

SFT

SAFETY & FIRE TECHNOLOGY

**Wczoraj i dziś.
50 lat działalności
naukowo-badawczej
CNBOP-PIB**

50  **lat**
1972-2022
CNBOP-PIB

The Use of the $k-\omega$ SST
Turbulence Model for Mathematical
Modeling of Jet Fire **p. 28**

Wykorzystanie modelu
burzliwości $k-\omega$ SST do
modelowania matematycznego
pożaru strumieniowego **s. 28**

Temporary Accommodation
Facilities for People Affected
by an Emergency or Humanitarian
Disaster **p. 42**

Obiekty tymczasowego
zakwaterowania dla ludności
dotkniętej sytuacją
kryzysową **s. 42**

Possibilities of Using Mobile Fans
and the Parameters Conditioning
the Effectiveness of Tactical
Mechanical Ventilation **p. 58**

Możliwości wykorzystania
mobilnych wentylatorów i parametry
warunkujące skuteczność taktycznej
wentylacji mechanicznej **s. 58**

EDITORIAL COMMITTEE / KOMITET REDAKCYJNY

st. bryg. dr inż. Paweł Janik – Editor-in-Chief / Redaktor Naczelny

st. bryg. dr inż. Jacek Zboina
dr hab. Maria Zielecka
dr hab. Anna Rabajczyk
nadbryg. dr inż. Mariusz Feltynowski, prof. SGSP
prof. Bogdan Z. Długogórski
prof. dr inż. Aleš Dudaček
prof. Arief E. Dahoe
dr Monika Wyszomirska
dr Agnieszka Siłuszzyk

Language editing / Redakcja językowa:

mgr Aleksandra Grzęda
mgr Anna Golińska
mgr Katarzyna Szulejewska

Projekt okładki: Małgorzata Żurniewicz-Turno
Grafika na okładce: Adobe Stock

ISSN 2657-8808
e-ISSN 2658-0810
DOI: 10.12845/sft

© by Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, Józefów 2022.
Pewne prawa zastrzeżone. Artykuły udostępnione na licencji CC BY-SA 4.0 /
Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research
Institute, 2022. Some rights reserved. The articles are published under
Creative Commons License the CC BY-SA 4.0

Editorial Office / Redakcja:

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

tel. 22 769 32 20
e-mail: sft@cnbop.pl
www.sft.cnbop.pl

Publisher / Wydawca:



Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy /
Scientific and Research Centre for Fire Protection – National
Research Institute

Circulation / Nakład: 200 egz.

Typesetting / Skład: Małgorzata Żurniewicz-Turno
Print and binding / Druk i oprawa: Studio Sense

EDITORIAL ADVISORY BOARD / RADA NAUKOWA

prof. Andriey Kuzyk
Lviv State University of Life Safety, Ukraine

prof. dr inż. Rainer Koch
the University of Paderborn,
Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund,
Germany

prof. dr inż. Venkatesh Kodur
Michigan State University, USA

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio
the Complutense University of Madrid, Spain

dr inż. Hauke Speth
State Fire Service College of North-Rhine Westphalia,
Germany

dr hab. inż. Lech Starczewski, prof. WITPiS
Military Institute of Armoured and Automotive Technology,
Poland

prof. Asif Usmani
BRE Centre for Fire Safety Engineering
– The University of Edinburgh, UK

dr Ai Sekizawa
prof. Tokyo University of Science, Japan

dr hab. Iwona Szwach,
prof. ICSO The Łukasiewicz Research Network
– Institute of Heavy Organic Synthesis "Blachownia",
Poland

dr Jason Yunlong Liu, FIEAust
(<https://www.jasonyunlong.com/>), USA

prof. dr Qiang Xu,
Nanjing University of Science and Technology,
School of Mechanical Engineering, China

prof. Milosh Puchovsky
Worcester Polytechnic Institute, USA

INDEXING IN DATABASES / INDEKSACJA W BAZACH

Punkty MEiN: 40
Index Copernicus International: ICV 2021: 100
EBSCO Publishing
BazTech
RINC
J-Gate
VINITI
Referativnyj Zhurnal
Ulrich's Periodicals Directory
ProQuest
DOAJ
Scilit
Crossref

**BOOKSTORE PLATFORMS & LIBRARIES /
PLATFORMY KSIĘGARSKIE I BIBLIOTEKI**

Google Play
Electronical Journals Library, University of Regensburg
Vernadsky National Library of Ukraine
Yakub Kolas Central Scientific Library of NAS of Belarus
CyberLeninka
ibuk.pl
Academia.edu



Szanowni Czytelnicy,

Dorobek Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego bez wątpienia zasługuje na opracowanie i podsumowanie. Artykuł o takim charakterze otwiera niniejsze wydanie czasopisma naukowego *Safety & Fire Technology*. Jest to jedna z form uczczenia półwiecza funkcjonowania jedyne w strukturach Państwowej Straży Pożarnej instytutu badawczego, a okazja ku temu zbiega się z obchodami trzydziestolecia funkcjonowania naszej formacji. Czas ten charakteryzuje wytrwałe budowanie wizerunku Państwowej Straży Pożarnej i prestiżu Instytutu. Zjawiskiem nadrzędnym wobec tych przemian niezmiennie pozostaje ewoluujące środowisko bezpieczeństwa, a dalsza część woluminu daje wiarygodne świadectwo tego, jak szerokie jest spektrum zainteresowań współczesnej ochrony przeciwpożarowej i jak rozległe są dziś obszary zaangażowania państwa, za które odpowiadają i w których obecni są ludzie w strażackich mundurach.

Zapraszając do lektury *SFT* podkreślę, że transfer wiedzy i edukacja zyskują coraz większą rolę w kreowaniu bezpieczeństwa. Proces ten, jak wskazuje zawartość wydania 1/2022, przebiega nieprzerwanie także wówczas, gdy z uzasadnioną satysfakcją celebруемy ważne dla nas jubileusze.

Komendant Główny
Państwowej Straży Pożarnej

gen. brygadier Andrzej Bartkowiak

Wczoraj i dziś. 50 lat działalności naukowo-badawczej CNBOP-PIB

Początki

Przed 1972 rokiem w Komendzie Głównej Straży Pożarnej funkcjonowała Służba Techniki, do zadań której należało sprawowanie nadzoru nad sprzętem pożarniczym przed jego wdrożeniem do eksploatacji w strażach pożarnych. Charakterystyczne dla minionego ustroju deficyty – w tym w zakresie dostępności dobrej jakości materiałów – wpływały niekorzystnie na jakość samych wyrobów. Rozwiązania konstrukcyjne sprzętu pożarniczego, włącznie z tak podstawowym asortymentem jak podręczny sprzęt gaśniczy, nie były w żaden sposób weryfikowane ani atestowane, a skala adekwatnej do potrzeb straży pożarnych organizacji Służby Techniki w tym zakresie wciąż wzrastała. Uwarunkowania te doprowadziły w konsekwencji – z inicjatywy kadry Służby Techniki Komendy Głównej Straży Pożarnej – do podjęcia decyzji o powołaniu do życia zamiejscowego Ośrodka Badawczo Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej (OBROP).

W Józefowie, na wydzielonym terenie kilku hektarów, rozpoczęto budowę: hali badawczej, biura konstrukcyjnego z przeznaczeniem do pierwszych certyfikacji i dopuszczeń elementów oraz systemów sygnalizacji alarmowej, budynku administracyjnego, garaży, obiektu dedykowanego do przeprowadzania prób ogniowych oraz wieży. Prace budowlane systematycznie postępowały, choć nie brakowało licznych wyzwań z powodu charakterystycznych na owe czasy problemów z zaopatrzeniem w niezbędne materiały budowlane. W końcu niemal cała kadra Służby Techniki w Komendzie Głównej Straży Pożarnej została przeniesiona z siedziby w Alejach Ujazdowskich do OBROP w Józefowie-Dębinie celem bezpośredniego nadzoru nad równoległym do trwających prac wykończeniowych procesem wyposażania powstałych obiektów w niezbędną aparaturę, mającą służyć do prowadzenia prac badawczych. W dniu 14 sierpnia 1972 roku, na mocy zarządzenia nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych, formalnie powołano do życia OBROP, który dwa lata później (zgodnie z zarządzeniem Nr 66/67 Ministra Spraw Wewnętrznych) został ustanowiony resortowym ośrodkiem normalizacyjnym. Szefem OBROP w tym okresie został mgr inż. Zygmunt Stanowski, a od 1975 roku – płk. poż. Włodzimierz Struś, uprzedni szef Służby Techniki, inicjator powołania OBROP. W tym okresie zadania podejmowane przez Ośrodek realizowano przy wykorzystaniu potencjału Zakładu Normalizacji i Jakości, Zakładu Eksploatacji Sprzętu Pożarniczego, Zakładu Zabezpieczeń Przeciwpożarowych, Zakładu Środków Gaśniczych, Prototypowni oraz Zakładu Konstrukcyjno-Doświadczalnego. Struktura OBROP w tamtym czasie podlegała licznym transformacjom, głównie powodowanych rozwijającymi się technologiami i – w konsekwencji – przyrostem rozwiązań konstrukcyjnych, które wymagały nieustannej adaptacji przestrzeni badawczej. Do roku 1984, kiedy OBROP przekształcono w Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej (CNBOP), funkcje kierujących ośrodkiem

pełnili kolejno: płk. poż. mgr inż. Zbigniew Grynczel (1977–1980), prof. dr hab. inż. Wiktor Babul (1980–1982), płk. poż. dr inż. Mirosław Zdanowski (1983–1987).



Rycina 1. Teren CNBOP-PIB w latach 80-tych i obecnie
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Powołanie CNBOP (zarządzeniem Nr 9/84 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 28 stycznia 1984 roku) nie zakłóciło w żaden sposób kontynuacji rozbudowy obiektów wraz z zapleczem naukowo-technicznym laboratoriów badawczych we wszystkich zakładach. Stanowiło natomiast materialny dowód przełomowej zmiany w spojrzeniu na zagadnienia ochrony przeciwpożarowej – z podjęcia, w którego centrum uwagi znajdowały się dotąd pojedyncze urządzenia zabezpieczeń przeciwpożarowych, na ukierunkowanie aktywności pod kątem projektowania, badania oraz wdrażania do praktyki pierwszych systemów ochrony przeciwpożarowej. Od tego momentu rozpoczął się rozwój innowacyjnych rozwiązań techniki i automatyki pożarowej, w pierwszej kolejności w zakresie systemów sygnalizacji pożarowej.

Przełomowym momentem w historii działalności nie tylko Centrum, ale całego środowiska strażackiego była data 24 sierpnia 1991 roku. Tego dnia uchwalono ustawę o Państwowej Straży

Pożarnej, w następstwie czego już w 1992 roku CNBOP włączono w poczet jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej. Okres ten stanowił dla Centrum czas szczególnie owocnej intensyfikacji współpracy z sektorem przemysłowym. Stało się ono wiodącą jednostką opracowującą dedykowane, systemowe rozwiązania technicznych systemów zabezpieczeń z zakresu ochrony przeciwpożarowej i przeciwybuchowej na rzecz poszczególnych gałęzi krajowego przemysłu. Od tego momentu intensywnie rozwijała się również szeroka współpraca z innymi, wiodącymi w kraju ośrodkami naukowymi, w szczególności w zakresie ochrony przeciwybuchowej (np. z Instytutem Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej). Efekty podjętych działań w zakresie poszerzenia i rozwoju współpracy dały podstawy projektowania pierwszych, pionierskich systemów i układów zabezpieczeń przeciwybuchowych. Owocem wspólnych starań stały się pierwsze doktoraty oraz habilitacja pracowników Centrum, co w tamtym czasie dla jednostki początkującej (np. w porównaniu do wiekowej tradycji Politechniki Warszawskiej), a także usytuowanej poza Warszawą, stanowiło znaczący asumpt do dalszego rozwoju. Wówczas wprowadzono również dobrą praktykę, aby kierownicy Zakładu Technicznych Systemów Zabezpieczeń zdobywali uprawnienia rzeczoznawców ds. ochrony przeciwpożarowej. Rozkwit współpracy z biurami projektowymi, zakładami produkcyjnymi oraz zrzeszeniami branżowymi powodował udoskonalanie projektowanych rozwiązań, których skuteczność i niezawodność systematycznie wzrastała, czego efektem był wzrost renomy Centrum oraz coraz większej rzeszy usatysfakcjonowanych klientów.

Kolejny przełom przyniósł rok 1996, kiedy to ówczesny dyrektor CNBOP – st. bryg. dr inż. Eugeniusz W. Roguski, pełniący tę funkcję od 1992 roku – podczas uroczystości na Zamku Królewskim w Warszawie odebrał certyfikaty akredytacyjne przyznane laboratoriom, czyniąc to w gronie pierwszych w kraju akredytowanych jednostek naukowo-badawczych. Certyfikaty akredytacji wydane wówczas przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji (PCBiC) uzyskały: Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów BM-1 (certyfikat nr L 60/1/96, obecnie nr AB 060 wydany przez PCA), Laboratorium Pomp i Armatury Wodno-Pianowej BS-2 (certyfikat nr L 59/1/96, obecnie nr AB 059 wydany przez PCA).

Z okazji 25-lecia powołania CNBOP i w uznaniu dla jego dorobku, 23 stycznia 1997 roku, na mocy zarządzenia nr 4 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji (Dz.Urz. MSWiA Nr 2, poz. 22), Centrum otrzymało imię patrona Józefa Tuliszkowskiego. Rok później – zaledwie dwa lata od pierwszych, przełomowych akredytacji – kolejny Zakład, Laboratorium Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej BA, uzyskał certyfikat akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji nr L207/1/98 (obecnie nr AB 207 wydany przez PCA). W tym samym roku w strukturze CNBOP wyodrębniono dedykowaną procesom certyfikacji jednostkę organizacyjną, tj. Jednostkę Certyfikującą Wyroby, która już rok później uzyskała akredytację Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji (certyfikat nr 63/Cw-69/99, obecnie certyfikat akredytacji nr AC 063 wydany przez PCA). Zadaniem dzisiejszej Jednostki Certyfikującej jest niezmiennie prowadzenie oceny zgodności wyrobów wprowadzanych do obrotu i stosowanych w ochronie przeciwpożarowej. W 2000 roku kolejne 3 laboratoria uzyskały certyfikat akredytacji PCBiC, po uprzedniej

pozytywnej ocenie kompetencji. Były to Zakład Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwożarowych BT (certyfikat akredytacji nr L 305/1/2000, obecnie nr AB 059 wydany przez PCA), Zakład Laboratorium Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego BM-3 (certyfikat akredytacji nr L 306/1/2000, obecnie nr AB 060 wydany przez PCA) oraz Zakład Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia BS-1 (certyfikat akredytacji nr L 307/1/2000, obecnie nr AB 059 wydany przez PCA).



Rycina 2. Wzór certyfikatu zgodności wydawanego w latach 1992–1996
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Bardzo znaczącym, zarówno dla samego Centrum, Państwowej Straży Pożarnej jako formacji, jak i dla całej administracji rządowej, był okres rozpoczęcia starań o przystąpienie Polski do struktur Unii Europejskiej. Wypełniały go wzmożone prace nad niezliczoną liczbą normatywów badawczych, weryfikowanych norm, które musiały zostać dostosowane do unijnych wymogów. W dniu przystąpienia Polski do struktur UE, 80% procesów adaptacyjnych do nowych wymogów było sfinalizowanych, a pozostałe zakończono w ciągu zaledwie kilku kolejnych miesięcy. Powstałe wówczas uwarunkowania formalno-prawne stworzyły zupełnie nowe okoliczności konkurencji między wiodącymi jednostkami naukowo-badawczymi w kraju i za granicą. Trwały wyteżone negocjacje i prace koncepcyjne, mające na celu określenie katalogu właściwości CNBOP jako jednostki akredytowanej. Już w 2002 roku, na podstawie rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 marca 2002 r. w sprawie reorganizacji CNBOP im. Józefa Tuliszkowskiego, zakres działalności Centrum został rozszerzony o zagadnienia dotyczące ochrony ludności.

W 2003 roku nastąpiło przekształcenie statusu CNBOP z państwowej jednostki budżetowej w jednostkę badawczo-rozwojową oraz autoryzacja Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej

w zakresie dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej. Kolejna, przełomowa data to rok 2004, który przyniósł ze sobą uzyskanie autoryzacji Ministra Infrastruktury w zakresie dyrektywy 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1989 roku w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych, a także notyfikację CNBOP przez Komisję Europejską. W tym samym roku w strukturze CNBOP został powołany Zakład Aprobatach Technicznych, realizujący zadania z zakresu regulacji rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2004 r. w sprawie aprobatach technicznych oraz jednostek organizacyjnych upoważnionych do ich wydawania. Natomiast dla działalności wydawniczej i popularyzacyjnej Centrum istotnym stał się rok 2009, kiedy na mocy komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr 8 z dnia 31 marca 2009, wydawany przez CNBOP kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” znalazł się na liście punktowanych czasopism naukowych. W 2010 roku Prezes Rady Ministrów nadał CNBOP status państwowego instytutu badawczego (Dz.U. 181 poz. 1219), a tym samym Centrum znalazło się w elitarnym gronie – wówczas szesnastu – państwowych instytutów badawczych w kraju. W konsekwencji zmiany statusu CNBOP został przekształcony z jednostki badawczo-rozwojowej w instytut badawczy. W 2011 roku Zespół Laboratoriów Spalania i Wybuchowości uzyskał certyfikat akredytacji PCA nr AB 1280.

