają opadać. Cząstka opada w tempie malejącym ze względu na utratę gęstości i objętości w czasie spalania. Znajduje to odzwierciedlenie w jej prędkości końcowej, a jej wysokość z w czasie t określa zależność:

$$z(t) = z(0) - v_0(0) \left(t/\tau - \frac{1}{2} (t/\tau)^2 \right) \quad (16)$$

gdzie:

$$\tau = 4C v_0(0) / K\pi g$$

$$K = 0,0064$$

g - przyspieszenie ziemskie ($9,81 \text{ m s}^{-2}$)

Końcowa prędkość cząstki v_0 wyraża się równaniem:

$$v_0 = (\pi g \rho_s D_p / 2C_D \rho_a)^{1/2} \quad (17)$$

gdzie:

ρ_s - gęstość zwęglonego drewna ($0,3 \text{ g cm}^{-3}$)

ρ_a - gęstość powietrza ($1,2 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$)

C_D - współczynnik oporu cylindrycznej cząstki (1,2)

W momencie kiedy cząstka opada, jej współczynnik przemieszczania w poziomym kierunku jest uzależniony od prędkości wiatru na danej wysokości. Prędkość wiatru maleje logarytmicznie w miarę zmniejszania wysokości w kierunku koron drzew (H , m):

$$\frac{dx}{dt} = U_H \ln(z/z_0) / \ln(H/z_0) \quad (18)$$

gdzie:

z_0 = długość tarcia ($0,4306 H$, (m))

H = wysokość (m) koron lasu

natomiast prędkość wiatru U_H (m s^{-1}) na wysokości H zgodnie z modelem Albiniego i Baughmana [15] określa równanie:

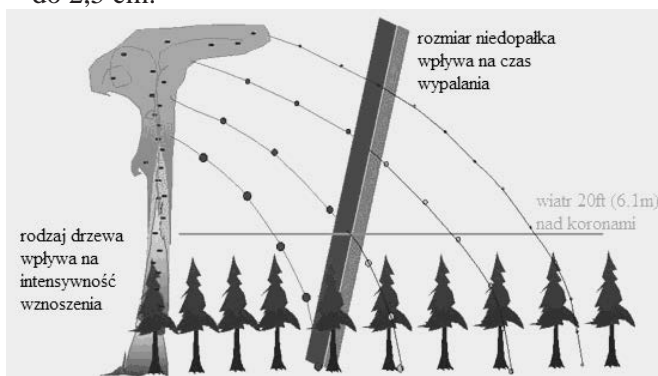
$$U_H = \frac{U_{20+H}}{\ln((20 + 1.18H)/0.43H)} \quad (19)$$

Po kontakcie z powierzchnią ziemi opadłe niedopałki mogą być przyczyną nowego zapłonu paliwa jeśli:

- nie opadły na spalony obszar,
- wylądowały na podłożu palnym,
- podłoże paliwowe może być zapalone od płonącego fragmentu roślinnego.

Ciągle palące się fragmenty roślinności, gdy osiągają grunt mogą rozpalić nowy pożar o ile nie wylądowały w obszarze aktualnego pożaru lub w tzw. enklawie pożarowej czyli powierzchni pokrytej niepalnymi paliwami. W celu opisania wielu czynników, mających wpływ na zapłon i nie dających się określić ilościowo, mechanicznie lub przestrzennie wprowadzono na potrzeby opracowania pojęcie „częstotliwości zapłonu”. Jednym z najważniejszych czynników z tej grupy jest różnorodność podłoża paliwowego. Dodatkowe czynniki to przede wszystkim filtrowanie niedopałków przez korony drzew, wilgotność paliw powierzchni, temperatura paliw oraz inne właściwości fizyczne i cieplne paliw (spróchniałe drewno lub odchody zwierząt), które różnią się miejscem występowania.

W wielu systemach modelowania pożaru roślinności tak jak w programie FARSITE stosowane są różne klasy wielkości cylindrycznych fragmentów płonącego materiału np. od średnicy około $0,15 \text{ cm}$ do $2,5 \text{ cm}$.



Ryc. 3. Czynniki wpływające na przenoszenia ognia przez niedopałki [3].

Fig. 3. Factors affecting spotting [3].

Należy dodać, że prędkość wiatru wprowadzana jako dana wejściowa do oprogramowania jest to prędkość wiatru mierzona na wysokości 20 stóp (6,1m) powyżej górnej roślinności (koron drzew).

4. Symulacja pożaru w oprogramowaniu FARSITE

Aby uruchomić symulację trzeba do programu FARSITE wczytać pięć podstawowych warstw

danych rastrowych z plików w formatach GRASS ASCII (format plików programu GRASS do edycji danych GIS) oraz ARC GRID ASCII. Wymagane warstwy to: wysokości (DEM – *Digital Elevation Model* czyli Numeryczny Model Terenu), nachylenia (*Slope*), ekspozycje (*Aspect*), paliwa (*Fuel Model*) oraz pokrycie terenu koronami drzew (*Canopy Cover*). Dodatkowe warstwy danych takie jak: wysokość drzew (*Canopy Height*), wysokości podstawy koron od ziemi do dołu korony (*Crown Base Height*), gęstość koron (*Crown Bulk Density*) są istotne przede wszystkim w symulacji pożaru koron drzew, ale nie są niezbędne do uruchomienia symulacji. Wszystkie te wymienione trzy warstwy w programie łączone są w jeden plik o rozszerzeniu *.lcp czyli tzw. plik krajobrazu. Bardzo ważne jest, aby wczytywane do programu warstwy spełniały kilka podstawowych warunków. Poszczególne warstwy muszą być kompatybilne, identycznej rozdzielczości, o takim samym zakresie, przedstawione w takim samym rzucie oraz zgodne z systemem współrzędnych bazującym na siatce prostokątów np. system UTM - *Universal Transverse Mercator*.

W tabeli 1 zebrano wszystkie warstwy danych potrzebne do wczytania w oprogramowaniu FARSITE.

Dwie ostatnie warstwy nie były wykorzystane w tworzonej symulacji.

5. Przygotowanie danych wejściowych

5.1. Dane udostępnione przez Dyрекcję Lasów Państwowych

Jak przedstawiono w pracy [2] dla wybranego do symulacji pożaru obszaru leśnego Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych udostępniła kilka podstawowych warstw danych. Dane te zostały opracowane z przeznaczeniem dla Państwowej Straży Pożarnej jako istotne dla prowadzenia akcji ratowniczej w przypadku pożaru kompleksu leśnego. Udostępniono przede wszystkim mapę numerycznego modelu terenu opracowaną przy okazji tworzenia projektu planu urządzenia lasu. W udostępnionych danych znalazło się 5 dodatkowych warstw wektorowych zapisanych w formacie *.shp. Warstwy opisują: bud_pol.shp – budynki (tylko te znajdujące się w obrębie kompleksu leśnego np. leśniczówki), ciek_lin.shp – ciek wodne, kom_lin.shp – linie komunikacyjne, ppoz_shp – punktowe obiekty ochrony ppoż, oraz wydz_pol.shp – wydzielenie leśne. Warstwa wydz_pol.shp zawiera ponadto szereg informacji dodatkowych dołączonych do niej w postaci pliku bazy danych *.dbf. Do warstwy odatkowo wprowadzono następujące kolumny atrybutów: ADR_LES – adres leśny
ADR_ADM – adres administracyjny
TSL – typ siedliska leśnego
NACHYL – nachylenie
RODZ_POW – rodzaj powierzchni

Tabela 1.

Warstwy danych potrzebne do symulacji w programie FARSITE, wraz z wymaganymi jednostkami wg [3].

Table 1.

Layers of data needed to simulate the FARSITE program, with the required units according to [3].

Warstwa (<i>Layer</i>)	Wymagana (<i>Required</i>)	Standardowe jednostki (<i>The standard units</i>)	Alternatywne jednostki (<i>An alternative units</i>)
Wysokości (<i>elevation</i>)	Tak	Metry	Stopy
Nachylenia (<i>slope</i>)	Tak	Stopnie	Procenty
Ekspozycje (<i>aspect</i>)	Tak	Kategorie 1-25	Stopnie
Model paliwowy (<i>fuel model</i>)	Tak	Standardowe modele paliwowe powierzchni	Niestandardowe lub konwertowane modele
Pokrycie koronami (<i>canopy cover</i>)	Tak	Kategorie 1-4	Procenty
Wysokości drzew (<i>tree height</i>)	Nie	Metry*10	Metry, stopy, stopy*10
Wysokość podstaw koron (<i>crown base height</i>)	Nie	Metry*10	Metry, stopy, stopy*10
Gęstość koron (<i>crown bulk density</i>)	Nie	kg/m ³ *100	kg/m ³ , funt/stopę ³ , funt/stopę ³ * 100
Obciążenie próchnicą (<i>duff loading</i>)	Nie	t/ha	t/akr
Martwe grube paliwa drzewne (<i>coarse woody</i>)	Nie	Model paliw grubych drzewnych	Nie dotyczy

GP_IGL_UDZ – udział gatunków iglastych w górnym piętrze
 GP_LISC_UD – udział gatunków liściastych w górnym piętrze
 GP_WIEK – wiek górnego piętra
 GP_WYS – wysokość górnego piętra
 GP_ZWARCIE – zwarcie górnego piętra
 DP_IGL_UDZ – udział gatunków iglastych w dolnym piętrze
 DP_LISC_UD – udział gatunków liściastych w dolnym piętrze
 DP_WIEK – wiek dolnego piętra
 DP_WYS – wysokość dolnego piętra
 DP_ZWARCIE – zwarcie dolnego piętra
 PODSZYT – podszyt (jest/nie ma)

5.2. Określenie pokrycia powierzchni terenu koronami drzew

Do udostępnionej warstwy wydzielenia leśnego wydz_pol.shp, w jej tabeli atrybutów była dołączona kolumna GP_ZWARCIE opisująca zwarcie górnego piętra drzewostanu dla poszczególnych części mapy. Zgodnie z kolumnami tabeli atrybutów opisującymi dolne piętro kompleksów leśnych, w lasach Nadleśnictwa Nowogród dolnego piętra nie ma. Wobec tego do określenia pokrycia terenu koronami wykorzystano opis zwarcia górnego piętra określonego w kolumnie GP_ZWARCIE. Zgodnie z terminologią leśną zwarcie, w którym korony są rozmieszczone względem siebie na poziomie jednego piętra nazywamy zwarcie poziomym.



Ryc. 4. Schemat zwarcia poziomego drzew w drzewostanie [16].

Fig. 4. Short diagram of a horizontal tree in the forest stand [16].

W kolumnie GP_ZWARCIE zwarcie koron drzew opisane jest szacunkowo za pomocą następujących stopni [16]:

- zwarcie silne (1,2-1,1), korony wielu drzew napierają na siebie, zachodzą;
- zwarcie pełne (1,0-0,9), korony stykają się brzegami, w nielicznych przypadkach napierają na siebie, zachodzą;
- zwarcie umiarkowane (0,8-0,7) korony nie stykają się, ale są rozmieszczone blisko siebie;
- zwarcie przerywane (0,6-0,5), między koronami istnieją miejscami przerwy, w których mogłyby pomieścić się korony pojedynczych drzew,

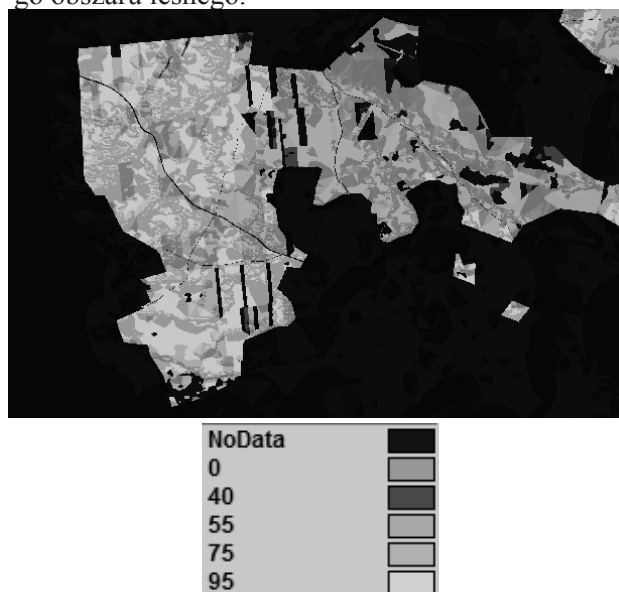
- zwarcie luźne (0,4), korony są od siebie znacznie oddalone, mogą zetknąć się w przyszłości, w przerwach mogłyby pomieścić się korony kilku drzew,
- brak zwarcia (0,3 i poniżej), gdy drzewa rosną zbyt daleko od siebie aby mogły na siebie wpływać.

Aby stworzyć mapę pokrycia terenu koronami czyli mapę opisującą zwarcie poziome drzew niezbędne było przekształcenie opisu słownego na konkretne wartości. Jest to pewnego rodzaju przybliżenie, ale tylko w ten sposób można było takie dane pozyskać. Korzystając z arkusza kalkulacyjnego „Calc” z pakietu Open Office, za pomocą którego można bez problemu otwierać i edytować plik wydz_pol.dbf, utworzono w tabeli atrybutów warstwy wydz_pol dodatkową kolumnę o nazwie CANOPY. Na podstawie istniejącej kolumny GP_ZWARCIE wypełniono ją wartościami procentowymi korzystając z instrukcji warunkowej „JEŻELI” oraz stosując następujące kryterium zamiany:

- zwarcie pełne – 95%;
- zwarcie umiarkowane – 75%;
- zwarcie przerywane – 55%;
- zwarcie luźne – 40%;
- brak zwarcia - 0%;

Wczytując warstwę wydzielenia wydz_pol.shp ze zmodyfikowaną tabelą atrybutów do programu GRASS wygenerowano mapy pokrycia koronami (*canopy cover*) niezbędne do poprawnej symulacji pożaru lasu w programie FARSITE.

Na rysunku 5 przedstawiono wygenerowaną wyżej opisaną metodą mapę pokrycia analizowanego obszaru leśnego.



Ryc. 5. Mapa pokrycia terenu koronami (*canopy cover*) dla obszaru KOMPLEKS 1. (Opracowanie własne na podstawie danych RDLP w Białymstoku)

Fig. 5. Canopy cover map for the area KOMPLEKS 1. (Own study based on data RDLP in Białystok)

6. Podsumowanie

W pracy zaprezentowano model pożaru koron drzew oraz model roznoszenia płonących fragmentów roślinności przez wiatr. Pokazano w jaki sposób można wykorzystać dane otrzymane z Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w symulacji rozwoju pożaru kompleksu leśnego.

Zaprezentowane modele są częściowo empiryczne. Zakłada się w nich, że paliwa powierzchni są jednorodne, ciągłe i przylegające do gruntu. Paliwa koron są traktowane jako jednorodna warstwa umiejscowiona na jednolitej wysokości od podłoża, posiadająca określoną głębokość i gęstość. W rozważanych modelach nie są brane w wyraźny sposób pod uwagę różne mechanizmy przenikania ciepła takie jak np. promieniowanie, konwekcja lub przewodzenie. Brak również analizy przejściowego zachowania się ognia. W modelach paliwowych używane są jako dane wejściowe do systemu zestawu parametrów opisujących jednorodne siedliska paliwowe (np. iloraz obszaru powierzchni do objętości, stałą ciepła paliwa, itp.).

Założenie jednorodnej warstwy korony drzew jest więc centralnym elementem współczesnych modeli do przewidywania zachowania się ognia korony. W rzeczywistości nigdy nie mamy do czynienia z jednorodną i ciągłą roślinnością. Założenia leżące u podstaw zaprezentowanych modeli mogą być uzasadnione jedynie dla gęstych lasów składających się z drzew bardzo podobnych pod względem wieku i rozmiaru. Budzi natomiast poważne wątpliwości rozpatrywanie siedlisk o zmiennej gęstości drzew [17]. W ostatnich latach wykrystalizowało się podejście krytyczne w stosunku do modelu Van Wagnera. Przeprowadzone badania wskazują na dużą wrażliwość reakcji ognia nawet na małą w skali przestrzennej zmienność paliwa takie jaką zmiana wielkości, kształtu, orientacji cząsteczek oraz odległość między nimi [18]. Pojawiły się nowe modele bazujące na numerycznej mechanice płynów (*Computational Fluid Dynamics* – CFD), w których zakłada się niejednorodność paliwa koron drzew. Modele te są trójwymiarowe i jedynym ich potencjalnym ograniczeniem oraz zastosowaniem w realnych obliczeniach symulacyjnych jest brak odpowiednich trójwymiarowych danych paliwowych [18].

Autorzy artykułu dziękują kierownictwu Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku oraz pracownikom tej instytucji, a w szczególności mgr. inż. Pawłowi Chojnowskiemu i mgr. inż. Marcinowi Sołoguba za udostępnienie danych niezbędnych do realizacji pracy oraz fachową pomoc.

W dodatku A przedstawiono wykaz oznaczeń występujących w pracy.

Literatura

1. Czerpak T., Maciak T., *Modelowanie pożaru lasu. Część I. Metody i algorytmy modelowania*

- pożaru lasu.*, [w:] Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, CNBOP 2011, nr 3, str. 83-94;
2. Czerpak T., Maciak T., *Modelowanie pożaru lasu. Część II. Symulacja komputerowa pożaru wybranego kompleksu leśnego*, [w:] Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, CNBOP 2011, nr 4, str. 99-111;
3. Finney M.A. *FARSITE technical documentation*. FARSITE 4.0 help, [online],
4. [dostęp: 10 kwietnia 2012]. Dostępny w World Wide Web: <http://www-laep.ced.berkeley.edu/~itr/literature/farsite/index.html>;
5. Rothermel R.C., *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. U.S. Department of Agriculture Forest Service 1972, INT-115, str. 3-25;
6. Van Wagner C.E., *Conditions for the start and spread of crownfire*, [w:] Canadian Journal of Forest Research 1977, vol. 7, nr 1, str. 23-34;
7. Rothermel R.C., *Predicting behavior and size of crown fires in the northern Rocky Mountains*. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station 1991, INT-438;
8. Albini F.A., *Spot fire distance from burning trees—a predictive model*. Ogden, UT: Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station 1979, INT-56;
9. Richards G.D., *An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution*, [w:] International Journal for Numerical Methods in Engineering 1990. vol. 30, nr. 6, str. 1163-1179;
10. Richards G.D., *The properties of elliptical wild-fire growth for time dependent fuel and meteorological conditions*, [w:] Combustion Science and Technology 1993. vol. 92, nr. 1, str. 145-171;
11. Maciak T., *Modelowanie pożaru lasu. Cz. III. Modele paliwowe*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza CNBOP, 2012, nr 1, str. 37-48 ;
12. Byram G.M., *Chapter Three, Combustion of Forest Fuels*, [In:] Davis, K.P., Forest Fire, Control and Use. McGraw-Hill, New York 1959;
13. Van Wagner C.E., *Prediction of crown fire behavior in two stands of jack pine*, Canadian Journal of Forest Research 1993, vol. 23, nr 3, str. 442-449;
14. *Forestry Canada Fire Danger Group. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System.*, Inf. Rep. ST-X-3, 1992;
15. Alexander M.E., *Help with making crown fire hazard assessments*, [In:] Fischer, W.C. and S.F. Arno (compilers), Protecting people and homes from wildfire in the Interior West, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-251, 1988, str. 147-156;

16. Albini F.A., Baughman R.G., Estimating wind-speeds for predicting wildland fire behavior, USDA For. Serv. Res. Pap. INT-221, 1979;
17. Zwarcie (leśnictwo): [online], [dostęp: 10 kwietnia 2012]. Dostępny w World Wide Web: [http://pl.wikipedia.org/wiki/Zwarcie_\(leśnictwo\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/Zwarcie_(leśnictwo));
18. Linn R., Winterkamp J., Colman J., Edminster C., Bailey J., *Modeling interactions between fire and atmosphere in discrete element fuel beds*, International Journal of Wildland Fire 2005, vol.14, nr 1, str. 37–48;
19. Parsons R., Mellb W., McCauley P., *Linking 3D spatial models of fuels and fire: Effects of spatial heterogeneity on fire behavior*, Ecological Modelling 2011, vol. 222, nr 3, str. 679–691.

Dodatek A

Wykaz oznaczeń występujących w pracy:

- ρ_a – gęstość powietrza;
- ρ_s – gęstość zwęglonego drewna;
- σ – iloraz powierzchni i objętości warstwy paliwowej;
- v_0 – prędkość końcowa płonącej cząstki;
- CBH – wysokość podstawy korony;
- CBD – gęstość średnia korony;
- CFB – ułamek spalonych koron;
- CD – współczynnik oporu cylindrycznej cząstki;
- E – aktualny strumień energii;
- E_0 – krytyczny strumień energii;
- E_i – ułamek współczynnika rozprzestrzeniania prądu pożaru korony;
- D_p – średnica cząstki;
- I_b – intensywność linii ognia
- I_0 – krytyczna intensywność niezbędna do inicjacji ognia korony;
- I_c – intensywność linii ognia korony;
- H – wysokość korony;
- M – współczynnik wilgotności liści korony;
- R – współczynnik rozprzestrzeniania pożaru paliw powierzchni;
- RAC – krytyczny współczynnik rozprzestrzeniania pożaru koron dla aktywnego pożaru;
- $R_{Cactual}$ – aktualny współczynnik rozprzestrzeniania się aktywnego pożaru koron;
- R_{Cmax} – maksymalny współczynnik rozprzestrzeniania się pożaru koron;
- R_0 – krytyczny współczynnik rozprzestrzeniania się pożaru powierzchni;
- U – prędkość wiatru na wysokości H ;
- a_x, b_x - stałe;
- h – wydajność cieplna paliwa;
- g – współczynnik przyspieszenia ziemskiego;

- $t_p, t_p, t_0, t_p, t_2, t_3$ – odpowiednie czasy unoszenia płonącej cząstki;
- w – waga paliwa liczona na jednostkę powierzchni;
- w_F – prędkość płomienia gazowego;
- z – wysokość cząsteczki;
- z_F – wysokość płomienia;
- z_0 – długość tarcia;

Dr hab. inż. Tadeusz Maciak, prof. SGSP urodził się 1949 roku w Warszawie. Studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej ukończył w roku 1973. Po studiach rozpoczął pracę w Instytucie Technologii Elektronowej Politechniki Warszawskiej (obecnie Instytut Mikro i Optoelektroniki). Zajmował się problemami związanymi z optoelektroniką. Pracę doktorską obronił na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej w roku 1982. W roku 1991 rozpoczął pracę na Wydziale Informatyki Politechniki Białostockiej. W roku 1994 obronił pracę habilitacyjną na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. W roku 1998 równolegle podjął pracę w Szkole Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. W latach 2001-2006 Dziekan specjalności „Systemy Informatyczne w Technice i Zarządzaniu” w Wyższej Szkole Ekonomiczno-Technicznej w Legionowie. W ostatnich latach jego zainteresowania koncentrują się na wykorzystaniu aparatu informatycznego w rozwiązywaniu zagadnień związanych z ogólnie pojętym bezpieczeństwem wewnętrzny państwa. Prowadzi prace związane z problematyką procesu wspomaganie podejmowania decyzji w Państwowej Straży Pożarnej. W kręgu jego zainteresowań znajdują się również wszelkiego typu symulacje komputerowe zagrożeń pożarowych oraz problematyka ewakuacji ludności z zagrożonych obiektów.

Mgr inż. Tomasz Czerpak urodził się w 1987 roku w Białymstoku. W roku 2005, po skończeniu IV Liceum Ogólnokształcącego, rozpoczął studia na Wydziale Informatyki Politechniki Białostockiej na specjalności Inżynieria Oprogramowania. Studia ukończył 2010 roku. Obecnie pracuje w firmie komputerowej T-MATIC Grupa Computer Plus Sp. z o.o.

Recenzenci

Prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk
Prof. dr hab. inż. Mirosław Kosiorek

st. kpt. dr inż. **Norbert TUŚNIO**¹

Szkoła Główna Służby Pożarniczej,
Katedra Podstaw Rozwoju i Gaszenia Pożarów,
Zakład Badania Przyczyn Pożarów

st. kpt. mgr inż. **Damian SALETA**²

Jednostka Ratowniczo-Gaśnicza Państwowej Straży Pożarnej w Bytomiu

MODELOWANIE ROZWOJU POŻARU W MIESZKANIACH PRZY UŻYCIU PROGRAMU CFAST

Fire spread modeling in flats using CFAST

Streszczenie

W artykule przedstawiono wykorzystanie programu CFAST do modelowania rozwoju pożaru mieszkania, który miał miejsce 9 czerwca 2010 roku w Bytomiu. Konsekwencją szybkiego rozwoju pożaru były tragiczne skutki tego zdarzenia. Uzyskane wyniki są w znacznym stopniu zbieżne z faktycznym przebiegiem pożaru. Przedstawiony tok obliczeń jest przydatny w trakcie modelowania przebiegu pożarów w pomieszczeniach mieszkalnych. W przeprowadzonych badaniach odnotowano dobrą zgodność obliczonego położenia warstwy gorącej ze stanem faktycznym zarejestrowanym na zdjęciu kamienicy w czasie pożaru. Obliczenia wykazały obniżenie się warstwy gorącej w pokoju do poziomu 2,18 m, natomiast zdjęcie obrazuje wydobywanie się dymu na wysokości górnej części okna. Dostępne materiały fotograficzne przebiegu pożaru i śladów popożarowych (okopcenia, stopienia i nadpalenia materiałów wyposażeniowych i wykończeniowych) stanowią dobrą bazę do weryfikacji założonego scenariusza pożaru i wprowadzonych danych wejściowych. Nie osiągnięto zgodności obliczonego stężenia tlenku węgla w pokoju ze stwierdzoną przyczyną zgonu znajdującego się w tym pomieszczeniu lokatora. Użyty model pożaru nie został zaprojektowany z przeznaczeniem do badania pożarów z początkową fazą w postaci spalania bezpłomieniowego tak, jak miało miejsce w przypadku przedmiotowego pożaru.

Summary

The paper presents the application of CFAST to model the apartment fire spread that occurred on 9th June, 2010 in Bytom. The consequences of the rapid growth of fire were tragic. The results obtained are largely consistent with the real fire spread. The presented calculation procedure is useful in dwelling fire modeling. Good agreement of the calculated position of the hot layer with the field observations is achieved. Calculations have shown the hot layer decreasing in the room to the level of 2.18 m, while the picture of the building during fire shows the extraction of smoke at the top of the upper window. Available photographic materials and traces of fire spread (fume stains, melt of dwelling equipment) are a good basis for the verification of the assumed fire scenario and assumed input data. There has been no compliance of the calculated concentrations of carbon monoxide with a known cause of death occupant found in the room. The reason is that applied fire model was not designed for initial phase of fire in the form of flameless combustion simulation, as in the case of the presented fire.

Słowa kluczowe: modelowanie komputerowe, model strefowy pożaru;

Keywords: computer modeling, zone fire model;

Metody modelowania komputerowego procesów spalania znajdują coraz powszechniejsze zastosowanie w prognozowaniu rozwoju pożarów w pomieszczeniach. Sprzyja temu systematyczny wzrost mocy obliczeniowej i pamięci operacyjnej komputerów. Opracowane dotychczas programy w połączeniu z coraz bardziej wydajnym sprzętem pozwalają ze znaczną dokładnością prognozować rozwój po-

żaru umożliwiając tym samym szacunkowe określenie czasu niezbędnego do ewakuacji ludzi z zagrożonych pomieszczeń. Pozwala to przewidzieć maksymalną odległość i czas dojazdu ekip ratunkowych na miejsce zdarzenia. Przedstawione w opracowaniu argumenty nie tylko przekonują, ale utwierdzają co do słuszności stosowania wymienionych metod badawczych. Uzyskane informacje i wiedza na temat badanych zjawisk pozwolą nie posiadającemu kwalifikacji zawodowych czytelnikowi zrozumieć istotę

¹ Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

² Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

zagadnienia, z kolei strażakom umożliwią poszerzenie wiedzy na temat mechanizmów rządzących pożarem. Jest to wiedza niezbędna podczas prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych, np. przy ocenie stopnia zagrożenia ludzi i podejmowaniu decyzji, od których niejednokrotnie zależy ludzkie życie.

Dzięki zastosowaniu metod komputerowych możliwe jest zbliżone do rzeczywistości przedstawienie warunków panujących w środowisku pożaru bez konieczności prowadzenia tego typu badań w warunkach rzeczywistych. Wynika z tego korzyść w postaci ograniczenia kosztów związanych z przygotowaniem doświadczalnych stanowisk badawczych lub strat materialnych powodowanych samym pożarem. Jednakże z uwagi na konieczność przeprowadzenia przez komputer bardzo trudnych operacji matematycznych, oprócz odpowiedniego oprogramowania wymagany jest również sprzęt komputerowy o dużej mocy obliczeniowej, który będzie gwarantował rzetelność otrzymanych wyników.

Ponadto, nie bez znaczenia jest fakt, iż każdy rzeczywisty pożar charakteryzuje się zmiennością i złożonością przebiegu w stosunku do danych przyjętych na potrzeby jego symulacji [4]. Dlatego zdaniem autorów korzystne byłoby zastosowanie modelowania komputerowego z wykorzystaniem znanych od ponad 20 lat modeli strefowych do prognozowania rozwoju rzeczywistego pożaru oraz na potrzeby przeprowadzania szczegółowych analiz przebiegu działań ratowniczo-gaśniczych a także wstępnego ustalania okoliczności, które przyczyniły się do powstania pożaru. Skonfrontowanie uzyskanych wyników z dokumentacją dotyczącą przebiegu i skutków pożaru oraz z wiedzą strażaków będących uczestnikami akcji, z pewnością ułatwi wydawanie zaleceń pokontrolnych przez właściwe w tej kwestii komórki a także usprawni procedury dochodzeń popożarowych. Jednym z pierwszych analizowanych w ten sposób w Polsce zdarzeń był pożar Teatru Polskiego we Wrocławiu w 1994 r., który całkowicie zniszczył widowieństwo teatru [7]. Zastosowanie modelu matematyczno-komputerowego w analizie czterech znaczących pożarów w Polsce: kina w Sławnie (1986), Teatru Narodowego w Warszawie (1985), restauracji „Kaskada” w Szczecinie (1981) i fabryki FSO (1987) podano w [6]. Przykładem zastosowania modelowania komputerowego za granicą były analizy pożaru na stacji metra Kings Cross w Londynie w 1987 r., w wyniku którego zginęło 31 osób [2]. Innym podlegającym analizom wydarzeniem był skutkujący śmiercią trzech strażaków pożar trzypiętrowego budynku na Manhattanie w Nowym Jorku w 1994 r., podczas którego wystąpiło groźne zjawisko backdraft [1]. Od połowy lat 90-tych XX wieku podjęto próby zastosowania tego rodzaju modelowania w profilaktyce pożarowej.

Do weryfikacji przeprowadzonych obliczeń może służyć dokumentacja pożaru w postaci filmu

nagranego przez osoby postronne, informacje uzyskane w wyniku czynności kontrolno-rozpoznawczych, ustalenia biegłego z zakresu pożarnictwa, który do opracowania opinii wykorzystuje zeznania świadków zdarzenia, dokumentację fotograficzną wykonaną w trakcie trwania i po pożarze oraz spostrzeżenia ratowników – uczestników akcji ratowniczo-gaśniczej.