Kolejne lata działalności Instytutu to nie tylko intensywny rozwój istniejących laboratoriów badawczych, ale także powstanie nowych komórek. Od 2015 roku w strukturze CNBOP-PIB utworzono Jednostkę Certyfikującą Usługi, dzięki staraniom której, na mocy decyzji Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 lipca 2019 r., Instytut uzyskał uprawnienia do certyfikowania pierwszych w kraju kwalifikacji rynkowych z zakresu ochrony przeciwpożarowej, włączonych do Zintegrowanego Systemu Kwalifikacji i opublikowanych w Monitorze Polskim z dnia 21 maja 2019 r. (M.P. 2019 poz. 446). Z kolei w 2016 roku powołano Centrum Systemów Bezzałogowych i Autonomicznych, w ramach którego organizowano szkolenia z obsługi bezzałogowych statków powietrznych, a także realizowano projekty związane z przedmiotową tematyką. Od 1 października 2019 r. komórka zmieniła nazwę na Centrum Dronów.

Zwiększanie kompetencji oraz konieczność budowy kolejnych specjalizacyjnych struktur wymaga także rozbudowy infrastruktury. W 2016 roku zakończono prace modernizacyjne sali szkoleniowej, a dwa lata później oddano do użytku nową halę badawczą.

CNBOP-PIB dzisiaj

Jednym z podstawowych obszarów działalności CNBOP-PIB jest prowadzenie badań naukowych, prac rozwojowych i wdrożeniowych w zakresie ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności, obrony cywilnej i zarządzania kryzysowego, w tym o szczególnym znaczeniu dla bezpieczeństwa kraju. Jako konsekwencja podejmowanych w tym obszarze prac, istotnym aspektem działania CNBOP-PIB jest również obszar ochrony środowiska. Od 2017 r.

Centrum jest ewaluowane w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, co jest uzasadnione interdyscyplinarnym charakterem realizowanych prac naukowo-badawczych.

Działania Instytutu ukierunkowane są nie tylko na wdrożenia wyników prac badawczych, ale także transfer wiedzy i technologii oraz rozwiązywanie praktycznych problemów i wyzwań stojących przed jednostkami ochrony przeciwpożarowej. Wykwalifikowana kadra prowadzi szeroki wachlarz prac naukowo-badawczych oraz eksperckich. Szczególnie istotne są zagadnienia związane z ocenami zgodności wyrobów i usług. Akredytowane zespoły laboratoriów prowadzą badania w zakresie wyposażenia technicznego straży pożarnych, technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych, podręcznego sprzętu gaśniczego, środków gaśniczych i sorbentów, właściwości pożarowych materiałów, zjawisk powstawania i rozprzestrzeniania się pożaru, a także procesów spalania oraz wybuchów. Realizowana przez Instytut działalność w tym zakresie, przekłada się bezpośrednio na poprawę bezpieczeństwa pożarowego i środowiskowego oraz na sprawność i skuteczność ratowniczą.

Wyniki CNBOP-PIB w działalności naukowo-badawczej na rzecz ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności oraz ochrony środowiska są upowszechniane w licznych publikacjach naukowych w uznanych czasopismach. Ponadto są one chronione patentami, wzorami użytkowymi i przemysłowymi. Wielokrotnie zostały również docenione prestiżowymi nagrodami na wystawach, targach i konkursach na całym świecie, co stanowi potwierdzenie wysokiego standardu jakości myśli naukowo-technicznej kadry CNBOP-PIB, a jednocześnie rekomendację wystawioną przez znaczące instytucje, zajmujące się oceną dokonań innowacyjnych oraz ich promocji. W 2017 r. na podstawie kompleksowej oceny jakości działalności naukowej lub badawczo-rozwojowej przeprowadzonej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego Instytut utrzymał kategorię B. Dyrekcja Centrum przywiązuje dużą wagę do prowadzenia prac naukowo-badawczych ukierunkowanych na opracowanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie ochrony przeciwpożarowej i zarządzania kryzysowego. Umożliwia to nie tylko stały rozwój kadry naukowo-badawczej, lecz również potencjału badawczego Centrum i odpowiedniego reagowania na szybko zmieniającą się technologię.

Działalność naukowo-badawcza laboratoriów

Działalność **Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej BA** rozpoczęła się pod koniec lat siedemdziesiątych zeszłego wieku i realizowana była w ramach Zakładu Zabezpieczeń Przeciwpożarowych. Zespół zajmował się zagadnieniami związanymi z zabezpieczeniem przeciwpożarowym budynków i urządzeń technologicznych. Początki funkcjonowania przyпадаły na okres, kiedy dostęp do zdobyczy techniki i nowinek z dziedziny elektroniki był mocno utrudniony ze względu na panujące w PRL-u uwarunkowania polityczno-gospodarcze. Jednakże rozwój technik wykrywania pożaru stawał przed pracownikami laboratorium duże wyzwania, gdyż wchodziły do powszechnego użycia metody wykrywania dymu oparte na technologii wykorzystującej zjawisko jonizacji. Istotny rozwój Zakładu – zarówno

pod względem rozszerzenia zakresu działalności, powstania wielu nowych stanowisk badawczych, wdrożenia innowacyjnych metod badawczych, ale także rozwoju potencjału osobowego – miało miejsce w latach osiemdziesiątych i na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Laboratorium rozszerzało swoje kompetencje i zyskiwało z roku na rok coraz większą renomę. Przełomem w działalności Zakładu stał się 1998 rok, kiedy to Laboratorium Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarowej uzyskało certyfikat Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji nr L 207/1/98 (obecnie certyfikat nr AB 207 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji). Uzyskanie certyfikatu akredytacji było dużym sukcesem całego zespołu oraz potwierdzeniem zarówno kompetencji personelu, jak i – w latach późniejszych – możliwości badawczych laboratorium, zgodnie z wymaganiami przywołanej już normy PN-EN ISO/ IEC 17025 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”.



Rycina 3. Komora testowa do badań czujek
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Zespół Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej od wielu lat prowadzi swoją działalność w oparciu o zasady ujęte w opracowanej Księdze Jakości. Struktura organizacyjna, podział odpowiedzialności, procedury systemowe i badawcze, procesy i zasoby są podporządkowane wdrożonemu systemowi jakości, którego poziom weryfikowany jest każdego roku przez Polskie Centrum Akredytacji. Usługi badawcze świadczone przez personel zawsze spotykały się z wysoką oceną i uznaniem zleceniodawców.

W Zespole Laboratoriów BA badania są przeprowadzane zgodnie z procedurami i metodykami badawczymi zawartymi w normach serii EN-54 oraz IEC. Badania urządzeń prowadzone w oparciu o kryteria odpowiednich norm i procedur, na przestrzeni lat ulegały zmianom szczególnie w obszarze metodycznym. Stały rozwój nowoczesnych technologii implementowanych do rozwiązań układowych systemów przeciwpożarowych sprawił, iż koniecznością stał się ciągły i dynamiczny rozwój metodologii weryfikacji ich właściwości – zarówno w obszarze funkcjonalnym, odpornościowym, jak i konfiguracji.

Sprostanie wymogom ciągle rozwijającego się rynku, zarówno na poziomie technologicznym, jak również metodologicznym, wymaga stałej aktualizacji bądź modyfikacji już istniejących metod badań, zgodnie z najnowszymi wersjami norm.

Nieustanne doskonalenie przeprowadzanych testów laboratoryjnych przebiega poprzez modernizację stanowisk badawczych oraz zakup zaawansowanych technologicznie urządzeń kontrolno-pomiarowych. Udoskonalana odpowiednio do wzrastających wymagań rynku i nauki infrastruktura badawcza, stanowi duży atut laboratorium. Stanowisko do badania przydatności czujek do wykrywania pożarów testowych serii TF, które powstało w latach 90-tych, było wówczas jedyne w Polsce. Pracownia kompatybilności elektromagnetycznej, zgodnie z wymaganiami szeregu norm, wzbogaciła się o nowoczesne generatory i komorę GTEM, będącą w tamtym czasie jedną z niewielu w Polsce.

Obecnie zakres działania Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej obejmuje całokształt zagadnień związanych z wykrywaniem pożaru, uruchamianiem urządzeń i systemów przeciwpożarowych, sygnalizacją zagrożenia oraz przekazywaniem informacji o pożarze. Do końca pierwszej dekady XXI wieku Zespół Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej rozszerzył swoje kompetencje badawcze w zakresie badań dźwiękowych systemów ostrzegawczych. Powstałe stanowisko do badań akustycznych (komora bezchowa) zostało wyposażone w najnowszy sprzęt pomiarowy (Pracownia Kompatybilności Elektromagnetycznej). W 2011 roku stworzono jedyne w tym czasie w Europie stanowisko do badań sygnalizatorów optycznych. W samym tylko 2020 roku powstało 16 nowych stanowisk lub urządzeń badawczych.

Dostosowując stanowiska badawcze do najnowszych wymagań dokumentów normatywnych, laboratorium z powodzeniem konkuruje na rynku usług laboratoryjnych z czołowymi instytucjami nie tylko w Polsce, ale i na całym świecie. Głównymi kierunkami prac na gruncie badań kwalifikacyjnych prowadzonych w Zespole Laboratoriów BA są:

- badania kwalifikacyjne automatycznych systemów wykrywania pożaru,
- badania systemów transmisji alarmów pożarowych do jednostek Państwowej Straży Pożarnej,
- badania systemów rozgłaszania o pożarze (dźwiękowych systemów ostrzegawczych),
- badania elementów automatyki wentylacji pożarowej, badania elementów wykonawczych w systemach oddymiania i wentylacji,
- badania opraw oświetleniowych do oświetlenia awaryjnego,
- badania systemów integrujących,
- badania systemów kontroli dostępu.

Niezwykle istotną częścią działalności laboratorium, bez której nie byłoby możliwe utrzymanie kompetencji badawczych, są prace nad tworzeniem i opracowywaniem nowych metod badawczych, budową nowych stanowisk badawczych, opracowaniem norm PN w oparciu o normy zagraniczne (w szczególności EN oraz IEC), udziałem w Komitetach Technicznych w PKN oraz wykonywaniem ekspertyz dotyczących metod i sposobów wykrywania pożaru w nietypowych obiektach.

Celem realizacji badań oraz prac związanych z akredytacją i certyfikacją, na wyposażeniu Laboratorium BA znajduje się szereg stanowisk badawczych, w tym stanowiska do badań:

- zabezpieczeń przed wnikaniem pyłu do obudowy urządzeń,
- strumienia świetlnego,

- progu zadziałania czujek dymu – kanał dymowo-temperaturowy,
- czułości czujek płomieni,
- własności akustycznych sygnalizatorów,
- przydatności czujek dymu do wykrywania pożarów testowych – komora testowa,
- funkcjonalnych zasilaczy elementów systemów sygnalizacji pożarowej oraz systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła,
- odporności na udary napięciowe o dużej energii,
- odporności na wyładowania elektrostatyczne,
- odporności na szybkie elektryczne stany przejściowe,
- odporności na pola elektromagnetyczne,
- odporności na zakłócenia sinusoidalne przewodzone,
- odporności na zaniki i dynamiczne zmiany napięcia zasilania,
- odporności na wysoką temperaturę,
- odporności na uderzenie,
- zadziałania i niezadziałania ręcznych ostrzegaczy pożarowych przycisków oddymiania oraz start i stop, siłowników,
- na wibracje sinusoidalne,
- parametrów akustycznych głośników,
- progu zadziałania czujek tlenku węgla czyli pomiaru stężenia tlenku węgla, przy którym czujka generuje alarm,
- wykonywania próby z SO₂ z ogólną kondensacją wilgoci,
- stopnia ochrony obudowy przed wnikaniem ciał stałych.



Rycina 4. Stanowisko do badania zabezpieczeń przed wnikaniem pyłu do obudowy urządzeń
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 5. Stanowisko do badań strumienia świetlnego
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 6. Stanowisko do badań parametrów akustycznych głośników
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 7. Komora do wykonywania próby z SO₂ z ogólną kondensacją wilgoci
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Badania urządzeń automatyki pożarowej prowadzone są od czasu, kiedy stały się one integralną częścią systemów bezpieczeństwa pożarowego. Początkowo prowadzone w Zespole Laboratoriów BA prace koncentrowały się na budowie stanowisk badawczych oraz rozwoju metodyki badawczej dla poszczególnych

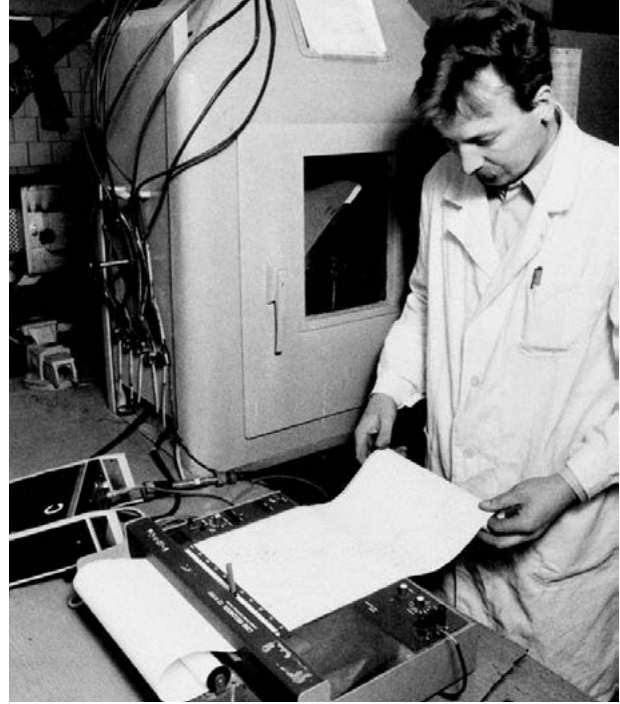
elementów systemów ochrony przeciwpożarowej. Obecnie praca laboratorium nie ogranicza się tylko do badań kwalifikacyjnych. Doświadczenie zdobyte na przestrzeni 50 lat funkcjonowania Instytutu oraz zaangażowanie pracowników daje efekty w postaci patentów, nagród na międzynarodowych konkursach

wynalazczości oraz udziału w projektach naukowo-badawczych – zarówno krajowych, jak i zagranicznych, najczęściej finansowanych ze środków Unii Europejskiej. Pracownicy Zespołu Laboratoriów dzielą się swoim doświadczeniem i wiedzą na szkoleniach w zakresie systemów wykrywania pożaru, wentylacji oraz dźwiękowych systemów ostrzegawczych, są również zapraszani jako prelegenci na krajowe i międzynarodowe konferencje. Uczestniczyli także w licznych projektach badawczych i wdrożeniowych realizowanych we współpracy krajowej oraz międzynarodowej, w tym w projektach, takich jak np.:

- „Zwiększenie bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych poprzez opracowanie nowoczesnego systemu monitoringu pożarowego na terenie RP (projekt nr 0002/R/ID1/2011/01), którego celem było zwiększenie bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych poprzez opracowanie prototypowego urządzenia (demonstratora) modułowego systemu integrującego stosowane w Polsce systemy transmisji alarmów pożarowych (monitoringu pożarowego) oraz przeprowadzenie testów prototypu w warunkach rzeczywistych.
- „Nowoczesne narzędzia inżynierskie do wspomagania decyzji przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych PSP w obiektach budowlanych” (projekt nr DOBR/0010/R/ID1/2013/03), którego zamierzeniem była poprawa bezpieczeństwa strażaków podczas działań ratowniczo-gaśniczych oraz optymalizacja efektów gaszenia. Cel ten był zrealizowany poprzez doskonalenie działań służb ratowniczych w trakcie pożarów w obiektach budowlanych. Drogą do tego udoskonalenia było komputerowe wspomaganie dowódcy w trakcie działań. Zadaniem utworzonego systemu komputerowego jest podniesienie jakości wykonywania operacji informacyjno-decyzyjnych oraz skrócenie czasu akcji ratowniczo-gaśniczych. Jednym z efektów prowadzonych prac był Złoty medal podczas XXXI Międzynarodowych Targów Wynalazczości i Innowacji INPEX® (Stany Zjednoczone 2016 r.).
- „Symulator szkoleniowy w zakresie wykorzystania technicznych systemów przeciwpożarowych wspierających ewakuację ludzi z obiektów budowlanych” (projekt nr DOB-BIO9/16/01/2018), którego celem jest opracowanie prototypu fizycznego symulatora (trenażera) szkoleniowego do szkolenia strażaków oraz inżynierów bezpieczeństwa pożarowego w zakresie oceny wpływu technicznych systemów przeciwpożarowych na sposób prowadzenia działań ratowniczych w obiektach budowlanych oraz rozwiązań niestandardowych stosowanych w budynkach projektowanych z uwzględnieniem inżynierii bezpieczeństwa pożarowego.

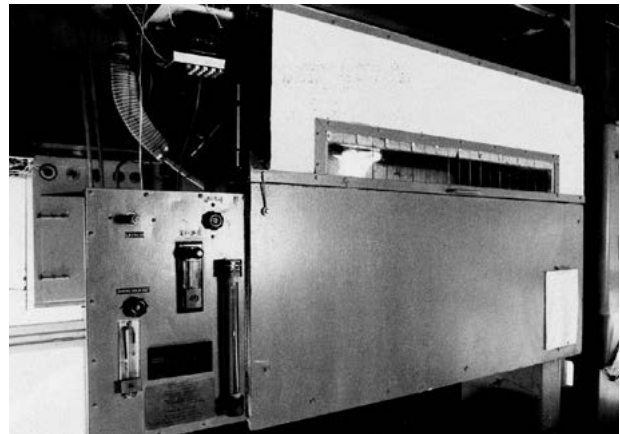
Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości BW został utworzony na początku 2011 roku jako odpowiedź na powstałe zapotrzebowanie w dziedzinie badań pożarowych i wybuchowości. Należy jednak pamiętać, że badania w zakresie właściwości pożarowych oraz badania rozwoju pożarów mają w CNBOP-PIB znacznie dłuższą historię. Jednym ze znaczących osiągnięć w tym obszarze było uzyskanie 4 maja 1996 r. akredytacji PCBIC (numer certyfikatu L 60/1/96) przez Laboratorium

Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, które wówczas zajmowało się prowadzeniem badań palności takich wyrobów jak: posadzki i wykładziny podłogowe, okładziny ścienne i sufitowe, tkaniny i wyroby elastyczne, materiały budowlane.



Rycina 8. Stanowisko do badania stopnia palności materiałów budowlanych

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 9. Stanowisko do badania szybkości rozprzestrzeniania płomieni po posadzkach i wykładzinach podłogowych

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

W latach 90-tych powstało Laboratorium Rozwoju Pożaru, które specjalizowało się w badaniu pożarów oraz jego dróg rozwoju. Laboratorium posiadało do dyspozycji obiekt doświadczalny, w którym spalano makiety fragmentów konstrukcji pomieszczeń oraz wyposażenia pomieszczeń. W kolejnych latach, w wyniku reorganizacji CNBOP oraz wobec gwałtownego wzrostu potrzeb badawczych w zakresie palności materiałów budowlanych oraz oceny parametrów wybuchowości różnych materiałów palnych, takich jak gazy,

ciecze i pyły, wydzielono Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości BW. W krótkim czasie uzyskał on akredytację PCA Nr AB 1280 na łącznie 18 metod badawczych zgodnie z wymaganiami PN-EN ISO/IEC 17025 "Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących", potwierdzając tym samym swoje kompetencje jako laboratorium badawcze. W zakresie akredytacji – oprócz metod już wcześniej akredytowanych – znalazły się nowe metody badawcze. Laboratorium wyznaczyło sobie ścieżkę rozwoju w trzech obszarach tj. palności materiałów, parametrów wybuchowości substancji (w szczególności pyłów palnych) oraz działalności eksperckiej. Dzięki dużemu zaangażowaniu kierownictwa laboratorium oraz rozszerzeniu personelu o specjalistów z różnych dziedzin rozpoczęto realizację wewnętrznych projektów badawczo-rozwojowych, a także projektów zewnętrznie finansowanych (np. z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju). Dzięki temu udało się powiększyć infrastrukturę badawczą – już w niespełna trzy lata znacząco rozszerzony został zakres akredytacji PCA oraz metod badawczych z obszaru właściwości wybuchowych substancji palnych oraz palności kabli elektrycznych. Tym samym Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości jako jedyny w skali kraju posiadał wówczas akredytowane stanowiska badawcze w opisanym obszarze. Nie bez znaczenia było uzyskanie przez laboratorium na początku 2016 r. statusu laboratorium notyfikowanego NB 1438 w zakresie systemu 3 oceny stałości właściwości użytkowych wybranych materiałów budowlanych oraz zasadniczych charakterystyk wymienionych w załączniku V do Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011. Tym samym Zespół Laboratoriów BW stał się uznanym ośrodkiem badawczym również poza granicami Polski.

Na przestrzeni kolejnych lat nastąpił dynamiczny rozwój Zespołu Laboratoriów BW i obecnie wykonuje on badania właściwości pożarowych materiałów budowlanych i wystrou wewnątrz, kabli elektrycznych i światłowodów, parametrów wybuchowych pyłów, par cieczy i gazów, ratowniczych narzędzi hydraulicznych oraz systemów gaszenia komór silnikowych pojazdów. W zaledwie 10 lat działalności zakres akredytacji z 18 metod rozrósł się do prawie 70 metod badawczych.

Inną, równie istotną ścieżką rozwoju laboratorium jest działalność ekspercka. Dzięki zaangażowaniu i kompetencji specjalistów, laboratorium oraz całe CNBOP-PIB zdobywa coraz większą rozpoznawalność i renomę. W Zespole Laboratoriów BW wykonywane są teoretyczne i numeryczne analizy procesów spalania (w tym wybuchów), w szczególności w obszarze obiektów i instalacji przemysłowych. Efektem prowadzonych prac jest powstanie wielu opinii, w tym m.in. w zakresie ustalania przyczyn i przebiegu pożaru wydawanych na rzecz sądów, prokuratur, policji oraz zakładów ubezpieczeń. Zespół Laboratoriów BW wykonuje również zlecenia dla podmiotów wchodzących w skład infrastruktury krytycznej Polski dotyczących bezpieczeństwa przemysłowego, w tym przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym (dyrektywa SEVESO).

Pracownicy Zespołu Laboratoriów swoją wiedzą i doświadczeniem dzielą się na szkoleniach prowadzonych w CNBOP w zakresie procesów spalania i wybuchów, a także są zapraszani jako prelegenci na krajowe i zagraniczne konferencje. Od samego początku działalności laboratorium pracownicy są bardzo aktywni w obszarze nauki, publikacji i rozpowszechniania wyników prowadzonych

badani, będąc autorami i współautorami wielu artykułów naukowych w polskich i zagranicznych czasopismach. Zespół Laboratoriów BW w zakresie badań klasyfikacyjnych skupia się obecnie głównie na badaniach:

- reakcji na ogień materiałów budowlanych,
- reakcji na ogień materiałów wyposażenia wnętrz,
- oddziaływania ognia zewnętrznego na ściany i dachy,
- reakcji na ogień kabli elektrycznych,
- funkcji podtrzymania przesyłu energii i sygnału kabli,
- stopnia palności różnych wyrobów z tworzywa sztucznego,
- parametrów wybuchowości i palności pyłów, cieczy palnych i gazów,
- stopnia palności inżynierskich obiektów drogowych,
- parametrów użytkowych ratowniczych narzędzi hydraulicznych,
- stopnia palności materiałów używanych w pojazdach,
- systemów gaszenia komór silnikowych pojazdów.

Opisany potencjał badawczy jest stale rozwijany i uzupełniany, m.in. poprzez wytworzenie nowoczesnych – i w dużej części unikalnych – stanowisk badawczych. Na uwagę zasługują szczególnie takie stanowiska jak rura do badania procesów deflagracji i detonacji w gazach o długości 9 m i 20 m, kanał do obserwacji spalania deflagracyjnego par cieczy palnych i gazów. Wymienione stanowiska otrzymały wyróżnienia i medale na targach innowacji i naukowości w Polsce oraz za granicą. W ostatnim czasie Zespół Laboratoriów BW rozwija potencjał badawczy w zakresie badania zagrożeń powodowanych przez układy magazynowania energii elektrycznej (baterie Lion) oraz badania parametrów użytkowych mobilnych wentylatorów oddymiających używanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej.



Rycina 10. Stanowisko do wyznaczania parametrów charakteryzujących wybuch pyłowo-powietrzny wg normy PN-EN 14034 przy użyciu 20 dm³ sfery
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

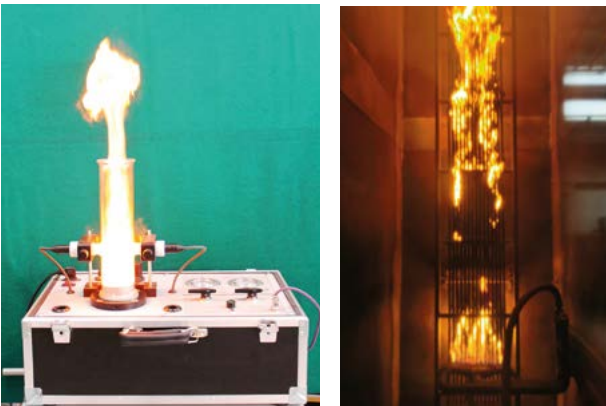


Rycina 11. Badanie gazów wydzielających się podczas spalania materiałów pochodzących z kabli i przewodów. Oznaczenie zawartości halogenowodorów wg PN-EN 60754-1:2014-11
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 12. Stanowisko do wyznaczania minimalnej energii zapłonu obłoku pyłu w rurze o pojemności 1,2 dm³, w układzie z elektrodą ruchomą.

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 13. Badanie wstępne do oceny zdolności pyłu do zapłonu

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Rycina 14. Badanie reakcji na ogień kabli elektrycznych wg PN-EN 50399

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 15. Badanie systemów gaszenia komór silnikowych pojazdów wg Regulaminu 107 UN/ECE 1201812371, Zał.13

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Pracownicy Zespołu Laboratoriów BW czynnie uczestniczą w licznych projektach badawczych i wdrożeniowych realizowanych w CNBOP-PIB we współpracy krajowej oraz międzynarodowej. Do najważniejszych projektów należą:

- „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem” EVARIS – projekt DOB-BIO7/09/03/2015. Głównym celem tego projektu było opracowanie oprogramowania RAT-if służącego do oceny zagrożenia stwarzanego przez zakłady posiadające na swoim terenie substancje niebezpieczne. Walidacja i weryfikacja pracy oprogramowania RAT-if została przeprowadzona przy wykorzystaniu wyników badań poligonowych przeprowadzonych na specjalnie do tego celu zbudowanych (na terenie poligonu szkoleniowego Ośrodka Szkolenia w Pionkach Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie) stanowiskach do badań pożarów powierzchniowych i strumieniowych oraz komputerowego modelowania matematycznego metodą obliczeniowej mechaniki płynów CFD. Docelowe wdrożenie finalnej wersji programu w Państwowej Straży Pożarnej powinno ujednolicić w skali kraju podejście do zagadnień związanych z zapobieganiem poważnym awariom przemysłowym oraz wpłynąć pozytywnie na obniżenie poziomu zagrożenia związanego z funkcjonowaniem zakładów przemysłowych. Ostateczna wersja programu RAT-if zapewni kompleksowe wsparcie dla funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej i organów Inspekcji Ochrony Środowiska w procesie opiniowania warunków zabudowy wokół zakładów przemysłowych, w tym w sąsiedztwie zakładów o zwiększonym lub dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej. Wyniki realizacji projektu EVARIS, w tym w szczególności program RAT-if, zdobyły wiele nagród, m.in. zostały wyróżnione na Grad Prix Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa oraz otrzymały złoty medal na Grad Prix SAWO 2018. Efektem projektu EVARIS jest publikacja 9 artykułów w czasopismach naukowych oraz 3 monografii.
- „Innowacyjne stanowisko badawczo-treningowe „Trenażer LNG” służące do opracowania taktyki działań z wykorzystaniem sprzętu będącego na wyposażeniu PSP podczas zdarzeń LNG” (projekt nr 080/BW/CNBOP-PIB/NCBiR/2018–2022). Głównym celem projektu było opracowanie kompletnego zestawu trenażera LNG oraz jego sprawdzenie w warunkach rzeczywistych. Wykonanie na podstawie sporządzonych projektów wraz z niezbędną dokumentacją, materiałami i elementami dodatkowymi umożliwi zrealizowanie szkolenia z zakresu działań ratowniczych podczas awarii środków transportu LNG ze szczególnym uwzględnieniem transportu drogowego w Polsce. W wyniku realizacji projektu w Urzędzie Patentowym RP zgłoszono 5 wzorów użytkowych dla rozwiązań trenażera LNG. W 2021 roku wyniki projektu zostały również nagrodzone złotym medalem na międzynarodowych targach EUROINVENT – European Exhibition of Creativity and Innovation w Rumunii.

- „Innowacyjne technologie zabezpieczeń przed wybuchem, w tym obiektów szczególnie chronionych” (projekt nr DOBR-BIO4/052/1 3073/2013). W ramach projektu opracowano koncepcję dla stanowiska badawczego rury detonacyjnej o długości 20 m (RD20), uwzględniając pracę tego urządzenia z tłumikiem detonacji. Opracowano również metody badawcze, na podstawie których zostały zrealizowane prace wykazujące warunki działania aktywnego i pasywnego systemu tłumienia wybuchu. Opracowano kod numeryczny CFD, umożliwiającego wykonanie symulacji spalania deflagacyjnego i detonacyjnego. Uruchomiono stanowiska badawcze, przeznaczone do testów pasywnych i aktywnych systemów zabezpieczeń, w tym także urządzenia pomocnicze. Zbudowano również dwa demonstratory technologii, zdolne do przerywania reakcji spalania laminarnego i detonacyjnego. W ramach budowy bazy danych na temat właściwości wybuchowych substancji wykonano badania ukierunkowane na wyznaczenie charakterystyk spalania deflagacyjnego mieszanin określonych pyłów i par cieczy z powietrzem oraz spalania detonacyjnego wybranych gazów palnych w mieszaninie z tlenem lub powietrzem. Na podstawie zebranych materiałów zbudowano zestawienie danych, które w postaci bazy udostępnione zostało na stronie www.intexonline.pl. Na stronie projektu udostępniono także możliwość pobrania oprogramowania IntexSoft – oprogramowanie służące do prowadzenia symulacji spalania deflagacyjnego i detonacyjnego wybranych mieszanin paliw. Wyniki realizacji projektu upowszechniano poprzez publikację 9 artykułów w czasopismach naukowych oraz udział w konferencjach. Projekt uzyskał także wyróżnienie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Od chwili powstania Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej (OBRPOP) funkcjonował w nim zakład zajmujący się obszarem szeroko pojętej techniki pożarnej. Obecny **Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Jednostek Ochrony Przeciwpożarowej BS** początkowo działał jako Zakład Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia BS-1 oraz Laboratorium Pomp i Armatury Wodno-Pianowej BS-2. W kolejnych latach, wraz z rozszerzaniem zakresu działalności i tworzeniem nowych pracowników i stanowisk – po kolejnej reorganizacji w roku 2005 – utworzono Zakład Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnych, który realizował dotychczasowe zadania Zakładu BS-1 oraz Zakładu BS-2. W 2006 roku w strukturę Zakładu BS został włączony Zakład Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych BT, który był jednym z pierwszych zakładów powołanych w OBRPOP. Zarówno pierwotna, jak i dzisiejsza działalność Zakładu BS miała ogromne znaczenie dla rozwoju wyposażenia straży pożarnych i związanej z nim transformacji w zakresie ochrony przeciwpożarowej. To tutaj tworzono nowy sprzęt i urządzenia pożarnej, środki gaśnicze i ogniochronne pobudzając rodzimą produkcję, wypełniając tym samym ogromną lukę w kraju. Zakład BS opracowywał założenia konstrukcyjne, dokumentację i wdrożenia do produkcji samochodów ratowniczo-gaśniczych na podwoziach polskiej produkcji np. STAR, ŻUK, Polonez czy TARPAN.



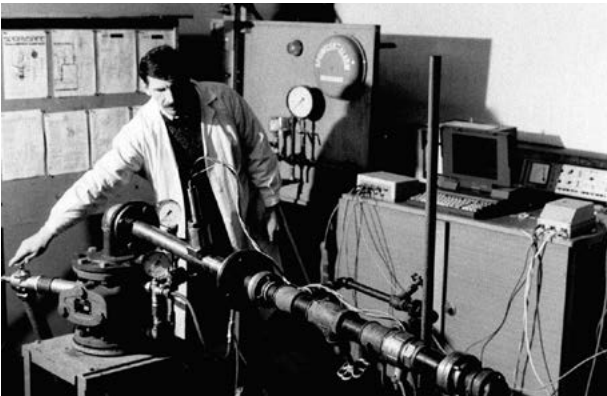
Rycina 16. Lekki samochód dowodzenia i łączności na podwoziu ŻUK
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Do zadań Zakładu BS-1 należały przede wszystkim badania rozwoju techniki pożarnej w kraju i za granicą oraz wytyczanie kierunków postępu w zakresie sprzętu bojowego dla straży pożarnych. Stale poszerzano zakres badawczy i ofertę zakładów poprzez budowę nowych konstrukcji pojazdów i ich wyposażenia oraz osobistego wyposażenia strażaka, a także doskonalono ich funkcjonalność. Z kolei Zakład BS-2 koncentrował się na pracach naukowo-badawczych i wdrożeniowych obejmujących nowe opracowania sprzętu straży pożarnych. Prowadzono także badania techniczno-taktyczne sprzętu gaśniczego w zakresie przepływu cieczy i gazów oraz niezawodności działania urządzeń transportujących środki gaśnicze do miejsca pożaru. W obu zakładach opracowywano również projekty Polskich Norm oraz nadzorowano wiele prac wdrożeniowych. Poszerzano zakres badawczy i ofertę zakładów poprzez budowę nowych stanowisk badawczych. Niejednokrotnie były to pionierskie projekty powstające w oparciu o normy, wykorzystujące najnowsze zdobycze techniki, pracując na podstawie własnych pomysłów i odrębnych rysunków. W tamtym okresie powstały m.in. stanowiska do badania: pomp i armatury pożarnej (studnia wraz z wyposażeniem), węży pożarniczych, jakości i trwałości piany wytwarzanej przez armaturę pożarniczą. Następne lata rozwoju – wynikającego z zapotrzebowania rynku pożarnej – to kolejne inwestycje w infrastrukturę badawczą. Wówczas infrastruktura laboratorium wzbogaciła się o stanowiska do: badania granicznego kąta przechyłu bocznego pojazdów pożarniczych, określania mas i nacisków pojazdów pożarniczych, testowania stabilności pojazdów z wysoko umiejscowionym środkiem ciężkości, w tym z modułami do badania drabin obrotowych oraz podnośników hydraulicznych dla straży pożarnej.

Dzięki tak rozbudowanemu zapleczu badawczemu możliwe było wydawanie przez CNBOP certyfikatów, które miały na celu standaryzację pojazdów i wyrobów do stosowania w ochronie przeciwpożarowej. Badania kwalifikacyjne w tym zakresie prowadzone były na stanowiskach badawczych będących w posiadaniu Zakładu BS i dotyczyły głównie pojazdów pożarniczych, sprzętu ratowniczego, pomp pożarniczych, armatury i sprzętu wodno-pianowego, hydrantów oraz elementów armatury wodno-pianowej, wyposażenia i uzbrojenia osobistego strażaka, sygnalizatorów bezruchu, podzespołów stałych urządzeń gaśniczych wodnych tryskaczowych i zraszaczowych, stałych urządzeń gaśniczych na mgłę wodną, stałych urządzeń gaśniczych pianowych.