Charakterystyka zagrożeń zabudowy miejskiej

Jedną z przyczyn dużej liczby pożarów w zabudowie miejskiej na Śląsku jest bardzo zły stan techniczny wielu starych kamienic, z których znaczną część stanowią pustostany. Oprócz osiedli mieszkaniowych z wielkiej płyty, w krajobraz miast tego regionu wkomponowane jest starsze budownictwo oficynowe. Jego charakter powoduje, że dojazd straży pożarnej do miejsca pożaru jest często utrudniony. W charakterystykę tę doskonale wpisuje się będący przedmiotem przeprowadzonej analizy przypadek tragicznego pożaru mieszkania, który miał miejsce w centrum Bytomia w czerwcu 2010 roku (ryc. 1).



Ryc. 1. Widok okien oficyny przy pl. Grunwaldzkim w Bytomiu w czasie pożaru w dn. 09.06.2010 r. o godz. 5.10 (ze zbiorów Komendy Miejskiej PSP w Bytomiu)

Fig. 1. Windows of back premises at Grunwald Square in Bytom in fire on 06.09.2010, 5.10 a.m. (from the collection of the Municipal State Fire Service in Bytom)

Konstrukcja budynku kamienicy przy Placu Grunwaldzkim w Bytomiu

Pożar został zauważony w oficynie budynku czterokondygnacyjnego w Bytomiu przy pl. Grunwaldzkim, mieszczącego się w zwartej zabudowie. Z karty zdarzenia straży pożarnej nr 1205001-1305 wynika, że jest to budynek mieszkalny wielorodzinny z funkcjami usługowymi na parterze, gospodarczym podpiwniczeniem oraz nieużytkowym strychem.

Kolejne dane na temat obiektu ustalone przez funkcjonariuszy KM PSP w Bytomiu w trakcie przeprowadzonych po pożarze czynności kontrolno-rozpoznawczych [8] wskazują, że budynek składa się z trzech części o zróżnicowanej wysokości:

- pięciokondygnacyjna część frontowa o pow. użytkowej 536,7 m² i kubaturze 2521 m³;
- czterokondygnacyjna oficyna I o powierzchni użytkowej 445,4 m² i kubaturze 2352 m³;
- czterokondygnacyjna oficyna II (miejsce zdarzenia) o powierzchni użytkowej 354,14 m² i kubaturze 2184,7 m³.

Zlokalizowane na parterze budynku dwie restauracje nie posiadają połączenia komunikacyjnego z częścią mieszkalną a budynek tworzy jedną strefę pożarową, z uwagi na połączenie komunikacyjne przez strych oraz usytuowanie otworów okiennych. Budynek ma tradycyjną murowaną konstrukcję, z drewnianymi stropami międzykondygnacyjnymi oraz dachem krytym na całej połaci papą. Wewnątrz znajdują się klatki schodowe o konstrukcji stalowej z drewnianymi stopnicami. Standardowo budynek wyposażony jest w instalację elektryczną z przeciwpożarowym wyłącznikiem prądu zlokalizowanym przy złączu kablowym w bramie przejazdowej i oznakowanym znakiem bezpieczeństwa. Ponadto obiekt budowlany wyposażony jest w instalację gazu ziemnego z głównym kurkiem na ścianie frontowej oraz instalację wodną i kanalizacyjną. W części frontowej znajduje się 9 lokali mieszkalnych i 2 lokale użytkowe na parterze. W oficynie I znajduje się 7 lokali mieszkalnych, a w oficynie II cztery lokale mieszkalne, z czego na parterze jeden wyłączony z eksploatacji ze względu na zły stan techniczny. Budynek wzniesiony został w 1895 roku. Powierzchnia mieszkania objętego pożarem wynosi 36,5 m², a jego kubatura 127,5 m³.

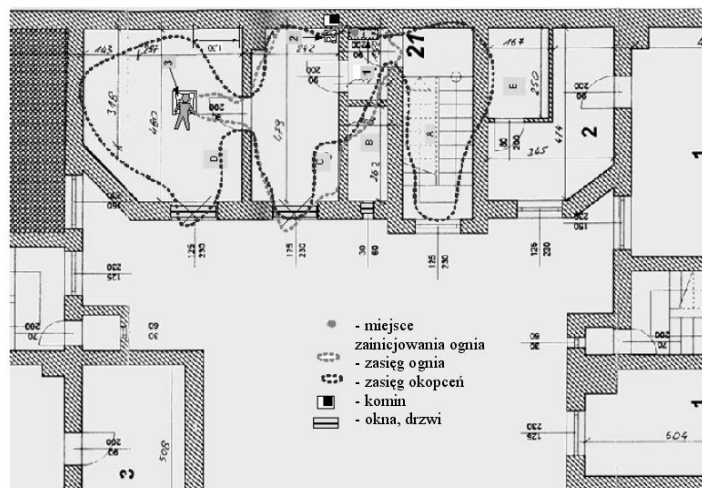
Z ustaleń biegłego powołanego do zbadania przyczyn tego pożaru wynika, że do oficyny prowadzi brama przejazdowa przez kamienicę o szerokości 2,5 m i długości 14 m [5].

Rozwój pożaru i przebieg akcji ratowniczo-gaśniczej

Powiadomienie o pożarze mieszkania w centrum Bytomia na pl. Grunwaldzkim w oficynie budynku nastąpiło 9 czerwca 2010 roku, o godz. 4⁵². Po dojeździe do miejsca zdarzenia dowódca z uwagi na duże zadymienie wezwał dodatkowe siły i środki. Widok zastany po przyjeździe wskazywał na zagrożenie życia ludzkiego. Tymczasem pożar przechodził w kolejną fazę rozwoju, stając się jeszcze bardziej groźnym. Świadczyły o tym kłęby czarnego dymu wydobywające się z otwartego okna na drugim piętrze. Na zewnętrzną ścianę budynku z ogarniętego pożarem pomieszczenia wyszły dwie osoby, kobieta i mężczyzna, które utrzymywały się tylko parapetu okna. Zachowanie tych ludzi wskazywało, że pożar odciął im drogę ucieczki i osiągając bardzo wysoką temperaturę zmusił do opuszczenia mieszkania przez okno.

W trakcie działań ratowniczych w pierwszej kolejności użyto drabiny D14W. W chwili tej pożarem objęte było całe mieszkanie, a płomienie wydobywały się już na klatkę schodową przez przepalone i otwarte drzwi wejściowe. Powodowało to zadymienie klatki schodowej oraz pomieszczeń powyżej drugiego piętra (ryc. 1).

Mężczyzna utrzymujący się dotychczas w oknie spadł na wchodzącego po drabinie strażaka, obydwaj uderzyli o ziemię odnosząc obrażenia. Po chwili kobieta trzymająca się parapetu również odpadła. Stojący na dole strażak próbował bezskutecznie chwycić spadającą kobietę, spowodowało to, że oboje upadli na ziemię. Poszkodowanym pierwszej kwalifikowanej pomocy medycznej udzielili strażacy PSP. W trakcie dogaszania i przeszukiwania mieszkania objętego pożarem znaleziono na fotelu w pokoju w pozycji siedzącej nieprzytomnego mężczyznę bez czynności życiowych. Po przygaszeniu płomieni na klatce schodowej, przystąpiono do przeszukiwania pomieszczeń na trzecim piętrze oraz poddaszu. W trakcie tych czynności w mieszkaniu na trzecim piętrze odnaleziono dwie nieprzytomne osoby, które natychmiast ewakuowano i przekazano lekarzowi pogotowia ratunkowego. Po opanowaniu sytuacji przystąpiono do ewakuacji osób znajdujących się w sąsiednich klatkach schodowych. W sumie do miejsca ewakuacji, gdzie był podstawiony autobus, ewakuowano 52 osoby.



Ryc. 2. Rzut mieszkania nr 21 położonego na II piętrze oficyny w Bytomiu przy pl. Grunwaldzkim 7. A – klatka schodowa, B – łazienka, C – kuchnia, D – pokój, E – mieszkanie sąsiednie, 1 – spalona szafka, 2 – nieczynny piec kuchenny, 3 – spalony fotel, miejsce odnalezienia zwłok [5]

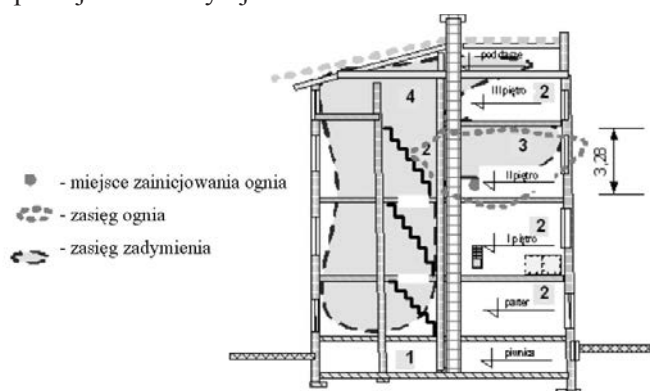
Fig. 2. Plan of the flat No 21 situated on 2nd floor of back premises in Bytom at Grunwaldzki Square No 7. A – staircase, B – bathroom, C – kitchen, D – living-room, E – neighbouring flat, 1 – burnt cupboard, 2 – inactive kitchen stove, 3 – burnt armchair, place where corpse was found [5]

Opis zdarzenia w kontekście przyczyny i zagrożenia

Według biegłego sądowego w mieszkaniu nr 21 położonym na drugim piętrze oficyny w Bytomiu przy Placu Grunwaldzkim 7 w czasie przebywania w nim 3 osób (śpiących i po spożyciu alkoholu) doszło do zainicjowania ognia na poziomie szafki kuchennej stojącej przy nieczynnym piecu kuchennym w kuchni. Doszło do zaprószenia ognia i powolnego procesu spalania w fazie tlenia z wydzieleniem dużej ilości dymów i gazów pożarowych. Rozprzestrzeniając się w objętości mieszkania spowodowały one wybudzenie śpiącego mężczyzny, który wszczął alarm i obudził swą konkubinę oraz drugiego z mężczyzn. W pokoju było silne zadymienie a w kuchni (na jedynej drodze ucieczki z mieszkania) widoczne były płomienie co spowodowało, że kobieta i mężczyzna wyszli przez okno na zewnętrzny parapet okienny i w konsekwencji już w czasie obecności przybyłych strażaków odpadli powodując obrażenia usiłujących ratować ich strażaków. Natomiast ostatni mężczyzna pozostał w pokoju na fotelu, gdzie uległ śmiertelnemu zadymieniu a jego zwłoki częściowemu spalaniu.

O prawdziwości przedstawionej wersji wydarzeń świadczą przede wszystkim spójne zeznania poszkodowanych, świadków i strażaków oraz to, że interweniujący strażacy jako przypuszczalną przyczynę wskazali zaprószenie ognia w mieszkaniu (papierosy, zapalki). Wyeliminowano wstępnie przyczyny tzw. eksploatacyjne związane z poborem energii elektrycznej oraz wady grzewczo-kominowe. Wystąpienie silnego zadymienia mieszkania i klatki schodowej w oficynie świadczyło o powolnym procesie spalania w fazie tlenia, co czyni mało prawdopodobną tezę, że doszło do podpalenia z użyciem np. cieczy palnej.

Jedynym czynnikiem rozróżniającym zaprószenie ognia i podpalenie jest szybkość procesu, która w przypadku podpalenia jest o wiele większa niż w przypadku zaprószenia. W omawianym przypadku ślady sugerujące podpalenie z użyciem cieczy palnej nie zostały ujawnione.



Ryc. 3. Poglądowy przekrój oficyny z zaznaczeniem miejsca powstania pożaru, jego zasięgu i zadymienia. 1 – poziom piwnic, 2 – mieszkania, 3 – mieszkanie nr 21, 4 – klatka schodowa [5]

Fig. 3. Demonstrative horizontal section of back premises with start of fire, its radius and amount of

smoke. 1 – level of cellars, 2 – flats, 3 – flat No 21, 4 – staircase [5]

W trakcie oględzin powołany do zbadania okoliczności i przyczyn pożaru biegły sądowy ustalił następujące fakty stanowiące podstawę do budowy modelu rozwoju pożaru [5]:

- miejscem zainicjowania pożaru jest mieszkanie nr 21 położone na drugim piętrze (część południowa klatki schodowej),
- wyżej wymienione mieszkanie składa się z: kuchni z oknem wschodnim o wymiarach 4,7 x 3,65 m z wydzielonym pomieszczeniem łazienki o wymiarach 1,15 x 2,5 m oraz pokoju o wymiarach 4,7 x 4,3 m i wysokości 3,28 m z oknem w ścianie wschodniej, które zostało intensywnie okopcone na skutek trwania procesu spalania różnych materiałów palnych i mebli,
- na klatce schodowej poziomu drugiego piętra występują ślady uszkodzeń futryn drzwi i tynków ściennych oraz sufitowych o dużej intensywności w rejonie drzwi do mieszkania nr 21 oraz uszkodzonych w wyniku spalania drzwi do sąsiedniego mieszkania,
- skrzynka zabezpieczenia prądowego została okopcona ze stopieniem elementów obudowy liczników a w miejscu wskazanym jako przynależne do mieszkania nr 21 brak jest licznika elektrycznego i widoczne są przewody ze stopioną izolacją,
- stwierdzono intensywne okopcenia klatki schodowej w kierunku wyższej kondygnacji,
- zainicjowanie ognia nastąpiło w kuchni w obszarze drewnianej szafki stojącej obok nieczynnego pieca kuchennego przy zachodniej ścianie,
- nastąpiło uszkodzenie tynku ściennego i powierzchniowe wypalenie sufitu trzcinowo-wapiennego (na powierzchni 2 x 2 m) bez jego przepalenia w rejonie pieca kuchennego i spalanej szafki,
- widoczne są wypalenia drewnianego wydzielenia łazienki najintensywniejsze od strony pieca kuchennego oraz ramy okiennej i konstrukcji okna,
- w ścianie południowej kuchni znajduje się otwór drzwiowy prowadzący do pokoju, a wypalenia ramy drzwiowej są intensywniejsze od strony spalanej kuchni,
- w pokoju w odległości 1,1 m od ściany zachodniej i 1,3 m od ściany północnej stoi fotel tapicerzki (jest to miejsce ujawnienia zwłok),
- cały pokój jest intensywnie okopcony z uszkodzeniami tynku sufitowego nad drzwiami,
- widoczne są okopcenia wewnętrzne klatki schodowej w kierunku wyższego piętra i na poziomie niższego piętra.

Zbyt późne powiadomienie straży pożarnej o zaistniałym zdarzeniu doprowadziło do szybkiego rozwoju pożaru. W wyniku pożaru stwierdzono nastę-

pujące straty ludzkie: ofiara śmiertelna (jeden lokator), poszkodowani w wyniku upadku (2 lokatorów), zatrucie gazami pożarowymi (4 lokatorów), poszkodowani w wyniku upadku lub próby złapania spadającej osoby (2 strażaków) oraz odwodnienie i osłabienie organizmu (jeden strażak). W czasie pożaru doszło do silnego zadymienia klatki schodowej oficyny w stopniu zagrażającym jej lokatorom, co skutkowało koniecznością ewakuacji wszystkich 52 osób.

Wykorzystanie programu CFAST w analizie przedmiotowego pożaru

CFAST (ang. Consolidated Fire And Smoke Transport model) to komputerowy model strefowy pożaru przeznaczony do analizy warunków i oddziaływania pożaru na wielopomieszczeniowe struktury budowlane. Program przystosowany jest do obliczania czasu przemieszczania się dymu i gorących gazów pożarowych w danym budynku podczas pożaru. Program analizując warunki w pomieszczeniu, dzieli je na warstwy. Temperatura, właściwości dymu i stężenie gorących gazów pożarowych w takiej strefie przyjmowane są przez program jako uśrednione. CFAST dzieli dane pomieszczenie na dwie warstwy – warstwę gorącą (górną) i chłodną (dolną), więc warunki mogą się jedynie różnić między warstwą podsufitową a podłogową. Za pomocą modelu uzyskuje się obliczenia parametrów pożaru takich jak temperatura, zasięg widzialności, stężenia gazów. Program CFAST jest aplikacją stworzoną przez amerykański instytut NIST [3].

Walidacja doświadczalna modelu strefowego CFAST wskazuje na zgodność wyników generowanych przez program z parametrami zmierzonymi podczas testów w pełnej skali: dla pojedynczego pomieszczenia – 18%, dla pojedynczego pomieszczenia z pożarem materiałów wykończeniowych ściennych – 20%, dla układu trzech pomieszczeń z korytarzem – 28%, natomiast w przypadku budynku wielopiętrowego – 33% [3]. Podana stosunkowo duża dokładność obliczeń programu wynika z zastosowania w kodzie zależności empirycznych i jest wystarczająca do analizy rozwoju pożarów w pomieszczeniach. Modele strefowe służą do przybliżenia pierwszego rzędu procesów pożaru, dają możliwość prognozowania dynamiki rozwoju pożaru dla danej sytuacji pożarowej po stwierdzeniu adekwatności modelu, cechują się względną prostotą i szybkością obliczeń (niezbędną na potrzeby różnych dziedzin pożarnictwa).

Elementy składowe modelu pomieszczeń

W ramach tworzenia modelu w programie CFAST zaprojektowano geometrię złożoną z pięciu pomieszczeń podanych w tabeli 1.

Tabela 1. Pomieszczenia w modelu pożaru

Rooms in the model of fire

Nr pomieszczenia	Wymiary	Wysokość	Rodzaj pomieszczenia
1	1,15 x 2,2 m	3,28 m	część kuchni, gdzie powstał pożar
2	2,5 x 4,8 m	3,28 m	pozostała część kuchni „C”
3	4,3 x 4,8 m	3,28 m	pokój „D”
4	1,15 x 2,6 m	3,28 m	łazienka „B”
5	2 x 5,3 m	10 m	fragment klatki schodowej „A”

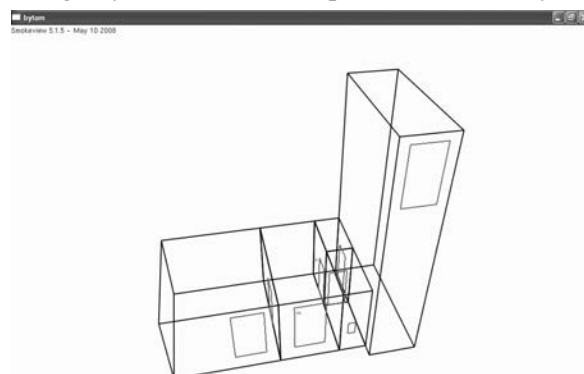
Pomieszczenia połączone są ze sobą otworami drzwiowymi i wyposażone są w okna jak podano w tabeli 2.

Tabela 2. Otwory wentylacyjne w modelu pożaru

Ventilation openings in the model of fire

Nr otworu	Nr pomieszczeń	Wymiary	Rodzaj otworu	Czas otwarcia
1	2-3	0,9 x 2 m	drzwi do pokoju	600 s
2	1-2	0,9 x 2 m	drzwi w kuchni	0 s
3	1-4	0,8 x 2 m	drzwi do łazienki	90 s
4	1-5	0,9 x 2 m	drzwi na klatkę schodową	900 s
5	3	1,25 x 2,3 m	okno w pokoju	600 s
6	2	1,25 x 2,3 m	okno w kuchni	30 s
7	4	0,3 x 0,6 m	okno w łazience	170 s
8	5	1,25 x 2,3 m	okno na klatce schodowej	0 s

Ogólny widok modelu zaprezentowano na ryc. 4.



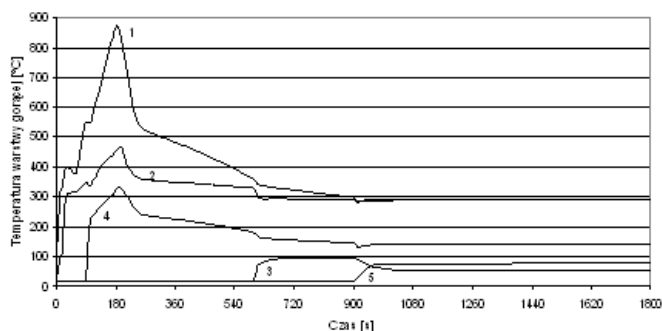
Ryc. 4. Widok modelu budynku wizualizowany w programie Smokeview [badania własne]
Fig. 4. Model of building visualised in Smokeview program [own research]

Scenariusz pożaru

Za pierwotne źródło pożaru przyjęto drewnianą szafkę, która charakteryzuje się maksymalną szybkością wydzielenia ciepła wynoszącą 4500 kW w czasie 170 s. Pożar rozprzestrzenił się następnie na całą kuchnię, gdzie osiąga stałą moc 1000 kW typową dla pożarów obiektów mieszkalnych. Czas trwania symulacji ustalono na 1800 s (30 min).

Wyniki symulacji

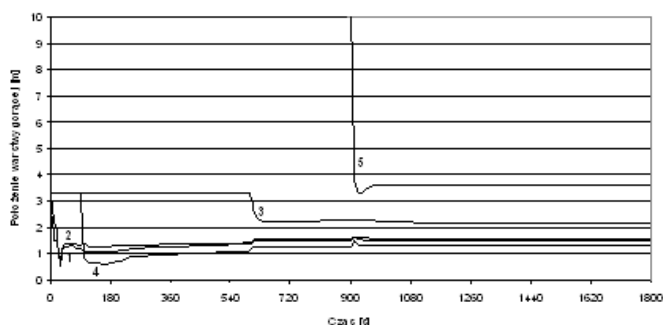
Wyniki symulacji przedstawiono na kolejnych wykresach (ryc. 5-8).



Ryc. 5. Temperatura warstwy gorącej w funkcji czasu w pomieszczeniach oznaczonych zgodnie z ryc. 4 [badania własne]

Fig. 5. Temperature of hot layer in time function in rooms marked in accordance with fig. 4 [own research]

Najwyższa temperatura warstwy gorącej 1145 K (872°C) została osiągnięta w części kuchni, gdzie powstał pożar. W pozostałej części kuchni oraz łazience najwyższa temperatura miała wartość odpowiednio 740 K (467°C) i 603 K (330°C). Maksymalna temperatura w pokoju wynosiła 369 K (96°C), natomiast w górnej części klatki schodowej 353 K (80°C).

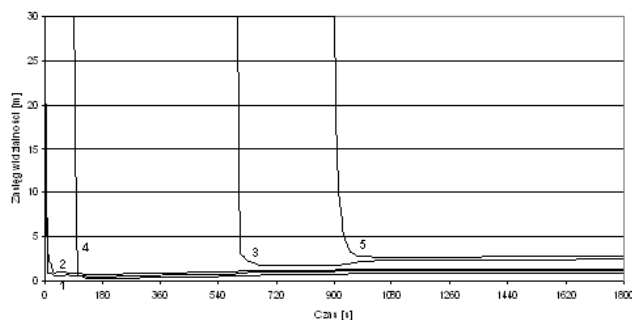


Ryc. 6. Zmiana położenia warstwy gorącej w pomieszczeniach oznaczonych zgodnie z ryc. 4 [badania własne]

Fig. 6. Change of position of hot layer in accordance with fig. 4 [own research]

Zmiana położenia warstwy gorącej przebiegała podobnie w części kuchni, gdzie powstał pożar i w pozostałej części kuchni osiągając pod koniec czasu symulacji odpowiednio wartości 1,52 i 1,58 m.

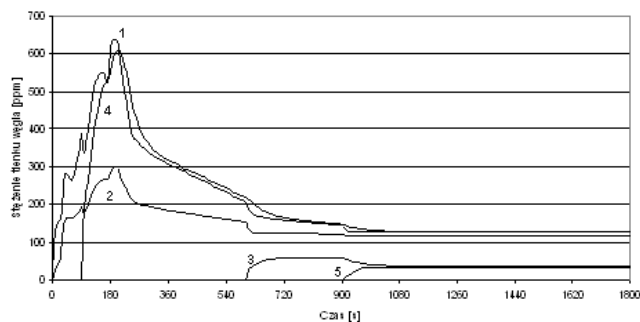
Podobnie w łazience położenie warstwy gorącej spadło do wartości 1,34 m. W pokoju warstwa gorąca obniżyła się do poziomu 2,18 m a klatka schodowa wypełniła się warstwą dymu o grubości 6,38 m.



Ryc. 7. Zmiana zasięgu widzialności w pomieszczeniach oznaczonych zgodnie z ryc. 4 [badania własne]

Fig. 7. Change of radius of visibility in rooms marked in accordance with fig. 4 [own research]

Zasięg widzialności w części kuchni, gdzie powstał pożar, w pozostałej części kuchni oraz w łazience spadł do podobnej wartości, odpowiednio do 1,18 m, 1,28 m i 0,87 m. W pokoju zasięg widzialności pod koniec symulacji osiągnął wartość 2,44 m a na klatce schodowej 2,75 m.



Ryc. 8. Zmiana stężenia tlenku węgla w pomieszczeniach oznaczonych zgodnie z ryc. 4 [badania własne]

Fig. 8. Change of carbon monoxide concentration in rooms marked in accordance with fig. 4 [own research]

Stężenie tlenku węgla osiągnęło najwyższy poziom w części kuchni, gdzie powstał pożar oraz w łazience – odpowiednio 638 i 609 ppm. W pozostałej części kuchni najwyższe stężenie CO wyniosło 297 ppm. W pokoju i na klatce schodowej maksymalne stężenie tlenku węgla wyniosło odpowiednio 58 i 35 ppm. Stężenie tlenku węgla w pokoju, gdzie znaleziono zwłoki lokatora, wydaje się być nieadekwatne do stwierdzonej przyczyny zgonu (zaczadzenie). Należy jednak zauważyć, że użyty model strefowy pożaru przeznaczony jest do badania spalania płomieniowego a nie bezpłomieniowego, które miało miejsce w pierwszej fazie przedmiotowego pożaru. Wskazują na to wprowadzane do modelu parametry dotyczące materiałów palnych takie jak: ciepło spalania, czy też rodzaj korelacji do obli-

czeń strumienia powietrza wciągane do kolumny konwekcyjnej ognia.

Podsumowanie i wnioski

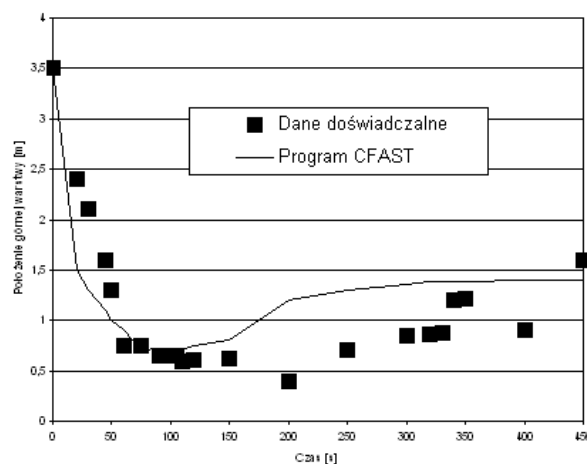
Program CFAST został opracowany do stosowania w rozwiązywaniu problemów w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Najszerze zastosowanie model znajduje w analizie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynkach.

W ramach weryfikacji i walidacji programu dokonano szeregu porównań pomiędzy wynikami symulacji modelu i eksperymentem w układzie wielopomieszczeniowym (Jones i Peacock, 1988). W eksperymencie wykorzystano stałą szybkość wydzielania ciepła około 100 kW w układzie trzech pomieszczeń o objętości około 100 m³. Zauważono, że model zawyżał temperaturę górnej warstwy o około 20%, natomiast z zadowalającym efektem przewidywał położenie warstwy rozdziału. Porównanie przewidywanych i mierzonych ciśnień w pomieszczeniach wykazało zgodność również w 20% [3].

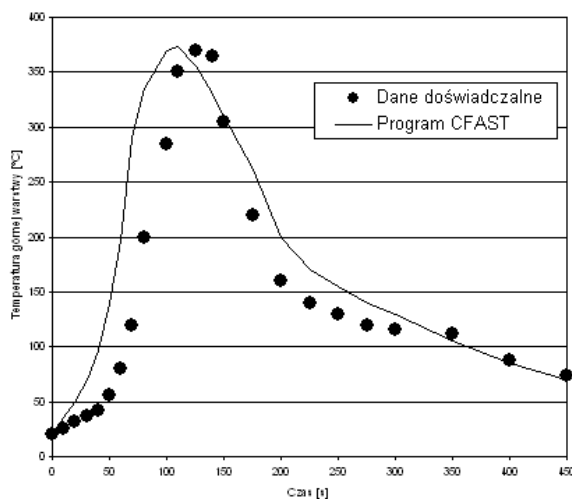
Przeprowadzono badanie zgodności testów pożarowych w pełnej skali z wynikami symulacji pożaru w budynku mieszkalnym (Levine i Nelson, 1990). Podstawę badań stanowił pożar z 1987 roku, który powstał w kuchni na parterze domu i spowodował śmierć trzech osób w sypialni na górnym poziomie. Zawartość karboksyhemoglobiny we krwi jednej z ofiar wynosiła 91%. Odtworzono ten pożar w pełnej skali z oprzyrządowaniem w układzie siedmiu pomieszczeń na dwóch poziomach. Dane zebrane podczas badań zostały wykorzystane do sprawdzenia zgodności wyników modeli komputerowych dla struktur wielopomieszczeniowych. Najlepsza zgodność wystąpiła dla przepływu warstwy dymu i stężenia tlenu węgla w pomieszczeniach najbardziej oddalonych od źródła ognia. Przewidywanie wzrostu temperatury w fazie przedrozgorzeniowej było także skuteczne według badaczy [3].

Na ryc. 9 podano wyniki położenia górnej warstwy w czasie. Dane eksperymentalne otrzymano dla pożaru pianki poliuretanowej o maksymalnej szybkości wydzielania ciepła 1100 kW. Obserwowano szybsze zmniejszanie się obliczeniowego położenia górnej warstwy w czasie w stosunku do wyników eksperymentalnych na początku trwania pożaru, co jest charakterystyczne dla pozostałych pożarów doświadczalnych.

Na ryc. 10 przedstawiono zależność temperatury górnej warstwy od czasu, określoną dla eksperymentu podanego wyżej. Pokazany przebieg danych doświadczalnych w porównaniu z obliczeniowymi jest charakterystyczny dla innych testów. Średnie nadwyżki temperatury obliczeniowej w stosunku do eksperymentalnej nie przekraczały 50 K.



Ryc. 9. Porównanie wyników obliczeń i pomiarów położenia górnej warstwy. Pożar pianki poliuretanowej. Szybsze zmniejszanie się obliczeniowego położenia górnej warstwy w czasie w stosunku do wyników eksperymentalnych na początku trwania pożaru [9]
Fig. 9. Comparison of the results of calculations and measurements of the upper layer (polyurethane foam) [9]



Ryc. 10. Porównanie wyników obliczeń i pomiarów temperatury górnej warstwy. Pożar pianki poliuretanowej [9]
Fig. 10. Comparison of the results of calculations and measurements of the temperature of the upper layer (polyurethane foam) [9]

W ramach badań własnych zbudowano model pożaru odzwierciedlający rzeczywiste warunki zdarzenia powstałego w Bytomiu w dniu 9 czerwca 2010 roku wprowadzając znane wymiary pomieszczeń i otworów wentylacyjnych. Z wbudowanej bazy danych dobrano odpowiedni materiał palny stanowiący pierwotne źródło pożaru – szafkę (wardrobe), założono moc pożaru w głównej części kuchni równą 1000 kW typową dla pożarów obiektów mieszkalnych. Na podstawie obliczonej w pomieszczeniu kuchni i łazienki temperatury warstwy dymu oszacowano czas otwarcia otworów wentylacyjnych przyjmując za warunek stłuczenia szyby w oknie osiągnięcie temperatury 573 K (300°C).