Rycina 17. Stanowisko do badania sprzętu hydrauliki siłowej
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 18. Stanowisko do badania zaworów kontrolno-alarmowych
 gaśniczych urządzeń tryskaczowych
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Ostatnia transformacja Zakładu BS miała miejsce w 2016 r. Zmianie uległ zakres działalności oraz nazwa Zakładu. Obszar technicznych zabezpieczeń przeciwpożarowych wraz z personelem został przeniesiony do nowo utworzonego Zespołu Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych BU, natomiast laboratorium zyskało nową nazwę Zespół Laboratoriów Technicznego Wypożyczenia Jednostek Ochrony Przeciwpożarowej BS.

Zespół Laboratoriów BS od 4 maja 1996 roku posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego. Od 2018 roku Certyfikat Akredytacji nr AB 059 potwierdza, że prowadzona działalność opiera się o zasady zgodne z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 "Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących". Wyniki dzisiejszej działalności badawczej laboratorium wykorzystywane są przede wszystkim na potrzeby dopuszczeń, jak również certyfikacji dobrowolnej i opinii technicznych. Ponadto Zespół Laboratoriów BS wykonuje opinie techniczne i ekspertyzy na zlecenie sądów i innych podmiotów oraz opracowuje wytyczne i wymagania sprzętowe na rzecz jednostek Państwowej Straży Pożarnej oraz Ochotniczych Straży Pożarnej. Prowadzi również prace badawczo-rozwojowe oraz naukowe w zakresie wyposażenia straży pożarnej oraz opiniuje projekty Polskich Norm. Istotnym celem Zespołu Laboratoriów BS jest wprowadzanie nowych, zgodnych ze standardami europejskimi, metod

badawczych w opisanym zakresie. Szeroki obszar działalności merytorycznej oraz tematyka realizowanych projektów potwierdza wszechstronność i interdyscyplinarność zespołu, a jednocześnie wysoki poziom specjalizacji pracowników. Zespół Laboratoriów BS dysponuje obecnie 10 nowoczesnymi stanowiskami badawczymi umożliwiającymi realizację badań oraz prac związanych z akredytacją i certyfikacją, służącymi do badań:

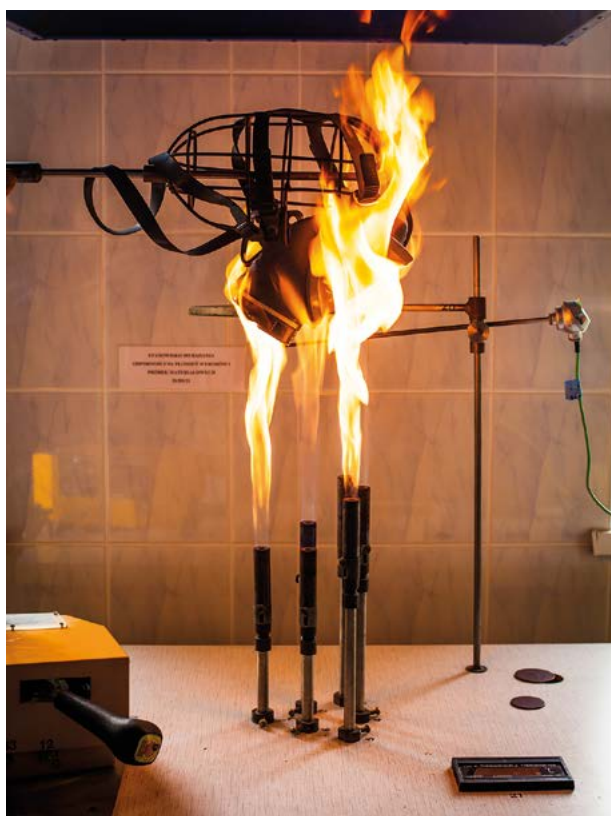
- przemakalności obuwia strażackiego,
- wytrzymałościowego narzędzi hydraulicznych,
- poduszek podnoszących,
- korków uszczelniających,
- przemakalności ubrania strażackiego,
- granicznego kąta przechyłu pojazdów,
- palności masek,
- mas pojazdów i nacisków,
- węży ssawnych i tłocznych oraz
- krzyżowania osi w pojazdach.



Rycina 19. Stanowisko do badania przemakalności ubrania strażackiego
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 20. Stanowisko do badania granicznego kąta przechyłu pojazdów
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 21. Stanowisko do badania palności masek
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Od dnia 27 października 2020 roku na podstawie ustawy z dnia 14 sierpnia 2020 r. o szczególnych rozwiązaniach dotyczących wsparcia służb mundurowych nadzorowanych przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych, o zmianie ustawy o Służbie Więziennej oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2020 poz. 1610), a także rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 października 2020 roku w sprawie wprowadzania do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej pojazdów pożarniczych używanych poza granicami kraju Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Jednostek Ochrony Przeciwpożarowej wydaje opinie techniczne dla używanych pojazdów pożarniczych sprowadzanych z zagranicy, na podstawie których jednostki ochrony przeciwpożarowej mają możliwość wprowadzania przedmiotowych pojazdów do użytkowania.

Pracownicy Zespołu Laboratoriów BS czynnie uczestniczą w licznych projektach badawczych i wdrożeniowych realizowanych w CNBOP-PIB we współpracy krajowej oraz międzynarodowej, w tym:

- „Zintegrowany mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykrzysowe PROTEUS” (projekt nr POIG.01.01.02-00-014/08), którego celem było przełamanie barier i pokonanie luk technologicznych, co umożliwiło opracowanie w Polsce zintegrowanego mobilnego systemu wspomagającego działania antyterrorystyczne i antykrzysowe. W wyniku realizacji projektu opracowano zintegrowany system do zwalczania sytuacji kryzysowych, w tym terrorystycznych. W jego skład wchodzi:

- zestaw czujników niezbędnych do nawigacji i badania stanu otoczenia użytych robotów mobilnych oraz do określenia stanu bezpieczeństwa środowiska (rozpoznanie ewentualnego skażenia chemicznego, biologicznego, promieniowania jonizującego),
- bezpilotowy statek latający,
- mały robot mobilny do celów inspekcyjno-ratowniczych,
- robot o zwiększonej funkcjonalności,
- robot interwencyjny (umożliwiający podjęcie aktywnych działań w rejonie zagrożenia),
- mobilne centrum dowodzenia.

Wyniki projektu opisano w 3 monografiach i 2 publikacjach.

- „Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych” (projekt nr 0014/R/ID1/2011/01). Celem projektu jest opracowanie technologii nowoczesnych ochron osobistych służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych oraz zweryfikowanie ich funkcjonalności, bezpieczeństwa oraz ergonomii. W trakcie projektu równolegle pracowano nad rozwiązaniami konstrukcyjnymi ubrań oraz nad konstrukcją systemu monitorowania funkcji życiowych. Wyniki projektu zostały czterokrotnie nagrodzone na międzynarodowych targach wynalazczości, w tym złotymi medalami na Geneva Inventions 2014 oraz Archimedes 2014.
- „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania” (projekt nr DOBR-BIO4/051/13087/2013). Celem projektu jest opracowanie zaawansowanych technologii informatycznych wspomagających zarządzanie kryzysowe i ratownictwo. W ramach realizacji stworzono demonstrator technologii – systemu teleinformatycznego zbierającego i przetwarzającego dane oraz wspierającego zadania logistyczne w zakresie serwisowania oraz zakupów sprzętu ratowniczego a także zawierającego bazę świadectw dopuszczeń wydawanych przez CNBOP-PIB. Projekt nagrodzony m.in. srebrnym medalem na targach INST 2014 w Taipei na Tajwanie, medalem Prezesa Zarządu Głównego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych RP, GRAND PRIX SAWO 2016, złotym medalem na targach Concours Lepine International Paris. Wyniki projektu opublikowano w 2 monografiach.
- „Innowacyjne rozwiązania metod stabilizowania konstrukcji budowlanych i technologicznych w warunkach działań ratowniczych podczas likwidacji skutków katastrofy budowlanej” (projekt DOB-BIO6/03/48/2014). Celem projektu było dokonanie wszechstronnej analizy destabilizacji materiałowej i konstrukcyjnej w oparciu o dotychczasowe sytuacje krytyczne występujące podczas katastrof budowlanych i awarii. Szczególne znaczenie mają wnioski z opisów i analizy doświadczeń z działań grup poszukiwawczo-ratowniczych oraz uznane osiągnięcia ekspertów z zakresu ochrony ludności.

W oparciu o przyjętą systematykę i doświadczenia ratownicze opracowano koncepcje rozwiązań o charakterze nowatorskim. Szczególna uwaga zwrócono na uwarunkowania krajowych zagrożeń utraty stateczności obiektów i opracowanie w odniesieniu do takich zagrożeń metod i rozwiązań systemów materiałowych i sprzętowych.

Zespół Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych BU to stosunkowo młoda komórka. W obecnej formie funkcjonuje od 2016 r., kiedy to połączono dawne Laboratorium Badań Chemicznych i Pożarowych z sekcją Stałych Urządzeń Gaśniczych. Wcześniej zbliżonym obszarem badań zajmowało się Laboratorium Badań Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego, które w latach dziewięćdziesiątych wykonywało m.in. badania akredytacyjne gaśnic, a także prowadziło testy środków do usuwania skutków awarii z ropą naftową i jej pochodnymi. W kooperacji z Centralnym Instytutem Ochrony Pracy opracowało także charakterystyki niebezpiecznych substancji chemicznych. Na tamten okres przypada intensywny rozwój infrastruktury laboratorium. Powstały wówczas m.in. stanowiska do badań udarowych gaśnic, skuteczności gaśniczej pożarów grupy C, badań zagęszczalności gaśnic proszkowych. Wybudowano także nową halę do badań ogniowych.

Jednym z istotnych czynników stymulujących rozszerzenie oferty badawczej Centrum były zmiany w prawodawstwie. Przykładem takiej reakcji na zmieniające się otoczenie formalne (wdrożone w 1997 roku zmodyfikowane procedury badawcze CEN) i – co za tym idzie – na pojawiające się nowe potrzeby rynkowe był zakup komory mgły solnej do badań odporności gaśnic na korozję zewnętrzną.

W latach 90-tych, mając na uwadze ochronę środowiska, laboratorium zaprzestało wykorzystywania do badań benzyny, zastępując ją rozpuszczalnikami takimi jak heptan czy aceton.



Rycina 22. Stanowisko do badania odporności gaśnic na korozję zewnętrzną

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego Nr AB 060 potwierdza, że jego działalność opiera się o zasady zgodne z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. Prowadzone tu badania naukowe i rozwojowe dają podstawę do realizowania projektów badawczo-rozwojowych oraz oferowania klientom opracowywania procedur i wykonywania badań w celu uzyskania świadectw dopuszczenia, certyfikatów lub krajowych ocen technicznych.

Obecnie Zespół Laboratoriów BU realizuje badania sprzętu podręcznego, który ma decydujące znaczenie dla efektywności jego stosowania podczas działań gaśniczych, określa zakres stosowania i przydatność nowoczesnych preparatów chemicznych używanych w akcjach ratowniczo-gaśniczych. Prowadzi także prace badawcze i rozwojowe w zakresie struktury i właściwości środków gaśniczych oraz sorbentów. W obszarze badań Laboratorium BU są również stałe urządzenia gaśnicze: wodne, pianowe, gazowe oraz na mgłę wodną, hydranty wewnętrzne, w tym zawory i prądownice hydrantowe, hydranty zewnętrzne, w tym nadziemne i podziemne, stojaki hydrantowe. Dzięki doświadczeniu oraz wiedzy pracownicy laboratorium prowadzą prace związane z doradztwem technicznym i konsultacjami w zakresie prawidłowości rozwiązań konstrukcyjnych, poprawności działania i skuteczności SUG-ów, sporządzają opinie i ekspertyzy dotyczące wykorzystania środków gaśniczych, sprzętu gaśniczego i komponentów stałych urządzeń gaśniczych.

Laboratorium BU wykonuje badania jakości partii środków gaśniczych dostarczanych do użytkowników oraz ocenia jakość i możliwość dalszego stosowania środków gaśniczych, których termin przydatności upłynął. Badania te dotyczą środków z instalacji gaśniczych, środków użytkowanych na statkach oraz stanowiących zabezpieczenie baz paliw. Wykonywane są zgodnie z akredytowanymi metodami wymienionymi w zakresie akredytacji. Przedmiotem opinii wydawanych przez Laboratorium są również tryskacze po ponad 10-letniej eksploatacji w instalacjach stałych urządzeń gaśniczych.

Zespół Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych prowadzi także badania odporności na działanie środowiska zewnętrznego. Testom poddaje się układy, które ulegają niszczeniu (mechanicznemu lub środowiskowemu) np. zbiorniki, urządzenia lub instalacje narażone na działanie agresywnych cieczy m.in. środków gaśniczych, płynów eksploatacyjnych. Badane materiały oceniane są na podstawie wyglądu po badaniu korozyjnym oraz ubytku masy próbki.

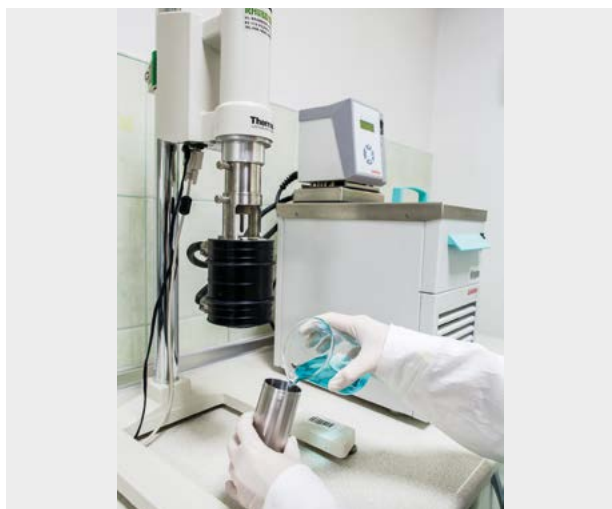
W celu realizacji badań oraz prac związanych z akredytacją i certyfikacją, na wyposażeniu BU znajduje się szereg stanowisk badawczych, w tym stanowiska do:

- oznaczania zawartości osadu w pianotwórczych środkach gaśniczych,
- badania skuteczności gaśniczej w małej skali środków pianotwórczych do wytwarzania piany ciężkiej służącej do powierzchniowego gaszenia cieczy palnych,
- oznaczania liczby spienienia i szybkości wykraplania piany z pianotwórczych środków gaśniczych,
- badania parametrów użytkowych sorbentów,
- badania składu ziarnowego proszków gaśniczych i sorbentów,
- badań mikroskopowych,
- badania dynamicznego napięcia powierzchniowego,
- oznaczania lepkości dynamicznej lepkościerzem Höpplera,
- oznaczania skuteczności gaśniczej gaśnic przenośnych w zakresie pożarów grupy A,
- oznaczania skuteczności gaśniczej gaśnic przenośnych w zakresie pożarów grupy B,

- oznaczania skuteczności gaśniczej gaśnic przenośnych w zakresie pożarów grupy F,
- badania korozji zewnętrznej gaśnic przenośnych i przewoźnych,
- badania zakresu temperatur działania gaśnic przenośnych i przewoźnych,
- próby korozji w wilgotnym powietrzu,
- próby reagowania na wzrost temperatury,
- badania temperatury zadziałania,
- badania odporności na działanie ciepła,
- badania rozpraszania wody,
- badania hydrantów nadziemnych na zginanie,
- badania dielektrycznego,
- pomiaru napięcia powierzchniowego i współczynnika rozpylania,
- oznaczania lepkości za pomocą wiskozymetru rotacyjnego,
- badania skuteczności gaśniczej w dużej skali środków pianotwórczych do wytwarzania piany ciężkiej służącej do powierzchniowego gaszenia cieczy palnych,
- badania hydrantów nadziemnych.



Rycina 23. Stanowisko próby reagowania na wzrost temperatury zewnętrznej
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 24. Stanowisko do oznaczania lepkości za pomocą wiskozymetru rotacyjnego
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 25. Stanowisko do badania skuteczności gaśniczej w dużej skali środków pianotwórczych do wytwarzania piany ciężkiej służącej do powierzchniowego gaszenia cieczy palnych

Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.



Rycina 26. Stanowisko do badania hydrantów nadziemnych
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Pracownicy Zespołu Laboratoriów BU czynnie uczestniczą w pracach naukowych prowadzonych przez CNBOP-PIB. Brali udział w licznych projektach badawczych i wdrożeniowych realizowanych we współpracy krajowej oraz międzynarodowej, w tym w projektach, takich jak np.:

- „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych” (projekt nr 0048/R/T00/2010/12), którego celem było stworzenie zaawansowanego demonstratora technologii umożliwiającego zmniejszenie zagrożenia technicznego i środowiskowego spowodowanego wypadkiem lub awarią systemu technicznego. Demonstrator technologii został opracowany w formie bezzałogowego, mobilnego, zdalnie sterowanego systemu przeznaczonego m.in. do szybkiego prowadzenia działań rozpoznawczych w zakresie wykrywania substancji niebezpiecznych w atmosferze bez narażania ratowników, ograniczania zasięgu emisji gazów toksycznych i par do atmosfery czy też odkażania strefy objętej skażeniami chemicznymi. W ramach projektu wydano także 4 publikacje.
- „Opracowanie innowacyjnego środka przeznaczonego do usuwania zanieczyszczeń i skażeń z infrastruktury drogowej oraz przemysłowej” (projekt nr O ROB 000401/ID4/3), w wyniku którego opracowano recepturę i technologię wytwarzania środka proekologicznego do usuwania skutków kolizji transportowych, co zaowocowało 4 zgłoszeniami patentowymi: P.406223, P.406224, P.407290, p.407293, 9 nagrodami (w tym Złoty medal podczas LXII Międzynarodowych Targów Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik BRUSSELS INNOVA 2013) oraz 14 publikacjami.

Projekty badawcze

Prowadzenie badań naukowych, prac rozwojowych i wdrożeniowych w zakresie ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności, obrony cywilnej, zarządzania kryzysowego, bezpieczeństwa środowiskowego, w tym o szczególnym znaczeniu dla bezpieczeństwa kraju, jest jednym z podstawowych obszarów działalności CNBOP-PIB. Realizowane prace badawcze i badawczo-rozwojowe korespondują z potrzebami zdefiniowanymi przez Komendanta Głównego PSP, Ministra Spraw Wewnętrznych oraz inne jednostki działające na rzecz ochrony przeciwpożarowej. Tematyka prowadzonych prac obejmuje następujące kierunki badawcze:

- doskonalenie wyposażenia technicznego straży pożarnej oraz zapewnienie bezpieczeństwa pracy strażaków,
- zwiększenie poziomu bezpieczeństwa ludzi oraz zabezpieczenia przeciwpożarowego obiektów,
- badania środków gaśniczych i podręcznego sprzętu gaśniczego,
- badania właściwości pożarowych materiałów budowlanych,
- badania i prace rozwojowe w zakresie doskonalenia funkcjonowania Państwowej Straży Pożarnej i systemu ochrony przeciwpożarowej,
- wdrażanie wymogów i dyrektyw Unii Europejskiej związanych z ochroną przeciwpożarową, ratownictwem i ochroną ludności.

Działania dotyczące obsługi prac naukowo-badawczych i rozwojowych zainicjowane zostały w latach 70-tych. Początkowo dedykowana tym działaniom komórka organizacyjna nosiła nazwę Dział Planowania Prac Naukowo-Badawczych i Wynalazczości. Powierzone jej zadania związane były z opracowywaniem planów wieloletnich, rocznych i ich sprawozdawczości, prowadzeniem spraw związanych z odbiorami prac badawczych, z badaniami kwalifikacyjnymi i atestacyjnymi oraz umowami licencyjnymi.

Pracownicy dzisiejszego **Biura Projektów i Obsługi Badań BP** wspomagają zespoły innych jednostek organizacyjnych CNBOP-PIB w zakresie pozyskiwania funduszy na realizację projektów oraz czynnie uczestniczą w licznych projektach badawczych i wdrożeniowych we współpracy krajowej, w tym w projektach, takich jak :

- „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo” (projekt DOBR/0015/R/ID1/2012/03), którego realizacja umożliwiła opracowanie zaawansowanego oprogramowania teleinformatycznego do wspomagania projektowania systemów ratowniczych dla gmin, powiatów i województw, pozwalające na optymalizację rozmieszczenia podmiotów ratowniczych, ich obsad kadrowych oraz wyposażenia technicznego i logistycznego w zależności od poziomu zagrożeń i ryzyka. Istotnym efektem projektu jest również mobilna aplikacja zwiększania świadomości społeczeństwa odnośnie zasad bezpiecznego zachowania się w czasie wystąpienia zagrożeń, która wpłynie pozytywnie na bezpieczeństwo poprzez obniżenie poziomu zagrożeń i ryzyka. Wyniki projektu zostały upowszechnione w 8 publikacjach i 4 monografiach.
- „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania” (projekt nr DOBR-BIO4/051/1308/2013), którego celem było opracowanie zaawansowanych technologii informatycznych wspomagających zarządzanie kryzysowe i ratownictwo. Stworzenie demonstratora technologii – systemu teleinformatycznego zbierającego i przetwarzającego dane oraz wspierającego zadania logistyczne w zakresie serwisowania oraz zakupów sprzętu ratowniczego, a także zawierającego bazę świadectw dopuszczenia wydawanych przez CNBOP-PIB. Efektem realizacji projektu są m.in. 4 medale i nagroda specjalna zdobyte na międzynarodowych targach w Polsce i na Tajwanie oraz 4 publikacje.
- „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy” (projekt nr DOB-BIO6/06/113/2014). Celem projektu było opracowanie i wykonanie demonstratora technologii mobilnego turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego, pozwalającego na gaszenie pożarów dużych instalacji technologicznych, obiektów wielkokubaturowych oraz pożarów lasów na dużej przestrzeni, zabezpieczanie infrastruktury strategicznej państwa polskiego na terenie województwa lubuskiego, dekontaminację masową oraz ograniczenie

rozprzestrzeniania się i likwidację skażeń. Efektem końcowym projektu jest m.in. mobilny demonstrator turbino-
wego systemu ratowniczo-gaśniczego, posiadający wszelkie niezbędne dopuszczenia konieczne do praktycznego wykorzystania w działaniach ratowniczo-gaśniczych. Rozwiązanie to jest chronione w Urzędzie patentowym RP prawem na wzór użytkowy nr 06995. Wyniki projektu zostały zaprezentowane w rozdziale monografii oraz w referatach na konferencjach, jak również nagrodzone Nagrodą Lider Bezpieczeństwa Państwa Grand Prix 2018.

- „Sterowanie autonomicznym dronem za pomocą gogli (Monookularu)” (projekt DOB-BIO9/26/04/2018), którego celem było opracowanie i wykonanie systemu sterowania bezzałogowym statkiem powietrznym BSP. Rozwiązanie to umożliwia sterowanie BSP za pomocą wzroku operatora zgodnie z obecnymi możliwościami technologicznymi, a także przejęcie kontroli nad autonomicznym lotem BSP. Głównym efektem projektu jest uzyskanie prototypu systemu wraz z urządzeniem nagłównym. Ze względu na poufny charakter projektu wybrane jego wyniki upowszechniono w 5 publikacjach, 2 monografiach oraz w 7 wystąpieniach konferencyjnych. Wartością dodaną jest osiągnięcie celów szczegółowych, którymi są:
 - opracowanie narzędzia szkoleniowego wraz ze scenariuszami – zrealizowany moduł symulacyjny;
 - opracowanie narzędzia do wstępnej selekcji operatorów pod kątem ich predyspozycji i odporności na chorobę symulatorową – zrealizowany moduł symulacyjny z narzędziami indukującymi wystąpienie objawów choroby symulatorowej;
 - testowanie systemu pod kątem oddziaływań psychofizycznych na operatora – system zweryfikowany w trakcie badań nad chorobą symulatorową oraz w warunkach rzeczywistych;
 - wykonanie badań systemu pod kątem pracy w określonych warunkach środowiskowych, aby zapewnić niezbędną niezawodność i funkcjonalność w warunkach terenowych, w których będzie wykorzystywane.

Państwowa Straż Pożarna podejmuje w Polsce średnio ok. 200 interwencji rocznie w pożarach obiektów dóbr kultury, które – poza aspektem materialnym – przynoszą ogromne straty dla dziedzictwa narodowego. Dlatego też odpowiednie ich zabezpieczenie jest sprawą priorytetową. Jednym z bardziej interesujących projektów w tym obszarze była Akcja COST C17 „Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings”, stawiająca sobie za cel ochronę budynków zabytkowych w Europie przed zniszczeniem w wyniku pożaru. Projekt ten miał charakter multidyscyplinarny i międzynarodowy. Brali w nim udział między innymi przedstawiciele: Austrii, Finlandii, Francji, Grecji, Włoch, Norwegii, Słowenii, Szwecji, Szwajcarii, Wielkiej Brytanii i Polski. Ze strony Polski zadanie pt. „Trudno zapalne wyroby włókiennicze ograniczające zagrożenie pożarowe w obiektach zabytkowych”, będące częścią projektu COST C 17, realizowane było przez Instytut Inżynierii Materiałów Włókienniczych we współpracy z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej. W efekcie prac:

- opracowano metodologię oceny zagrożenia pożarowego stwarzanego przez włókiennicze wyroby wyposażenia wnętrz, jako kompleksową ocenę najważniejszych elementów składowych zagrożenia (określenie możliwości inicjacji pożaru, identyfikację oraz prawdopodobieństwo wystąpienia konkretnych zagrożeń, wraz z ich skutkami oraz sposobami minimalizacji),
- określono system postępowania podczas wyposażania obiektów zabytkowych we włókiennicze wyroby wyposażenia wnętrz, wraz z ustaleniem właściwości, jakimi powinny charakteryzować się te wyroby pod względem bezpieczeństwa pożarowego. Przedstawiono także odpowiednie narzędzie do weryfikacji prawidłowości założeń przyjętego systemu postępowania.

Do najpoważniejszych zagrożeń należą pożary lasów. Stwarzają one niebezpieczeństwo w wielu obszarach – w tym ekologiczne, mieszkańców miejscowości i zakładów przemysłowych znajdujących się w ich pobliżu. Działania ratownicze, prowadzone zwykle w ekstremalnych warunkach, wymagają dużego zaangażowania ludzi oraz sprzętu gaśniczego. Do gaszenia palących się podpowierzchniowo torfowisk i murszu konieczne jest użycie środków zwilżających, które dzięki swym właściwościom o wiele łatwiej i szybciej niż woda przenikają do miejsc objętych pożarem. W 2007 r. w CNBOP w ramach projektu badawczo-rozwojowego pt. „Badania nad otrzymaniem ekologicznego, biodegradowalnego środka zwilżającego, zwiększającego skuteczność akcji ratowniczo-gaśniczych i podnoszącego bezpieczeństwo powszechne kraju”, finansowanego ze środków MNiSW, rozpoczęto badania nad opracowaniem kompozycji środka zwilżającego do gaszenia lasów i torfowisk. Projekt prowadzono we współpracy z Instytutem Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” oraz Instytutem Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej.

Realizacja projektu pozwoliła na opracowanie trzech nowych kompozycji biodegradowalnych środka zwilżającego do gaszenia pożarów lasów i torfowisk, wytwarzanego na bazie związków powierzchniowo czynnych nowej generacji. Użycie środka zwilżającego do gaszenia pożarów lasów i torfowisk zdecydowanie skraca czas trwania trudnych i długotrwałych akcji ratowniczych oraz przyczynia się do ochrony środowiska naturalnego. Pozwala na zmniejszenie powierzchni spalonych terenów leśnych, a także ograniczenie liczby ofiar oraz strat materialnych i ekologicznych powstałych podczas tych pożarów. Dodatkowo, opracowane kompozycje charakteryzują się wysoką biodegradowalnością, są nietoksyczne zarówno w stosunku do zwierząt, jak i do ludzi. Wszystkie te cechy zadecydowały o tym, że opracowany w wyniku projektu i wdrożony do produkcji środek zwilżający został obsypany licznymi nagrodami i wyróżnieniami, zarówno w Polsce, jak i zagranicą (m.in. Złoty medal na 59 Międzynarodowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik INNOVA 2010 w Brukseli, godło „Teraz Polska”)

Równie istotnymi narzędziami w ochronie przeciwpożarowej są elementy zarządzania. Oprogramowanie dla Gminnych Centrów Zarządzania Kryzysowego ELIKSIR jest narzędziem informatycznym wspomagającym pracę Gminnych Centrów Zarządzania Kryzysowego oraz zapewniającym Szefowi Obrony Cywilnej Kraju

wsparcie naukowo-badawcze i eksperckie w zakresie zarządzania kryzysowego i ochrony ludności na szczeblu lokalnym poprzez praktyczne wykorzystanie nowoczesnej technologii informatycznej. Oprogramowanie „ELIKSIR” powstało w 2008 roku z inicjatywy Zarządu Głównego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych Rzeczypospolitej Polskiej we współpracy z CNBOP oraz z firmą PLOCMAN Sp. z o.o. w oparciu o wyniki zamawianych prac naukowo-badawczych i badawczo-rozwojowych. „ELIKSIR” pozwala na opracowanie nowoczesnego Gminnego Planu Zarządzania Kryzysowego, czyli planu w wersji elektronicznej, który „tworzy się sam” przy pomocy informacji wprowadzonych przez użytkownika do bazy danych oraz możliwościach przez nią oferowanych. Oprogramowanie zostało wdrożone w 110 gminach na terenie całego kraju oraz nagrodzone srebrnym medalem przyznawanym przez Międzynarodowe Jury na 109 Międzynarodowych Targach Wynalazczości Concours–Lepine w Paryżu oraz Dyplomem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za transfer wiedzy i innowacyjne rozwiązania w dziedzinie technologii i myśli technicznej podczas XVIII Krajowej Wystawy – Giełda Wynalazków Nagrodzonych w 2010 roku na Międzynarodowych Targach Wynalazczości.

Kolejnym narzędziem stanowiącym wsparcie naukowo-badawcze i eksperckie dla Szefa Obrony Cywilnej Kraju, dla jednostek samorządów terytorialnych, Ochotniczych Straży Pożarnych i innych podmiotów uczestniczących w procesie zarządzania bezpieczeństwem jest „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”. Jest to zestaw materiałów edukacyjnych dotyczących zasad zachowania się i postępowania w sytuacjach zagrożenia, z przeznaczeniem dla ludności zamieszkałej na terenach wiejskich opracowany w ramach projektu „Wioska Internetowa” przez Centrum we współpracy ze Związkiem Ochotniczych Straży Pożarnych RP.

Udział w projektach i rozwój naukowy wymaga opracowywania stanowisk badawczych, które są odpowiedzią na zmieniającą się technologię i rosnące wymagania. Projekt pt. „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych” (projekt nr DOBR/0011/R/ID1/2013/03), realizowany we współpracy z SGSP, Politechniką Warszawską MEIL, Szkołą Aspirantów PSP w Poznaniu i Thermolab sp. cywilna w Warszawie, pozwolił na wykonanie dokumentacji trzech stanowisk do badań ochron osobistych strażaków w odniesieniu do symulowanych warunków oddziaływania czynników zewnętrznych, weryfikację ich parametrów krytycznych oraz ocenę bezpieczeństwa użytkownika. Otrzymane wyniki zostały opublikowane w 3 artykułach. Zdobyły także srebrny medal i nagrodę specjalną na X Międzynarodowych Targach Wynalazków i Technologii INST 2014 w Tajwanie oraz złoty medal podczas Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO 2016.

Efekty prac realizowanych w ramach pracy naukowo-badawczej CNOP-PIB stanowią istotny wkład w rozwój ochrony bezpieczeństwa pożarowego, bezpieczeństwa ekologicznego, ludzi i mienia. Poza opisanymi projektami badawczo-wdrożeniowymi i naukowymi w Instytucie zrealizowano szereg projektów tzw. miękkich, współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej, w tym:

- „Enhancing Assessment in Search and Rescue (EASer)”, finansowany z Unijnego Mechanizmu Ochrony Ludności,
 - „Emergency Management in Social Media Generation”, realizowany w ramach 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej w zakresie badań i rozwoju technologicznego (7PR),
 - „FireMind: Tool for assessing and training Fireground Situation Awareness and decision-making”, realizowany w ramach programu Unii Europejskiej w dziedzinie edukacji, szkoleń, młodzieży i sportu Erasmus +,
- Obecnie realizowane są następujące projekty współfinansowane ze środków Unii Europejskiej (program Horyzont 2020):
- „eNotice – European Network of CBRN Training Centres”,
 - „Fire and Rescue Innovation Network”,
 - „Adapted situation awareness tools and tailored training scenarios for increasing capabilities and enhancing the protection of first responders (ASSISTANCE)”,
 - „ChYResilience – The role of children and youth in building a resilient society.

Wszystkie wymienione projekty realizowane są przez konsorcja międzynarodowe, co jest szczególnie ważne z punktu widzenia rozwijania współpracy międzynarodowej z ośrodkami odgrywającymi istotną rolę w obszarze tematycznym działania CNBOP-PIB.

Wpływ uzyskanych wyników badań na społeczeństwo i gospodarkę

Prowadzenie w CNBOP-PIB zaawansowanych interdyscyplinarnych badań naukowych umożliwiło opracowanie unikalnych metod badawczych, które otrzymały akredytację PCA oraz notyfikację Komisji Europejskiej. CNBOP-PIB wydaje również certyfikaty uznawane przez Państwo Katar, Zjednoczone Emiraty Arabskie i Iran.

Uzyskane wyniki badań naukowych znacząco wpływają na szereg grup społecznych:

- funkcjonariuszy służb niosących pomoc w trakcie pożarów, klęsk żywiołowych i innych zagrożeń – wzrost bezpieczeństwa akcji ratowniczo-gaśniczych z wykorzystaniem bezpiecznego sprzętu i wyposażenia osobistego,
- krajowych i zagranicznych producentów wyrobów – umożliwienie wprowadzenia na rynek bezpiecznych wyrobów,
- użytkowników obiektów budowlanych mieszkalnych, przemysłowych – wzrost bezpieczeństwa obiektów.

Dzięki akredytacji i notyfikacji wyniki badań naukowych uzyskane w CNBOP-PIB w sposób przełomowy wpływają zarówno na polskie, jak i międzynarodowe przedsiębiorstwa, pozwalając na eksport produkowanych w tych krajach wyrobów oraz wpływając na społeczność lokalną i międzynarodową. Świadectwa dopuszczenia i certyfikaty CNBOP-PIB są dokumentami niezbędnymi do wprowadzenia wyrobów i usług z obszaru ochrony przeciwpożarowej na rynek.