Moment otwarcia drzwi i okna w pokoju założono po czasie 10 min a moment przepalenia drzwi wejściowych – po czasie 15 min.

1. Odnotowano dobrą zgodność obliczonego położenia warstwy gorącej ze stanem faktycznym zarejestrowanym na zdjęciu kamienicy w czasie pożaru (ryc. 1). Obliczenia wykazały obniżenie się warstwy gorącej w pokoju do poziomu 2,18 m, natomiast zdjęcie obrazuje wydobywanie się dymu na wysokości górnej części okna. Dostępne materiały fotograficzne przebiegu pożaru i śladów popożarowych (okopcenia, stopienia i nadpalenia materiałów wyposażeniowych i wykończeniowych) stanowią dobrą bazę do weryfikacji założonego scenariusza pożaru i wprowadzonych danych wejściowych.
2. Nie osiągnięto zgodności obliczonego stężenia tlenu węgla w pokoju ze stwierdzoną przyczyną zgonu znajdującego się w tym pomieszczeniu lokatora. Użyty model pożaru nie został zaprojektowany z przeznaczeniem do badania pożarów z początkową fazą w postaci spalania bezpłomieniowego tak, jak miało miejsce w przypadku przedmiotowego pożaru.
3. Do ograniczeń modelu należą:
 - a. trudności obliczeń dla skomplikowanej geometrii (do takich zastosowań właściwsze są modele obliczeniowej dynamiki płynów CFD),
 - b. ograniczenia związane z założeniem dobrego rozwarstwienia (z definicji zakłada się wyraźną granicę pomiędzy warstwą gorącą i chłodną, czego nie odnotowuje się w rzeczywistości), na przykład za pomocą modelu strefowego nie można modelować tłącego się papierosa w pomieszczeniu,
 - c. szybkość wydzielania ciepła jest określana przez użytkownika dla jednego lub więcej źródeł ognia, model dokonuje jedynie sprawdzenia dostępności tlenu niezbędnego do spalania,
 - d. wymiana ciepła przez promieniowanie między pomieszczeniami nie jest uwzględniona w modelu,
 - e. dokładność modelu jest ograniczona przez prawidłowe określenie właściwości termofizycznych paliwa, jeśli właściwości materiałów i paliw nie są dokładnie określone powoduje to wyższy poziom niepewności modelu.

Literatura

1. Bukowski R. W., *Modeling a Backdraft: The Fire at 62 Watts Street*, NFPA Journal, 89 (6): 85-89, 1995;
2. Cox G., Chitty R., Kumar S., *Fire modelling and the King's Cross fire investigation*, Fire Safety Journal, 15:103-106, 1989;

3. Jones W. W., Peacock R. D., Forney G. P., Reneke P. A., *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6): Technical Reference Guide*, Special Publication 1026, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg 2009;
4. Konecki M., *Kilka uwag na temat dynamiki i modelowania pożarów*, wykład inauguracyjny wygłoszony 30 września 2010 roku w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. http://www.sgsp.edu.pl/uczelnia/wyklady/wyklad_prof_konecki.pdf;
5. Pieśniak K., *Opinia biegłego sądowego z zakresu ochrony przeciwpożarowej dotycząca przedmiotowego pożaru*, Bytom 2010;
6. Wolanin J. i inni., *Matematyczno-komputerowy model kryminalistycznego badania przyczyn i okoliczności pożarów*, Departament Szkolenia i Doskonalenia Zawodowego MSW, Warszawa 1989;
7. Wolanin J., Ościłowska B., Starzyński E. i inni., *Analiza przyczyn i okoliczności rozwoju pożaru Teatru Polskiego we Wrocławiu*, praca niepublikowana. SGSP, Warszawa 1994;
8. Informacje ustalone w wyniku kontroli po pożarze, zleconej przez Komendanta Miejskiego PSP w Bytomiu pracownikom Wydziału Kontrolno-Rozpoznawczego KM PSP w dniu 10.06.2010 r. dokonanej w obecności zarządcy budynku – ZBM Bytom;
9. Reneke P. A., Jones W. W., Peatross M. J., Beyler C. L., Richards R., *A comparison of CFAST predictions to USCG real-scale fire tests*, J. of Fire Protection Engineering, vol. 11, 2001, s. 43-68.

st. kpt. dr inż. **Norbert TUŚNIO** w 2010 obronił doktorat w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN. Pracuje w Zakładzie Badania Przyczyn Pożarów (Katedra Podstaw Rozwoju i Gaszenia Pożarów) w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Specjalność – modelowanie pożarów.

st. kpt. mgr inż. **Damian SALETA** ukończył Szkołę Główną Służby Pożarniczej. Realizuje pracę doktorską na Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej.

Recenzenci

Prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk

Prof. dr hab. inż. Mirosław Kosiorek

st. kpt. mgr inż. **Grzegorz MROCZKO**
Kierownik Zakładu Aprobac Technicznych
CNBOP-PIB

ZHARMONIZOWANE WARUNKI WPROWADZANIA DO OBROTU WYROBÓW BUDOWLANYCH

Harmonized conditions for the marketing of construction products

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z wejściem w życie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 09.03.2011r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego dyrektywę Rady 89/106/EEG. Artykuł przedstawia ważne informacje dla uczestników rynku wyrobów budowlanych tj. producentów, dostawców jak również jednostek uczestniczących w ocenie zgodności wyrobów. Rozporządzenie nr 305/2011 zostało wprowadzone po 22 latach funkcjonowania dyrektywy budowlanej w celu lepszego zdefiniowania tego obszaru i eliminacji niejasności spowodowanych stosowaniem dyrektywy budowlanej, które wynikały przede wszystkim z różnego podejścia krajów członkowskich do implementacji postanowień dyrektywy, co w konsekwencji doprowadziło do niejednolitego traktowania europejskich producentów wyrobów budowlanych oraz powodowało liczne problemy z wprowadzeniem wyrobów budowlanych na rynek jak i swobodnym przepływem tych wyrobów na terenie Unii Europejskiej. Ponieważ rozporządzenie wprowadza szereg zmian w wielu aspektach związanych z wprowadzaniem do obrotu wyrobów budowlanych na terenie Unii Europejskiej autor omawia przyczyny, idee oraz cel wprowadzenia rozporządzenia. Następnie autor omawia ogólnie wybrane zmiany w zakresie wymagań podstawowych dla obiektów budowlanych, zharmonizowanych specyfikacji technicznych, systemów oceny zgodności, deklarowania właściwości użytkowych wyrobów, sposobów nabycia uprawnienia znakowania wyrobów oznakowaniem CE oraz zasad znakowania. Wybrane z wymienionych aspektów autor omawia w sposób bardziej szczegółowy, zwracając uwagę na istotne elementy takie jak: system norm zharmonizowanych i europejskich ocen technicznych, zmienione wymaganie podstawowe w zakresie higieny, zdrowia i środowiska; bezpieczeństwa użytkowania i dostępności obiektów; zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych, stosowania specjalnej dokumentacji technicznej i procedur uproszczonych dla mikroprzedsiębiorstw, zawartość deklaracji właściwości użytkowych i sposób jej dystrybucji, informacje towarzyszące oznakowaniu CE. W podsumowaniu autor zwraca uwagę na zachowanie praw nabytych przez producentów prowadzących ocenę zgodności wg. dyrektywy budowlanej.

Summary

This article describes questions related with coming into force of Regulation (Eu) No 305/2011 of The European Parliament and of The Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. The article introduces very significant information for construction products' market participants eg. manufacturers, suppliers and bodies taking part in conformity assessment of products. Regulation No 305/2011 has been introduced after 22 years of existing of construction products directive to define better this area and eliminate inaccurate aspects of CPD directive application, which were the result of differences in approach of EU member states to implementation of this directive. Consequences of such an approach led to unequal treatment of European manufacturers of construction products and also implicated number of problems connected in marketing of construction products and free movement of products across European community. Because the regulation introduces plenty of changes in many aspects connected with marketing of construction products author describes causes, idea and aim of the regulation. Following that author describes selected changes in general, these cover basic requirements for construction works, harmonized technical specifications, conformity assessment systems, declaration of performance, ways to achieve right to mark of products with CE marking and general principles and use of CE marking. Selected of named aspects author describes in more detailed way to focus readers attention to such important matters as harmonized standards and European technical assessment system; changed basic requirements in the scope of hygiene, health and the environment; safety and accessibility in use; sustainable use of natural resources. Next the use of specific technical documentation and simplified procedures for micro-enterprises, contents of the declaration of performance and its distribution, information following the CE marking. In the summary author focuses readers attention to acquired rights of manufacturers, who performed conformity assessment of their products according to the CPD directive.

Słowa kluczowe: dyrektywa budowlana, system oceny zgodności, rozporządzenie budowlane, zasadnicze charakterystyki;
Keywords: construction products directive, conformity assessment system, construction products regulation, essential requirements;

Idea wprowadzenia Rozporządzenia CPR

Po blisko 22 latach funkcjonowania Dyrektywy Budowlanej nr 89/106/EWG (Construction Products Directive) wdrożonej ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. 2004 Nr 92, poz. 881 z późn. zm.) stoimy w chwili obecnej w obliczu bardzo istotnych zmian w zakresie wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych w Unii Europejskiej. Zmiany te wprowadza opublikowane 4 kwietnia 2011 roku w dzienniku urzędowym Unii Europejskiej nr L 88 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 09.03.2011r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG zwane Construction Products Regulation (CPR).

W dniu 24.04.2011r. weszły w życie niektóre artykuły tego rozporządzenia, natomiast wejście w życie pełnej treści rozporządzenia, jak i uchylenie dyrektywy budowlanej nastąpi 1 lipca 2013 roku.

Rozporządzenie a dyrektywa

Doświadczenia związane ze stosowaniem dyrektywy¹ budowlanej pokazały, że nie jest to doskonały środek na regulowanie zasad wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych. Podstawowym problemem były różnice w implementacji dyrektywy przez kraje członkowskie, a tym samym niejednorodność podejścia do wielu zagadnień regulowanych przez dyrektywę. Przykładów można wymienić wiele, wśród nich m. in.:

- zasady dobrowolnego znakowania wyrobów oznakowaniem CE;
- zagadnienie akredytacji podmiotów prowadzących ocenę zgodności wyrobów;
- uznawanie wyników badań wyrobów itp.

Niejednolite podejście do zagadnień tak szerokiej i ważnej gałęzi gospodarki UE przyczyniało się do ograniczenia swobody przepływu wyrobów budowlanych w UE i utrudniało funkcjonowanie uczestnikom rynku.

¹ Dyrektywy UE mają charakter wiążący a ich adresatami mogą być wyłącznie państwa członkowskie UE. Każda dyrektywa musi zostać zaimplementowana do prawodawstwa danego kraju członkowskiego UE. Dyrektywy wiążą wyłącznie, co do rezultatu, natomiast państwo członkowskie ma swobodę wyboru formy i środków implementacji danej dyrektywy. Czas na dokonanie implementacji to tzw. czas transpozycji i wynosi on od roku do 3 lat. Transpozycja dyrektywy odbywa się w drodze wydania przez odpowiednie organy prawodawcze danego państwa odpowiedniego aktu prawnego, powszechnie obowiązującego – ustawy.

Aby ściślej zdefiniować cele prawodawstwa wspólnotowego konieczne okazało się zastąpienie dyrektywy CPD, nowym aktem prawnym tj. rozporządzeniem² europejskim. Podstawową zaletą tego typu aktu prawnego jest fakt, iż obowiązuje ono bezpośrednio i nie wymaga implementacji do prawodawstwa kraju członkowskiego. Tym samym jego stosowanie nie powinno sprawiać takich problemów jak stosowanie postanowień dyrektywy.

Główne cele wprowadzenia CPR

Głównym celem wprowadzenia Rozporządzenia CPR jest złamanie barier w swobodnym przepływie wyrobów budowlanych wewnątrz europejskiej strefy ekonomicznej (EEA) oraz skrócenie czasu oczekiwania producenta na możliwość wprowadzenia do obrotu wyrobów innowacyjnych.

Rozporządzenie precyzuje sposoby oceny i badań wyrobów, sposoby deklarowania właściwości użytkowych wyrobów oraz sposoby oceny zgodności wyrobów budowlanych. Rozporządzenie nie ujednolica krajowych przepisów techniczno-budowlanych. Wybór wymaganych wartości dla konkretnego zastosowania jest pozostawiony organom Państwa Członkowskiego. Istotne jest to, że wartości te muszą być wyrażone w technicznym języku użytym w zharmonizowanych specyfikacjach technicznych.

Główne zmiany w odniesieniu do dyrektywy CPD

Główne zmiany wprowadzane w odniesieniu do dyrektywy CPD są następujące³:

- wdrożenie systemu zharmonizowanych specyfikacji technicznych;
- zmiana trzeciego i czwartego wymagania podstawowego dla obiektów budowlanych;
- wprowadzenie siódmego wymagania podstawowego dla obiektów budowlanych;
- zastąpienie deklaracji zgodności deklaracją właściwości użytkowych;

² Rozporządzenia mają charakter wiążący i obowiązują bezpośrednio, to znaczy, że transpozycja/implementacja zawartego w rozporządzeniach prawa do krajowych porządków prawnych nie jest wymagana. Władze krajowe mają obowiązek uchylenia wszelkich przepisów niezgodnych z treścią rozporządzenia oraz zakaz wydawania aktów prawnych niezgodnych z jego treścią. Dodatkowo państwa członkowskie nie posiadają żadnej swobody regulacyjnej w ramach wykonywania postanowień zawartych w rozporządzeniu.

³ Źródło: Guidance Note on the Construction Products Regulation, 2/11/11,

- 5 systemów oceny zgodności (1+, 1, 2+, 3, 4), (bez systemu 2);
- wzmocnienie znaczenia oznakowania CE;
- ułatwienia dla mikroprzedsiębiorstw;
- określenie odpowiedzialności wszystkich uczestników łańcucha dostaw;
- wprowadzenie obowiązku pełnej identyfikowalności wyrobu;
- zaostrzenie kryteriów notyfikacji jednostek (wymagania akredytacji w określonym niezbędnym zakresie);
- obowiązek realnej współpracy jednostek notyfikowanych.

W dalszej części artykułu przeanalizowane zostaną wybrane z wyżej wymienionych zagadnień, zaczynając od kilku definicji.

Wybrane definicje wprowadzane przez CPR⁴

Wyrób budowlany – oznacza każdy wyrób lub zestaw wyprodukowany i wprowadzony do obrotu w celu trwałego wbudowania w obiektach budowlanych lub ich częściach, mający wpływ na spełnienie wymagań podstawowych przez te obiekty

Zestaw – oznacza wyrób budowlany wprowadzony do obrotu przez jednego producenta, jako zestaw co najmniej dwóch odrębnych elementów, które muszą zostać połączone, aby mogły zostać wbudowane w obiektach budowlanych

Zasadnicze charakterystyki – oznaczają te cechy wyrobu budowlanego, które odnoszą się do podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych (określone w normie zharmonizowanej)

Właściwości użytkowe wyrobu budowlanego – oznaczają właściwości użytkowe odnoszące się do odpowiednich zasadniczych charakterystyk wyrażone, jako poziom lub klasa lub w sposób opisowy

System zharmonizowanych specyfikacji technicznych

Rozporządzenie definiuje dwa rodzaje zharmonizowanych specyfikacji technicznych:

- Zharmonizowane normy europejskie wyrobu opracowywane przez CEN/CENELEC, oraz
- Europejskie Dokumenty Oceny, wydawane przez Organizację Jednostek Oceny Technicznej – EOTA.

Zharmonizowane specyfikacje techniczne definiują obowiązujące na terenie Unii Europejskiej metody oceny i deklarowania wszystkich wymaganych właściwości użytkowych. Posiadanie przez wyrób tych właściwości użytkowych, a dokładniej potwierdzenie i ich utrzymanie, obok spełnienia wymagań przepisów techniczno-budowlanych danego kra-

ju członkowskiego, jest niezbędne, aby obiekty budowlane spełniały wymagania podstawowe określone w załączniku 1 do rozporządzenia tj:

1. Nośność i stateczność;
2. Bezpieczeństwo pożarowe;
3. Higiena, zdrowie i środowisko;
4. Bezpieczeństwo użytkowania i dostępność obiektów;
5. Ochrona przed hałasem;
6. Oszczędność energii i izolacyjność cieplna;
7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych.

Głównym narzędziem są normy zharmonizowane, jednak w przypadku, gdy norma nie może być opublikowana w „rozsądnym” okresie czasu lub gdy wyrób istotnie odbiega od zakresu istniejącej normy zharmonizowanej, producent ma możliwość uzyskania Europejskiej Oceny Technicznej wydanej na podstawie Europejskiego Dokumentu Oceny wyrobu.

W wielu przypadkach producent nie może wprowadzać wyrobu do obrotu, ponieważ nie ma normy zharmonizowanej, a zatem nie ma możliwości uzyskania prawa do znakowania wyrobu oznakowaniem CE. Dlatego stworzono system europejskich ocen technicznych, które umożliwiają alternatywną drogę do oznakowania CE, tym samym otwierają możliwość wprowadzenia do obrotu wyrobów nie objętych normami, wyrobów odbiegających od właściwości opisanych w normach oraz wyrobów innowacyjnych, dla których nie przewidziano w najbliższych latach opracowania norm zharmonizowanych.

Nowe i zmienione wymagania podstawowe dla obiektów budowlanych,⁵

Wymaganie podstawowe numer 3. Higiena, zdrowie, środowisko

Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby podczas ich budowy, użytkowania i rozbiórki nie stanowiły w ciągu ich całego cyklu życia zagrożenia dla higieny ani zdrowia czy bezpieczeństwa pracowników, osób je zajmujących lub sąsiadów, nie wywierały w ciągu ich całego cyklu życia nadmiernego wpływu na jakość środowiska naturalnego ani na klimat, w szczególności w wyniku:

- a. *wydzielania toksycznych gazów;*
- b. *emisji niebezpiecznych substancji, lotnych związków organicznych, gazów cieplarnianych lub niebezpiecznych cząstek do powietrza wewnątrz i na zewnątrz obiektu budowlanego;*

⁵ Źródło: Załącznik 1 do Rozporządzenia CPR [3], W poniżej przytoczonych treściach wymagań zmiany zaznaczono poprzez podkreślenie.

⁴ Źródło: Artykuł 2 Rozporządzenia CPR [3]

- c. emisji niebezpiecznego promieniowania;
- d. uwalniania niebezpiecznych substancji do wody gruntowej, wód morskich, wód powierzchniowych lub gleby;
- e. uwalniania do wody pitnej niebezpiecznych substancji lub substancji, które w inny sposób negatywnie wpływają na wodę pitną;
- f. niewłaściwego odprowadzania ścieków, emisji gazów spalinowych lub niewłaściwego usuwania odpadów stałych i płynnych;
- g. wilgoci w częściach obiektów budowlanych lub na powierzchniach w obrębie tych obiektów.

Zmiany zaznaczono podkreśleniem i mają one charakter doprecyzowujący zagadnienie. Szczególny nacisk położony jest na kwestię cyklu życia obiektu budowlanego. Wcześniej skupiano się na tym, aby obiekty były zaprojektowane i wykonane w odpowiedni sposób. Aktualne wymaganie dotyczy także czasu po wykonaniu obiektu budowlanego aż do końca jego cyklu życia.

Jest to bardzo istotna zmiana, która ma na celu ochronę użytkowników obiektów, sąsiedztwa oraz środowiska naturalnego (powietrza, gleby, wód). Jest również bezpośrednio związane z wymaganiem nr 7 jak niżej, które dodatkowo podkreśla istotę ochrony środowiska naturalnego.

Wymaganie podstawowe numer 4.

Bezpieczeństwo użytkowania i dostępność obiektów

Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby nie stwarzały niedopuszczalnego ryzyka wypadków lub szkód w użytkowaniu lub w eksploatacji, takich jak poślizgnięcia, upadki, zderzenia, oparzenia, porażenia prądem elektrycznym i obrażenia w wyniku eksplozji lub włamania. W szczególności obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane z uwzględnieniem ich dostępności dla osób niepełnosprawnych i ich użytkowania przez takie osoby.

Podobnie jak wcześniej zmiany wymagania zaznaczone są przez podkreślenie. Zmiana zwraca uwagę na zapewnienie dostępności do obiektów dla osób niepełnosprawnych. Jest to istotna zmiana wychodząca naprzeciw likwidowania barier funkcjonowania osób niepełnosprawnych.

Wymaganie podstawowe numer 7.

Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych

Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane, wykonane i rozebrane w taki sposób, aby wyko-

rzystanie zasobów naturalnych było zrównoważone i zapewniło:

- a. *ponowne wykorzystanie lub recykling obiektów budowlanych oraz wchodzących w ich skład materiałów i części po rozbiórce;*
- b. *trwałość obiektów budowlanych;*
- c. *wykorzystanie w obiektach budowlanych przyjaznych środowisku surowców i materiałów wtórnych.*

Wielokrotnie nakłady energii, pracy, czasu, jakie należy ponieść na wytworzenie wyrobu, są zdecydowanie większe, niż nakłady, jakie należy ponieść na wytworzenie wyrobu przez ponowne przetworzenie. Stąd wymaganie, aby produkowane wyroby budowlane dały się ponownie wykorzystać po ich przetworzeniu. Jest to zmiana bardzo korzystna dla środowiska naturalnego mająca zamierzone długofalowe pozytywne efekty.

Deklaracja właściwości użytkowych wyrobu

Kolejnym założeniem CPR jest odejście od definiowania wymagań dla wyrobu budowlanego, których spełnienie oznacza, że wyrób jest bezpieczny – na rzecz zagwarantowania, by wyrobom towarzyszyły wiarygodne dane dotyczące właściwości użytkowych.

Producenci zobowiązani są do przeprowadzenia oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobów budowlanych w odniesieniu do ich zasadniczych charakterystyk zgodnie z jednym z systemów określonych w załączniku V do rozporządzenia. Po dokonaniu oceny i weryfikacji producent sporządza deklarację właściwości użytkowych przy wprowadzeniu takiego wyrobu do obrotu.

Deklaracja właściwości użytkowych powinna zawierać m.in.:⁶

- określenie typu wyrobu, dla którego została sporządzona;
- zamierzone zastosowanie lub zastosowania wyrobu budowlanego zgodnie z mającą zastosowanie zharmonizowaną specyfikacją techniczną;
- system lub systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobu budowlanego;
- numer referencyjny i datę wydania normy zharmonizowanej lub europejskiej oceny technicznej, która została zastosowana do oceny każdej zasadniczej charakterystyki;
- w stosownych przypadkach, numer referencyjny zastosowanej specjalnej dokumentacji technicznej oraz wymagania, które wyrób spełnia zgodnie z zapewnieniem producenta;

⁶ Źródło: Artykuł 6 Rozporządzenia CPR [3]

- wykaz zasadniczych charakterystyk określonych w zharmonizowanej specyfikacji technicznej dla deklarowanego zamierzonego zastosowania;
- właściwości użytkowe wyrobu budowlanego, wyrażone w poziomach lub klasach, lub w sposób opisowy, w odniesieniu do wszystkich zasadniczych charakterystyk, co do których w miejscu, w którym producent zamierza wprowadzić wyrób do obrotu, obowiązują przepisy odnoszące się do deklarowanego zamierzonego zastosowania wyrobu – właściwości te zazwyczaj określone są w załączniku ZA do normy zharmonizowanej.

Deklarację właściwości użytkowych sporządza się, stosując wzór przedstawiony w załączniku III do rozporządzenia.

Dla każdego pojedynczego wyrobu budowlanego udostępnianego na rynku dostarcza się deklarację właściwości użytkowych w formie papierowej albo, co jest nowością, w formie elektronicznej. W przypadku, gdy do odbiorcy wyrobu dostarczana jest cała partia wyrobów, możliwe jest dostarczenie jednej kopii deklaracji właściwości użytkowych.

Deklaracja właściwości użytkowych powinna być dostarczana w języku/językach wymaganych przez państwo członkowskie, w którym wyrób jest udostępniany.

Istnieje także możliwość udostępnienia deklaracji na stronie internetowej producenta, jako odstępstwo od ust. 1 i 2 artykułu 7 rozporządzenia, jednak należy wówczas przestrzegać postanowień aktów delegowanych artykułem 60 rozporządzenia oraz faktu, że deklaracja taka musi pozostawać dostępna przez okres 10 lat od momentu wprowadzenia wyrobu do obrotu.

Oznakowanie CE i jego wzmocnione znaczenie

Po wystawieniu deklaracji właściwości użytkowych producent ma prawo umieścić na wyrobie oznakowanie CE. Poprzez umieszczenie oznakowania CE producent wskazuje, że bierze na siebie odpowiedzialność za zgodność wyrobu z deklarowanymi właściwościami użytkowymi oraz za jego zgodność ze wszystkimi mającymi zastosowanie wymaganiami określonymi w CPR i innym stosownym ustawodawstwie harmonizacyjnym Unii odnoszącym się do umieszczania tego oznakowania.

Istotne jest to, że o ile stosowanie oznakowania CE w świetle dyrektywy budowlanej było dobrowolne, to po 01.07.2013 stanie się obowiązkowe. Oznakowanie CE będzie także jedynym możliwym oznakowaniem potwierdzającym spełnienie zasadniczych charakterystyk przez wyrób budowlany.

Zgodnie z art. 8 ust. 3. Rozporządzenia, dla każdego wyrobu budowlanego objętego normą zharmonizowaną lub dla którego wydana została europejska ocena techniczna, oznakowanie CE jest jedy-

nym oznakowaniem potwierdzającym zgodność wyrobu budowlanego z deklarowanymi właściwościami użytkowymi w odniesieniu do jego zasadniczych charakterystyk, objętych tą normą zharmonizowaną lub europejską oceną techniczną.

Oznacza to, że Państwa członkowskie nie mogą wprowadzić do środków krajowych żadnych odniesień lub wycofują z nich wszelkie odniesienia do innego, niż oznakowanie CE, oznakowania potwierdzającego zgodność z deklarowanymi właściwościami użytkowymi w odniesieniu do zasadniczych charakterystyk objętych normą zharmonizowaną.

Przykład oznakowania CE przedstawia rysunek 1.



Ryc. 1. Oznakowanie CE

Fig. 1. CE marking

Źródło: Dyrektywa 89/106/EWG

Source: Directive no 89/106/EEC

Oznakowaniu CE towarzyszą⁷:

- dwie ostatnie cyfry roku, w którym zostało ono po raz pierwszy umieszczone;
- nazwa i adres siedziby producenta lub znak identyfikujący pozwalający w łatwy i jednoznaczny sposób określić nazwę i adres producenta;
- niepowtarzalny kod identyfikacyjny typu wyrobu;
- numer referencyjny deklaracji właściwości użytkowych;
- poziom lub klasa zadeklarowanych właściwości użytkowych;
- odniesienie do zastosowanej zharmonizowanej specyfikacji technicznej;
- w stosownych przypadkach numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej oraz zamierzone zastosowanie wyrobu określone w zastosowanej zharmonizowanej specyfikacji technicznej.

Zasady i warunki umieszczania oznakowania CE

Zasady i warunki umieszczania oznakowania CE określa ustęp 1 i 3 artykułu 9 Rozporządzenia w brzmieniu:

1. Oznakowanie CE umieszcza się na wyrobie budowlanym lub na jego etykiecie w sposób widoczny, czytelny i trwały. W przypadku, gdy nie jest to możli-

⁷ Źródło: Artykuł 9.2 Rozporządzenia CPR [3]



Ryc. 2. Drogi do wprowadzenia wyrobów budowlanych do obrotu
[Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozporządzenia CPR]

Fig. 2: Paths for marketing of construction products
[Source: self-development on the base of CPR Regulation]

we lub nie można tego zapewnić z uwagi na charakter wyrobu, umieszcza się je na opakowaniu lub na dokumentach towarzyszących.

3. Oznakowanie CE umieszcza się przed wprowadzeniem wyrobu budowlanego do obrotu. Może mu towarzyszyć piktogram lub inny znak wyraźnie wskazujący na szczególne zagrożenie lub zastosowanie.

Ważne:

Oznakowanie CE na wyrobie umożliwia wprowadzenie wyrobu do obrotu w każdym kraju członkowskim, nie oznacza ono jednak, że dany wyrób jest odpowiedni dla użytkownika końcowego w danym Państwie członkowskim. Jest to uzależnione od spełnienia przez ten wyrób wymaganych w danym Państwie członkowskim klas i poziomów wymaganych przez przepis techniczno-budowlane.

Droga do oznakowania CE

W zależności od rodzaju wyrobu i określonego dla niego systemu oceny zgodności producent musi wykonać szereg zadań prowadzących do uzyskania uprawnienia znakowania produkowanego przez siebie wyrobu oznakowaniem CE. Producent ma również możliwość zastosowania procedur uproszczonych.

Możliwe są następujące drogi postępowania:

- ocena zgodności wyrobu z normą zharmonizowaną wyrobu;
- ocena zgodności wyrobu z europejską oceną techniczną;
- zastosowanie procedur uproszczonych, po spełnieniu określonych warunków.

W sposób obrazowy przedstawia to rysunek 2.

Procedury uproszczone i ułatwienia dla mikroprzedsiębiorstw

Rozporządzenie CPR definiuje również procedury uproszczone i określa przypadki możliwości zastosowania tego podejścia. Określone procedury uproszczone są zdefiniowane również dla mikroprzedsiębiorstw tj. przedsiębiorstw zatrudniających mniej niż 10 osób, i którego obroty roczne i/lub roczna suma bilansowa nie przekracza 2 mln EUR⁸.

Są to następujące ścieżki postępowania:

- stosowanie odpowiedniej dokumentacji technicznej, które pozwala producentowi przy określaniu typu wyrobu na zastąpienie badania typu lub obliczenia typu pod warunkiem wykazania warunków określonych w Art. 36.;
- stosowanie procedur uproszczonych przez mikroprzedsiębiorstwa, umożliwia zastąpienie określenia typu wyrobu na podstawie badania typu w ramach mających zastosowanie systemów 3 i 4 określonych przez zastosowanie metod różniących się od metod określonych w mającej zastosowanie normie zharmonizowanej. Producenci ci mogą również traktować wyroby budowlane, do których ma zastosowanie system 3 zgodnie z przepisami dotyczącymi systemu 4. Gdy producent stosuje te uproszczone procedury, wykazuje on zgodność wyrobu budowlanego z mającymi zastosowanie wymaganiami za pomocą specjalnej dokumentacji technicznej oraz wykazuje równoważność zastosowanych procedur z procedurami ustalonymi w normach zharmonizowanych;

⁸ Za zaleceniem Komisji z dnia 6 maja 2003 r. dotyczącym definicji przedsiębiorstw mikro, małych i średnich

- inne procedury uproszczone - w przypadku wyrobów budowlanych objętych normą zharmonizowaną i które są produkowane jednostkowo lub na zamówienie w nieseryjnym procesie produkcyjnym w odpowiedzi na specjalne zlecenie oraz wbudowywane w jednym określonym obiekcie budowlanym część mającego zastosowanie systemu poświęcona ocenie właściwości użytkowych, może zostać zastąpiona przez producenta specjalną dokumentacją techniczną.