Ponadto wyniki zrealizowanych przez CNBOP-PIB badań naukowych i prac rozwojowych umożliwiły opracowanie procesu

oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobów budowlanych, dla których nie opracowano do tej pory narzędzi w formie Polskich lub Europejskich Norm i innych międzynarodowych standardów. Taka ocena dostępna jest dla wszystkich producentów krajowych i zagranicznych, chcących legalnie wprowadzać wyroby budowlane na rynek. Uzyskane wyniki badań naukowych mają bezpośredni, znaczący wpływ na szereg grup społecznych w Polsce i w innych krajach, w tym krajowych i zagranicznych producentów wyrobów i inwestorów oraz funkcjonariuszy jednostek ochrony przeciwpożarowej niosących pomoc w trakcie działań ratowniczo-gaśniczych prowadzonych z wykorzystaniem badanego sprzętu.

Dzięki posiadanym uprawnieniom Instytut w sposób przełomowy wpływa na szereg organizacji, pozwalając na ocenę proponowanych – niejednokrotnie daleko innowacyjnych – rozwiązań. Procesy skupione wokół ocen technicznych wyprzedzają daleko istniejące rozwiązania legislacyjne funkcjonujące obecnie na terenie Wspólnoty Europejskiej. Opracowywane metody badań i sposób ich weryfikacji odzwierciedlane są niejednokrotnie we własnych procedurach badawczych laboratoriów Instytutu, które następnie poprzez proces akredytacji są walidowane jako powtarzalne i wiarygodne. Proces ten stanowi istotny aspekt komercjalizacji nowych wyrobów związanych z ochroną przeciwpożarową.

Upowszechnianie wyników prac badawczych prowadzonych przez CNBOP-PIB

Ważną misją Centrum jest promowanie osiągnięć naukowych z obszaru ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony ludności i środowiska. Okazją do dzielenia się wynikami prac badawczych i wymiany myśli naukowej związanej z tym obszarem są organizowane przez CNBOP-PIB konferencje, seminaria i warsztaty. Ponadto wyniki prac naukowo-badawczych realizowanych w CNBOP-PIB prezentowane są w publikacjach udostępnianych w większości w systemie Open Access. Należy podkreślić, że w ostatnich latach znacznie wzrosła efektywność publikowania w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej, posiadających również znaczącą punktację w wykazie czasopism Ministerstwa Edukacji i Nauki. W latach 2019–2021 pracownicy CNBOP-PIB opublikowali ponad 70 publikacji w czasopiśmie międzynarodowych, w tym 40 publikacji o punktacji 70–140 pkt MEiN. Na szczególną uwagę zasługuje artykuł autorstwa P. Krawca, Ł. Warguły, D. Czarneckiej-Komorowskiej, P. Janika, A. Dziechciarz i P. Kaczmarzyka, pt. *Chemical compounds released by combustion of polymer composites flat belts*, który ukazał się w 2021 roku w „Scientific Reports”. Czasopismo wydawane jest w ramach elitarnego „Nature Portfolio”, publikującego najważniejsze odkrycia poszerzające wiedzę z obszaru nauk przyrodniczych, inżynierskich i medycznych.

Dogodne możliwości publikowania stwarza również Wydawnictwo CNBOP-PIB, które wydaje czasopismo naukowe „Safety & Fire Technology” (wcześniej „BITP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”), ukazujące się od 2006 roku. Półrocznik skierowany jest do kadr kierowniczych ochrony przeciwpożarowej, pracowników jednostek administracji państwowej i samorządowej

zajmujących się problematyką zarządzania kryzysowego, pracowników naukowych i dydaktycznych uczelni i instytutów badawczych zainteresowanych tematyką ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności i bezpieczeństwa powszechnego oraz inżynierii środowiska. Wydawany zgodnie z międzynarodowymi standardami i etyką wydawniczą, jest obecny w wielu polskich oraz zagranicznych bazach publikacji naukowych. Od 2009 roku periodyk ten znajduje się w wykazie czasopism MEiN – za publikację artykułu w SFT autorzy otrzymują obecnie 40 punktów do dorobku naukowego. W 2019 r. został włączony do programu MNiSW „Wsparcie dla Czasopism Naukowych”.

Pierwsze próby publikowania przez Centrum własnego periodyku sięgają 1985 roku. Pięć lat później powołano zespół do spraw gromadzenia dorobku naukowego, badawczego i technicznego pracowników merytorycznych. Jego zadaniem było wydawanie – w oparciu o małą poligrafię – opracowań CNBOP w formie monografii, analiz, raportów i sprawozdań z badań.

Wydawnictwo CNBOP-PIB od początku swej działalności opublikowało ponad 200 monografii, podręczników, skryptów i standardów o tematyce z obszaru ochrony przeciwpożarowej, bezpieczeństwa, zarządzania kryzysowego i ochrony ludności. Wśród wydanych w ubiegłym roku publikacji szczególnym zainteresowaniem cieszyła się pozycja *Ocena ryzyka pożarowego w instalacjach fotowoltaicznych*, poruszająca niezwykle ważny i dotychczas mało rozpowszechniony w Polsce temat zagrożeń związanych z instalacjami PV. Poradnik przeznaczony jest dla wykonawców, instalatorów i projektantów instalacji fotowoltaicznych, a także dla ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych w obiektach z tego rodzaju instalacjami. Z kolei kompleksowe ujęcie problematyki dotyczącej dźwiękowych systemów ostrzegawczych zawarto w opracowanych i wydanych wspólnie ze Stowarzyszeniem Inżynierów i Techników Pożarnictwa *Wytyczne projektowania, instalowania, uruchamiania, obsługi i konserwacji dźwiękowych systemów ostrzegawczych*. Jest to pierwsza tego typu publikacja w Polsce – dedykowana w szczególności projektantom, instalatorom, konserwatorom, rzeczoznawcom ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz funkcjonariuszom z pionów kontrolno-rozpoznawczych Państwowej Straży Pożarnej. Obecnie Wydawnictwo CNBOP-PIB posiada 80 pkt w wykazie MEiN.

Działalność szkoleniowa

Działalność szkoleniowa stanowi również bardzo istotny obszar aktywności CNBOP-PIB. Jej początki sięgają 1983 r., kiedy to w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Ochrony Przeciwpożarowej utworzono Zakład Doskonalenia Kadr Pożarniczych. Wówczas Zakład koncentrował się na upowszechnianiu wiedzy pożarniczej, inicjowaniu szkoleń i zajęć doskonalących dla pracowników. Organizowano również szkolenia z Komendą Główną Straży Pożarnej, a po wejściu w życie ustawy powołującej PSP zadania te przybrały charakter systematycznego szkolenia kadr PSP. Najbardziej intensywnie działalność szkoleniowa rozwijała się w latach 90., co związane było z rozwojem rynku ochrony przeciwpożarowej w Polsce i odczuwalną potrzebą podnoszenia

kwalifikacji kadr straży pożarnej oraz pracowników Centrum. W kolejnych latach dokonała się transformacja działalności Zakładu – zaczęto prowadzić szkolenia zewnętrzne, organizowane dla osób i instytucji realizujących zadania i świadczących usługi na rzecz szeroko rozumianego bezpieczeństwa ludności. Zakład stał się wtedy jedyną komórką podejmującą także zadania komercyjne. Przez kolejne lata udoskonalano ofertę szkoleniową i dostosowywano ją do potrzeb rynku. Obecny Dział Szkoleń to ośrodek szkoleniowy na światowym poziomie oferujący szkolenia z zakresu ochrony przeciwpożarowej, zarządzania kryzysowego oraz ochrony ludności, skierowane zarówno do kadr realizujących zadania publiczne, jak i do rzeczoznawców ds. zabezpieczeń ppoż., projektantów, instalatorów i konserwatorów. Prowadzi szkolenia otwarte, szkolenia zamknięte, konferencje i seminaria, warsztaty oraz studia podyplomowe.

Ku przyszłości

Spojrzenie wstecz, na 50-letnią historię Instytutu, to sięgnięcie do bogactwa doświadczeń, wiedzy, wytężonej pracy wielu ludzi. Spojrzenie, które dla nas – obecnych pracowników Instytutu – stanowi inspirację i służy pomocą w zrozumieniu towarzyszącej nam w codziennych obowiązkach rzeczywistości. Każde wczoraj i dziś prowokuje także pytanie o jutro.

Od początku działalność Centrum ukierunkowana była na wdrożenia wyników prac badawczych, transfer wiedzy i technologii oraz rozwiązywanie praktycznych problemów i wyzwań w zakresie ochrony przeciwpożarowej, zarządzania kryzysowego, ochrony ludności, ochrony środowiska i obrony cywilnej. Tak jest i dzisiaj. Rozwój nauki i techniki oraz implementacja w każdym obszarze życia społeczno-gospodarczego sprawiają, że CNBOP-PIB musi być stale aktywne i podejmować wyzwania w wielu obszarach. Na rynku pojawia się coraz więcej nowych materiałów i technologii, opartych o innowacyjne rozwiązania, w tym w obszarze nano, zasilania w energię obiektów budowlanych i pojazdów. Powstają rozwiązania coraz bardziej wyspecjalizowane i ukierunkowane na spełnianie oczekiwań odbiorców, wzrastają także wymagania stawiane przez normy prawne. Dlatego też jednym z zadań Centrum jest stały rozwój narzędzi niezbędnych do weryfikacji wdrażanych w różnych obszarach rozwiązań pod kątem ich bezpieczeństwa pożarowego, ekologicznego. Działania te obejmują:

- rozbudowę zasobów laboratoriów o nowe stanowiska do badań naukowych, normalizacyjnych i certyfikacji,
- prace w obszarze normalizacyjnym w zakresie określenia wymagań i narzędzi pozwalających na spełnienie wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego,
- współudział i współtworzenie narzędzi, materiałów, informacji w obszarach bezpieczeństwa pożarowego, środowiskowego i zarządzania kryzysowego obejmujących nowe rozwiązania technologiczne, jak np. fotowoltaika, perowskity, baterie do zasilania silników pojazdów oraz stosowane w magazynach energii, produkcja wodoru i jego wykorzystanie do napędu pojazdów, materiały budowlane samoczyszczące,

- rozbudowę centrum dronów,
- opracowanie nowych rozwiązań przeciwpożarowych na potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa obiektów oraz ratowników.

Tak jak w dotychczasowej historii, również obecnie Instytut podejmuje wysiłki, aby jego przyszłe działania były adekwatne do skali zmian zachodzących w otoczeniu społecznym, prawnym i technologicznym.

Autorami artykułu są pracownicy CNBOP-PIB.

1972

UTWORZENIE OBROP

Utworzenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwopozarowej (OBROP) w Józefowie-Dębince na podstawie zarządzenia Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r.

1984

OBROP → CNBOP

Przekształcenie OBROP w Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwopozarowej (CNBOP), na podstawie zarządzenia Nr 9/84 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 28 stycznia 1984 r. (Dz. ZiR KG SP Nr 1-2, poz.3)

1996

AKREDYTOWANE LABORATORIA

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, numer certyfikatu L 60/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, certyfikat akredytacji Nr AB 060 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji), Laboratorium Pomp i Armatury Wodno-Pianowej, numer certyfikatu L 59/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr AB 059 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji)

1998

UTWORZENIE JEDNOSTKI CERTYFIKUJĄCEJ

Utworzenie w CNBOP Jednostki Certyfikującej w celu prowadzenia oceny zgodności wyrobów wprowadzanych do obrotu i stosowanych w ochronie przeciwpożarowej

KOLEJNA AKREDYTACJA

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez Laboratorium Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej numer certyfikatu L 207/1/98 (obecnie certyfikat akredytacji Nr AB 207 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji)

2000

AKREDYTACJA DLA TRZECH LABORATORIÓW

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez kolejne 3 laboratoria badawcze: Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwopozarowych otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 305/1/2000 (następnie certyfikat akredytacji Nr AB 305 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji), Laboratorium Śródków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego, Nr certyfikatu L 306/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwopozarowych, certyfikat akredytacji Nr AB 305 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji), Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 307/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr AB 059 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji)

OŚRODEK NORMALIZACYJNY MSW

Ustanowienie OBROP jako ośrodka normalizacyjnego w resorcie spraw wewnętrznych na podstawie zarządzenia Nr 66/67 Ministra Spraw Wewnętrznych

JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA PSP

Włączenie CNBOP w poczet jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej w rozumieniu ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej

PATRON CNBOP – JÓZEF TULISZKOWSKI

Nadanie CNBOP imienia Józefa Tuliszkowskiego na podstawie zarządzenia Nr 4 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 23 stycznia 1997 r. (Dz.Urz. MSWiA Nr 2., poz. 22)

AKREDYTACJA JEDNOSTKI CERTYFIKUJĄCEJ

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez Jednostkę Certyfikującą, numer certyfikatu 63/Cw-69/99 (obecnie certyfikat akredytacji Nr AC 063 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji)

JEDNOSTKA BADAWCZO-ROZWOJOWA

Przekształcenie CNBOP z państwowej jednostki budżetowej w jednostkę badawczo-rozwojową, w rozumieniu ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych. Wpisanie CNBOP do Krajowego Rejestru Sądowego

AUTORYZACJA MINISTRA GOSPODARKI

Uzyskanie przez CNBOP autoryzacji Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w zakresie dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej

1974

1992

1997

1999

2003

-2022

2004

NOTYFIKACJA KOMISJI EUROPEJSKIEJ

Uzyskanie przez CNBOP notyfikacji Komisji Europejskiej (numer identyfikacji 1438) w zakresie dyrektyw: 89/686/ EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej oraz 89/106/ EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych

AUTORYZACJA MINISTRA INFRASTRUKTURY

Uzyskanie przez CNBOP autoryzacji Ministra Infrastruktury w zakresie dyrektywy 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych

2010

STATUS PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU BADAWCZEGO

Nadanie przez Radę Ministrów Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwopozarowej im. Józefa Tułzickowskiego w Józefowie statusu państwowego instytutu badawczego (Dz.U. Nr 181, poz. 1219), a tym samym wejście CNBOP do prestiżowego grona kilkunastu państwowych instytutów badawczych

2013

EWALUACJA – KATEGORIA B

Uzyskanie kategorii B w ocenie parametrycznej Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Objęcie 4. pozycji w grupie wspólnej oceny

2016

ISO 9001

Uzyskanie przez CNBOP-PIB certyfikatu potwierdzającego, że system zarządzania jakością Instytutu jest zgodny z normą ISO 9001

EUROPEJSKA JEDNOSTKA OCENY TECHNICZNEJ

Uzyskanie przez CNBOP-PIB statusu Europejskiej Jednostki Oceny Technicznej. Kompetencje Instytutu w tym zakresie potwierdził Minister Infrastruktury i Budownictwa decyzją nr 1/JOT/WB/16 z 22 czerwca 2016 r.

2019

PUNKTY MNISW DLA WYDAWNICTWA CNBOP-PIB

Zgodnie z komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 stycznia 2019 r. Wydawnictwo CNBOP-PIB zostało ujęte w wykazie wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe: Poziom I, 80 punktów

2021

ZWIĘKSZONA PUNKTACJA MEIN DLA SFT

Decyzją Ministra Edukacji i Nauki (komunikat Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 grudnia 2021 r. w sprawie wykazu czasopism punktowanych) czasopismu naukowemu „Safety & Fire Technology” (dawniej BITP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”) przyznano 40 pkt w wykazie czasopism

2009

BITP CZASOPISMEM PUNKTOWANYM

Decyzją Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (komunikat z dnia 31 marca 2009 r.) wydawany od 2006 r. kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” został wpisany na listę czasopism punktowanych. Czasopismu przyznano 4 punkty, a od 2010 r. – 6 punktów

2011

AKREDYTACJA PCA

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji przez Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości, certyfikat akredytacji Nr AB 1280

2014

ZJEDNOCZONE EMIRATY ARABSKIE

Komenda Główna Obrony Cywilnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Zjednoczonych Emiratów Arabskich (ang. General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior UAE) uznała działalność Jednostki Certyfikującej i Zespół Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej CNBOP-PIB w zakresie urządzeń sygnalizacji alarmu pożaru i automatyki pożarniczej. W związku z tym faktem, CNBOP-PIB może wydawać certyfikaty zgodności, które są uznawane na rynku ZEA, w oparciu o posiadane przez klientów i wydane przez CNBOP-PIB certyfikaty stałości właściwości użytkowych (CPR)

2020

OPINIE TECHNICZNE DLA UŻYWANYCH POJAZDÓW POŻARNICZYCH SPROWADZANYCH Z ZAGRANICY

Od dnia 27 października 2020 roku na podstawie ustawy z dnia 14 sierpnia 2020 r. o szczególnych rozwiązaniach dotyczących wsparcia służb mundurowych nadzorowanych przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych, o zmianie ustawy o Służbie Więziennej oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2020 poz. 1610), a także rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 października 2020 roku w sprawie wprowadzania do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej pojazdów pożarniczych używanych poza granicami kraju Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Jednostek Ochrony Przeciwopozarowej wydaje opinie techniczne dla używanych pojazdów pożarniczych sprowadzanych z zagranicy, na podstawie których jednostki ochrony przeciwpożarowej mają możliwość wprowadzania przedmiotowych pojazdów do użytkowania

CONTENT

- 28** The Use of the k- ω SST Turbulence Model for Mathematical Modeling of Jet Fire
Michał Wojciech Lewak, Jarosław Tępiński, Wojciech Klapsa
- 42** Temporary Accommodation Facilities for People Affected by an Emergency or Humanitarian Disaster
Krzysztof Cygańczuk, Jacek Roguski, Jarosław Tępiński
- 58** Possibilities of Using Mobile Fans and the Parameters Conditioning the Effectiveness of Tactical Mechanical Ventilation
Piotr Kaczmarzyk, Paweł Janik, Wojciech Klapsa, Grzegorz Bugaj
- 84** Analysis of Important Factors Having an Impact on Safety in Road Tunnels – Research Findings
Natalia Schmidt-Polończyk
- 96** Testing of Large Scale Pool Fire of Technical Ethanol
Jarosław Tępiński, Wojciech Klapsa, Krzysztof Cygańczuk, Piotr Lesiak, Michał Wojciech Lewak
- 110** Chemical Safety of Poland and the European Union and the Activities of the National Tax Administration
Andrzej Puka, Krzysztof Cygańczuk
- 130** Fire Resistance of Aluminum-Glass Partitions with a Parallel Structure of Intumescent Layers
Marian Gwóźdź, Michał Marcinowski
- 142** Methodology of Threat Assessment of Municipalities and Districts
Paweł Janik
- 158** Basis of Functioning and Forms and Nature of Activity of Research Institutes
Monika Wyszomirska
- 166** Legal Dimension of the Protection of Critical Infrastructure – Selected Aspects
Łukasz Roman, Krzysztof Cygańczuk
- 182** Assessment of the Costs of Preventive Works Concerning Fire Hazard on the Example of Selected Longwalls of Two Mining Companies
Dariusz Musioł

SPIS TREŚCI

- 28** Wykorzystanie modelu burzliwości k- ω SST do modelowania matematycznego pożaru strumieniowego
Michał Wojciech Lewak, Jarosław Tępiński, Wojciech Klapsa
- 42** Obiekty tymczasowego zakwaterowania dla ludności dotkniętej sytuacją kryzysową lub klęską humanitarną
Krzysztof Cygańczuk, Jacek Roguski, Jarosław Tępiński
- 58** Możliwości wykorzystania mobilnych wentylatorów i parametry warunkujące skuteczność taktycznej wentylacji mechanicznej
Piotr Kaczmarzyk, Paweł Janik, Wojciech Klapsa, Grzegorz Bugaj
- 84** Analiza istotnych czynników wpływających na bezpieczeństwo w tunelach drogowych – wyniki badań
Natalia Schmidt-Polończyk
- 96** Badania pożaru powierzchniowego etanolu technicznego w dużej skali
Jarosław Tępiński, Wojciech Klapsa, Krzysztof Cygańczuk, Piotr Lesiak, Michał Wojciech Lewak
- 110** Bezpieczeństwo chemiczne Polski i Unii Europejskiej a działalność Krajowej Administracji Skarbowej
Andrzej Puka, Krzysztof Cygańczuk
- 130** Odporność ogniowa przegród aluminiowo-szklanych o strukturze równoległej warstw pęczniejących
Marian Gwóźdź, Michał Marcinowski
- 142** Metodyka oceny zagrożenia gmin i powiatów
Paweł Janik
- 158** Podstawy funkcjonowania oraz formy i charakter działalności instytutów badawczych
Monika Wyszomirska
- 166** Prawny wymiar ochrony infrastruktury krytycznej – wybrane aspekty
Łukasz Roman, Krzysztof Cygańczuk
- 182** Ocena kosztów prac profilaktycznych w zakresie zagrożenia pożarowego na przykładzie wybranych ścian eksploatacyjnych dwóch spółek węglowych
Dariusz Musioł

Michał Wojciech Lewak^{a)*}, Jarosław Tępiński^{b)}, Wojciech Kłapsa^{b)}

^{a)} *Warsaw University of Technology, Faculty of Chemical and Process Engineering / Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej*

^{b)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: Michal.Lewak@pw.edu.pl*

The Use of the k- ω SST Turbulence Model for Mathematical Modeling of Jet Fire

Wykorzystanie modelu burzliwości k- ω SST do modelowania matematycznego pożaru strumieniowego

ABSTRACT

Aim: The purpose of this study is to verify the usability of the k- ω SST turbulence model for the description of the combustion process during a vertical propane jet fire. Simulating a jet fire using computational fluid mechanics involves an appropriate selection of a mathematical model to describe the turbulent flow. It is important as the variables from this model also describe the rate of the combustion reaction. As a result, they have an impact on the size and shape of the flame. The selection of an appropriate model should be preceded by preliminary simulations.

Project and methods: For this purpose, a vertical jet fire in no wind conditions was selected for simulation. Consequently, it was possible to develop a two-dimensional axisymmetric geometry. A good numerical mesh can be applied to such axisymmetric geometry. Selected process conditions allowed to create an axisymmetric numerical grid. Its values, proving the quality, are shown in a chart demonstrating the distribution of the parameter quality depending on the number of elements from which the numerical grid was built. In the work, a two-stage model of the combustion reaction was selected in order to verify whether the area in which the mole fraction of carbon monoxide will have significant values is so large that the selected kinetic reaction model will have an impact on the flame length.

Results: Three simulations of jet fire taking place in the direction opposite to the force of gravity were performed. The simulations performed allowed for setting the basic L_f parameter, which determines the flame length. Additionally, the length of the mixing path $s_{lift-off}$, needed to initiate the combustion reaction, was determined. The simulations performed allowed for comparing significant parameters characterizing the flame with the parameters calculated using correlations included in the literature on the subject. Due to this comparison, it was possible to define an interesting scope of research work, because the length of the gas mixing path determined from the CFD simulation differed significantly from the values calculated from the correlation.

Conclusions: Interestingly, such large differences between CFD results and correlations were not observed for the L_f parameter. The correlations based on the Froude number give slightly higher values of the flame length than the results of the CFD simulation. On the other hand, the correlation based on the Reynolds number gives slightly lower values of the L_f parameter than the values obtained from the CFD calculations. This may indicate that the effects related to the inertia forces (Re number) better describe the simulation process conditions than the correlations based on the influence of inertia forces and gravity forces (Fr number).

Keywords: jet fire, mathematical modelling, computational fluid dynamics

Type of article: short scientific report

Received: 07.03.2022; Reviewed: 24.03.2022; Accepted: 29.03.2022;

Authors' ORCID IDs: M.W. Lewak – 0000-0001-9012-8347; J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795; W. Kłapsa – 0000-0002-6481-587X;

Percentage contribution: M.W. Lewak – 70%; J. Tępiński – 15%; W. Kłapsa – 15%;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 28–40, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.1>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem tego opracowania jest sprawdzenie przydatności modelu k- ω SST do opisu procesu spalania podczas pionowego pożaru strumieniowego propanu. Symulacja pożaru strumieniowego przy pomocy obliczeniowej mechaniki płynów wiąże się z odpowiednim wyborem modelu matematycznego służącego do opisu przepływu burzliwego. Jest to o tyle ważne, że zmienne z tego modelu opisują również szybkość reakcji spalania, a więc mają wpływ na rozmiar i kształt płomienia. Dobór odpowiedniego modelu powinien być poprzedzony symulacjami wstępnymi.

Projekt i metody: Do symulacji wybrano pionowy pożar strumieniowy w warunkach bezwietrznych. Dzięki temu opracowana została dwuwymiarowa osiowoosymetryczna geometria, na którą możliwe jest nałożenie dobrej siatki numerycznej. Wybrane warunki procesowe pozwoliły na stworzenie

osiowosymetrycznej siatki numerycznej, której wartości świadczące o jakości uwidocznił na wykresie przedstawiającym rozkład jakości parametru w zależności od liczby elementów, z jakich zbudowano siatkę numeryczną. Na podstawie dwuetapowego modelu reakcji spalania sprawdzono, czy obszar, w którym ułamek molowy tlenku węgla będzie miał duże wartości wpłynie na długość płomienia w wybranym modelu kinetycznym reakcji.

Wyniki: Wykonane zostały trzy symulacje pożaru strumieniowego odbywającego się w kierunku przeciwnym do działania sił grawitacji. Pozwoliły one na wyznaczenie podstawowego parametru L_r , który określa długość płomienia. Dodatkowo wyznaczona została długość drogi mieszania $S_{mix-off}$, która jest niezbędna do zapoczątkowania reakcji spalania. Wykonane symulacje pozwoliły na porównanie istotnych parametrów charakteryzujących płomień z parametrami obliczonymi przy pomocy korelacji zawartych w literaturze przedmiotu.

Wnioski: Porównanie wyżej wymienionych parametrów umożliwiło określenie ciekawego zakresu pracy badawczej, ponieważ wyznaczona z symulacji CFD długość drogi mieszania gazu znacząco różniła się od wartości obliczonych z korelacji. Co ciekawe, tak dużych rozbieżności między wynikami CFD a korelacjami nie zaobserwowano dla parametru L_r . Przy czym korelacje oparte o liczbę Froude'a podają nieco większe wartości długości płomienia niż wyniki symulacji CFD. Natomiast korelacja oparta o liczbę Reynoldsa podaje nieco mniejsze wartości parametru L_r niż wartości otrzymane z obliczeń CFD. Może to świadczyć o tym, że efekty związane z siłami bezwładności (liczba Re) lepiej opisują warunki procesowe niż korelacje oparte o wpływ sił bezwładności i sił ciężkości (liczba Fr).

Słowa kluczowe: pożar strumieniowy, modelowanie matematyczne, obliczeniowa mechanika płynów

Typ artykułu: doniesienie wstępne

Przyjęty: 07.03.2022; **Zrecenzowany:** 24.03.2022; **Zaakceptowany:** 29.03.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: M.W. Lewak – 0000-0001-9012-8347; J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795; W. Klapsa – 0000-0002-6481-587X;

Procentowy wkład merytoryczny: M.W. Lewak – 70%; J. Tępiński – 15%; W. Klapsa – 15%;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 28–40, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.1>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

This work focuses on the phenomenon of jet fire taking place in the vertical direction in relation to the action of gravity. In this type of fires in windless conditions, the main direction of the flame coincides with the direction of the gas outlet from the nozzle. There are two methods of determining flame length and width in jet fires. The first is to conduct experimental tests of an actual fire on a laboratory or semi-technical scale. This method uses thermal imaging cameras as well as Palacios [6–7] and Kalghatgi [2] temperature and pressure sensors. The second method is based on numerical simulations of the combustion process using the computational fluid mechanics of CFD. Experimental tests have their limitations. Therefore, only due to numerical simulations, it is possible to predict the flame length wherever the scale of the fire does not allow for test experiments. However, the mathematical models used in CFD techniques should be tested on the basis of the results of Cumber experimental research [1]. This results in basing the CFD methods partly on the experimental results. Quite an interesting trend applied in the publication of Mashhadimoslem [5] was connected with the use of artificial neural networks to predict parameters describing the length and width of the flame. For this purpose, experimental research is used to create an artificial neural network, which is then used to determine the parameters describing the shape of the flame. Mathematical modelling of jet fire using CFD methods is based on the use of the mathematical model of the combustion process in a developed turbulent flow given by Magnussen [3]. The model uses process parameters to describe turbulent flow. Typically, one of the two $k-\epsilon$ or $k-\omega$ turbulence models is used. Both of these mathematical models allow for the correct description of the jet fire phenomenon, as shown by the verifications

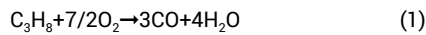
Wprowadzenie

W artykule skupiono się na zjawisku pożaru strumieniowego odbywającego się w kierunku pionowym w stosunku do działania sił ciężkości. W tego typu pożarach prowadzonych w warunkach bezwietrznych, główny kierunek płomienia pokrywa się z kierunkiem wylotu gazu z dyszy. Istnieją dwie metody wyznaczenia długości i szerokości płomienia podczas pożarów strumieniowych. Pierwsza polega na przeprowadzeniu badań doświadczalnych rzeczywistego pożaru w skali laboratoryjnej lub półtechnicznej. W tej metodzie wykorzystuje się kamery termowizyjne oraz czujniki temperatury i ciśnienia opisane przez Palacios [6–7], Kalghatgiego [2] i Zhanga [12]. Druga metoda polega na symulacjach numerycznych procesu spalania, wykorzystując do tego obliczeniową mechanikę płynów CFD. Badania doświadczalne mają swoje ograniczenia, dlatego symulacje numeryczne pozwalają na przewidywanie długości płomienia wszędzie tam, gdzie skala pożaru uniemożliwia doświadczenia testowe. Jednakże wykorzystywane modele matematyczne w technikach CFD powinny być testowane w oparciu o wyniki badań doświadczalnych Cumber [1]. To sprawia, że metody CFD częściowo bazują na wynikach doświadczalnych. Dość ciekawym trendem zastosowanym w publikacji Mashhadimoslema [5] jest użycie sztucznych sieci neuronowych do przewidywania parametrów opisujących długość i szerokość płomienia. W tym celu wykorzystuje się badania doświadczalne do stworzenia sztucznej sieci neuronowej, która później służy do wyznaczania parametrów opisujących kształt płomienia. Modelowanie matematyczne pożaru strumieniowego przy użyciu metod CFD opiera się na zastosowaniu modelu matematycznego procesu spalania w rozwiniętym przepływie burzliwym podanym przez Magnussena [3]. Model wykorzystuje parametry procesowe służące do opisu przepływu burzliwego. Zazwyczaj

made by Mashhadimoslem [4]. Additionally, they are numerically less demanding than the three- and four-dimensional Transitions k-kl- ω models and the Transition SST model. Due to the fact that the jet fire is characterized by very high values of Reynolds numbers in the place where the gas leaves the tank, the k- ϵ models perform well there. Unfortunately, at a distance from the flame, the values of Reynolds numbers can be much smaller and there the model may fail. Moreover, in the boundary layer, this model does not do well enough to describe turbulent flow. The advantage of the k- ϵ model is its low sensitivity to inlet conditions. On the other hand, the k- ω model performs well in the boundary layer and where the values of Reynolds numbers are not too high, which takes place at a distance from the flame. Nevertheless, the fact that the k- ω model is very sensitive to inlet conditions means that it does not describe the shape of the flame correctly in the case when the quantities describing turbulent flow at the inlet to the system are not known. All these features resulted in the development of the k- ω SST model, a model that combines the advantages of the two previously mentioned. In the k- ω SST model, both models were combined and the function limiting the value of shear stresses in the main flow was used. This allowed for getting rid of the limitations of the k- ω model while simultaneously using the advantages of the k- ϵ model.

Mathematical description of jet fire

Pure propane gas was selected to simulate the jet fire. The propane combustion reactions were described by means of a two-step reaction:



The transport of momentum, heat and mass in the considered process can be described by the following differential equations:

1. Continuity equation:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (3)$$

2. RANS equations for turbulent flow:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = f_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu_m + \mu_t) \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) \quad (4)$$

Mathematical model of k- ω SST turbulence:

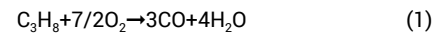
$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \hat{G}_k - \beta^* \rho \omega k \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + 2\rho(1 - F_1) \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} + \frac{\gamma}{\nu} \hat{G}_k - \beta \rho \omega^2 \quad (6)$$

używa się jednego z dwóch modeli burzliwości: k- ϵ lub k- ω . Oba modele matematyczne pozwalają na poprawny opis zjawiska pożaru strumieniowego, co pokazały weryfikacje wykonane przez Mashhadimoslema [4]. Dodatkowo są mniej wymagające numerycznie niż modele trzy i czterowymiarowe modele turbulencji k-kl- ω i model turbulencji SST. Ponieważ pożar strumieniowy cechują bardzo wysokie wartości liczb Reynoldsa, dlatego w miejscu, gdzie gaz wydostaje się ze zbiornika dobrze sobie radzą modele k- ϵ . Niestety w pewnej odległości od płomienia wartości liczb Reynoldsa mogą być dużo mniejsze i tam model ten może zawodzić. Ponadto w warstwie przyściennej model ten nie radzi sobie najlepiej z opisem przepływu burzliwego. Zaletą modelu k- ϵ jest jego mała wrażliwość na warunki wlotowe. Z drugiej strony model k- ω świetnie sobie radzi w warstwie przyściennej i tam, gdzie wartości liczb Reynoldsa nie są zbyt wysokie, co ma miejsce w pewnej odległości od płomienia. Model k- ω jest za to bardzo wrażliwy na warunki wlotowe, przez co niepoprawnie opisuje kształt płomienia w przypadku, gdy nieznanne są wielkości opisujące przepływ burzliwy na wlocie do układu. Te wszystkie cechy sprawiły, że opracowany został model k- ω SST, który łączy zalety obu wcześniej wspomnianych. Połączono w nim oba modele i zastosowano funkcję limitującą wartość naprężeń ścinających w głównym przepływie. Pozwoliło to na wyeliminowanie ograniczeń modelu k- ω i jednocześnie wykorzystanie zalet modelu k- ϵ .

Opis matematyczny pożaru strumieniowego

Do symulacji pożaru strumieniowego wybrano czysty propan w fazie gazowej. Reakcje jego spalania opisano przy pomocy dwuetapowej reakcji:



Transport pędu, ciepła i masy w rozpatrywanym procesie może być opisany następującymi równaniami różniczkowymi:

1. Równanie ciągłości:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (3)$$

2. Równania RANS dla przepływu burzliwego:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = f_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu_m + \mu_t) \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) \quad (4)$$

Model matematyczny turbulencji k- ω SST:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \hat{G}_k - \beta^* \rho \omega k \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + 2\rho(1 - F_1) \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} + \frac{\gamma}{\nu} \hat{G}_k - \beta \rho \omega^2 \quad (6)$$

The \widehat{G}_k function and other expressions in the model are expressed by the equations:

$$\widehat{G}_k = \min(\mu_T S^2, 10\rho\beta^*k\omega) \quad (7)$$

$$\gamma_1 = \frac{\beta_1}{\beta^*} - \sigma_{\omega 1} k^2 / \sqrt{\beta^*} \quad (8)$$

$$\gamma_2 = \frac{\beta_2}{\beta^*} - \sigma_{\omega 2} k^2 / \sqrt{\beta^*} \quad (9)$$

$$v_t = \frac{a_1 k}{\max(a_1 \omega, SF_2)} \quad (10)$$

$$\mu_t = \rho v_t \quad (11)$$

$$S = \sqrt{2S_{ii}S_{ii}} \quad (12)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (13)$$

Funkcja \widehat{G}_k i pozostałe wyrażenia w modelu wyrażone są równaniami:

$$\widehat{G}_k = \min(\mu_T S^2, 10\rho\beta^*k\omega) \quad (7)$$

$$\gamma_1 = \frac{\beta_1}{\beta^*} - \sigma_{\omega 1} k^2 / \sqrt{\beta^*} \quad (8)$$

$$\gamma_2 = \frac{\beta_2}{\beta^*} - \sigma_{\omega 2} k^2 / \sqrt{\beta^*} \quad (9)$$

$$v_t = \frac{a_1 k}{\max(a_1 \omega, SF_2)} \quad (10)$$

$$\mu_t = \rho v_t \quad (11)$$

$$S = \sqrt{2S_{ii}S_{ii}} \quad (12)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (13)$$

The constants in the k- ω SST model are mentioned in the table below.