W przypadku stosowania procedur uproszczonych, gdy wyrób budowlany należy do rodziny wyrobów budowlanych, dla których mającym zastosowanie systemem oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych jest system 1+ lub 1, weryfikacja specjalnej dokumentacji technicznej wykonywana jest przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą wyrób.

Podsumowanie

Podsumowując stwierdzić należy, że zagadnienie wprowadzania wyrobów budowlanych do obrotu, regulowane dyrektywą CPD a już „za chwilę” rozporządzeniem CPR jest bardzo obszerne i nie sposób w jednym artykule wyrazić wszystkich jego aspektów. Artykuł ten w sposób ogólny przybliży podstawowe zagadnienia, z których każde powinno być szczegółowo analizowane. W chwili obecnej pojawiają się opracowania omawiające te zagadnienia w języku angielskim. Liczę, że w najbliższej przyszłości obok tego i być może kolejnych artykułów ukazywać się będą opracowania pozwalające lepiej i szczegółowiej zapoznać się z tą niezwykle istotną tematyką.

Warto zauważyć, że rozporządzenie CPR:

- wprowadza większą przejrzystość w odniesieniu do podstawowych elementów dyrektywy, w tym ogólnej koncepcji opartej na właściwościach użytkowych, zawartości i statusu oznakowania CE, uznawania wiarygodności oznakowania CE przez władze krajowe i użytkowników wyrobów budowlanych;
- odchodzi od definiowania wymagań dla wyrobu budowlanego, których spełnienie oznacza, że wyrób jest bezpieczny – na rzecz zagwarantowania, by wyrobom towarzyszyły wiarygodne dane dotyczące właściwości użytkowych.

Warto również wskazać na zachowanie przez producentów praw nabytych, co określa Artykuł 66 rozporządzenia [3]:

- Wyroby budowlane wprowadzone do obrotu zgodnie z dyrektywą 89/106/EWG przed dniem 1 lipca 2013 r. uznaje się za zgodne z niniejszym rozporządzeniem;

- Producenci mogą wystawić deklarację właściwości użytkowych na podstawie certyfikatu zgodności lub deklaracji zgodności wydanych przed dniem 1 lipca 2013 r. zgodnie z dyrektywą 89/106/EWG.;
- Wytyczne do europejskich aprobat technicznych, opublikowane przed dniem 1 lipca 2013 r. zgodnie z art. 11 dyrektywy 89/106/EWG, mogą być stosowane jako europejskie dokumenty oceny;
- Producenci i importerzy mogą wykorzystywać europejskie aprobaty techniczne wydane zgodnie z art. 9 dyrektywy 89/106/EWG przed dniem 1 lipca 2013 r. jako europejskie oceny techniczne do końca okresu ważności tych aprobat.

Literatura

1. Dyrektywa Rady nr 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988r. w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych Państw Członkowskich odnoszących się do wyrobów budowlanych (Dz. U. L 40 z 11.02.1989);
2. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. 2004 Nr 92, poz. 881 z późn. zm.);
3. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 09.03.2011r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. U. L 88 z 04.04.2011);
4. Guidance Note on the Construction Products Regulation, 2/11/11,
5. Zalecenie Komisji z dnia 6 maja 2003 r. dotyczące definicji przedsiębiorstw mikro, małych i średnich.

st. kpt. mgr inż. Grzegorz Mroczko jest absolwentem dziennych studiów magisterskich na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Od 2004 roku pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwopozarowej-Państwowym Instytucie Badawczym. Kompetencyjnie jest związany z certyfikacją, dopuszczaniem i aprobatą wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej. Aktualnie pełni funkcję kierownika Zakładu Aprobat Technicznych CNBOP-PIB.

Recenzenci

bryg. dr inż. Waldemar Wnęk

st. bryg. mgr inż. Piotr Wojtaszewski

mgr inż. **Tomasz ZGODZIŃSKI**
KP PSP w Wieluniu

EWOLUCJA STOSOWANIA PALIWA GAZOWEGO DO NAPĘDU POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH I ZWIĄZANE Z TYM ZAGROŻENIA DLA UŻYTKOWNIKA

Evolution of using gas fuel for motor cars and accompanying dangers for users

Streszczenie

W artykule przedstawiono historię paliwa gazowego oraz samochodowych instalacji gazowych zasilanych LPG (gazem propan – butan) oraz CNG (gazem ziemnym), wykorzystywanym jako alternatywne paliwo napędowe w motoryzacji. Ponadto w artykule zawarto podstawowe dane na temat budowy, właściwości gazu oraz elementów składowych instalacji gazowych służących do zasilania pojazdów samochodowych. Przedstawione zostały również podstawowe źródła zagrożeń związane z budową, konstrukcją oraz eksploatacją samochodów wyposażonych w gazowe układy zasilania, będące przyczyną wypadków lub pożarów w trakcie użytkowania pojazdu zasilanego alternatywnym paliwem gazowym. W oparciu o przedstawione źródła zagrożeń występujące podczas użytkowania samochodu wyposażonego w gazowy układ zasilania przedstawiono podstawowe sposoby postępowania w przypadku powstania ewentualnego zagrożenia.

Summary

In the article there was presented a history of gas fuel and gas installations in cars running on LPG (Liquefied Petroleum Gas) and CNG (Natural Gas) used as alternative diesel fuel in motorization. In the article there were also discussed basic data concerning the construction, gas properties and the components of gas installations used for powering motor vehicles. The article presented main sources of danger connected with building, construction and operating cars equipped with gas supply system and resulting accidents or fires during operating cars running on alternative gas fuel. Based on the sources of dangers taking place during operating cars equipped with gas supply system there were presented main procedures in case of potential danger.

Słowa kluczowe: motoryzacja, samochody, alternatywne paliwa napędowe, pożary i zagrożenia, ratownictwo techniczne;

Keywords: motorization, cars, alternative diesel fuels, fires and dangers, road rescue;

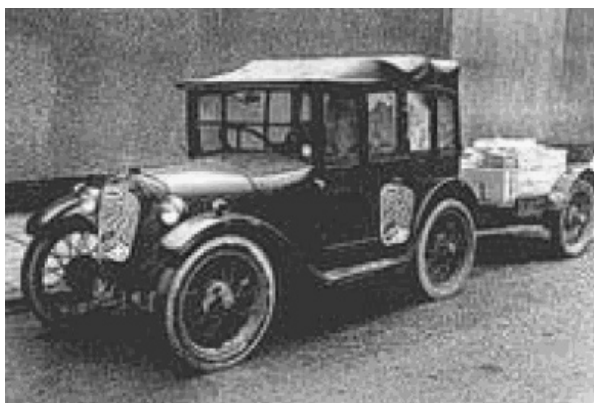
Nie trzeba być specjalistą branży paliwowej, aby zauważyć co dzieje się na światowym rynku paliw. Każdy zmotoryzowany odczuwa stale rosnące ceny benzyn i oleju napędowego, co powoduje wzrost zainteresowania samochodami, które zasilane są paliwami alternatywnymi. Spora grupa kierowców staje przed dylematem, co wybrać? Oszczędny, ale drogi silnik diesla, a może wybrać do napędu paliwo gazowe i zamontować w silniku benzynowym instalację na gaz, a może wybrać pojazd w wersji gazowej?

Galopujące ceny benzyny i oleju napędowego w ostatnich latach skłoniły kierowców do szukania oszczędności co spowodowało lawinowy montaż samochodowych instalacji gazowych. Zjawisko wahań popularności układów gazowych do zasilania pojazdów jest w Polsce jednak dobrze znane.

Ruchy te są okresowe i często zależą nie tyle od rzeczywistego stopnia opłacalności tej inwestycji,

ile raczej od prognoz rządowych i prasowych doniesień. Aby dowiedzieć się jak ewoluowało zainteresowanie paliwem gazowym oraz stosowanie samochodowych instalacji gazowych zasilanych LPG (gazem propan – butan) oraz CNG (gazem ziemnym) w motoryzacji musimy zacząć od korzeni.

LPG został otrzymany po raz pierwszy w 1910 r. przez dr Waltera O. Snellinga, a w handlu pojawił się w roku 1912 – jako wygodne i w miarę bezpieczne paliwo do przenośnych kuchenek gazowych i tak też początkowo był wykorzystywany. Zastosowanie wynalazku do napędu samochodu miało miejsce 3 lata po odkryciu tj. w 1913 roku. i pojawiło się po raz pierwszy w legendarnym Fordzie – model T, który notabene był pierwszym samochodem montowanym na taśmie produkcyjnej.



Ryc.1 Pierwszy samochód z napędem gazowym.

(źródło: www.autogazcentrum.net)

Fig. 1 The first gas-powered car.

(source: www.autogazcentrum.net)

W Europie pierwsze instalacje gazowe w samochodach pojawiły się we Włoszech zaraz po pierwszej wojnie światowej. Konstruktorami samochodowych instalacji gazowych zasilanych LPG było dwóch braci LANDI. Jednak po pewnym czasie nastąpiło rozdzielenie się braci LANDI, jeden z nich przeniósł się do Holandii i tam zaczął niezależnie rozwijać branżę autogazu, natomiast drugi prowadził swą działalność dalej we Włoszech.

Po krajach Beneluksu przyszła kolej na wschodnią część Europy, gdzie w latach 80 – tych autogaz zyskał popularność w ZSRR oraz Bułgarii [3].

Początki “gazyfikacji” aut w Polsce sięgają roku 1974, natomiast za “ojca gazyfikacji w Polsce” uznawany jest Pan Zbigniew Domański, który zainteresował się tym alternatywnym źródłem zasilania i wprowadził go do obrotu na rynek polski. Założone latem 1991 roku przez Zbigniewa Domańskiego Przedsiębiorstwo Wielobranżowe “AUTOGAZ” było pierwszą w Polsce firmą, którą Minister Transportu i Gospodarki Wodnej “upoważnił do montażu w układzie zasilania silników instalacji gazowej przystosowanej do zasilania gazem płynnym (propan-butan)...”. Tym samym, z dniem 14 sierpnia 1991 roku, została nareszcie zalegalizowana “gazyfikacja” aut w naszym kraju. Dla wielu firm wydarzenie z 1991 roku stanowiło silny impuls do działania w nowym obszarze biznesowym, który zaowocował w późniejszych latach dynamicznym wzrostem sprzedaży gazu płynnego [16].

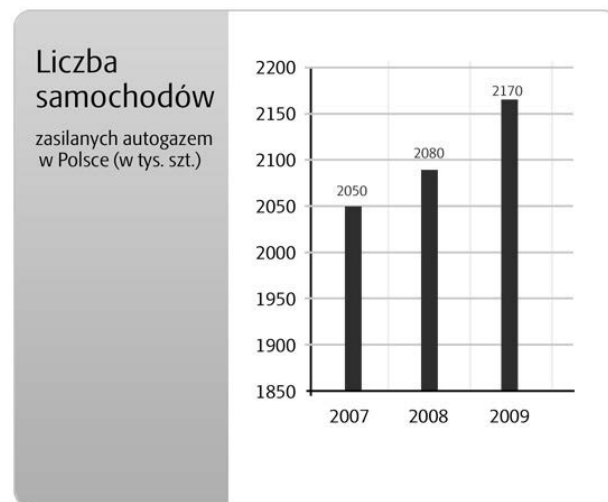
Rok 1993 był pierwszym rokiem, kiedy zaczęto montaż instalacji na szerszą skalę, a branża autogazu stała się oficjalną gałęzią w motoryzacji.

Największy rozwój autogazu w naszym kraju miał miejsce w 1999 r. ze względu na drastyczną podwyżkę cen paliw płynnych. Wówczas sprawdziły się niemal wszystkie czarne scenariusze – cena litra benzyny na tamte czasy przekroczyła 3,00 złote. Importerzy instalacji LPG, monterzy i dostawcy gazu mieli pełne ręce roboty. Ogólna liczba samo-

chodów zasilanych gazem, w tym czasie znacznie wzrosła.

Bardzo znacznie wzrosła również liczba stacji autogazu i właściwie nie było regionów Polski, gdzie na odcinku 50 km nie byłoby jednej z nich.

W 2004 r. w Polsce liczba samochodów zasilanych LPG wyniosła już 1,45 mln, natomiast liczba stacji tankowania LPG była równa 5900. Na początku 2005 r. Polska stała się więc pierwszym rynkiem w Europie pod względem ilości samochodów zasilanych gazem LPG [21]. Wyprzedziliśmy nawet dotychczasowego europejskiego lidera w tej dziedzinie – Włochy. Według szacunkowych danych na początku 2005 r. liczba samochodów zasilanych LPG była następująca: Polska 1,45 mln pojazdów, 1,3 mln pojazdów we Włoszech, 400 tysięcy w Holandii, 500 tysięcy w krajach b. ZSRR, 450 tysięcy w USA i 50 tysięcy w Kanadzie. Z każdym kolejnym rokiem liczba pojazdów zasilanych LPG ciągle rosła zgodnie z przewidywaniami analityków rynku. W 2009 r. liczba aut wyposażonych w instalację LPG wyniosła blisko 2,2 miliona samochodów. W stosunku do roku 2008 był to wzrost o 4,3%, a od 2007 rynek zmienił się aż o 5,9%. Spośród wszystkich aut osobowych w Polsce, odsetek tych napędzanych LPG, kształtował się na poziomie 13,5 proc.

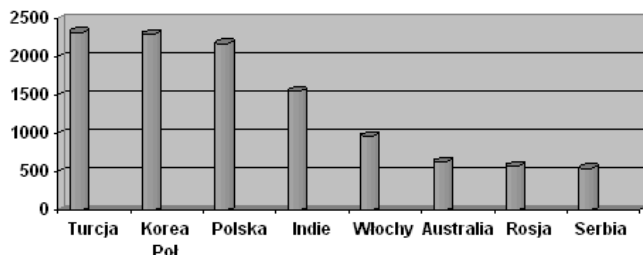


Ryc. 2 Liczba pojazdów zasilanych LPG w Polsce w latach 2007-2009 według POGP (źródło: www.infosamochody.pl)

Fig. 2 Number of vehicles powered by LPG in Poland in 2007-2009 by POGP (source: www.infosamochody.pl)

Według szacunków Światowej Organizacji Gazu Płynnego WLPGA (dane z 2009 r.), najwięcej samochodów zasilanych autogazem w tym czasie jeździło po drogach Turcji (2 mln 320 tys.), drugą lokatę uzyskała Korea Południowa (2 mln 297 tys.), trzecią zaś zajęła Polska (2 mln 170 tys.). Na kolejnej pozycji notowano Indie (1 mln 522 tys.), które w ciągu roku wzbogaciły się o prawie milion aut z LPG. Kolejne miejsca zajęły: Włochy (967 tys.), Australia (636

tys.) i Rosja (581 tys.). Ósma lokata przypadła niedużej Serbii z 550 tys. samochodów na LPG. Praktycznie we wszystkich notowanych krajach nastąpił wzrost liczby samochodów wyposażonych w instalacje gazowe. Łącznie, w 2009 roku na świecie jeździło ponad 15,8 mln samochodów zasilanych autogazem, z czego prawie 8 mln w Europie! [16].



Ryc. 3 Liczba pojazdów zasilanych LPG na świecie w 2009 r. według WLPGA

(źródło: opracowanie własne)

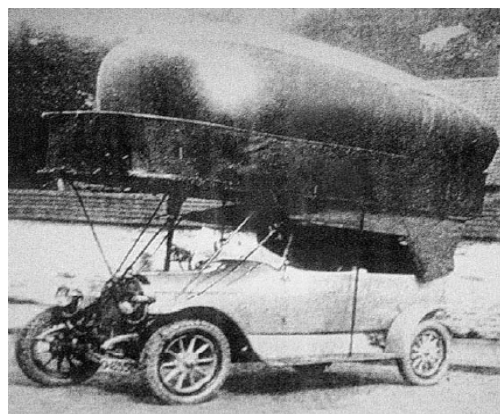
Fig. 3 Number of vehicles powered by LPG on the world in 2009 by WLPGA

(source: develop their own)

W Polsce, w latach 2010 - 2011 nastąpił dalszy dynamiczny wzrost liczby samochodów zasilanych LPG. Po naszych drogach jeździ już 2 mln 325 tys. pojazdów zasilanych autogazem, czyli o 155 tys. więcej niż rok wcześniej. Poza Turcją staliśmy się drugim państwem na świecie, a pierwszym w Europie pod względem użytkowania pojazdów zasilanych autogazem. W bieżącym roku spodziewać się należy znaczącego wzrostu pojazdów zasilanych autogazem ze względu na to, iż nieustanny wzrost cen paliw tradycyjnych (benzyny i oleju napędowego) zmusza kierowców do szukania rozwiązań bardziej oszczędnych. Według Polskiej Organizacji Gazu Płynnego, bardzo istotna dla rozwoju rynku jest zmiana postrzegania gazu płynnego jako paliwa nie tylko taniego, ale i ekologicznego, co stanowi ważne zadanie dla całej branży LPG [15].

Jeśli chodzi o gaz ziemny CNG wykorzystywany do zasilania pojazdów wyposażonych w samochodową instalację gazową, to należy zwrócić uwagę, że pierwsze w historii silniki spalinowe były zasilane gazem. Skonstruowali je w:

- 1860 r. Etienne Lenoir (silnik spalał gaz ziemny osiągając 12 km/h);
- 1866 r. Mikołaj August Otto – pierwszy silnik na gaz świetlny (ok. 50% wodoru);
- 1878 r. Mikołaj August Otto i Langen (4 – suwo- wy silnik zasilany gazem);
- 1896 r. W. Dessau (1897 także w Jeleniej Górze) uruchomiono tramwaj gazowy; (9 pojazdów obsługiwało dziewięciokilometrową linię). Paliwem był gaz świetlny magazynowany w trzech zbiornikach pod ciśnieniem 6 bar,
- 1918 r. pierwszy silnik autobusu zasilany gazem [3, 5].



Ryc. 4 Pierwsze pojazdy z zasilaniem gazowym (źródło: www.cng-auto.pl)

Fig. 4 The first vehicles powered by gas (source: www.cng-auto.pl)

Zastosowanie gazu ziemnego jako paliwa do pojazdów datuje swe początki w latach 30-tych poprzedniego wieku, czyli mniej więcej równoległe do stosowania LPG. Wykorzystywano je m.in. we Włoszech, Wielkiej Brytanii, Czechach i w Rosji [22].

W Polsce już w latach 50-tych jeździło prawie 2 tysiące samochodów na gaz CNG – były to głównie pojazdy służb technicznych.

Sprężony gaz ziemny ma najdłuższą tradycję stosowania w południowej Polsce, gdzie w latach pięćdziesiątych wybudowano kilka stacji sprężania gazu ziemnego do napędu pojazdów samochodowych (min. Rzeszów, Tarnów, Mysłowice i Krosno). W latach sześćdziesiątych oraz siedemdziesiątych stacje z gazem CNG znikły z Polskiego krajobrazu. Wpłynął na to zapewne niski poziom dostępnych ówczesnie rozwiązań technologicznych, a przede wszystkim brak odpowiednich zbiorników magazynowych.

Gaz CNG powrócił w Polsce do łask w dobie lat 80-tych. Przemysłowy Instytut Motoryzacji w Warszawie, przy współpracy Politechniki Śląskiej w Gliwicach rozpoczął realizację specjalnego rządowego programu wykorzystywania gazu ziemnego do napędów samochodowych czego efektem było zainteresowanie Sanockiego Zakładu Górnictwa Nafty i Gazu [3].

W 1988 roku uruchomiona została pierwsza stacja tankowania samochodów gazem ziemnym w Kopalni Gazu Ziemnego Przemysł – Zachód.

W sumie do lipca 1999 r. tankowanych było tylko kilkanaście pojazdów.

W 2004 roku jeszcze raz postawiono na gaz ziemny, głównie w komunikacji miejskiej. Uruchomiono stację tankowania i zakupiono pięć nowoczesnych autobusów Jelcz zasilanych CNG. Pierwszy autobus Jelcz zasilany CNG, zbiorniki kompozytowe umieszczone miał na dachu pojazdu. Został on zaprezentowany w styczniu 2004 roku. W 2005 roku Polska posiadała już 42 autobusy zasilane CNG.



Ryc. 5 Autobus Jelcz zasilany CNG
(źródło: www.cng-auto.pl)

Fig. 5 CNG-powered bus Jelcz
(source: www.cng-auto.pl)

W 2005 r. na świecie w eksploatacji było już blisko 3 miliony samochodów z silnikami na gaz ziemny. Francja i Niemcy w 2005 r. posiadały już po 1000 autobusów zasilanych CNG, natomiast największa liczba wszystkich pojazdów samochodowych zasilanych gazem ziemnym występowała w Argentynie - ponad 950 tys. pojazdów.

Tabela. 1
Liczba pojazdów zasilanych gazem ziemnym CNG na świecie w 2005 r. [23]

Table 1.
Number of vehicles fueled with CNG in the world in 2005 [23].

Kraj (Country)	Liczba pojazdów (Number of vehicles)	Liczba stacji CNG (Number of CNG stations)
1. Argentyna	951 842	1064
2. Włochy	434 000	405
3. Brazylia	422 566	548
4. Pakistan	350 000	360
5. Indie	137 000	120
6. USA	130 000	1300
7. Chiny	69 300	270
8. Wenezuela	44 810	147
9. Egipt	44 810	75
10. Ukraina	41 000	130
11. Rosja	32 000	216
12. Tajwan	24 000	12
13. Kanada	20 505	222
14. Japonia	16 561	224
15. Boliwia	15 000	30
16. Niemcy	15 000	330
17. Bangladesz	13 015	10
18. Kolumbia	9 126	32
19. Szwecja	6 600	31
20. Białoruś	5 500	24
21. Francja	4 550	105
22. Australia	2 000	127
23. Nowa Zelandia	1 500	29
38. Czechy	300	9
44. Polska	136	8

W latach 2006-2007 w Polsce eksploatowanych było 748 pojazdów, w których paliwem jest sprężony gaz ziemny. Są w tej liczbie autobusy, samochody osobowe, lekkie samochody dostawcze, pojazdy techniczne oraz wózki widłowe. Na terenie kraju działało 10 ogólnodostępnych i 22 wewnętrznych stacji tankowania CNG.

Największym użytkownikiem autobusów zasilanych CNG było Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Przemyślu (24 autobusy).

Autobusy na CNG jeździły również w transporcie publicznym w Inowrocławiu (9 autobusów), w Rzeszowie (12 autobusów) oraz we Wrocławiu (8 autobusów w prywatnej firmie transportowej).

Najwięcej samochodów na CNG było w posiadaniu spółek gazownictwa. Dolnośląska Spółka Gazownictwa z siedzibą we Wrocławiu posiadała 84 takie pojazdy wykorzystywane jako pojazdy technologiczne gazownictwa. Były to głównie samochody marki Peugeot, Renault oraz Fiat przerobione z pojazdów benzynowych na dwupaliwowe. 35 pojazdów jeździło w Mazowieckiej Spółce Gazownictwa w Warszawie oraz 45 w Pomorskiej Spółce Gazownictwa z siedzibą w Gdańsku. Pozostała liczba pojazdów znajdowała się w posiadaniu indywidualnych właścicieli [13].



Ryc.6. Pojazd zasilany CNG użytkowany przez spółki gazownicze
(źródło: www.pgnig.pl)

Fig. 6 CNG-powered vehicle used by the company's natural gas.
(source: www.pgnig.pl)

W Polsce eksploatuje się na chwilę obecną około 2000 pojazdów zasilanych gazem ziemnym, czyli tyle ile w latach pięćdziesiątych XX w. Z analizy struktury użytkowanych w Polsce pojazdów zasilanych CNG wynika, że największa ich liczba jest eksploatowana przez użytkowników indywidualnych (ponad 700), następnym z kolei użytkownikiem jest PGNiG, który użytkuje blisko 500 pojazdów. Trzysta samochodów jest eksploatowanych przez różnego rodzaju floty, a ponad 200 to autobusy komunikacji miejskiej. Bolączką naszego rynku CNG jest niewielka liczba stacji sprężania (ok. 33) oraz brak ekonomicznych zachęt promujących gaz ziemny jako paliwo silnikowe.

Znaczący rozwój CNG na świecie to ostatnie 10-15 lat. Podstawowe czynniki tego rozwoju to względy ekologiczne, poprawa bezpieczeństwa dostaw paliw poprzez ich dywersyfikację oraz opłacalność ekonomiczna. Aktualnie na świecie jest ok. 4,3 mln pojazdów na CNG i jest to bardzo dynamicznie rozwijający się segment na rynku motoryzacyjnego. Jest wiele krajów, w których gaz ziemny jako paliwo silnikowe jest wykorzystywany powszechnie. W tym zestawieniu prym wiodą kraje azjatyckie (46,5% ogólnej liczby pojazdów napędzanych gazem ziemnym na świecie) i Ameryki Południowej (39,6%). Wynika to z położenia w tych rejonach złóż gazu ziemnego oraz chęci zmniejszenia kosztów eksploatacji pojazdów przez użytkowników. Najwięcej samochodów zasilanych gazem ziemnym jest eksploatowanych w Pakistanie (ponad 2 mln), Argentynie (około 1,8 mln), Brazylii (1,6 mln), Iranie (1 mln). W Europie, w której jeździ 11,6% światowej populacji samochodów CNG (0,25% ogólnej liczby zarejestrowanych pojazdów). Najwięcej samochodów zasilanych gazem ziemnym jest zarejestrowanych we Włoszech (ponad 0,5 mln szt.). Drugie w europejskim zestawieniu są Niemcy z liczbą ponad 76 tys. pojazdów, na trzeciej pozycji znajduje się Bułgaria z liczbą 60 tys., kolejna jest Szwecja z około 17 tys. pojazdów zasilanych gazem ziemnym. Stawkę krajów, w których jest zarejestrowanych ponad 10 tys. samochodów CNG zamyka Francja z ponad 12 tys. szt. [22]. Pierwsza piątka stawki stanowi 97% całego europejskiego rynku pojazdów zasilanych gazem ziemnym.

W związku z szybkim rozwojem na świecie motoryzacji oraz rosnącymi cenami paliw ropopochodnych rynek CNG bardzo szybko się rozwija, a co za tym idzie w najbliższym czasie zwiększy się liczba pojazdów zasilanych tym paliwem.

Właściwości fizyczne i chemiczne LPG oraz CNG

Paliwo gazowe LPG, jest skroploną mieszaniną dwóch węglowodorów: propanu C_3H_8 oraz butanu C_4H_{10} . Obydwa składniki są produktem rafinacji ropy naftowej, a ich ilość w masie przerobionego produktu (ropy) stanowi maksymalnie 2%.

Właściwości fizyczne i chemiczne podstawowych składników LPG, czyli propanu i butanu są następujące:

Własność	Propan	Butan
Wzór chemiczny	C_3H_8	C_4H_{10}
Masa cząsteczkowa	44	58
Gęstość [kg/dm ³]	0,51	0,58
Temperatura wrzenia [°C]	- 43	- 0,5
Temperatura spalania w powietrzu [°C]	510	490
Granice zapłonu jako % objętości	2,1÷9,5	1,5÷8,5
Prędkość spalania w powietrzu [cm/s]	32	32

Jedną z wyróżniających właściwości składników LPG, czyli propanu i butanu, jest ich tzw. „prężność pary” czyli ciśnienie pary w równowadze z cieczą w zamkniętym zbiorniku (inaczej mówiąc chodzi o ciśnienie, przy którym w danej temperaturze mieszanka propanu i butanu jest w stanie równowagi z cieczą; wtedy występuje równowaga między parowaniem i skraplaniem). Ciśnienie to, w przypadku butanu wynosi 0,005 bar w temperaturze 0°C i 0,8 bar w temperaturze 15°C. Dla propanu są to wartości odpowiednio 4 bar dla 0°C i 6,5 bar dla 15°C. Z powodu zmienności proporcji propanu i butanu w składzie LPG takie wartości powodują dość duże różnice w ciśnieniu mieszanki. Wzrost temperatury powoduje w związku z tym, oprócz wzrostu ciśnienia par gazu, przede wszystkim wzrost objętości ciekłego LPG w zbiorniku. Jeśli byłby on wypełniony całkowicie ciekłym LPG, wzrost temperatury mógłby spowodować nagły wzrost ciśnienia wewnątrz zbiornika (ponieważ objętość nie mogłaby wzrosnąć), co mogłoby doprowadzić do jego rozerwania. Stąd też wprowadzone zalecenie nienapełniania zbiorników powyżej ich 85% nominalnej objętości (przykładowo, przy takiej wartości napełnienia „odbija” zawór w samochodowych zbiornikach LPG).

Inną, dosyć ważną cechą propanu i butanu jest ich różna temperatura wrzenia, czyli temperatura, przy której następuje zmiana fazy ze stanu ciekłego do gazowego. Dla propanu temperatura ta wynosi -43°C, a dla butanu 0°C. Wobec powyższego, w zimnym klimacie (a w Polsce po prostu zimą) stosuje się w LPG procentowo więcej propanu niż butanu.

LPG jest gazem nie tylko wybuchowym, ale i łatwopalnym w połączeniu z powietrzem tworzy mieszaninę wybuchową. LPG jako gaz nie działa drażniąco na skórę, oczy czy układ oddechowy. Jednak zbyt długie, powtarzające się wdychanie gazu o dużym stężeniu w powietrzu może skończyć się zawalem serca bądź uduszeniem. Przy zatruciu ostrym występują bóle w jamie brzusznej, wymioty, ślinotok, zwężenie źrenic, upośledzenie słuchu, ból głowy, osłabienie, zwolnienie tętna do 40-50 uderzeń na minutę, podniecenie, a później sen trwający kilka godzin. W cięższych postaciach zatrucia może występować zapalenie płuc oraz utrata przytomności. Przy wdychaniu większych ilości występują objawy podrażnienia nerwu błędnego. W rzadkich przypadkach występuje psychoneurologiczny zespół osłupieny oraz zaburzenia oddechu. LPG w stanie ciekłym, w momencie kontaktu ze skórą, może powodować odmrożenia. Zagrożeniem dla człowieka jest również możliwość zatrucia produktami spalania LPG (w przypadku dłuższego z nimi kontaktu).

Paliwo gazowe CNG nazywane także gazem naturalnym (Natural Gas), którego głównym składnikiem jest metan (CH_4), występuje w przyrodzie nie jako przy okazji wydobycia ropy naftowej. Gaz

ziemny może występować także w złożach ropo – gazowych lub w złożach czysto gazowych będących naturalnymi zbiornikami występującymi w ziemi.

Właściwości fizykochemiczne gazu ziemnego:

Masa cząsteczkowa:	16,04
Stan skupienia w temp. 20°C:	gaz
Barwa:	bezbardwy
Zapach:	bez zapachu
Temperatura topnienia (1013 hPa)	-182,6°C
Temperatura wrzenia (1013 hPa)	-161,5°C
Temperatura samozapłonu:	-580°C
Granice wybuchowości w mieszaninie z powietrzem:	
-dolna: 5% obj., 37 g/m ³	
-górna: 15%obj., 107 g/m ³	
Stężenie stechiometryczne:	- 5,91% obj.
Minimalna energia zapłonu w powietrzu:	- 0,25 mJ
Gęstość gazu (1013 hPa):	- 0,72 g/dm ³
Gęstość gazu względem powietrza:	- 0,55
Prężność gazu w temp. 21°C:	- 0,147 MPa
Rozpuszczalność w wodzie:	- rozpuszcza się bardzo słabo

Gaz ziemny jest bezwonny, bezbarwny i ma mniejszą gęstość niż powietrze. Charakterystyczny zapach gazu ziemnego jest uzyskiwany w procesie nawaniania. Tylko wtedy człowiek jest zdolny go wyczuć. Może tworzyć mieszkankę wybuchową w wyniku reakcji z powietrzem.