Stałe w modelu k- ω SST zostały zapisane w poniższej tabeli.

Table 1. Value of parameters in the k- ω SST model

Tabela 1. Wartość parametrów w modelu k- ω SST

	σk	$\sigma \omega$	β	β^*	κ
1	0.85	0.5	0.075	0.09	0.41
2	1.00	0.856	0.09	0.09	0.41

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Balance equations for k-th component:

$$\rho \frac{\partial \varphi_k}{\partial t} + \rho \frac{\partial}{\partial x_i} (\varphi_k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left((\rho D_{km} + \frac{\mu_t}{Sc_t}) \frac{\partial \varphi_k}{\partial x_i} \right) + R_k \quad (14)$$

Równania bilansu k-tego składnika:

$$\rho \frac{\partial \varphi_k}{\partial t} + \rho \frac{\partial}{\partial x_i} (\varphi_k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left((\rho D_{km} + \frac{\mu_t}{Sc_t}) \frac{\partial \varphi_k}{\partial x_i} \right) + R_k \quad (14)$$

The turbulent Schmidt number is expressed by the relationship:

$$Sc_t = 0,7 \quad (15)$$

In the equation (14) the reaction term R_k describing the course of the reaction in turbulent flow is described by the relationship given by Magnussen and Hjertager [3].

Turbulentna liczba Schmidta wynosi:

$$Sc_t = 0,7 \quad (15)$$

Człon reakcyjny R_k w równaniu (14) opisującym przebieg reakcji w przepływie burzliwym opisany został zależnością podaną przez Magnussena i Hjertagera [3].

Energy balance:

$$\rho \frac{\partial}{\partial t} (H) + \rho \frac{\partial}{\partial x_i} (H u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda_{eff} \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + S_k + S_{rad} \quad (16)$$

Bilans energii:

$$\rho \frac{\partial}{\partial t} (H) + \rho \frac{\partial}{\partial x_i} (H u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda_{eff} \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + S_k + S_{rad} \quad (16)$$

The value of the effective thermal conductivity coefficient λ_{eff} is expressed by the relationship:

$$\lambda_{eff} = \lambda_m + \frac{\mu_t C_{p,m}}{Pr_t} \quad (17)$$

Wartość efektywnego współczynnika przewodzenia ciepła λ_{eff} wyrażona jest zależnością:

$$\lambda_{eff} = \lambda_m + \frac{\mu_t C_{p,m}}{Pr_t} \quad (17)$$

The enthalpy of the mixture is calculated by the formula:

$$H = \sum_{k=1}^N \varphi_k h_k \quad (18)$$

Entalpia mieszaniny obliczana jest za pomocą wzoru:

$$H = \sum_{k=1}^N \varphi_k h_k \quad (18)$$

where N is the total number of the components in the gas mixture.

gdzie N określa całkowitą liczbę składników w mieszaninie gazowej.

The Discrete Ordinates (DO) mathematical model was chosen to describe energy transport by radiation. This model allows for the description of radiation in the system. However, numerically it is a very expensive model, i.e. it requires suitably good computing servers. Applying this model for CFD calculations almost doubles the time needed to obtain a numerical solution than in the case of simpler radiation models. This model is described in detail in [13].

Geometric model of the simulated problem

The case of a vertical jet fire taking place in windless conditions was selected for the simulation. Therefore, the considered problem can be simplified to the case of a two-dimensional axisymmetric space. Figure 1 shows the geometric diagram of the area. In this area, the gas escapes from a vertical nozzle with a diameter $d_{nozzle} = 0.01$ m and length $L = 1$ m into a space where it is in contact with air. In order to determine the height and width of the flame, correlations provided by Palacios [7] were used. These sizes were used to estimate the size of the area needed for the correct simulation of the process.

Do opisu transportu energii za pomocą promieniowania wybrany został model matematyczny (ang. *Discrete Ordinates*, DO). Pozwala on na opis radiacji w układzie, jest jednak modelem bardzo kosztownym numerycznie tzn. wymaga odpowiednio dobrych serwerów obliczeniowych. Wykorzystanie go do obliczeń CFD powoduje prawie dwukrotne zwiększenie czasu potrzebnego na uzyskanie rozwiązania numerycznego niż w przypadku prostszych modeli radiacji. Model ten szczegółowo opisano w pracy [13].

Model geometryczny symulowanego problemu

Do symulacji wybrano przypadek pionowego pożaru strumieniowego odbywającego się w warunkach bez udziału wiatru. W związku z tym rozpatrywany problem może zostać uproszczony do przypadku dwuwymiarowej przestrzeni osiowoosymetrycznej. Na rycinie 1 przedstawiono schemat geometryczny obszaru. W obszarze tym z pionowej dyszy o średnicy $d_{nozzle} = 0,01$ m i długości $L = 1$ m gaz wydostaje się do przestrzeni, gdzie kontaktuje się z powietrzem. Do określenia wysokości i szerokości płomienia użyto korelacji podanych przez Palacios [7]. Wielkości te posłużyły do oszacowania rozmiaru obszaru potrzebnego do oszacowania poprawnej symulacji procesu.

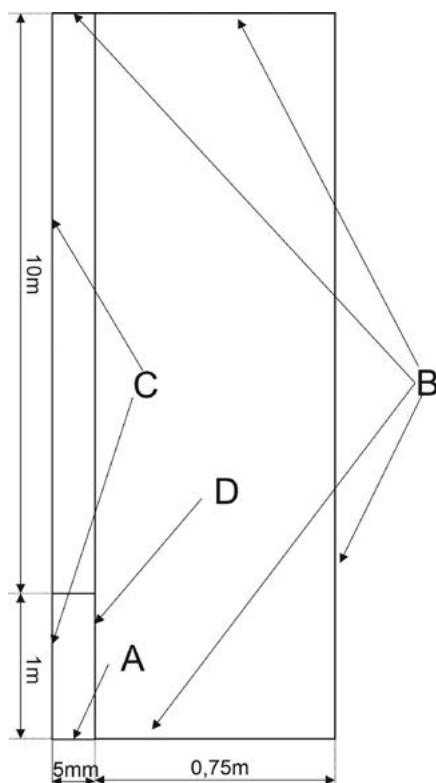


Figure 1. Geometric diagram of the problem
Rycina 1. Schemat geometryczny problemu

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

The following boundary conditions were selected for numerical simulations: A – velocity inlet, B – pressure outlet, C – axis, D – wall.

Do symulacji numerycznych wybrano warunki brzegowe: A – wlot prędkości (ang. *velocity inlet*), B – wylot ciśnienia (ang. *pressure outlet*), C – oś (ang. *axis*), D – ściana (ang. *wall*).

A numerical grid consisting of 88.000 rectangular elements has been developed. The parameter indicating the orthogonal quality in all elements was 1. Figure 2 shows the values of the parameter describing the numerical quality of the mesh depending on the number of the elements.

Opracowano siatkę numeryczną składającą się z 88 000 prostokątnych elementów. Parametr oznaczający jakość ortogonalną (ang. *orthogonal quality*) we wszystkich elementach wynosił 1. Na rycinie 2 przedstawiono wartości parametru określającego jakość numeryczną siatki w zależności od liczby elementów.

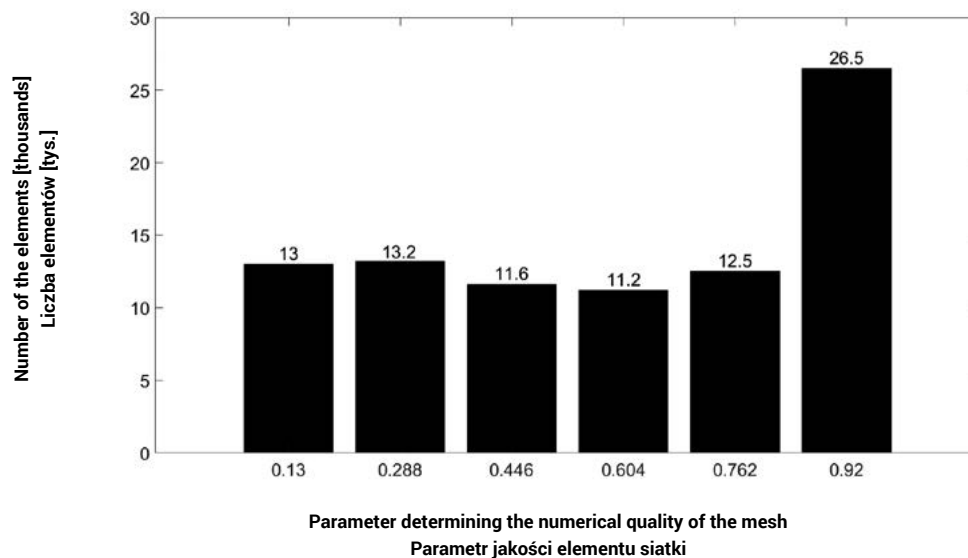


Figure 2. Distribution of the parameter that determines the numerical quality of the mesh
Rycina 2. Rozkład parametru określającego jakość numeryczną siatki

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The results of numerical simulations

Three jet fire simulations were performed depending on the velocity of the gas leaving the nozzle. It was assumed that the gas leaving the nozzle was under the pressure of 101325 [Pa] and its temperature was 300 [K]. The same temperature and pressure conditions existed at the edges, which limited the calculation area. It was assumed that the gas behaves like an ideal gas, which made it possible to determine the density of the gas leaving the nozzle from the ideal gas equation. The conditions at the gas inlet to the area needed to calculate the turbulence model were based on the turbulence intensity and the hydraulic diameter of the nozzle ($dh = 0.01$ [m]). The correlations needed to estimate the intensity of turbulence I were taken from the work of Russo [9].

$$I = \frac{0.16}{Re^{0.125}} \quad (19)$$

Reynolds and Froude numbers can be described by the relationships:

$$Re = \frac{u_{in} \cdot \rho \cdot d_{nozzle}}{\mu} \quad (20)$$

$$Fr_{in} = \frac{u_{in}^2}{g \cdot d_{nozzle}} \quad (21)$$

Wyniki symulacji numerycznych

Wykonano trzy symulacje pożaru strumieniowego w zależności od prędkości gazu opuszczającego dyszę. Przyjęto, że gaz opuszczający dyszę jest pod ciśnieniem 101325 [Pa] a jego temperatura wynosi 300 [K]. Te same warunki temperatury i ciśnienia panowały na brzegach, który ograniczał obszar obliczeniowy. Założono, że gaz zachowuje się jak gaz doskonały, co pozwoliło na wyznaczenie gęstości gazu opuszczającego dyszę z równania stanu gazu doskonałego. Warunki na wlocie gazu do obszaru potrzebne do obliczenia modelu burzliwości zostały oparte o intensywność turbulencji oraz średnicę hydrauliczną dyszy ($dh = 0,01$ [m]). Korelację potrzebną do oszacowania intensywności turbulencji I zaczerpnięto z pracy Russo [9].

$$I = \frac{0.16}{Re^{0.125}} \quad (19)$$

Liczbę Reynoldsa i liczbę Froude'a można wyrazić zależnościami:

$$Re = \frac{u_{in} \cdot \rho \cdot d_{nozzle}}{\mu} \quad (20)$$

$$Fr_{in} = \frac{u_{in}^2}{g \cdot d_{nozzle}} \quad (21)$$

The physicochemical parameters of all the ingredients were taken from the Fluent database. The exception was the dynamic viscosity of propane, the values of which were approximated by the Sutherland equation using the data included in [11].

Table 2 shows the velocity u_{in} , Reynolds Re_m number and Froude Fr_m number at the fuel inlet to the area.

Table 2. Propane process parameters at the nozzle outlet
Tabela 2. Parametry procesowe propanu na wylocie z dyszy

Name / Nazwa	u_{in} [m/s]	Re_m [-]	Fr_m [-]
Jet1	20	43720	4077
Jet2	40	87430	16310
Jet3	60	131150	36697

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Figure 3 and 4 show the temperature distribution in the cross-section of the flame. The values of the maximum temperatures in the simulations did not exceed the value of the adiabatic flame temperature, which for propane is $T_{flamead} = 2253.15$ [K]. The shape of the flame resembles the elliptical shape known from the experiments. Increasing gas velocity at the inlet causes a decrease in the maximum temperature in the flame, which is in line with the experiment. The increase in temperature increases the propane mass flow, resulting in an increase in heat generated by combustion. However, the length and width of the flame also increase, which increases the heat capacity of the gas. The increased heat capacity of the gas has the effect of reducing the maximum flame temperature.

Parametry fizykochemiczne wszystkich składników zostały zaczerpnięte z bazy programu Fluent. Wyjątek stanowiły wartości lepkości dynamicznej propanu, które aproksymowano równaniem Sutherland'a, korzystając z danych zamieszczonych w pracy [11].

W tabeli 2 zamieszczono wartości prędkości u_{in} , liczby Reynoldsa Re_m i liczby Froude'a Fr_m na wlocie paliwa do obszaru.

Na rycinach 3 i 4 pokazany został rozkład temperatur w przekroju płomienia. Wartości maksymalnych temperatur w symulacjach nie przekroczyły wartości adiabatycznej temperatury płomienia, która dla propanu wynosi $T_{flamead} = 2253,15$ [K]. Kształt płomienia przypomina znany z doświadczeń eliptyczny kształt. Wzrost prędkości gazu na wlocie powoduje spadek maksymalnej temperatury w płomieniu, co jest zgodne z doświadczeniem. Wzrost temperatury powoduje wzrost strumienia masowego propanu, co prowadzi do zwiększenia ciepła generowanego w wyniku spalania. Jednakże rośnie też długość i szerokość płomienia, co zwiększa pojemność cieplną gazu. Zwiększona pojemność cieplna gazu ma wpływ na spadek maksymalnej temperatury płomienia.

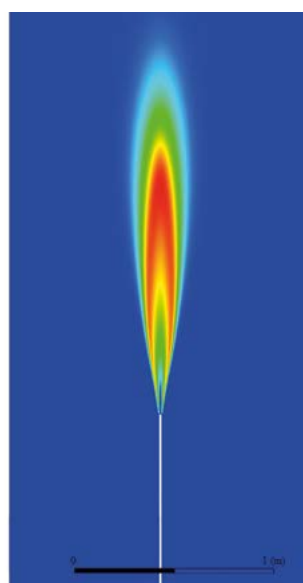
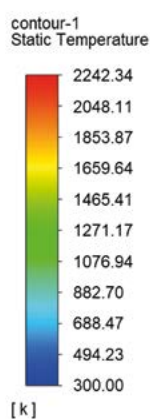


Figure 3. Distribution of temperatures in the cross-section of the flame-jet1
Rycina 3. Rozkład temperatur w przekroju płomienia-jet1

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

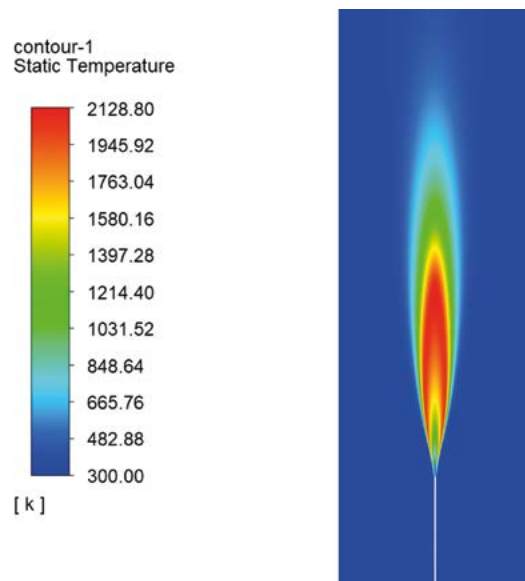


Figure 4. Distribution of temperatures in the cross-section of the flame-jet2
Rycina 4. Rozkład temperatur w przekroju płomienia-jet2

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

The distribution of the mole fraction in the flame cross-section allows for the determination of the $s_{lift-off}$ parameter, which determines the length of the gas mixing path before the propane oxidation process takes place. To determine the $s_{lift-off}$ there is an area in which the mole fraction of the fuel is greater than or equal to 0.99. Then, one determines the maximum value of the distance from the outlet in which this inequality is satisfied. For jet fires, it is the height (y -coordinate). It is shown in red in Figure 4.

Rozkład ułamka molowego w przekroju płomienia pozwala na określenie parametru $s_{lift-off}$, który określa długość drogi mieszania gazu, zanim nastąpi proces utleniania propanu. Do wyznaczenia $s_{lift-off}$ znajduje się obszar, w którym ułamek molowy paliwa jest większy lub równy 0,99, a następnie wyznacza się maksymalną wartość odległości od wylotu, w której ta nierówność jest spełniona. W przypadku pożarów strumieniowych jest to wysokość (współrzędna y), na rycinie 4 uwidoczniiona kolorem czerwonym.