Szkodliwe skutki działania na zdrowie człowieka oraz główne jego objawy związane z zastosowaniem to przede wszystkim:

- może powodować podrażnienie oczu (ból, łzawienie), pary mogą powodować odmrożenia;
- nagromadzony w powietrzu może powodować uczucie senności, zawroty i bóle głowy, nudności, uczucie podniecenia, depresji w związku z obniżeniem zawartości tlenu. Duże stężenia par mogą prowadzić nawet do utraty przytomności lub do śmierci przez uduszenie.

Magazynowanie i transport CNG to główne trudności związane z stosowaniem tego paliwa w motoryzacji. Żeby napełnić zbiornik, trzeba gaz sprężyć ze względu iż, CNG magazynowany jest pod ciśnieniem 200-250 atmosfer, natomiast w 50-litrowej butli mieści się gaz tylko o wartości energetycznej, jaką ma 12 litrów benzyny. Wobec czego wszystkie elementy do magazynowania i transportu gazu muszą być przystosowane i wykonane z materiałów do pracy w wysokich ciśnieniach.

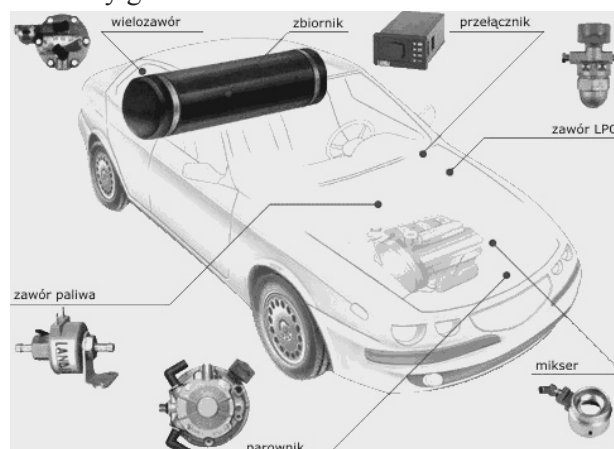
Układy zasilania gazem ciekłym propan – butan LPG

Ze względu na sposób tworzenia mieszkanki paliwowej oraz sposób podawania paliwa do silnika, wyróżnia się następujące rodzaje instalacji gazowych LPG:

- mieszalnikowe układy zasilania LPG;
- wtryskowe układy zasilania LPG.

W przypadku mieszalnikowych układów zasilania LPG wyróżnia się:

1. Układy LPG I generacji - układy przeznaczone do współpracy z pojazdami wyposażonymi w układy gaźnikowe.

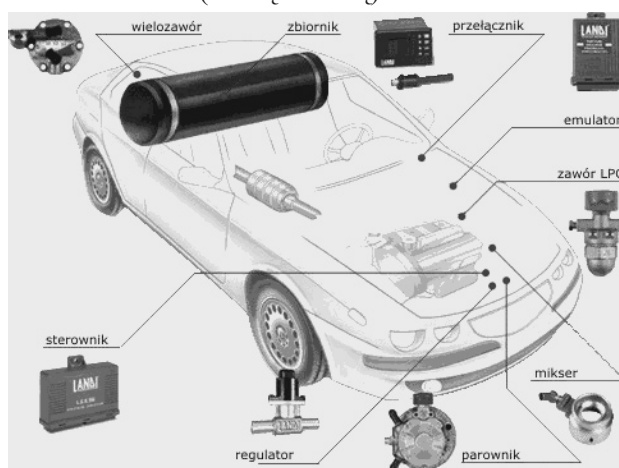


wielozawór – multivalve, zbiornik – tank, przełącznik – fuel – selektor swich, zawór LPG – LPG valve, mikser – mixer, parownik – evaporator, zawór paliwa – fuel vavle.

Ryc.7. Instalacja gazowa LPG dla samochodów gaźnikowych – elementy składowe (źródło: www.autogaz.webd.pl)

Fig. 7. Installation of LPG gas for cars carburettor – components (source: www.autogaz.webd.pl)

2. Układy LPG II generacji - układy przeznaczone do współpracy z pojazdami z silnikami wyposażonymi w jedno- i wielopunktowy wtrysk benzyny z katalizatorem (sondą lambda)



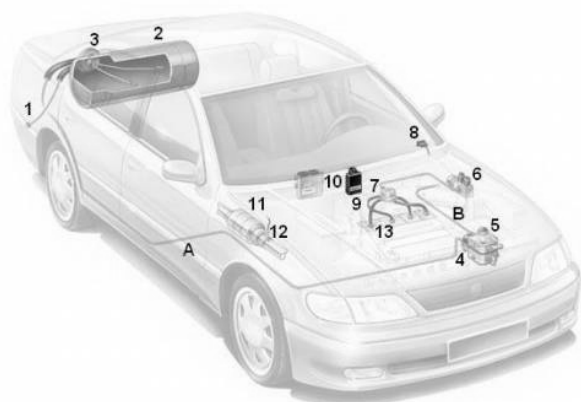
wielozawór – multivalve, zbiornik – tank, przełącznik – fuel – selektor swich, emulator – emulator, zawór LPG – LPG valve, mikser – mixer, parownik – evaporator, regulator – gas dosage control unit, sterownik – control unit.

Ryc. 8 Instalacja gazowa LPG układ wtryskowy z katalizatorem – elementy składowe (źródło: www.autogaz.webd.pl)

Fig. 8. Installation of LPG gas injection system with catalytic converter – components (source: www.autogaz.webd.pl)

W przypadku wtryskowych układów zasilania LPG wyróżnia się trzy ich typy:

1. Układy LPG III generacji – układy wtryskowe zasilane paliwem LPG, wykorzystywane w pojazdach wyposażonych w wielopunktowy wtrysk paliwa.

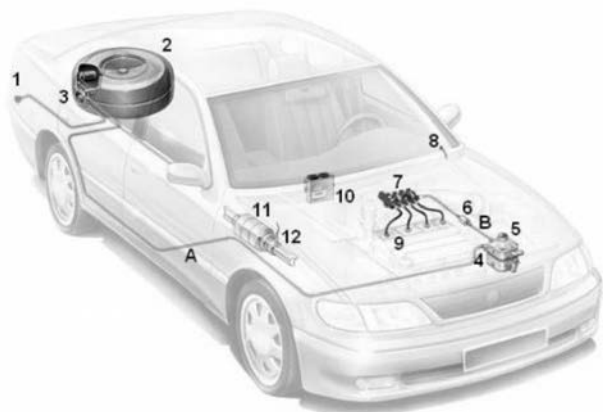


1- zawór tankowania – filling unit , 2- zbiornik gazu - tank, 3-wielozawór – multivalve , 4- elektrozawór gazowy – solenoid valve, 5- reduktor-parownik - evaporator, 6- dozator - gas dosage control unit, 7- dystrybutor - distributor, 8- przełącznik rodzaju zasilania – fuel selector switch, 9- emulator wtryskiwaczy – injectors emulator , 10- sterownik elektroniczny – electronic control unit, 11- katalizator spalin – combustion catalyst , 12- sonda lambda – lambda sensor , A- przewód gazowy wysokiego ciśnienia – high pressure hose, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia – low pressure hose.

Ryc.9 Instalacja LPG III generacji do silników z wtryskiem paliwa - elementy składowe (źródło: www.gazeo.pl)

Fig.9. III generation LPG installation of injected engine – components (source: www.gazeo.pl)

2. Układy LPG IV generacji – układy nawiązujące do sekwencyjnego i wielopunktowego wtrysku paliwa.



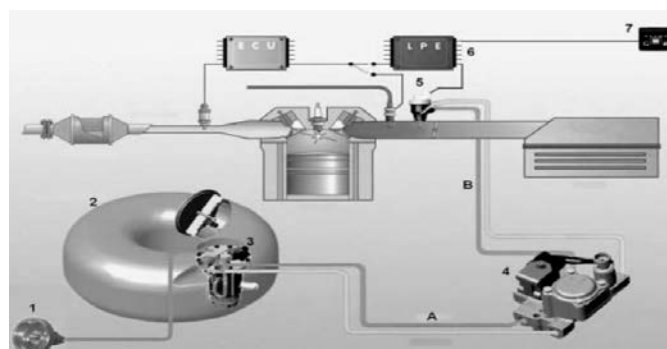
1- zawór tankowania – filling unit , 2- zbiornik gazu - tank, 3-wielozawór – multivalve, 4- elektrozawór gazowy – solenoid valve, 5- reduktor-parownik - evaporator, 6- filtr fazy gazowej – gas filter , 7- listwa

wtryskiwaczy z czujnikami temperatury i ciśnienia gazu – injectors rails with temperature and pressure sensor, 8- przełącznik rodzaju zasilania– fuel selector switch, 9- kalibrowane dysze – metering nozzles, 10- sterownik elektroniczny – electronic control unit, 11- katalizator spalin – combustion catalyst , 12- sonda lambda - lambda sensor, A-przewód gazowy wysokiego ciśnienia– high pressure hose, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia – low pressure hose.

Ryc.10. Instalacja LPG IV generacji do silników z wtryskiem paliwa - elementy składowe (źródło: www.gazeo.pl)

Fig.10. IV generation LPG installation of fuel-injected engine – components (source: www.gazeo.pl)

3. Układy LPG V generacji – układy wtrysku sekwencyjnego w fazie ciekłej.



1 - zawór tankowania - filling unit , 2- zbiornik gazu - tank, 3- pompa gazu z wielozaworem – LPG pump with a multivalve, 4- regulator ciśnienia – pressure regulator, 5- wtryskiwacze - injectors, 6- sterownik elektroniczny – engine management control, 7- przełącznik rodzaju zasilania - fuel – selector switch , A- przewód gazowy pod samochodem – supply fuel line, B- przewód gazowy pomiędzy regulatorem ciśnienia a wtryskiwaczami – return fuel line.

Ryc.11. Instalacja V generacji do silników z wtryskiem paliwa i układem EOBD - elementy składowe (źródło: www.gazeo.pl)

Fig. 11. V generation LPG installation of engines with fuel injection and EOBD system – components (source: www.gazeo.pl)

Układy zasilania gazem ziemnym CNG

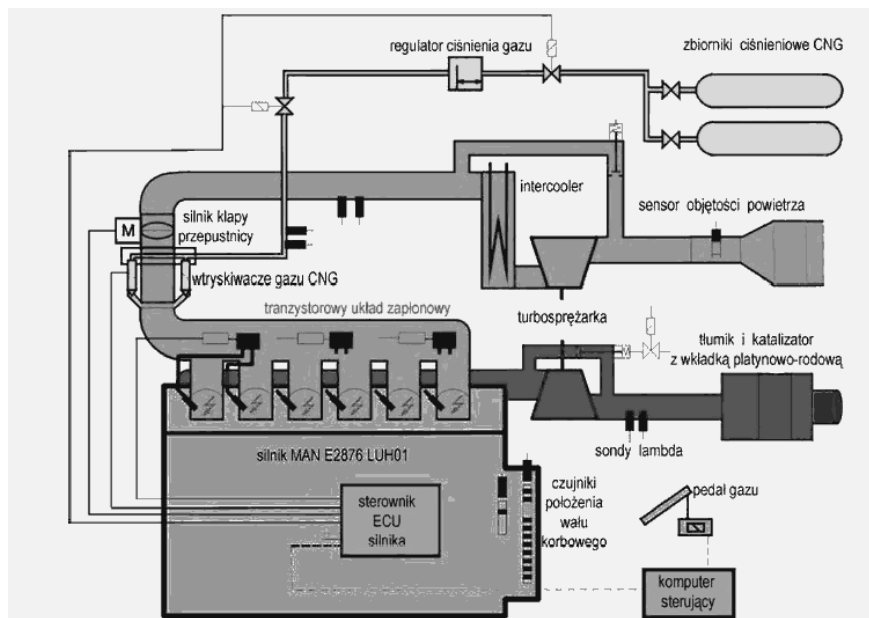
Układy zasilania paliwem gazowym CNG stosowane do napędu pojazdów samochodowych stanowią systemy utworzone przez urządzenia i elementy spełniające ściśle określone funkcje. Urządzenia i elementy układów zasilania paliwem gazowym CNG oraz ich sposobu skonfigurowania zależą od:

- rodzaju silnika (zapłon iskrowy lub samoczynny);
- sposobu zasilania (jedno- lub dwupaliwowe);
- sposobu zasilania paliwem bazowym (benzyną) gaźnikowego lub wtryskowego.

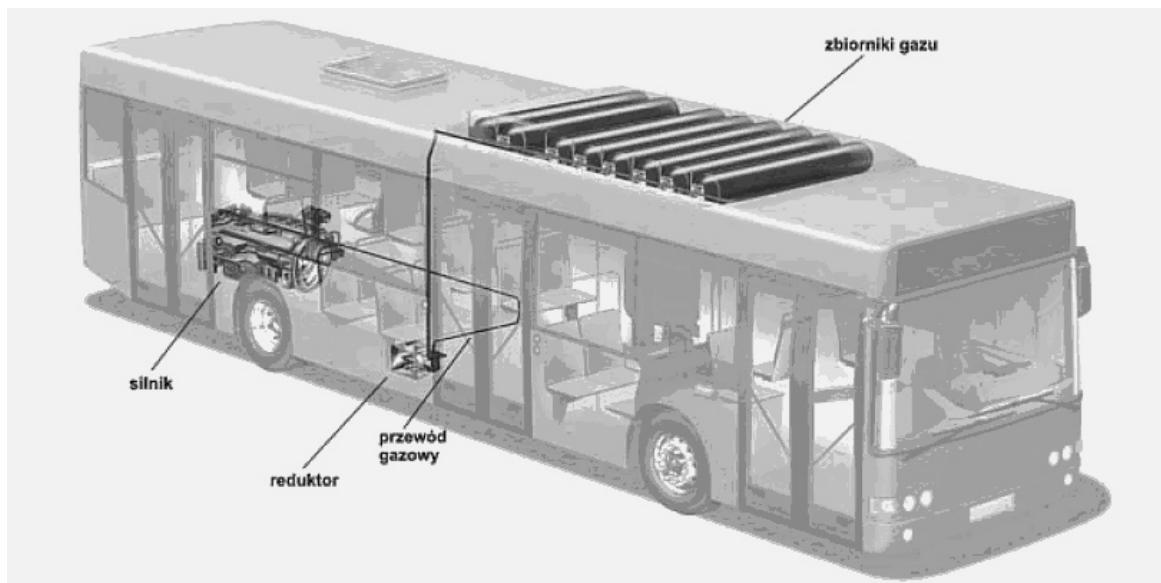
We wszystkich jednak przypadkach w układzie zasilania występują podstawowe elementy, do których należą: butle lub zbiorniki do przechowywania paliwa gazowego, osprzęt zbiornika lub zawory butli, filtr gazu, zawór odcinający, reduktor ciśnienia gazu (konwerter- regulator), mieszalnik paliwa gazowego z powietrzem oraz przewody stalowe i elastyczne umożliwiające wzajemne połączenie elementów między sobą.

Bezpieczeństwo użytkowania samochodowych instalacji gazowych oraz zagrożenia wynikające z eksploatacji pojazdów zasilanych paliwem gazowym

Każde źródło energii oraz urządzenie wykorzystujące źródła energii może stać się niebezpieczne, jeżeli korzystanie z niego następuje niezgodnie z zasadami określonymi dla danego rodzaju energii.



silnik klapy przepustnicy – throttle plate, regulator ciśnienia gazu – CNG pressure regulator, zbiorniki ciśnieniowe CNG – CNG tanks, sensor objętości powietrza – air volume sensor, intercooler – intercooler, wtryskiwacze gazu CNG – CNG injectors, tranzystorowy układ zapłonowy – transistorized ignitron system, turbosprężarka – turbokompresor, tłumik i katalizator z wkładką platynowo – irodową – silencer platinum iridium catalyst, sondy lambda – lambda sensors, silnik MAN E2876 LUH01 – engine MAN E2876 LUH01, sterownik ECU silnika – control unit, czujniki położenia wału korbowego – crankshaft position sensor, komputer sterujący – control komputer, pedał gazu – accelerator pedal.



silnik – engine, reduktor – reducer, przewód gazowy – gas hose, zbiorniki gazu – CNG tanks.

Ryc. 12 Schemat instalacji gazowej CNG w autobusie marki MAN
(źródło: www.cng.auto.pl)

Fig. 12 CNG gas installation diagram on the bus brands MAN
(source: www.cng.auto.pl)

Coraz częściej po polskich drogach jeżdżą samochody z charakterystycznym elementem – wlewem gazu. Ich liczba zbliża się już do 2,7 mln. pojazdów.

Staliśmy się „niewolnikami epoki motoryzacji”, a własny samochód dla wielu ludzi jest dziś narzędziem pracy. Dla użytkownika istotna jest wygoda podróżowania, niezawodność i koszty eksploatacji. O bezpieczeństwie przypomina sobie czasami pod wpływem zagrożenia życia lub wypadku.

Każde urządzenie, zwłaszcza takie, które magazynuje w sobie duże ilości energii, jest potencjalnym zagrożeniem. Jeżeli nawet nie w pojedynkę, to w połączeniu z zespołem innych urządzeń i zdarzeń losowych ich dotyczących. Samochód nie jest najbezpieczniejszym miejscem przebywania człowieka, do czego wszyscy zdążyliśmy się przyzwyczaić i z reguły statystyki wypadków nie robią już na większości z nas wrażenia. Instalacja gazowa nie jest czynnikiem w istotny sposób zwiększającym zagrożenie człowieka, pod warunkiem przestrzegania elementarnych zasad bezpieczeństwa.

Podstawowym zaleceniem jest – tak jak i przy zasilaniu benzyną – nie dokonywanie żadnych własnych zmian lub przeróbek w układzie zasilania gazem.

Elementem, który jest traktowany jako „bomba” jest zbiornik paliwa gazowego, popularnie nazywany butlą gazową. Podstawowa zasadą jest tankowanie nie więcej niż 80% objętości oraz nie dokonywanie żadnych przeróbek w zbiorniku i w jego wyposażeniu.

Przestrzeganie powyższych zasad oraz montaż układu zasilania gazem zgodnie z obowiązującymi przepisami wystarcza do zapewnienia bezpieczeństwa w normalnych warunkach eksploatacji.

Zagrożenia związane z bezpieczeństwem i eksploatacją samochodów wyposażonych w instalacje gazowe mogą być głównie wynikiem:

- **Nieszczelności**

W przypadku wystąpienia nieszczelności układu zasilania gazem propan – butan, użytkownik ostrzegany jest przez mocny, charakterystyczny zapach. Intensywność wyczuwania zapachów jest cechą charakterystyczną człowieka, a ponadto zmienia się w czasie. Zapach paliwa gazowego jest wynikiem dodania do niego tzw. nawaniacza. Zgodnie z wymaganiami normy, zapach powinien być wyraźny i nieprzyjemny. Eksploatując samochód wyposażony w układ gazowy można wyczuć zapach gazu głównie podczas tankowania pojazdu oraz podczas pracy silnika z układu wydechowego w postaci spalin.

Jeżeli intensywny zapach gazu jest wyczuwalny mocniej niż zwykle, to należy zakręcić dwa zawory odcinające na zbiorniku paliwa gazowego. Niepokojące jest wyczuwanie zapachu obok samochodu znajdującego się na otwartej przestrzeni bądź w pobliżu zbiornika paliwa gazowego. Sam zapach nie dowodzi wystąpienia nieszczelności, lecz stanowi sygnał o konieczności jej weryfikacji.

- **Mechaniczne uszkodzenia układów zasilania gazem**

Poruszanie się samochodem po drogach stwarza niestety zagrożenie uczestniczenia w wypadku drogowym. W wyniku tego zdarzenia układ zasilania gazem może ulec uszkodzeniu. Elementem układu, który – ze względu na miejsce montażu – jest najbardziej narażony na uszkodzenie, jest zawór tankowania i przewód łączący go z wielozaworem.

W przypadku utraty szczelności połączeń tych elementów lub nawet ich zniszczenia, nastąpi zablokowanie wypływu gazu ze zbiornika przez zawór zwrotny, który stanowi część wielozaworu. W takim przypadku może wystąpić jedynie wypływ niewielkiej ilości gazu, która znajduje się w przewodzie.

Drugim zagrożeniem jest uszkodzenie zbiornika paliwa gazowego. Utrata jego szczelności może spowodować duże niebezpieczeństwo. Jednak uszkodzenie podczas wypadku ścianek zbiornika paliwa gazowego wykonanego ze stali nie jest w praktyce możliwe. Stalowe ścianki kilkumilimetrowej grubości oraz kształt, nadają zbiornikowi wytrzymałość umożliwiającą „przepchnięcie” go praktycznie przez każdy samochód osobowy.

Innym niebezpieczeństwem w trakcie wypadku jest wyrwanie zbiornika z mocowania. Żeby je zminimalizować, organy ustawodawcze wprowadziły zapis dotyczący wytrzymałości mocowania zbiornika. Mówi on, że mocowanie zbiornika powinno wytrzymać nawet wtedy, gdy jest on poddany przyspieszeniu równemu 20 g (20-krotność przyspieszenia ziemskiego) przy uderzeniu z przodu lub z tyłu oraz 8 g przy uderzeniu bocznym. Jak łatwo obliczyć, dla zbiornika z gazem o masie 50 kg siła bezwładności osiąga wartość 1000 kG. Jest to z reguły wystarczające zabezpieczenie, jednak życie pisze scenariusze, które trudno ująć w sztywne ramy przepisu, co wyraźnie widać na zamieszczonym rysunku.



Ryc. 13 Zdjęcie samochodu osobowego z instalacją gazową po wypadku drogowym (źródło: Majerczyk A., Taubert S., *Układy zasilania gazem propan – butan*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2004)

Fig. 13. Picture a car with gas installation after a road accident

(source: Majerczyk A., Taubert S., *Układy zasilania gazem propan – butan*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004)

Następnym elementem układu gazowego, który może ulec uszkodzeniu, jest wielozawór. Prawdopodobieństwo uszkodzenia zależy od miejsca zamocowania elementu. Wielozawory umieszczone wewnątrz zbiorników toroidalnych są znakomicie zabezpieczone przed zniszczeniem. Najbardziej narażone na uderzenia są wielozawory zbiorników montowanych pod płytą podłogową samochodu. W takim przypadku uszkodzenie wielozaworu może nastąpić nie tylko na skutek wypadku, ale również w trakcie codziennej eksploatacji. Spowodowanie nieszczelności przez utracenie wielozaworu jest mało prawdopodobne. Wielozawór umieszczony jest w kołnierzu spawanym do zbiornika paliwa gazowego. Urwanie pokrętki zaworów odcinających bądź zgniecenie wskaźnika poziomu paliwa nie powoduje wypływu gazu. Przewody miedziane łatwo jest zniszczyć podczas kolizji przez zgniecenie bądź załamanie. Nie powoduje to jednak przeważnie utraty ich szczelności. Podczas montażu, na przewodach miedzianych są wykonywane pętle kompensacyjne, które oprócz zmniejszania naprężeń w połączeniach elementów układu gazowego umożliwiają ich przemieszczanie się względem siebie spowodowane deformacjami samochodu, dzięki czemu zmniejszane jest ryzyko zerwania przewodu gazowego. Układy zasilania gazu zostały dobrze zabezpieczone przed wypływem gazu ze zbiornika na skutek uszkodzenia lub zniszczenia elementów układu. Dowiodły one nie raz swojej dużej odporności na uszkodzenia mechaniczne, jak również skuteczności zabezpieczeń przed wypływem paliwa gazowego.

• Pożar samochodu

Pożar samochodu nie jest często spotykanym zdarzeniem, lecz nie można wykluczyć jego wystąpienia. Sam układ zasilania gazu niesie minimalne ryzyko powstania pożaru. Jest on hermetyczny, w dużym stopniu odporny na uszkodzenia mechaniczne, a ilość paliwa zawarta w urządzeniach wykonawczych jest niewielka.



Ryc. 14. Pożar samochodu
(źródło: www.strazkonskie.pl)

Fig. 14. Car fire
(source: www.strazkonskie.pl)

W większości przypadków pożar samochodu jest spowodowany wystąpieniem zwarcia w instalacji elektrycznej samochodu nie związanej z układem zasilania gazem. Pożar samochodu może być

spowodowany przez układ gazu, między innymi na skutek „zamrożenia” reduktora oraz w przypadku usterki układu zasilania benzyną. „Zamrożenie” reduktora powoduje ograniczenie odparowania gazu w I stopniu i jego wypływ z reduktora częściowo w fazie ciekłej. Powoduje to wzbogacenie mieszanki paliwowo- powietrznej w stopniu prowadzącym do zatrzymania pracy silnika. W wyniku tego zostaje odcięty dopływ gazu do reduktora na skutek zamknięcia elektrozaworu, natomiast znajdujące się w reduktorze paliwo gazowe przechodzi w stan gazowy w II stopniu reduktora oraz w przewodzie doprowadzającym paliwo gazowe do silnika. To doprowadza do pojawienia się dużej ilości paliwa gazowego w układzie dolotowym. Jego nadmiar może wypłynąć do przedziału silnika. W tych warunkach próba uruchomienia silnika może spowodować zapalenie się gazu, na przykład na skutek wystąpienia tzw. zjawiska cofnięcia płomienia. Inną przyczyną mogącą doprowadzić do pożaru może być zaniedbanie układu zasilania benzyną.

Urządzenia starzeją się i tracą szczelność. Jeżeli samochód eksploatuje się nie korzystając z zasilania benzyną (jest to szczególnie popularne w samochodach z silnikami gaźnikowymi eksploatowanymi w okresie letnim), to właściciel pojazdu nie jest w stanie zauważyć objawów sygnalizujących uszkodzenie układu zasilania benzyną, takich jak na przykład sparciałe przewody paliwowe lub uszkodzone przepony pompki przyspieszających, które to uszkodzenia mogą powodować wyciek benzyny na gorący silnik. Jeżeli przy nieszczelnej instalacji benzynowej użytkownik przełączy zasilanie na benzynę, może spowodować zapalenie się samochodu. W samochodzie przystosowanym do zasilania gazem występują dwa zbiorniki paliwa: z benzyną i z paliwem gazowym.

Zbiornik benzyny jest najbardziej niebezpieczny, jeżeli jest w nim niewielka ilość paliwa. W tym przypadku, gdy pożar ogarnie zbiornik benzyny, następuje gwałtowne ogrzewanie paliwa i powietrza w zbiorniku. Powietrze, wraz z oparami benzyny, która w tych warunkach intensywnie paruje, zwiększa swoją temperaturę, a ponieważ nie ma kądędy uciec ze zbiornika, powoduje w nim szybki przyrost ciśnienia. To może doprowadzić do jego rozerwania i rozlania się wokół samochodu płonącej benzyny. Zbiornik wypełniony benzyną pali się spokojniej i mniejsze jest prawdopodobieństwo jego rozerwania, lecz benzyna paląc się powoduje nagrzewanie zbiornika paliwa gazowego. W ogarniętym przez płomień zbiorniku gazowym następuje wzrost temperatury, a ponieważ jest to zbiornik hermetyczny, również ciśnienia. Szczególną uwagę należy zwrócić na fakt, że zbiornik nie może być nigdy napełniony gazem w 100%. Dopóki nawet niewielka część jego pojemności zawiera LPG w stanie gazowym, ciśnienie, które panuje we wnętrzu zbiorni-

ka jest równe napięciu pary od otrzymanej mieszanki LPG do tej temperatury, a więc dotyczy wartości ciśnienia, w każdym przypadku niskiego w stosunku do wytrzymałości zbiornika. Jeżeli natomiast zbiornik jest całkowicie wypełniony płynnym gazem, ciśnienie może osiągnąć wartości bardzo wysokie. LPG ma w rzeczywistości współczynnik rozszerzalności sześciennej dość wysoki, rzędu 0,002-0,0025°C⁻¹ tzn. 2000 większy od stali i tak jak prawie wszystkie płyny jest na to ściśliwy. Jest więc oczywiste, że wzrostowi temperatury odpowiada rozszerzalność gazu płynnego, który jeżeli znajduje się wewnątrz zamkniętego pojemnika, może osiągnąć jakiegokolwiek ciśnienie. W takim przypadku ciśnienie mniej zależy od płynnego LPG, a bardziej od wytrzymałości zbiornika. Aby uniknąć niebezpieczeństwa związanego z w/w sytuacją przepisy przewidują, że zbiornik nie może być napełniony gazem płynnym w ilości ponad 80% pojemności. W tym celu został zainstalowany wielozawór, który zapobiega temu poprzez pływak odpowiedni system blokujący. Zaznaczyć należy, że w trakcie opracowywania są inne bardziej nowoczesne systemy, które zagwarantują ostatecznie absolutne bezpieczeństwo przy napełnianiu zbiornika. Napełnienie ograniczane do 80% zapewnia wystarczający margines bezpieczeństwa. W rzeczywistości niezbędne jest przegrzanie LPG o ponad 80°C ponad temperaturę otoczenia, tak aby jego rozszerzalność spowodowała całkowite wypełnienie zbiornika.

Dlatego też, w celu zapobieżenia nadmiernemu wzrostowi ciśnienia w zbiorniku gazu, jest on obligatoryjnie wyposażony w zawór bezpieczeństwa. Otwieranie się zaworu bezpieczeństwa ogranicza ciśnienie panujące wewnątrz do wartości około 240 kPa, przez upust gazu na zewnątrz zbiornika.

Niemniej jednak nie można w rzeczywistości wykluczyć możliwości przegrzania zbiornika na skutek działania wysokiej temperatury i przyrostu ciśnienia w przypadku działania ognia podczas pożaru pojazdu wyposażonego w instalację gazową, co w efekcie może doprowadzić do wybuchu zbiornika. Ponadto istnieje również prawdopodobieństwo, że zbiornik może zostać przepełniony ze względu na niezadziałanie wielozaworu bezpieczeństwa, który ogranicza możliwość przepełnienia zbiornika powyżej 80% jego pojemności i może to doprowadzić, że nie powstanie tzw. „poduszka powietrzna” co również może doprowadzić do rozerwania zbiornika.

Strażacy prowadzący akcję gaśniczą mają możliwość zorientowania się, czy samochód jest wyposażony w układ zasilania gazu po obecności zaworu tankowania paliwa, który jest umieszczany przeważnie z tyłu pojazdu. Nie jest to jednak metoda stuprocentowo pewna, ponieważ zawory tankowania mogą być montowane również w miejscach niewidocznych, na przykład pod klapką wlewu benzyny

(wlew wykonany w standardzie holenderskim o niewielkich wymiarach).

• **Garażowaniem w zamkniętych pomieszczeniach**

Układ zasilania gazem powinien być całkowicie hermetyczny. W niektórych krajach można jednak napotkać informacje zabraniające korzystania przez samochody wyposażone w układy LPG z garaży podziemnych lub parkingów. Dokumentem regulującym kwestię parkowania pod ziemią pojazdów wyposażonych w instalację gazową w naszym kraju stanowi jedynie rozporządzenie Ministra Infrastruktury dotyczące wentylacji parkingów. W parkingach podziemnych, w których parkują samochody zasilane LPG musi być wentylacja „mechaniczna, sterowana czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia gazu propan-butan” (rozporządzenie MI z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie i jego nowelizacja z 12 marca 2009 r.)

Wynika to z właściwości LPG, który w razie nie szczelności tworzy z powietrzem mieszkankę silnie wybuchową. Ponieważ jest cięższy od powietrza, to gdy wydostanie się z instalacji samochodowej, zamiast wyparować – gromadzi się w najbliższym zagłębieniu w podłodze.

Wystarczy, gdy jego stężenie wyniesie tam od 2 do 9%. Do eksplozji takiej poduszki gazowej nawet nie trzeba niedopałka papierosa, wystarczy iskra elektryczna lub tarcie klocków hamulcowych. Wybuch będzie taki sam jak w przypadku kilkukilogramowej butli z gazem: kula ognia i poważne zniszczenia. W razie wystąpienia wątpliwości co do szczelności układu zasilania LPG sugeruje się wypchnięcie samochodu z garażu, a szczególnie z garażu z kanałem, bez uruchamiania silnika. W takim przypadku należy udać się do zakładu montującego systemy zasilania gazem i przeprowadzić weryfikację szczelności układu LPG.

• **Błędy techniczne powstałe podczas montażu**

To zagadnienie jest związane z montażem instalacji. Dla zapewnienia właściwego poziomu technicznego montaż instalacji gazowych w pojazdach samochodowych powinny wykonywać wyłącznie firmy posiadające stosowną homologację wydaną przez Ministerstwo Infrastruktury lub inne firmy zgłoszone (dodane do homologacji) przez właścicieli takich homologacji. Właściciele homologacji tworzą sieci warsztatów, nad którymi sprawowany jest nadzór. Dla zachowania właściwego poziomu technicznego świadczonych usług posiadacz homologacji powinien prowadzić systematyczne szkolenia pracowników zakładów montażu ze swojej sieci oraz kontrolować ich pracę. Kontrola w tym przypadku oznacza sprawdzenie zgodności komplekacji elementów instalacji montowanych w każdym pojeździe i spełnienie wymagań technicznych odnośnie sposobu montażu (np. zachowanie bezpiecznych odległości od układu wydechowego, trwałość

mocowania przewodów gazowych i nie narażenie ich na przecieranie się, właściwe mocowanie zbiornika gazu i zapewnienie odpowiedniej wentylacji komory szczelnej, w której umieszczony jest wielozawór).

• **Niewłaściwy stan techniczny zainstalowanych urządzeń**

„Systematyczna kontrola stanu technicznego” to hasło, które na skutek częstego stosowania, dla wielu użytkowników samochodów nieco się zdewaluowało. Samochody wyposażone w instalację gazową są poddane odpowiednim rygorom kontrolnym w zakresie wymaganych przeglądów technicznych na stacjach kontroli pojazdów.

Wszystkie pojazdy z zamontowaną instalacją zasilania gazem (zarówno LPG, jak i CNG) podlegają corocznemu przeglądowi technicznemu. Dla przypomnienia: w nowym pojeździe bez instalacji gazowej pierwszy przegląd jest wykonywany po 3 latach, drugi – po 2 latach od pierwszej rejestracji, a kolejne – już co rok. Wymóg corocznego przeglądu samochodu w SKP wynika z potrzeby dokonania kontroli stanu technicznego zamontowanej w nim instalacji gazowej oraz poprawności funkcjonowania samochodu na gazie.

Dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika podczas takiego przeglądu sprawdza się:

- Szczelność instalacji;
- Warunek braku wypływu gazu z reduktora przy nie pracującym silniku;
- Działanie elementów wielozaworu zamontowanego na zbiorniku gazu;
- Stan techniczny zbiornika – wizualnie oraz dokumentację zbiornika;
- Ogólny stan techniczny elementów instalacji (brak oznak zużycia) i ich umieszczenie oraz mocowanie w pojeździe;
- Poprawność pracy silnika na gazie i kontrola emisji spalin.

W tym zakresie rola użytkowników sprowadza się jedynie do dostarczenia pojazdu na SKP w terminie nie później niż podany w dowodzie rejestracyjnym. W przypadku wykrycia usterek przez diagnostykę, należy powierzyć ich usunięcie wyspecjalizowanemu zakładowi.

Każda naprawa instalacji gazowej oraz jej serwis powinna kończyć się sprawdzeniem jej szczelności. Do wykonania tej czynności w sposób profesjonalny niezbędny jest detektor gazu (najlepiej z regulowanym tłem) oraz piankowy tester szczelności. Stanowią one wyposażenie każdego warsztatu montującego instalacje gazowe w samochodach. Nie należy utożsamiać obowiązkowych przeglądów technicznych pojazdu w SKP z przeglądami okresowymi instalacji gazowych. Wykonaniem przeglądów okresowych zajmują się pracownicy warsztatów montujących instalacje. W profesjonalnych instalacjach

gazowych karty przeglądów okresowych lub informacja o formie ich wykonywania znajdują się w instrukcji obsługi (książce serwisowej) instalacji. Wydanie takiej instrukcji (w języku polskim) użytkownikowi po montażu należy do obowiązków montażysty.

• **Niewłaściwa eksploatacja ze strony użytkownika**

Są to przypadki bardzo rzadkie, niemniej jednak istotne jest przestrzeganie zasad bezpiecznej eksploatacji pojazdu z instalacją LPG. Najważniejsze z nich to:

- Nie należy uruchamiać silnika „na gazie” w przypadku niesprawnego układu zapłonowego, „na holu” lub „na pych” itp.;
- W przypadku stwierdzenia jakichkolwiek nieszczelności instalacji gazowej, należy zamknąć wypływ gazu ze zbiornika;
- Wszelkie prace obsługowe powinny być wykonywane wyłącznie przez uprawnionych pracowników zakładów montażu;
- Napełnianie zbiornika powinno odbywać się wyłącznie na stacji paliwowej na wyznaczonym do tego stanowisku, zgodnie z obowiązującą instrukcją (w Polsce może to zrobić tylko upoważniony pracownik danej stacji);
- Samochodu z instalacją gazową LPG nie należy garażować poniżej poziomu gruntu, jeżeli w pomieszczeniach nie ma odpowiedniej wentylacji (ze względu na wspomniane wyżej właściwości powodujące gromadzenie się nad podłożem);
- Warunkiem bezpiecznej eksploatacji jest systematyczna kontrola stanu technicznego instalacji i terminowe dokonywanie przeglądów okresowych.

Sposoby postępowania w przypadku powstania ewentualnego zagrożenia związanego z użytkowaniem samochodowej instalacji gazowej

Przeprowadzona analiza gazowego układu instalacyjnego wskazuje, że elementami najbardziej narażonymi na uszkodzenia są wszelkiego rodzaju przewody oraz połączenia gazowe i mogą one być najczęściej przyczyną awarii, wycieku gazu, a to może się wiązać z powstaniem ewentualnego pożaru. Jazda samochodem po naszych bardzo złych, drogach będzie narażała instalację samochodową na duży poziom wibracji, który może doprowadzić do rozszczelnienia się układu gazowego. Rozszczelnienie się instalacji gazowej w samochodzie może powodować wypełnienie go gazem co powoduje zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego, a w przypadku zapłonu zagrożenie pożarowo-wybuchowe. Poniżej przedstawione zostały podstawowe sposoby postępowania w przypadku zaistnienia ewentualnego zagrożenia tj. wystąpienia wycieku bądź powstania pożaru w związku z eksploatacją samochodu zasilanego paliwem gazowym.

- **Wyciek**

Uwaga: obszar zagrożony wybuchem

Należy usunąć źródła zapłonu (ogłosić zakaz palenia i używania narzędzi nieiskrzących), unikać bezpośredniego kontaktu z uwalniającym się gazem, uwalniający gaz rozcieńczać rozproszonymi prądami wody; jeśli to możliwe zlikwidować wyciek (zamknąć dopływ gazu na zaworze w butli). Wezwać uprawnione służby (Straż Pożarna) na nr tel. 998 lub 112 do zlikwidowania oraz zneutralizowania wycieku.

- **Pożar**

W przypadku gdy jest to mały pożar w pierwszej fazie należy go gasić gaśnicą będącą na wyposażeniu samochodu (zwykle są to gaśnice proszkowe lub śniegowe – dwutlenek węgla). Jeśli próba gaszenia nam się nie powiedzie wówczas szukamy pomocy u innych kierowców. Nie zapominamy o zgłoszeniu o tym zdarzeniu Straży Pożarnej na nr tel. 998 lub 112. Zbiorniki narażone na działanie ognia należy chłodzić wodą z bezpiecznej odległości (zagrożenie wybuchem) wykonują to uprawnione służby (Straż Pożarna) ze względu na to, iż w przypadku usuwania takiego zdarzenia musimy posiadać odzież specjalną oraz aparat izolujący drogi oddechowe.

Podsumowanie

Dynamiczny rozwój motoryzacji w Polsce spowodował wzrost zainteresowania tańszymi paliwami alternatywnymi, do których należą paliwa gazowe LPG i CNG. W związku z tym systematycznie co roku następuje zwiększenie liczby pojazdów zasilanych tym rodzajem alternatywnego paliwa. Podstawowym dokumentem regulującym zagadnienia związane z gazowymi systemami zasilania jest Regulamin 67 EKG ONZ (E67R00) - (na nim wzorowany jest załącznik 9 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia), który określa, że wszystkie elementy składowe instalacji gazowej muszą być wykonane zgodnie z rygorystycznymi rozwiązaniami technicznymi określonymi w/w akcie prawnym, co zapewnia potencjalnemu użytkownikowi gwarancję bezpieczeństwa w przypadku użytkowania pojazdu zasilanego gazem. Ponadto w myśl przytoczonego Regulaminu montaż instalacji może być wykonany jedynie przez firmę mającą świadectwo homologacji sposobu montażu instalacji przystosowującej pojazdy do zasilania gazowego lub współpracujący z nią w ramach sieci dealerskiej warsztat. Świadectwa homologacji są wydawane tylko i wyłącznie przez Ministerstwo Infrastruktury. Rygorystyczne wymagania w zakresie wiedzy i wyposażenia w stosunku do firm ubiegających się o świadectwo homologacji sposobu montażu instalacji są gwarancją odpowiedniego doboru systemu gazowego do naszego samochodu oraz poprawnie wykonanego montażu, co ma

to bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo użytkowania. Przeprowadzone w wielu krajach testy wypadkowe i pożarowe dowodzą, że pojazdy zasilane gazem są równie bezpieczne jak samochody na tradycyjne paliwo - benzynę. Ponadto brak jest informacji na temat znaczących interwencji, w których uczestniczyły pojazdy zasilane paliwem gazowym. Schematyczne myślenie sprawia jednak, że wielu kierowców boi się o wybuch butli z gazem bardziej niż zbiornika z benzyną. Dlatego warto tu nadmienić, że to właśnie od samych użytkowników aut zasilanych gazem oraz od osób montujących i obsługujących samochodowe instalacje gazowe zależy w głównej mierze ich bezpieczeństwo. Montaż instalacji oraz ich użytkowanie nie powinno być obiektem źle rozumianej oszczędności. Każda niesprawność w tym zakresie powinna stanowić sygnał do natychmiastowego jej zdiagnozowania i usunięcia. Wobec czego należy jednoznacznie stwierdzić, że instalacja gazowa w samochodzie nie jest czynnikiem w istotny sposób zwiększającym zagrożenie dla kierowcy i pasażerów, pod warunkiem wszakże przestrzegania elementarnych zasad bezpieczeństwa. Przy obecnym rozwoju gospodarki światowej szacuje się, że zasoby ropy naftowej wystarczą nam do połowy bieżącego stulecia. Dlatego też przy wybieraniu sposobu napędu samochodu warto wziąć pod uwagę gaz zarówno LPG jak i CNG, jako bezpieczniejszą, tańszą i bardziej ekologiczną alternatywę dla paliw tradycyjnych.

Literatura

1. Kaczmarek T., Jarosz R., Kaczmarek T., *Czy ropa rządzi światem?* Wydawnictwo BRANTA, Warszawa 2008;
2. Lewandowski M., *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006;
3. Majerczyk A., Taubert S., *Układy zasilania gazem propan – butan*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004;
4. Nowicki M., *Perspektywy wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce*, Wydawnictwo Aura, Kraków 2004;
5. Romaniszyn K.M., *Alternatywne zasilanie samochodów benzyną oraz gazami LPG i CNG*, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2007;
6. Tabiś W., *Prognoza zaopatrzenia Regionu Europy Środkowej w ropę naftową i jej produkty, Międzynarodowa Konferencja „Polityka energetyczna i strategia zrównoważonego rozwoju krajów Europy Środkowo-Wschodniej do 2030 r.”*, Warszawa 2005;
7. Zajda R., Tymiński B., *Instalacje i urządzenia gazowe*, Centrum Szkolenia i Doskonalenia Zawodowego Gazownictwa PGNiG, Warszawa 2003;

8. *Alternatywy cztery. O perspektywach wykorzystania CNG w Polsce dla pojazdów [w:]*, Tygodnik Polityka, dnia 07.02.2011 r.
9. *Ciemna strona LPG, benzyny, oleju napędowego, CNG i innych paliw*, www.mojeauto.pl;
10. *Czy autom z LPG wolno parkować pod ziemią?*, [w:] Wysokie Obroty. z dnia 22.04.2009 r
11. *Podwyżki na stacjach przyniosą ożywienie rynku LPG*, [w:] Dziennik Gazeta Prawna z dnia 02.08.2011 r., źródło.
12. *Przedstawienie stacji tankowania CNG*, www.cng.auto.pl, dostęp 18.01.2010;
13. *Ubywa aut na sprężony gaz ziemny, chociaż jest to najtańsze paliwo*, [w:] Dziennik Gazeta Prawna z dnia 16.11.2009 r.;
14. <http://www.cng.auto.pl>;
15. <http://www.pogp.pl>;
16. <http://www.gazeo.pl>;
17. <http://www.elpigaz.pl>;
18. <http://www.cng-polska.pl>;
19. <http://www.autocentrum.pl>;
20. <http://www.lpg-brc.pl>;
21. <http://www.autogaz.webd.pl>;
22. <http://www.pgnig.pl>;
23. <http://www.cire.pl>;
24. <http://www.infosamochody.pl>;
25. <http://www.autogazcentrum.net>;

mgr inż. Tomasz Zgodziński

- otwarty przewód doktorski w Instytucie Zarządzania Ryzykiem Akademia Finansów w Warszawie (2011 r.);
- Szkoła Wyższa im. Pawła Włodkowica w Płocku – Studia Podyplomowe w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy;
- mgr Ekonomika i Organizacja Ratownictwa - Akademia Finansów w Warszawie (2008 r.);
- inż. Inżynieria Środowiska - Politechnika Łódzka (2006 r.);
- Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie (2001r.).

Obecnie pracuje w Komendzie Państwowej Straży Pożarnej w Wieluniu.

Recenzenci

st. bryg. mgr inż. Tadeusz Jopek

bryg. mgr inż. Adam Gontarz

st. asp. **Krzysztof SIWNICKI**¹
Dowódca zmiany JRG 2, Katowice-Piotrowice
dr **Tomasz WĘSIERSKI**²
Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa

PROBLEMY UŻYTKOWANIA PODSTAWOWYCH POMP WYKORZYSTYWANYCH W RATOWNICTWIE CHEMICZNYM

The basic problems of pumps used in chemical rescue

Streszczenie

Niewłaściwe użytkowanie pompy podczas przepompowywania, tłoczenia, zbierania substancji niebezpiecznej może doprowadzić do jej niekontrolowanego uwolnienia oraz stworzenia zagrożenia toksykologicznego, palnego lub też wybuchowego w zależności od medium poddanemu procesowi. Szczególnie niebezpiecznym aspektem jest stworzenie stanu nagłego przejścia fazowego cieczy w parę na skutek wytworzenia zbyt dużej wartości podciśnienia. Niniejszy artykuł pokrótce definiuje problemy jakie mogą wynikać podczas użytkowania pomp standardowo wykorzystywanych podczas zdarzeń z udziałem substancji niebezpiecznych.

Summary

Improper use of the chemical pump during the pumping, pressing, picking up of hazardous substances can lead to the uncontrolled release, and the creation of toxicological, flammable or explosive danger, depending on the medium subjected to the process. A particularly dangerous is possibility of a sudden phase conversion of liquid to steam as a result of a too high value of underpressure. This article briefly defines the problems that may arise when in time of using chemical pumps during events involving hazardous substances.

Słowa kluczowe: Pompy chemiczne, awarie pomp, ratownictwo chemiczne, uwolnienie się substancji niebezpiecznych;
Keywords: Chemical pumps, pump failure, chemical rescue, release of hazardous materials;

Pompy chemiczne w zależności od ich przeznaczenia i armatury uzupełniającej możemy wykorzystać zarówno do pompowania cieczy palnych, agresywnych chemicznie (żrących) jak i zanieczyszczonej wody czy też w celu wytwarzania warunków podciśnienia lub nadciśnienia. Warunki wykorzystania pompy w układzie wytwarzania podciśnienia (wraz ze zbiornikiem podciśnieniowym)/nadciśnienia są najbardziej optymalne ze względu na brak bezpośredniego kontaktu medium z pompą. W zależności od budowy pompy każda z nich posiada zakres ograniczający jej bezpieczne stosowanie, co dotyczy się przede wszystkim sytuacji bezpośredniego kontaktu medium z pompą. Najczęściej występujące problemy użytkowania pomp dotyczą zrywania słupa cieczy, przegrzewania się pomp, zmniejszonej wydajności, utrudnień podczas zasysania czy też wad systemu przenoszenia napędu.

Jednym z najbardziej niebezpiecznych zjawisk, z jakim możemy mieć do czynienia, jest niekontrolowane przejście fazowe ze stanu ciekłego w stan gazowy. Jest to tym łatwiejsze, im mniejsza jest

wartość temperatury wrzenia cieczy. Dla przykładu w temperaturze 20°C mogłoby dojść do wrzenia cieczy w układzie dla wody praktycznie wymagane jest wytworzenie oporu na wężu ssawnym przy ssaniu z głębokości około 8-ego metra, dla etyliny rzędu 5-tego metra natomiast dla acetonu ta wartość wynosi zaledwie 0,5 metra. Taki stan rzeczy wymusza by pompę w układzie jej bezpośredniego kontaktu z medium stosować w taki sposób, aby zminimalizować do minimum wysokość ssania. A zatem pompę należy usytuować co najmniej w płaszczyźnie pompowania lub też w miarę możliwości powyżej tak, aby maksymalnie zmniejszyć opory jej pracy, a zatem i wytwarzane podciśnienie konieczne do przeprowadzenia pompowania medium. Aby wyobrazić sobie ryzyko związane z przejściem fazowym przeanalizujmy to na przykładzie acetonu. Aceton o masie molowej $M=58$ g/mol i gęstości w temperaturze 20°C $d_{20}=0,79$ g/cm³ jest w stanie z jednego litra cieczy przejść w 327 dm³ pary. Biorąc pod uwagę dolną granicę wybuchowości DGW = 2,1% 1 litr acetonu generuje mieszaninę palną w objętości 15,6 m³. Zważywszy na fakt, iż gęstość par acetonu jest dwukrotnie większa od gęstości powietrza możemy się

¹ Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

² Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

dotąd spodziewać gromadzenia się ich przy powierzchni, co potęguje niebezpieczeństwo.

Wydostanie się par wrzącej cieczy palnej poza pompę powoduje, iż urządzenie automatycznie znajdzie się w strefie „0”, co może być przyczyną zapłonu i efektu ciągu zdarzeń katastroficznych podczas trwania akcji. Z zagrożenia związanego z przejściem fazowym niestety często nie zdajemy sobie sprawy. W jednostkach ratowniczych, mających rzadko do czynienia ze zdarzeniami chemicznymi oraz podczas systemu szkoleń wszelkiego szczebla, medium wykorzystywanym do ćwiczeń jest woda, która jest cieczą o stosunkowo wysokiej temperaturze wrzenia. Zatem trudno jest zaobserwować takie zjawisko praktycznie podczas ćwiczeń z jej udziałem, nie wspominając już o możliwości powstania zapłonu. Taktykę wykorzystania pomp powinno się zatem uzależnić od rodzaju substancji, z jaką ma się do czynienia oraz od możliwości położenia pompy względem instalacji.

Idealnym rozwiązaniem dla cieczy niskowrzących, takich jak aceton, byłoby wykorzystanie pompy w układzie, jako elementu wytwarzającego nadciśnienie (rys. 1). Zaletą takiego rozwiązania jest między innymi:

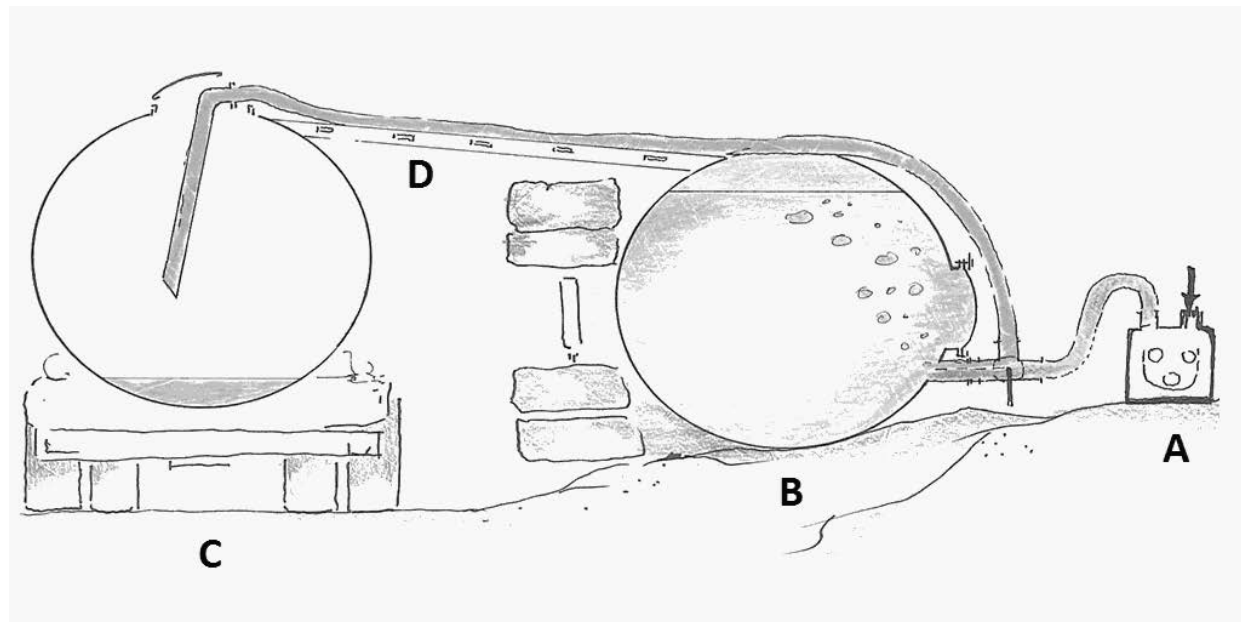
- uniemożliwienie wrzenia cieczy w układzie na skutek działania nadciśnienia;
- brak bezpośredniego kontaktu medium z pompą (a zatem jej mniejsza awaryjność i zużywanie się jej elementów wewnętrznych);
- większa elastyczność przy sytuowaniu położenia pompy (brak uzależnienia od wysokości ssania).

W układzie przedstawionym na rys. 1 wykorzystuje się popularną pompę perystaltyczną typu DEPA ELRO GP 20/10 Ex. Nie jest natomiast możliwe wykorzystanie pomp typu MAST GUP 3-1,5 oraz MUST TUB 3-1,5 E ze względu na fakt pompy wirnikowe przystosowane są do pracy w trybie „mokrym” i nie są w stanie wytworzyć stosownej wartości nadciśnienia podczas trybu pracy na „sucho”.

W przypadku wirnika, podstawowego elementu pomp wirnikowych MAST TUP/MAST GUP, dodatkowym elementem destrukcyjnym jest proces kawitacji powstający na skutek generowania podciśnienia przez pracujące łopatki wirnika. Lokalny spadek ciśnienia statycznego może prowadzić do wrzenia cieczy i tworzenia się miejscowych ubytków. Po opuszczeniu przez ciecz obszaru szybkiego przepływu następuje ponowny wzrost ciśnienia statycznego, a także gwałtowny proces „zapadania” się oraz implozji, co generuje fale uderzeniową uszkadzającą wirnik.

Podczas pracy pomp wirnikowych zasilanych prądem zmiennym trójfazowym, niebezpiecznym elementem jest zmiana kierunku faz. Niewłaściwy ruch łopatek wirnika powoduje spadek wydajności pompy o około 60%. Zmiana kierunku obrotu może spowodować również w niektórych modelach pomp MAST TUP/MAST GUP odkręcenie się wirnika, co może być przyczyną zniszczenia kierownicy przepływu cieczy.

Zważywszy na fakt, iż pompy wirnikowe nie mają możliwości pracy bez zalania wnętrza urządzenia medium. W celu ułatwienia pracy pompy typu



Ryc. 1. Układ wytwarzania nadciśnienia z wykorzystaniem pompy typu DEPA ELRO GP 20/10 Ex. A) Pompa typu DEPA ELRO wytwarzająca nadciśnienie strumieniem powietrza B) wywrócona cysterna posiadająca szczelność umożliwiającą przeprowadzenie pompowania nadciśnieniowego C) cysterna zapasowa D) drabina podtrzymująca i stabilizująca wąż

Fig. 1. Overpressure generation system using a DEPA ELRO GP 20/10 Ex. pump A) DEPA ELRO pump producing an overpressure B) capsized tank capsized possessed tightness enable overpressure pumping C) reserve tank D) hose supporting and stabilizing ladder

MUST GUP zawierają wbudowaną pompę ręczną służącą do zasysania cieczy. Jest to niestety dość awaryjny element urządzenia ulegający rozszczelnieniu, zwłaszcza w obecności substancji o charakterze kwaśnym. Warto też pamiętać, iż uszkodzeniu często ulega śruba mocująca rączkę do pompowania. Samo uszczelnienie wirnika pompy jest teflonowe, więc pompa zachowuje szczelność. Wskazane jednak jest, aby pompami tego rodzaju nie tłoczyć kwasu solnego oraz chlorowcopochodnych organicznych. Znane są przypadki uszkodzenia pomp właśnie podczas pompowania HCl (JRG 6, Warszawa, uszkodzenie aż dwóch pomp MAST GUP). Nie ma natomiast przeciwwskazań co do pompowania chlorowcopochodnych nieorganicznych nie hydrolizujących kwaśno takich jak np. roztwór podchlorynu sodowego.

Pompa DEPA ELRO zaadoptowana dla przemysłu spożywczego stwarza możliwość przepompowywania mas gęstych. Tryb pracy pompy zawierającej wąż perystaltyczny powoduje jednak wytworzenie uderzeń hydraulicznych. Powstające dzięki temu drżenie węża powoduje, iż w czasie kilkugodzinnej pracy ulega on przetarciu mimo założonego antypulsatora. Zamknięcie zaworu po stronie tłocznej pompy lub zbyt duże wytworzone podciśnienie może spowodować zamknięcie światła węża wewnętrznego lub jego uszkodzenie poprzez wyrwanie go z połączeń. Stąd też stanowi to dodatkowy element wskazujący na potrzebę sytuowania pompy w taki sposób by wysokość ssania była jak najmniejsza.

Ważne jest, aby w przypadku pompy DEPA ELRO stosować zbiornik pośredni. Wynika to z możliwości uszkodzenia wnętrza węża perystaltycznego przez przedmioty stałe takie jak gwoździe czy blachowkręty. Czasami element stały może zablokować rotor i uszkodzić przeponę, co powoduje utratę szczelności pompy i niemożliwość wytworzenia odpowiedniego podciśnienia uniemożliwiającego ssanie. W momencie zablokowania rotora przy słabym naciągu paska może nastąpić tarcie i poślizg na kole pasowym, powodując zniszczenie paska klinowego przez wysoką temperaturę powstałą na skutek tarcia. Choćby ze względu na tę sytuację wyklucza się możliwość stosowania pompy DEPA ELRO w strefie „0”. Tarcie rotora posiadającego sztywne wałki samo z siebie powoduje nagrzewanie się elementów pompowych, czego nie zaobserwujemy podczas ćwiczeń z udziałem wody. Tarcie to wzrasta wraz ze wzrostem temperatury potęgując efekt. Wzrost temperatury elementów pompy może spowodować wrzenie cieczy, a zatem doprowadzić do uszkodzeń i zagrożeń wspomnianych we wcześniejszej części artykułu. Jest to dodatkowy argument przemawiający za możliwie częstym stosowaniem pompy DEPA ELRO jako elementu wytwarzającego nadciśnienie w przypadku pompowania cieczy niskowrzących.

Oddziaływanie niektórych substancji chemicznych może spowodować wydłużanie się węża perystaltycznego, co automatycznie powoduje zablokowanie się rotora. Zdarzenie takie miało miejsce choćby podczas pompowania ropopochodnych (prawdopodobnie zanieczyszczonych H_2SO_4) przez JRG z Częstochowy. Zdarzają się również uszkodzenia pompy DEPA ELRO podczas pompowania umiarkowanie stężonych kwasów, takich jak H_2SO_4 (JRG 6 Warszawa) czy HNO_3 (JRG 6, Kraków) [1]. W takiej sytuacji najczęściej dochodzi do przedostania się medium do komory z wężem perystaltycznym, rolkami i olejem silikonowym. W przypadku zdarzenia z HNO_3 (JRG 6, Kraków) zaobserwowano, iż olej po otwarciu komory był koloru czarnego oraz doszło do uszkodzenia węża perystaltycznego, a także tzw. „bieżni” [1].

W przypadku pompowania kwasów bardzo dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie pompy zanurzeniowej. Ograniczenia w jej stosowaniu wynikają z gabarytów i trudnością umieszczenia jej w zbiorniku. Możemy ją zastosować w przypadku cystern posiadających odpowiednią średnicę wjazdu lub też pompując z utworzonego przy cysternie basenu pośredniego. Zaletą tej pompy jest stosunkowo wysoka bezawaryjność, płynność pracy oraz brak konieczności stosowania dodatkowej armatury w postaci zbiornika pośredniego czy też wężu na części ssawnej.

Podsumowanie

Podczas akcji z udziałem substancji niebezpiecznych niezwykle ważne jest bezawaryjne wykorzystanie pomp chemicznych. Szczególne zagrożenie związane jest możliwością przejścia fazowego medium pompowanego, co może spowodować, iż pompa znajdzie się bezpośrednio w strefie „0” zagrożenia wybuchem w przypadku pompowania substancji palnych. Uszkodzenie elementów pompy powoduje również opóźnienie w działaniach ratowniczych a zatem dłuższe oddziaływanie medium na środowisko oraz zwiększając koszty sił i środków związanych z organizacją akcji. Mankamenty pomp obecnie wykorzystywanych w ratownictwie sugerują poszukiwania innych rozwiązań technicznych będących mniej awaryjnymi w użytkowaniu. Warto byłoby zwrócić uwagę na możliwość wykorzystania odpowiednio przystosowanych pomp napędzanych silnikami modulacyjnymi dającymi nam możliwość regulacji podciśnienia. W chwili obecnej stosowane są w przemyśle między innymi pompy bezuszczelnieniowe o sprzężeniu magnetycznym. Wykorzystywane są do pompowania cieczy żrących, abrazyjnych, zawierające cząstki stałe czy też cieczy o właściwościach palnych lub wybuchowych. Zważywszy na fakt iż są to pompy bezuszczelnieniowe wyraźnie spada ryzyko awarii urządzenia. Badania wskazują, iż około 80% awarii tradycyjnych pomp

spowodowanych jest właśnie utratą szczelności [2]. W przypadku pomp magnetycznych magnesy rozdzielane są przez wewnętrzny korpus pompy, co powoduje, iż nie istnieje żadne mechaniczne połączenie sekcji pompy i silnika. Stąd też nie ma potrzeby uszczelnienia osi, które często są przyczyną wycieków pomp konwencjonalnych. Hermetyczna konstrukcja zapewnia możliwość pompowania również cieczy krystalizujących w zetknięciu z powietrzem. Dodatkową zaletą jest niewrażliwość tych pomp na kierunek obrotów na co trzeba szczególnie zwracać uwagę podczas stosowania obecnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ratownictwie chemicznym

Literatura

1. Kielin A., *Ratownictwo chemiczno-ekologiczne. Akcja przy ulicy powstańców*, *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza* 01 (23) 2012, 107 – 112;
2. http://www.pompychemiczne.com.pl/chemiczne_pompy_magnetyczne.htm.

asp. szt. Krzysztof Siwicki

W strukturach Państwowej Straży Pożarnej od 1989 roku. Szkołę Aspirantów PSP w Krakowie ukończył w 1997 r. Obecnie pełni służbę jako dowódca zmiany w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej nr 2 w Katowicach-Piotrowicach.

dr Tomasz Węsierski, absolwent studiów magisterskich i doktoranckich na Wydziale Chemii UAM w Poznaniu. W strukturach PSP od 2008 roku. Obecnie pełni służbę jako adiunkt w Zakładzie Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego SGSP.

Recenzenci

dr inż. Stefan Wilczkowski

Zbignev Karpovič, PhD

dr Tomasz WĘSIERSKI¹

st. kpt. mgr inż. Małgorzata MAJDER-ŁOPATKA²

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

WYKOLEJENIE SIĘ WAGONÓW KOLEJOWYCH Z CHLOREM W BIAŁYMSTOKU. ANALIZA ZDARZENIA I MOŻLIWYCH SCENARIUSZY

Derailment of the tanks with chlorine in Białystok. The analysis of event and possible scenarios

Streszczenie

Chlor ze względu na skalę jego wykorzystania przemysłowego, agresywność chemiczną oraz toksyczność stanowi substancję mogącą potencjalnie spowodować awarie przemysłową o znacznych rozmiarach. 9 marca 1989 r o godz. 2:22 ze stacji Białystok Fabryczny wyruszył pociąg tranzytowy nadany z ZSRR do zakładów „Buna Werke” (NRD). W jego skład wchodziły 32 wagony z których 6 stanowiły cysterny o pojemności 46 m³ zawierających skroplony chlor. O godz. 2:25 na wysokości ul. Poleskiej nastąpiło wykolejenie się składu pociągu w odległości 100 m. za wiaduktem przy ul. Sienkiewicza. W wyniku zdarzenia 3 cysterny z chlorem przewracają się a jedna wypada z szyn, natomiast 2 puste wagony osuwają się w kierunku ul. Poleskiej. W artykule zawarto analizę zagrożeń związanych z uwolnieniem się chloru. Założono scenariusz natychmiastowego uwolnienia się całości medium na skutek urazu mechanicznego podczas wykolejenia się oraz uwolnienie ciągłe o przykładowej intensywności w warunkach częściowej utraty szczelności zaworów wyładowczych. Określone strefy zagrożenia odniesiono do decyzji podejmowanych przez Sztab Akcji.

Summary

Chlorine due to the scale of its industrial use, chemical aggressiveness and toxicity might potentially lead to industrial accidents of considerable size. At 2:22, 9-th March 1989 from Białystok Fabryczny station departed transit train from the Soviet Union designed for the Buna Werke „ factory (GDR). It consisted of 32 wagons of which 6 were tanks with a capacity of 46 m³ containing liquefied chlorine.

As a result of derailment at height of Poleska Street at 2:25, three chlorine tanks roll over, one falls out of the rails, while the two empty wagons subside toward the street. The article is the case study analysis of the risks associated with the release of the chlorine. Scenario assumes the immediate release of the whole medium as a result of mechanical damage during the derailment and release of chlorine with constant intensity with assumption of partial loss tightness of the discharge valve. Determined danger zones were related to decisions made by the Staff Action.

Słowa kluczowe: chlor, wypadki z udziałem chloru, wykolejenie się cysterny z chlorem;

Keywords: chlorine, chlorine events, chlorine tank derailment;

Chlor ze względu na wielkość swego wykorzystania przemysłowego stanowi substancję, z którą stosunkowo często dochodzi do zdarzeń o charakterze zagrożeń chemicznych. Na przestrzeni 10 lat (2000-2009) na terenie Polski doszło do 53 zdarzeń z jego udziałem co wskazuje, iż przeciętnie dochodzi do 5 przypadków rocznie (tabela 1).

Agresywność chemiczna chloru powoduje, iż zanotowano wiele przypadków śmiertelnych w wyniku niekontrolowanego uwolnienia się tej substancji. W styczniu 2005 roku w Południowej Karolinie

(USA) na skutek kolizji dwóch pociągów towarowych uwolniło się natychmiastowo 11500 galonów (43500 dm³) chloru powodując śmierć 9 osób [1]. Niecały rok wcześniej (czerwiec 2004) przy zaistnieniu podobnych okoliczności zdarzenia w Teksasie (USA) uwolniło się 90000 funtów (41000 kg) chloru powodując dwa wypadki śmiertelne wśród mieszkańców budynków mieszkalnych znajdujących się niedaleko miejsca zdarzenia [1]. Natomiast w czasie uwolnienia Cl₂ podczas katastrofy kolejowej na Florydzie (luty 1978) śmierć poniosło 8 osób [1]. W 2005 r. podczas wycieku skroplonego chloru z cysterny samochodowej (autostrada Pekin-Szang-

¹ Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

² Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

haj niedaleko miasta Hui'an) o pojemności 30 t. zginęło 27 osób, a 285 doznało zatrucia. Przeprowadzono również ewakuację 10 tysięcy osób zamieszkujących głównie tereny wiejskie, gdyż nie udało się zatrzymać wycieku gazu.

Tabela 1.
Statystyka zdarzeń z udziałem chloru na terenie Polski w latach 2000-2009 r.
(na podstawie analizy danych z EWID)

Table 1.
Chlorine accidents statistics in Poland
(period: 2000-2009)

Rok	Ilość zdarzeń
2000	2
2001	10
2002	8
2003	6
2004	4
2005	5
2006	2
2007	4
2008	5
2009	7

Bardzo tragiczne w skutkach uwolnienie miało miejsce również w San Luis Potosí (Meksyk, sierpień 1981), w wyniku którego śmierć poniosło 14 osób. Jednakże do najbardziej katastroficznych w skutkach zdarzenia doszło na terenie Rumunii w roku 1939 [1]. W następstwie rozsadzenia zbiornika, śmierć na skutek zatrucia poniosło sumarycznie 68 osób.

W Polsce także dochodziło do poważnych zdarzeń z udziałem chloru. W 1968 roku w pobliżu Jankowic doszło do katastrofy kolejowej w wyniku której nastąpiło wybicie w dennicy jednej z cystern otworu wielkości zderzaka kolejowego. W wyniku zdarzenia śmiertelnemu zatruciu uległo kilka osób [2].

Jednakże do potencjalnie najbardziej niebezpiecznego zdarzenia na terenie Polski doszło 9 marca 1989 r., gdy o godz. 2:22 ze stacji Białystok Fabryczny ruszył pociąg tranzytowy nadany z ZSRR do zakładów „Buna Werke” (NRD). Składał się z 32 wagonów, z których: 6 cystern o pojemności 46.000 l zawierało skroplony chlor, 3 cysterny - parafinę techniczną, pozostałe wagony były puste z przeznaczeniem do osłony cystern. O godz. 2:25 na wysokości ul. Poleskiej nastąpiło wykolejenie się pociągu w odległości 100 m. za wiaduktem przy ul. Sienkiewicza. W wyniku zdarzenia 3 cysterny zawierające skroplony chlor przewróciły się natomiast jedna uległa wykolejeniu z toku szyn. Całkowicie został zniszczony nasyp kolejowy na odcinku ok. 120 metrów. Zważywszy na miejsce zdarzenia, odbiło się ono szerokim echem w ówczesnej Polsce. Efektem tego była interpelacja poselska połączona z interwencją wojewody białostockiego, celem uzyskania całkowitego zakazu transportu chloru przez miasto. Zakaz ten uzyskano wyrokiem sądu z dnia 27 grudnia 1989 roku [3].

Przebieg zdarzenia

Przebieg zdarzenia mającego miejsce w Białymstoku przedstawiono w formie tabelarycznej w tabeli 2 oraz 3 [4];

Tabela 2.

Przebieg podjętych działań w pierwszym dniu zdarzenia (9 marca 1989)

Table 2.

The course of actions taken on the first day of the event (March 9, 1989)

Godzina	Opis podjętych działań. Dzień pierwszy - 9 marca 1989
2:30	Przekazanie do Dyżurnego Ruchu PKP przez maszynistę pociągu informacji o zdarzeniu. W dalszej kolejności zostają zawiadomione podstawowe służby PKP m.in.: Kierownik Rejonu, Dyrektor, Służba Wagonowa i Trakcji, Kolejowe Pogotowie Techniczne (miejskowe i w Warszawie);
2:50	Powiadomiono Zakładową Straż Pożarną PKP Białystok (strażnica przy ul. Sosnowej), która wyjechała do zdarzenia 2 samochodami: GBA-2,5/16 i SRT na samochodzie Żuk
3:05-3:10	Rejonowe i Wojewódzkie Stanowiska Kierowania drogą radiową otrzymują informacje o wyniku rozpoznania wykonanego przez ZZSP PKP tj. o leżących cysternach i wagonach, zniszczonym torze i nasypie oraz sprawdzeniu listów przewozowych z których wynikało że w cysternach przewożony jest chlor o czystości 99,9 %. Stwierdzono niewielkie wycieki chloru z zaworów bezpieczeństwa.
3:10	Rejonowe i Wojewódzkie Stanowiska Kierowania zgodnie z obowiązującymi zasadami powiadamiają dowództwo Komendy Rejonowej oraz Komendy Wojewódzkiej. Dysponowanie do zdarzenia oficerów dyspozycyjnych.
3:10	Przejęcie koordynacji działań przez Wojewódzkie Stanowisko Kierowania Straży Pożarnej, które informuje Główne Stanowisko Kierowania Straży Pożarnej w Warszawie oraz m.in.: pełnomocnika wojewody ds. nadzwyczajnego zagrożenia środowiska, dyżurnego WUSW. Zgodnie z kompetencjami, Główne Stanowisko Kierowania Straży Pożarnej informuje Centralną Stację Ratownictwa Chemicznego w Płocku.
do 3:45	Na miejsce zdarzenia przybywają zadysponowani oficerowie dyspozycyjni Komendy Rejonowej i Wojewódzkiej Straży Pożarnej oraz Komendant ZZSP PKP. Przejmuje on dowództwo nad całością działań i wraz z przybyłymi funkcjonariuszami oraz kierownictwem pionu technicznego PKP tworzy sztab akcji.

STUDIUM PRZYPADKU – ANALIZA ZDARZEŃ RZECZYWISTYCH

	<p>Po analizie i ocenie sytuacji sztab akcji wydał następujące decyzje:</p> <p>a. 2 sekcje ZZSP PKP będące na miejscu katastrofy – przygotowane do prowadzenia doraźnych działań w ubraniach gazoszczelnych mają zabezpieczyć odholowanie lokomotywy oraz nieuszkodzonych wagonów,</p> <p>b. maszynista ma odjechać lokomotywą – po uzgodnieniu z milicjantami zostaje zwolniony ze wstępnych przesłuchań</p> <p>c. przygotowanie do ewakuacji Jednostki Wojskowej z tzw. Węglówki – informację o decyzji Dowódcy Akcji do JW przekazało Rejonowe Stanowisko Kierowania. Oficer dyżurny JW przybył na miejsce katastrofy i zameldował, że decyzja o ewakuacji jednostki musi zapaść w Warszawie,</p> <p>d. zamknięcie ruchu drogowego na ul. Poleskiej oraz zabezpieczenie terenu katastrofy w promieniu min. 200 m. przed osobami postronnymi – zadanie przeznaczone do realizacji przez funkcjonariuszy MO,</p> <p>e. postawienie w stan gotowości bojowej sił i środków Straży Pożarnej województwa m.in. samochodów ratownictwa technicznego i P-gaz-dym, 7 sekcji gaśniczych ciężkich, które otrzymały polecenie sprawdzenia ubrań gazoszczelnych i aparatów ochrony dróg oddechowych, przećwiczenia kierowania samochodami w maskach i aparatach powietrznych oraz podawania rozproszonych prądów wody z dachu samochodu w czasie ruchu,</p> <p>e. rozpoznać zakłady, w których stosowany jest chlor oraz możliwość pozyskania masek i pochłaniaczy,</p> <p>f. wyznaczone siły i środki do godz. 10,00 skoncentrować na terenie Zawodowej Straży Pożarnej w Białymstoku.</p>
8:25	Samochodem osobowym przybywa grupa 4 ratowników z Centralnej Stacji Ratownictwa Chemicznego w Płocku. Grupa dysponowała wyposażeniem w postaci aparatów oddechowych, odzieży ochronnej i dwóch systemów do uszczelniania niewielkich uszkodzeń cystern
9:00	<p>Sztab akcji udaje się na naradę do Prezydenta Białegostoku w której uczestniczą również Szeffowie RUSW i Miejskiego Inspektoratu OC. Podczas narady Strażacy zapoznają jej uczestników z:</p> <p>a. charakterystyką fizyko-chemiczną i właściwościami niebezpiecznymi chloru</p> <p>b. rodzajem niezbędnych środków ochrony pracujących przy usuwaniu skutków katastrofy (aparaty oddechowe, ubrania gazoszczelne oraz maski z pochłaniaczami na chlor dla pracowników pociągu ratowniczego PKP do ewakuacji w przypadku uszkodzenia cysterny podczas jej podnoszenia</p> <p>c. wypracowaną koncepcją użycia sił i środków straży pożarnej w przypadku uszkodzenia cysterny podczas podnoszenia i stawiania przewróconych cystern tj. izolowanie miejsca katastrofy rozproszonymi prądami w przypadku wycieku chloru, kierowanie i rozpraszanie chmury chloru poprzez nadmuch powietrza agregatami oddymiającymi, wspomaganie grupy Ratownictwa Chemicznego z Płocka podczas uszczelniania cystern</p> <p>d. wyłączenie z ruchu dzielnicy miasta, zamknięcie sklepów, żłobków, przedszkoli i szkół, ewakuacja mieszkańców z parteru i I kondygnacji na wyższe kondygnacje, opracowanie komunikatu o katastrofie i podaniu go do publicznej wiadomości ze wskazówkami postępowania w przypadku wycieku chloru, postawienie w stan ostrego dyżuru pogotowia ratunkowego i wszystkich ZOZ-ów na terenie miasta, wprowadzenie ostrych dyżurów wszystkich szpitali, Koncepcje zostały zaakceptowane.</p> <p>Rozważano również możliwość przepompowania chloru do pustych cystern, jednak skomplikowane aspekty techniczne, operacyjne i czasowe podstawienia pustych cystern uniemożliwił realizację tego zamiaru.</p>
9:55	Przyjeżdża z Warszawy specjalny pociąg Ratownictwa Technicznego z dźwigiem 125 t. (od. godz. 4,00 w gotowości był pociąg ratowniczy z węzła PKP Białystok, ze względu na mniejsze parametry dźwigu pozostał w odwodzie)
	<p>W trakcie spotkania sztabu akcji z Prezydentem Miasta do pracy przygotowywała się ekipa pociągu ratowniczego z Warszawy współdziałająca z pracownikami PKP Białystok, naprawiając uszkodzony odcinek toru umożliwiający dojazd dźwigu do pierwszej przewróconej cysterny;</p> <p>Natomiast jednostki taktyczne straży pożarnej będące w rejonie koncentracji sprawdziły sprzęt, kierowcy samochodów bojowych ćwiczyli jazdę samochodami w aparatach powietrznych, ćwiczone podawanie prądów wody z samochodów w ruchu.</p>
10:00	<p>Teren katastrofy podzielony został na III Odcinki Bojowe z odwozem.</p> <p>Zaangażowane sumarycznie siły i środki straży pożarnej z terenu województwa stanowiło: 13 samochodów w tym 8 gaśniczych ciężkich, 2 ratownictwa technicznego, 1 P-gaz-dym, 2 operacyjne specjalne, 2 agregaty oddymiające, 16 ubrań gazoszczelnych i 80 aparatów izolujących drogi oddechowe.</p>
11:00	Radio na II, III i IV programie nadaje pierwszy komunikat o występującym zagrożeniu w związku z katastrofą
12:40	<p>Osiągnięto pełną gotowość w zabezpieczeniu terenu akcji,</p> <p>Ustalono rodzaj znaków gestowych, po których:</p> <p>a. następowałyby stawianie osłony wodnej z samochodów straży pożarnej i izolowanie terenu katastrofy,</p> <p>b. ewakuacja – ucieczka obsługi pociągu ratowniczego (w trakcie operacji tylko 3 pracowników PKP), Bezpośrednio przed podniesieniem cysterny, wszyscy strażacy znajdujący się w bezpośrednim rejonie zagrożenia zakładali ubrania gazoszczelne i aparaty oddechowe, celem maksymalnego wykorzystania zapasu powietrza w butlach.</p>

13:05	Rozpoczęcie stawiania pierwszej cysterny (w trakcie podnoszenia nastąpiło oderwanie się blachy stanowiącej górną osłonę cysterny)
14:28	Podniesienie pierwszej cysterny i ułożenie na platformie wagonu. W trakcie tej operacji popękały podkłady kolejowe którymi zabezpieczono.
14:30	Załoga pociągów ratowniczych PKP przystąpiła do odbudowy następnego odcinka toru do podjazdu dźwigu kolejowego. Cykl przygotowania i odbudowy zniszczonego toru, podnoszenia kolejnych cystern przy każdorazowej pełnej gotowości strażaków (zakładanie aparatów oddechowych i ubrań gazoszczelnych) powtarzany jest do momentu podniesienia ostatniej cysterny. W okresach przygotowania do kolejnych operacji podnoszenia cystern wkolejono dwie cysterny, które wypadły z torów, stosując specjalne zestawy hydrauliczne do wkolejania taboru kolejowego,
19:30	Rozpoczęto proces cięcia palnikiem acetylenowo-tlenowym wygiętych i zakleszczonych złączy cystern. Operację cięcia zabezpieczono 2 prądami wody celem zabezpieczenia cysterny przed nagrzewaniem a także pożarem zaoliwionych podkładów kolejowych od padających iskier.
20:00	Dostarczenie 20 pochłaniaczy na chlor do masek przez OC
21:05	Podniesiono drugą cysternę i o godz. 21:43 położono ją na wózki jezdne
	Płaszcz trzeciej cysterny jest uszkodzony i tu wystąpiły największe obawy o jej szczelność przy podnoszeniu – w trakcie operacji odrywa się blacha stanowiąca osłonę cysterny.

Tabela 3.

Przebieg podjętych działań w drugim dniu zdarzenia (10 marca 1989)

Table 3.

The course of actions taken on the second day of the event (March 10, 1989)

Godzina	Opis podjętych działań. Dzień drugi - 10 marca 1989
01:50	Zakończenie operacji wstawiania i podnoszenia cystern
03:00	Zakończenie zabezpieczenia terenu akcji przez jednostki straży pożarnej. Na miejscu pozostał samochód gaśniczy z ZZSP PKP do zabezpieczenia czynności stawiania 2 pustych wagonów.

Analiza zagrożeń związanego z uwolnieniem chloru

1. Sposób transportu medium

Cysterny które uległy wypadkowi w Białymstoku stanowiły wagony produkcji radzieckiej model 15-1556 będące w produkcji seryjnej od 1975 roku (rys. 1). Ten typ wagonu posiada zbiornik o średnicy 2400 mm i maksymalnej długości 10616 mm. przy maksymalnej wysokości wagonu 4446 mm. liczonej od krawędzi główki szyny. Objętość całego zbiorni-

ka wagonu wynosi 46 m³. Ciśnienie robocze zbiornika wynosi 1,5 MPa przy maksymalnej dopuszczalnej temperaturze wynoszącej 50°C.

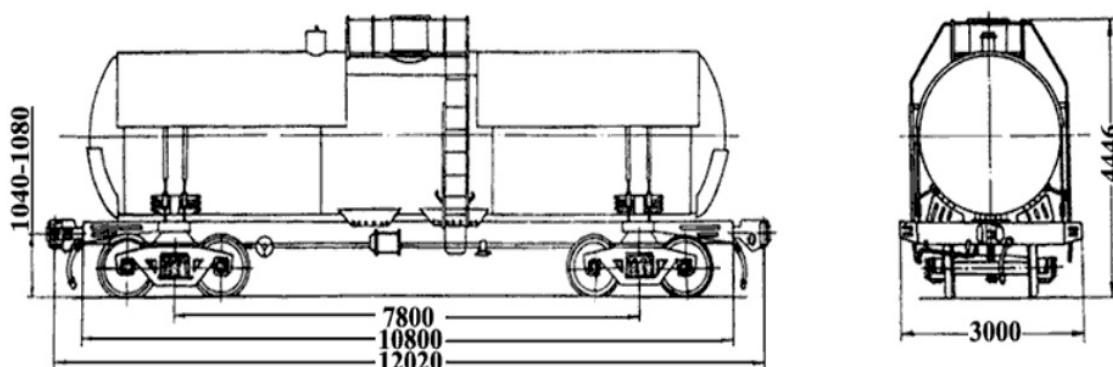
Zakłada się, że względu na wysoką rozszerzalność temperaturową chloru, ładunek 1,25 kg Cl₂ na każdy 1 dm³ objętości cysterny. A zatem wagony mogły maksymalnie przewozić 57,5 tony skroplonego medium.

Biorąc pod uwagę, że cysterny zostały wywrócone bokiem jako wysokość emisji (przy rozważaniu wariantu uwolnienia ciągłego) założono połowę średnicy cysterny, a więc 1,2 metra w przypadku uszkodzenia zaworów wyładowczych.

2. Warunki meteorologiczne

Rozważone zostaną warunki, jakie panowały w pierwszym dniu prowadzenia akcji. Wynika to z faktu, iż przeważającą większość czynności ratowniczych prowadzono właśnie 9 marca. Dodatkowym aspektem jest również fakt, iż największe prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia o skutkach katastroficznych występowało w fazie samego wykołajenia się wagonów, a więc o godzinie 2:25 w nocy.

W dniu 9 marca panowała temperatura w przedziale od 0°C do 4,4°C przy średniej temperaturze wynoszącej 1,6°C [6]. Wilgotność powietrza wynosiła 84%. Obserwowano opady deszczu oraz śnie-



Ryc. 1 Model wagonu 15-1556 [5]

Fig. 1. Chlorine tank model 15-1556 [5]

gu z deszczem. Maksymalna prędkość wiatru dochodziła do 10,7 km/h przy jego przeciętnej wartości 4,1 km/h, z wartością nieco niższą w porze nocnej. Wiatr był w porywach słaby, charakteryzujący się dużą zmiennością kierunku, z tendencją spadku prędkości. Ciśnienie było wysokie, osiągające 1021 hPa z tendencją wzrostową.

Biorąc pod uwagę powyższe parametry oraz nocną porę wykolejenia się pociągu do symulacji zostaną wzięte następujące założenia pogodowe: wilgotność względna $H=84\%$, ciśnienie $p = 1021$ hPa, prędkość wiatru $v=3,6$ km/h (1 m/s), temperatura 1°C . Zważywszy na zmienny kierunek wiatru zakładać się będzie maksymalna wielkość strefy w każdym kierunku.

3. Tryb przeprowadzenia do analizy

Analiza podstawowa zostanie przeprowadzona z wykorzystaniem oprogramowania ALOHA 5.4.1.2. Mimo, iż jest to oprogramowanie bezpłatne, w zupełności wystarczy do przeprowadzenia analizy maksymalnego zasięgu stref oraz określenia profilu stężeniowego w obrębie czasowym nie dłuższym niż 1 godzina. Określenie skutków toksykologicznych zostanie wykonane między innymi z wykorzystaniem równania funkcji probitowej określonej dla śmiertelnych wypadków z udziałem chloru. Założone zostaną dwa scenariusze:

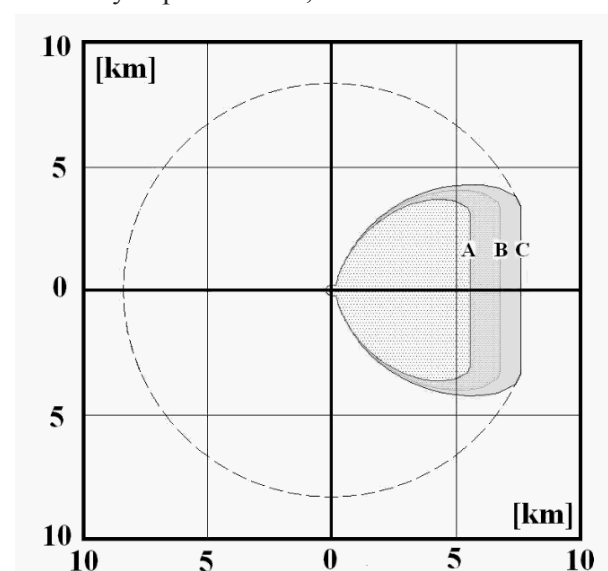
- natychmiastowe uwolnienie się medium z pojedynczego zbiornika powstałe na skutek uszkodzenia mechanicznego w momencie wykolejenia. Przypadki takie są znane i opisane we wcześniejszej części artykułu.
- uwolnienie ciągłe w warunkach zabudowy miejskiej o intensywności $Q=1$ kg/s. Schemat ten odpowiada nieszczelnościom jakie mogły powstać na skutek wykolejenia się wagonów związanych np. z częściowym rozszczelnieniem zaworów wydławczych.

W toku analizy ocenie poddane zostaną niektóre decyzje podjęte w czasie prowadzenia działań np. decyzja nakazująca ewakuację mieszkańców z terenów potencjalnie zagrożonych na wyższe kondygnacje czy też decyzja o promieniu zabezpieczenia terenu akcji.

Natychmiastowe uwolnienie się medium

W przypadku uwolnienia natychmiastowego zważywszy na ilość uwolnionego medium (57,5 tony dla pojedynczej cysterny) rozważeniu ulegnie zasięg w jakim można byłoby spodziewać się skutków śmiertelnych uwolnienia się substancji. Rozważanie zasięgu strefy względem wartości NDS, NDSch, NDSP, ERPG-1, ERPG-2 nie jest brane pod uwagę ze względu na fakt, iż szacowanie skutków dla odległości większej niż 10 km obarczone jest dużym błędem niezależnie od ograniczeń związanych

z oprogramowaniem ALOHA. Biorąc pod uwagę zasięg strefy względem wartości AEGL-3 (dla 10 min = 50 ppm; 30 min = 28 ppm; 60 min = 20 ppm [7]) ekspozycja teoretycznie mogąca powodować zagrożenie dla życia występowałaby odpowiednio w promieniu 5,6 km; 6,8 km; 7,6 km (rys. 2). Jednakże ryzyko w tak dużym promieniu dotyczyłoby osób znajdujących się na zewnątrz. Zważywszy na nocną porę wypadku, ilość osób znajdująca się poza budynkami byłaby na szczęście stosunkowo niewielka. Zdecydowanie lepiej sytuacja przedstawiałaby się dla osób znajdujących w budynkach. Obliczenia wskazują, iż przy dużych stężeniach chloru, wewnątrz budynków należałoby się spodziewać stężeń nawet dwa rzędy mniejszych niż na zewnątrz (tabela 4), przy czym jednak, jak przedstawiono przykładowo na rys. 3, czas utrzymywania się stężenia wewnątrz jest zdecydowanie dłuższy (profil czasowy krzywej B względem A). Utrzymywanie się chmury chloru na zewnątrz przy dużych odległościach trwałoby od kilku do maksymalnie 30 minut, natomiast wewnątrz czas ten mógłby wynosić nawet kilka godzin. Charakterystyka funkcji zewnętrznej ekspozycji (rys. 3, krzywe A) wyraźnie wskazuje, iż czas ekspozycji przy maksymalnych stężeniach wynosi zaledwie kilka minut. Zatem strefa możliwości osiągnięcia efektów toksycznych zagrażających życiu najlepiej charakteryzowana byłaby przez AEGL-3 10 minutowy (50 ppm), co wskazuje, iż realne zagrożenie życia przy natychmiastowym uwolnieniu istniałoby w promieniu 5,6 km.



Ryc. 2. Zasięg strefy toksycznej przy natychmiastowym uwolnieniu się chloru określony dla wartości AEGL-3 A) 50 ppm (10 min.) B) 28 ppm (30 min.) C) 20 ppm (60 min.). Warunki atmosferyczne: $T = 1^{\circ}\text{C}$; $v = 1$ m/s; $H = 84\%$; $p=1021$ hPa.

Fig. 2. Toxic zone range determined for AEGL-3 value for sudden chlorine release A) 50 ppm (10 min.) B) 28 ppm (30 min.) C) 20 ppm (60 min.). Atmospheric conditions: $T = 1^{\circ}\text{C}$; $v = 1$ m/s; $H = 84\%$; $p=1021$ hPa.

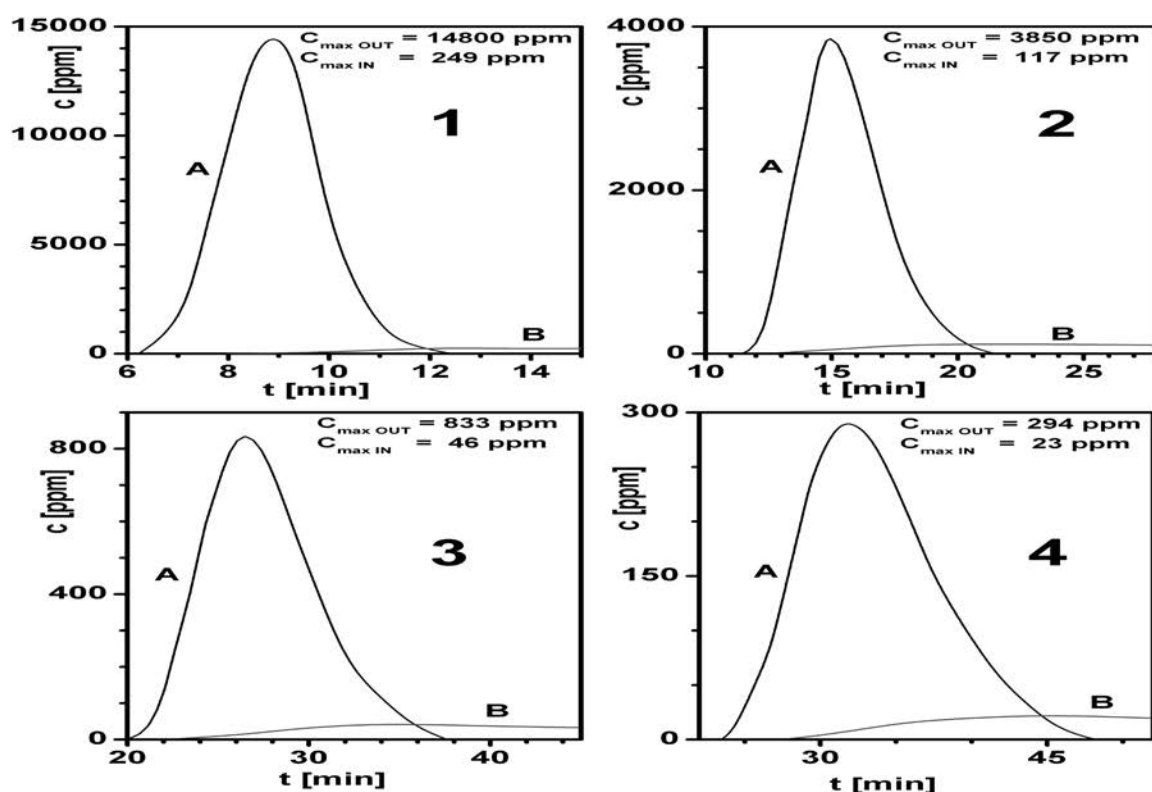
Tabela 4.
Charakterystyka stężeniowa chloru na zewnątrz
oraz wewnątrz obiektów w odległości X od
miejsca natychmiastowego uwolnienia

Table 4.
Chlorine concentration characteristics outside
and inside of the buildings in distance X from
the place of sudden release

Odległość od miejsca uwolnienia X [m]	Stężenie maksymalne panujące na zewnątrz budynków C_{OUT} [ppm]	Stężenie maksymalne panujące wewnątrz budynków C_{IN} [ppm]	C_{OUT}/C_{IN}
100	135000	1020	132
200	103000	898	115
300	42700	454	94
400	23500	318	74
430	20000	293	68
500	14800	249	59
700	7510	175	43
1000	3850	117	33
1500	1630	79	21
2000	833	45	19
3000	294	23	13
4000	133	13	10
5000	71	7	10

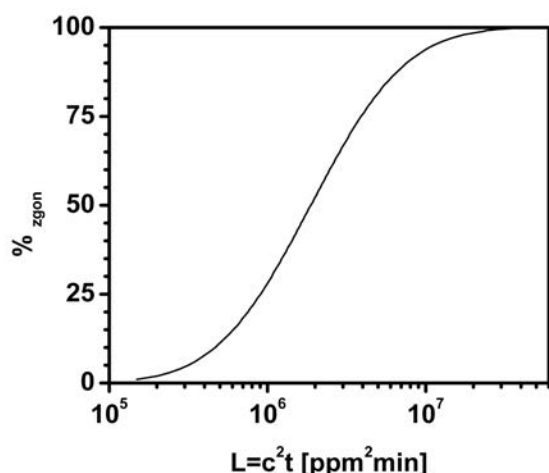
Dla ludzi mieszkających na parterze przekroczenie LC_{50} wynoszącej dla 1 godzinowego czasu ekspozycji 293 ppm [8] nastąpiłoby już poniżej 430 metra od miejsca uwolnienia, zakładając odporność człowieka co najmniej na poziomie szczura. Badania na myszach wykazały natomiast niższe LC_{50} przy 1 h ekspozycji [9]. Wartość odpowiadającą 173 ppm zostaje osiągnięta jeszcze na 700 metrze od miejsca uwolnienia. Czas ekspozycji wewnątrz, jak wspomniano wcześniej, byłby dostatecznie długi. W warunkach całkowitego zaskoczenia, dla osób nie ewakuowanych pozostających jedynie w zabudowaniach, ekspozycja zagrażająca życiu byłaby możliwa praktycznie do odległości 4,5 km (AEGL-3; 10 ppm przy 4h ekspozycji [7]).

Analizując funkcję probitową dla chloru w granicach czasu ekspozycji ($P_r = -8,29 + 0,92 \ln[C^2 dt]$) wyraźnie można zauważyć, iż przyjęcie dawki toksycznej $L = 3 \cdot 10^7$ [ppm²min] powoduje praktycznie 100% śmiertelność narażonych (rys 4) [10,11]. W warunkach zewnętrznej ekspozycji ładunek toksyczny chloru powodujący całkowitą śmiertelność populacji zostałby przekroczony w odległości większej niż 1 km (rys 5).



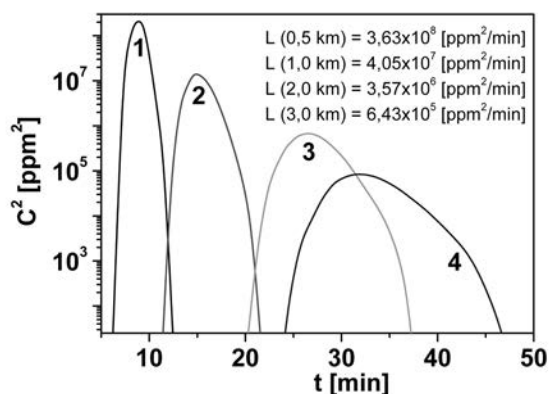
Ryc. 3. Stężenie chloru w funkcji czasu dla czterech wybranych odległości od miejsca natychmiastowego uwolnienia się medium: 1) X = 0,5 km 2) X = 1 km 3) X = 2 km 4) X = 3 km.; A – krzywa odpowiadająca stężeniu na zewnątrz; B – krzywa odpowiadająca stężeniu wewnątrz obiektów mieszkalnych. Warunki atmosferyczne: T = 1°C; v = 1m/s; H = 84%; p=1021 hPa.

Fig. 3. Chlorine concentration as a function of time for 4 selected distances from place of sudden release 1) X = 0,5 km 2) X = 1 km 3) X = 2 km 4) X = 3 km.; A- curve corresponding to outside concentration B) curve corresponding to inside concentration. Atmospheric conditions: T = 1°C; v = 1m/s; H = 84%; p=1021 hPa.



Ryc. 4. Zależność procentu zgonów na skutek działania chloru w funkcji ładunku toksycznego

Fig. 4. Percentage share of casualties as a function of toxic load for chlorine



Ryc. 5. Wykres zależności $C^2=f(t)$ wraz z wyliczonymi wartościami dawki toksycznej dla wybranych odległości X od miejsca natychmiastowego uwolnienia się chloru:

1) X = 0,5 km, śmiertelność 100% 2) X = 1 km, śmiertelność 100% 3) X = 2km, śmiertelność 72% 4) X = 3 km, śmiertelność 16%. Warunki ekspozycji zewnętrznej dla osób nie mogących znaleźć schronienia w czasie działania medium. Warunki atmosferyczne:

T = 1°C; v = 1m/s; H = 84%; p=1021 hPa.

Fig. 5. $C^2=f(t)$ dependence with toxic loads calculated for selected distances X from place of sudden release of chlorine. 1) X = 0,5 km, 100% of casualties 2) X = 1 km, 100% of casualties 3) X = 2km, 72% of casualties 4) X = 3 km, 16 % of casualties. Values determined for external conditions for people who can not find refuge. Atmospheric conditions: T = 1°C; v = 1m/s; H = 84%; p=1021 hPa.

Wpływ ciągły o intensywności 1 kg/s

Rozważając wpływ ciągły gazu o intensywności 1 kg/s niezależnie od jego gęstości względem powietrza możemy użyć modelu Gaussa w celu określenia skutków toksycznych jakie będą miały miejsce

w przypadku uwolnienia się medium. Z wykorzystaniem tego modelu wartości stężenia w odległości X metrów od rozszczelnienia podano w tabeli 5. Określone wartości dawki toksycznej założono dla czasu ekspozycji 1 godziny. Przy stałej szybkości uwolnienia po pewnym czasie stężenie wewnątrz i na zewnątrz osiągnie porównywalną wartość. Założenie to jest słuszne biorąc pod uwagę możliwości interwencyjne jednostek straży pożarnej w tamtych latach. Przybycie jednostek Centralnej Grupy Ratownictwa Chemicznego z Płocka zdolnej podjąć działania zapobiegawcze nastąpiło w szóstej godzinie po wykolejeniu się składu pociągu.

Przeprowadzono analizę porównawczą skutków dla osób znajdujących się w różnych odległościach od miejsca uwolnienia oraz dla osób ewakuujących się z kondygnacji zerowej (parter) na kondygnację drugiego piętra. Analizując dane wyraźnie widać, iż największe różnice stężeń przy ewakuacji potencjalnych poszkodowanych na wyższe piętra odnotowuje się dla odległości najbliższych miejscu uwolnienia. Jednakże patrząc pod kątem skutków szkodliwych okazuje się, iż najbardziej wymierne skutki ucieczki na wyższe kondygnacje obserwuje się przy stężeniach powodujących między 25 a 80% zgonów. Wynika to z własności funkcji probitowej przedstawionej na rys. 4. Stan ten doskonale obrazuje różnica pomiędzy procentem zgonów dla osób pozostających na miejscu w stosunku do osób udających się na wyższą kondygnację $\%_1-\%_2$ (tabela 6). Okazuje się, iż największy efekt przy założonych warunkach początkowych wypływu ($Q=1$ kg/s) obserwuje się między 400 a 700 metrem od miejsca uwolnienia. Dla analizowanego przykładu przejście między parterem a drugim piętrzem powinno spowodować przeciętnie około 5% mniejszą śmiertelność.

Interesująco przedstawia się sytuacja porównania zmiany % zgonów ($\Delta\%_1$) od odległości (kolumna 3; tabela 6; $\Delta\%_1/100m$). Okazuje się, iż oddalenie się poszkodowanego o każde 100 metrów od miejsca rozszczelnienia spowodowałoby przeciętnie o około 10,4% mniejszą śmiertelność, a zatem byłoby 2,2 razy bardziej efektywne od przejścia z parteru na drugą kondygnację. Jednak podanie komunikatu radiowego dotyczącego ucieczki przed skażeniem spowodowałoby chaos i prawdopodobnie skutki bardziej zgubne wynikające z niekontrolowanego zachowania się tłumu [12]. Organizacja sił i środków niezbędnych do kontrolowanej ewakuacji byłaby na tak dużej przestrzeni, o stosunkowo dużej gęstości zaludnienia, zagadnieniem niezwykle trudnym.

Tabela 5.

Stężenia C, dawki toksyczne L oraz prawdopodobieństwo zgonu w zależności od wysokości na której odbywała się ekspozycja. Dane z indeksem 1: kondygnacja parter (podłoga: h= 0 m) ; dane z indeksem 2: kondygnacja - II piętro (podłoga: h= 8 m). Uwolnienie ciągłe Q = 1 kg/s z wysokości H = 1,2 m; obliczenia wg. modelu Gaussa. Warunki atmosferyczne: T = 1°C; v = 1m/s; H = 84%; p=1021 hPa.

Table 5.

Concentration C, toxic load L and lethality as a function of height (h) at which have place an exposition. Data with 1-index: first floor (floor: h=0 m.). Data with 2-index: third floor (floor: h=8 m.). Continuous release Q=1kg/s, height of release H=1,2 m; calculation model: Gaussian. Atmospheric conditions: T = 1°C; v = 1m/s; H = 84%; p=1021 hPa.

x [m]	C ₁ [ppm]	C ₂ [ppm]	C ₁ /C ₂	L ₁ [ppm ² -min]	L ₂ [ppm ² -min]	% ₁ zgonów	% ₂ zgonów
100	3064	632	4,85	5,6E+08	2,4E+07	100,0	99,0
200	1029	566	1,82	6,4E+07	1,9E+07	100,0	98,3
300	538	383	1,40	1,7E+07	8,8E+06	93,9	92,1
400	339	270	1,26	6,9E+06	4,4E+06	88,2	78,2
500	236	200	1,18	3,3E+06	2,4E+06	69,6	59,0
600	176	155	1,14	1,9E+06	1,4E+06	50,0	39,4
700	137	124	1,10	1,1E+06	9,2E+05	31,3	25,2
800	111	102	1,09	7,4E+05	6,2E+05	19,6	15,3
900	91	85	1,07	5,0E+05	4,3E+05	11,4	8,9
1000	77	72	1,07	3,6E+05	3,1E+05	6,7	5,0
1500	40	39	1,03	9,6E+04	9,1E+04	< 1%	< 1%
2000	25	25	1,00	3,8E+04	3,8E+04	< 1%	< 1%
3000	13	13	1,00	1,0E+04	1,0E+04	< 1%	< 1%
4000	8	8	1,00	3,8E+03	3,8E+03	< 1%	< 1%
9000	2	2	1,00	2,4E+02	2,4E+02	< 1%	< 1%

Tabela 6.

Różnice procentowe w ilości zgonów. %₁-%₂ – różnica śmiertelności pomiędzy osobami ewakuowanymi a nieewakuowanymi z parteru na drugą kondygnację; Δ%₁/100m – różnica w śmiertelności na każde dodatkowe oddalenie się o 100 metrów od miejsca rozszczelnienia (rozważane dla osób znajdujących się na poziomie ulicy równej poziomowi pierwszej kondygnacji).

Table 6.

Percentage differences in lethality. %₁-%₂ – lethality difference between people evacuated and not evacuated from first to third floor. Δ%₁/100m – lethality difference for each 100-meter additional moving away from place of release (determined for people that are on the level of the first floor).

X [m]	% ₁ -% ₂	Δ% ₁ /100m	(Δ% ₁ /100m)/ (% ₁ -% ₂)
100	1,0	-	-
200	1,7	0,0	0,0
300	1,8	6,1	3,4
400	10,0	5,7	0,6
500	10,6	18,6	1,8
600	10,6	19,6	1,8
700	6,1	18,7	3,1
800	4,3	11,7	2,7
900	2,5	8,2	3,3
1000	1,7	4,7	2,8
średnia=	5,0	10,4	2,2

Podsumowanie

Ze względu na miejsce, charakterystykę toksykologiczną medium przewożonego oraz jego ilość, zdarzenie jakie miało miejsce 9 marca 1989 roku w Białymstoku niewątpliwie stanowiło potencjalnie bardzo poważne zagrożenie dla mieszkańców miasta. W przypadku natychmiastowego uwolnienia się zawartości pojedynczej cysterny z chlorem określono, iż warunki zewnętrznej ekspozycji zagrażającej życiu byłyby spełnione w promieniu 5,6 km od miejsca zdarzenia. Dla osób pozostających w budynkach i nie uciekających na wyższe kondygnacje promień zagrożenia życia wynosiłby 4,5 km. 50% ryzyko zaistnienia wypadków śmiertelnych istniałoby na 430 metrze (700 metrze) od miejsca natychmiastowego uwolnienia przy założeniu odporności człowieka odpowiednio na poziomie szczura lub myszy.

Bardzo ryzykowne było prowadzenie operacji logistycznych podnoszenia cystern ze względu możliwość istniejących niewidocznych uszkodzeń mechanicznych powstałych w samym momencie wypadku. A zatem zabezpieczenie jedynie ul. Poleskiej oraz terenu zaledwie w promieniu 200 metrów od katastrofy czy też wyłączenie z ruchu dzielnicy miasta, zamknięcie sklepów, żłobków, przedszkoli i szkół wydaje się być działaniami zdecydowanie niewystarczającymi.

Wykazano, iż zarządzenie ewakuacji z parteru na drugą kondygnację przy założeniu przykładowej

wartości uwolnienia ciągłego na poziomie $Q=1\text{kg/s}$ oszczędziłaby przeciętnie o 5% więcej istnień ludzkich. Jednakże oddalenie się od miejsca rozszczelnienia o każde dodatkowe 100 metrów dałoby rezultat przeciętnie dwa razy lepszy zakładając, iż nastąpiłoby po czasie wyrównania się stężenia na zewnątrz i wewnątrz obiektów przy skrajnie niekorzystnym założeniu czasowym. Warunki takie mogłyby jednak zostać teoretycznie osiągnięte zważywszy na 6 godzinny czas do przybycia ratowników Centralnej Stacji Ratownictwa Chemicznego i osiągnięciu pełnej gotowości zabezpieczenia terenu akcji o godzinie 12:40 a więc 10 godzin od momentu wypadku.

Rozpatrując możliwość ewakuacji zewnętrznej należy wziąć jednak pod uwagę trudności związane z osiągnięciem spokojnego przebiegu ewakuacji, zwłaszcza w przypadku działania uwalniającego się gazu. Zagadnienie związane z masową ewakuacją powinno być zatem tematem szczególnej uwagi zwłaszcza w aspekcie istniejących obecnie standardów bezpieczeństwa.

Literatura

1. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172-c3.pdf>;
2. Jałoszyński S.K., *Ratownictwo chemiczne*, PPU EKOS, Gdańsk 1990 r.;
3. Strzelecki S., *Czas miłosierdzia*, 3 (143) 2002;
4. Materiały operacyjne KM PSP w Białymstoku;
5. Dokumentacja techniczna wagonu 15-1556 (materiały własne Instytut Kolejnictwa w Warszawie);
6. <http://www.tutiempo.net/en/Climate/BIALYSTOK/03-1989/122950.htm>;
7. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172-c8.pdf> ;
8. *Karta charakterystyki substancji niebezpiecznej. Chlor*, The Linde Group, 2010;
9. *Hazardous Substances Data Bank. MEDLARS Online Information Retrieval System*, National Library of Medicine. June, 1994;
10. Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S., *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*, Instytut Energii Atomowej Otwock – Świerk 2000;
11. Khan F. I., Abbasi S.A., *Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol 11 Issue 4 (1998) 261;
12. Kołodziej-Saramak A., *Przyszłość systemów wczesnego ostrzegania ludności o zagrożeniach. „Cell Broadcast for Public Warning”*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 19 (2010) 59.

dr Tomasz Węsierski, absolwent studiów magisterskich i doktoranckich na Wydziale Chemii UAM w Poznaniu. W strukturach PSP od 2008 roku. Obecnie pełni służbę jako adiunkt w Zakładzie Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego SGSP.

st. kpt. mgr inż. Małgorzata Majder-Łopatka, absolwentka Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (rocznik 2002). Obecnie pracuje w Zakładzie Ratownictwa Chemicznego. Jest kierownikiem Pracowni Pomiaru Parametrów Środowiska.

Recenzenci

dr inż. Adam Majka

Vladas Praniauskas, PhD

Wskazówki dla Autorów

Maszynopis: Maszynopis w języku ojczystym Autora nie powinien przekraczać 22 stron (formatu A4, Times New Roman 12 pkt.), pisany bez podziału na kolumny, (łącznie 40 000 znaków razem ze spacjami). Artykuły prosimy przysyłać w wersji drukowanej oraz w postaci elektronicznej w formacie Word.

Autor: Przy nazwisku autora/ów należy podać pełną nazwę i adres instytucji, a w przypadku autora wiodącego także adres korespondencyjny (tel., fax oraz e-mail) - do wiadomości redakcji.

Tytuł: Tytuł powinien być krótki i zwięzły. (Times New Roman 16 pkt).

Abstrakt: Abstrakt w języku angielskim i polskim (lub języku ojczystym i angielskim), długości do 250 słów, powinien odzwierciedlać strukturę i treść pracy. (Times New Roman 10 pkt)

Słowa kluczowe: Należy podać słowa kluczowe, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, zawierające łącznie do 10 wyrazów. Słowa kluczowe nie powinny być powtórzeniem tytułu.

Tekst: Struktura artykułu musi odpowiadać ogólnym zasadom przygotowywania publikacji naukowych. Wstęp powinien zawierać syntetyczną prezentację stanu wiedzy na dany temat oraz określenie celu i zakresu pracy. Informacje na temat materiałów i metod badań powinny umożliwiać powtórzenie procedur i otrzymanie porównywalnych wyników. Wyniki powinny być przedstawione wyczerpująco i jasno, a ich interpretacja porównana z wynikami innych autorów. Zakończenie powinno przedstawiać jasno sformułowane wnioski wynikające z uzyskanych wyników i ich interpretacji.

Literatura: Odwołania do literatury w tekście artykułu powinny zawierać nazwisko autora i rok publikacji. W dołączonym spisie „Literatura” należy zamieścić wszystkie cytowane pozycje w porządku alfabetycznym wg nazwisk (pierwszego z autorów w przypadku prac zespołowych), wymieniając wszystkich autorów. Nazwiska pisane cyrylicą powinny być podane w transkrypcji zgodnie z normą PN-83/N-01201. Zalecane jest odwoływanie się głównie do publikacji recenzowanych. Tytuły czasopism należy podawać w pełnym brzmieniu.

Tabele, ryciny, ilustracje: Tabele należy dodatkowo przygotować w oddzielnym załączniku. Rysunki, zasadniczo czarno-białe, należy nadsyłać w formie gotowej do druku. Wszystkie tytuły, opisy i podpisy tabel i rysunków muszą być maksymalnie krótkie ze względu na konieczność dublowania ich w wersji angielskiej.

Copyright: Razem z korektą autor przesyła do Wydawcy oświadczenie, że składa przedłożoną wersję do druku, przekazuje zbywalne prawa autorskie na rzecz CNBOP oraz, że praca nie była wcześniej publikowana, a także że praca nie narusza praw autorskich innych osób.

Egzemplarze autorskie: Autor (razem ze współautorami) otrzymuje bezpłatnie po 1 egzemplarzu autorskim swojej pracy. Podobnie autorzy recenzji otrzymują 1 egzemplarz autorski

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przysyłać na adres:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Nadwiślańska 213

05-420 Józefów k/Otwocka

Kwartalnik CNBOP

e-mail: jcybulska@cnbop.pl; cnbop@cnbop.pl

Requirements for authors

Manuscripts should not exceed 22 pages (A4 size) of standard typescript, 40,000 total characters including spaces and should be written in Polish or in the other conference language. A paper manuscript should come along with an electronic one in the Word format.

Author: The name of the author/authors should be accompanied by the name and address of the institution, also by his/her correspondence address (phone, fax and e-mail) - information only for Secretary of Edition.

Title: The title should be short and concise.

Abstract: The abstract should be in English and Polish or in the mother's tongue of the author and English, have no more than 250 words, depict the paper's structure and contain the most essential information.

Key words: The paper should include key words or phrases (in English and mother's tongue of the author) counting in total no more than 10 words. The key words should not repeat the title of the paper.

Text: The main body of the article should follow the general rules of scientific writing and be adequately structured. The Introduction should define the scope of the work in relation to other relevant works done in the same field. Material and Methods content should allow the replication of observations/experiments. Results should be presented with clarity and precision, followed by Discussion containing interpretation of obtained results.

References: Literature citations in the text should contain the name of the author and the year of publication. At the end of the paper, under the "References" heading all items men-

tioned in the text should be placed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors. The names and titles written in Cyrillic alphabet should be given in transliteration according to the PN-83/N-01201 standard. It is recommended to refer to the reviewed publications only. Journal titles should be given in full.

Tables, figures and illustrations: Tables should be in the text **and additionally prepared separately, out of the text** (and sent as an enclosure). Figures, black-white as a rule should be printing ready, taking not too much space. Photographs are allowed provided that they contribute essential information to the text. If a figure is to be minimized in size, its legend should be big enough to make it readable after minimizing.

Copyright: Along with the correction, the author shall send to the Publisher a declaration form by which he/she sends a paper to press and confirms that the paper has not been published before. The authors are requested to attach to their scientific papers a declaration that the paper does not infringe other persons' copyrights.

Author's copies: The author (and the co-authors) receives for free 1 author's copies of the article.

We invite Authors, regardless of their affiliation, to submit their papers.

The papers should be sent to:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Nadwiślańska 213
05-420 Józefów k/Otwocka
CNBOP's Quarterly
e-mail: jcybulaska@cnbop.pl; cnbop@cnbop.pl

Problem z bezpieczeństwem? My go rozwiążemy!

✚ Badania wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej, m.in.:

- o prototypów urządzeń sygnalizacji pożarowej i innych,
- o elementów składowych i całych systemów wykrywania pożaru, dźwiękowych systemów ostrzegawczych,
- o materiałów budowlanych, środków gaśniczych, sorbentów i dyspergentów, sprzętu podręcznego,
- o pojazdów pożarniczych, pomp pożarniczych,
- o sprzętu ratowniczego, ewakuacyjnego i ochrony osobistej strażaka,
- o elementów armatury pożarniczej,
- o stałych urządzeń gaśniczych;



- ✚ **Aprobaty techniczne;**
- ✚ **Certyfikacja wyrobów** służących do ochrony przeciwpożarowej;
- ✚ **Certyfikacja podmiotów** wykonujących usługi z zakresu ochrony przeciwpożarowej;
- ✚ **Prace normalizacyjne;**

✚ **Prace naukowe** dotyczące ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności;

✚ **Prace badawcze** w zakresie sprzętu i środków stosowanych przez jednostki straży pożarnych, a także w zakresie technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych;

✚ **Opinie i ekspertyzy techniczne** w zakresach j.w.;

✚ **Analizy przyczyn** powstawania pożarów;



- ✚ **Działalność** w zakresie propagowania wiedzy pożarniczej i ochrony ludności;
- ✚ **Szkolenia specjalistyczne** (certyfikaty kwalifikacji).

Nasze osiągnięcia w 2010 roku:

Srebrny medal na 109 Międzynarodowych Targach Wynalazczości w Paryżu

Kryształowa statuetka MNIŚW na Międzynarodowych Targach Wynalazczości 2010 w Warszawie

Złoty medal na Międzynarodowych Targach Innova 2010 w Brukseli

Centrum Naukowo – Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowy Instytut Badawczy

ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów k/Otwocka

tel. (22) 76 93 200, 76 93 300, fax (22) 76 93 356

e-mail: cnbop@cnbop.pl, www.cnbop.pl



Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB

Szanowni Państwo,

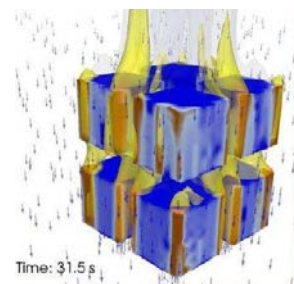
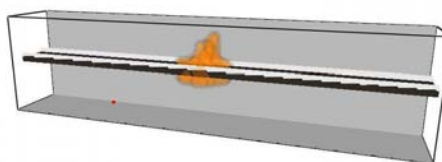
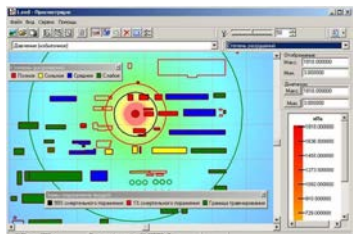
Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB prowadzi swoją działalność w oparciu o zasady zgodne z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 "Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących". Z dniem 31 sierpnia 2011r. uzyskaliśmy akredytację PCA pod numerem **AB 1280**.

Prowadzimy działalność badawczą, naukową oraz ekspercką w zakresie:

- badań właściwości pożarowych materiałów budowlanych i parametrów wybuchowości wybranych substancji palnych,
- analiz termodynamicznych procesów spalania i wybuchowości oraz zjawiska rozprzestrzeniania się pożaru w pomieszczeniach i obiektach,
- indywidualnych prac eksperymentalnych (w tym projektów rozwojowych i celowych) dotyczących procesów spalania i wybuchowości na potrzeby klientów,
- ekspertyz i opinii w zakresie zagrożenia wybuchem (np. ATEX),
- dokumentacji odnoszącej się do przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym (SEVESO II),
- ocen i ekspertyz dotyczących zagrożenia pożarem w budynkach i obiektach oraz określanie zaleceń w celu poprawy poziomu bezpieczeństwa pożarowego,
- oceny ryzyka dla obiektów przemysłowych,
- ekspertyz w zakresie ustalania przyczyny pożaru i/lub wybuchu.

W ramach prowadzonych przez nas badań doświadczalnych oraz ekspertyz i opinii technicznych wykonujemy również analizy obliczeniowe, w tym obliczenia numeryczne CFD, przy zastosowaniu takich programów jak:

- **Rizex-2** i **ALOHA** do analizy skutków awarii przemysłowych oraz kompleksowej oceny ryzyka obiektów przemysłowych i ich otoczenia,
- **FDS** (Fire Dynamics Simulator) i **FireFOAM** w zakresie rozprzestrzeniania się pożaru oraz zjawisk mu towarzyszących,
- **FDS+EVAC** i **Pathfinder** w zakresie modelowania procesów ewakuacji ludzi z budynków.



Zapraszamy Państwa do współpracy

**Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości
CNBOP-PIB**

ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów k/Otwocka
tel. (22) 76 93 218, 76 93 217, fax (22) 76 93 231

e-mail: rporowski@cnbop.pl, dmaloziec@cnbop.pl, www.cnbop.pl

**Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
na targach, wystawach i konkursach krajowych i międzynarodowych
w 2011 roku**

**KRYSTAŁOWA STATUETKA DLA CNBOP-PIB PRYZNANA PRZEZ MINISTRA
NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO**



Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy **otrzymał kryształową statuetkę** Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za **transfer wiedzy, innowacyjne rozwiązania w dziedzinie technologii i myśli technicznej** podczas XVIII Krajowej Wystawy - Giełda Wynalazków Nagrodzonych w 2010 roku na Międzynarodowych Targach Wynalazczości.

**BRAZOWY MEDAL PRYZNANY CNBOP - PIB NA MIĘDZYNARODOWYCH
TARGACH WYNALEZCZOŚCI CONCOURS LEPINE W PARYŻU**



Dla CNBOP-PIB za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami” oraz „Regionalne zarządzanie bezpieczeństwem – narzędzie wspomagające zarządzanie – „PomRisc”

**NAGRODA DLA CNBOP-PIB W KATEGORII
„ŚRODKI OCHRONY LUDNOŚCI I ZABEZPIECZENIA MIENIA”**



Dla CNBOP-PIB za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”

NOMINACJA DO GODŁA TERAZ POLSKA



Dla CNBOP-PIB w kategorii „Przedsięwzięć Innowacyjnych” za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”

**SREBRNY MEDAL PRYZNANY CNBOP - PIB
NA MIĘDZYNARODOWEJ WARSZAWSKIEJ WYSTAWIE INNOWACJI IWIS 2011**



Za dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa), opracowane w CNBOP-PIB w ramach realizacji projektu nr O R00 0040 04 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

**MEDAL IM MARII SKŁODOWSKIEJ CURIE
W KONKURSIE WYNALEZKÓW CHEMICZNYCH**



Medal im. Marii Skłodowskiej Curie w Światowym Konkursie Wynalazków Chemicznych przyznany przez Międzynarodową Federację Stowarzyszeń Wynalazców dla CNBOP-PIB za **środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk.**

**ZŁOTY MEDAL Z WYRÓŻNIENIEM PRYZNANY CNBOP - PIB
NA MIĘDZYNARODOWEJ WARSZAWSKIEJ WYSTAWIE INNOWACJI IWIS 2011**



Złoty medal z wyróżnieniem przyznany Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwpożarowej PIB na Międzynarodowej Wystawie Innowacji IWIS 2011 w Warszawie za **środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk.**

**SREBRNY MEDAL DLA CNBOP-PIB NA 60 JUBILEUSZOWYCH
ŚWIATOWYCH TARGACH WYNALEZCZOŚCI, BADAŃ NAUKOWYCH I NOWYCH
TECHNIK „BRUSSELS INNOVA 2011”**



Za „**Dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa)**”, realizowane w ramach projektu O R00 0040 04 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.



Grand Prix Targów SAWO 2012
dla „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”
kwartalnika Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego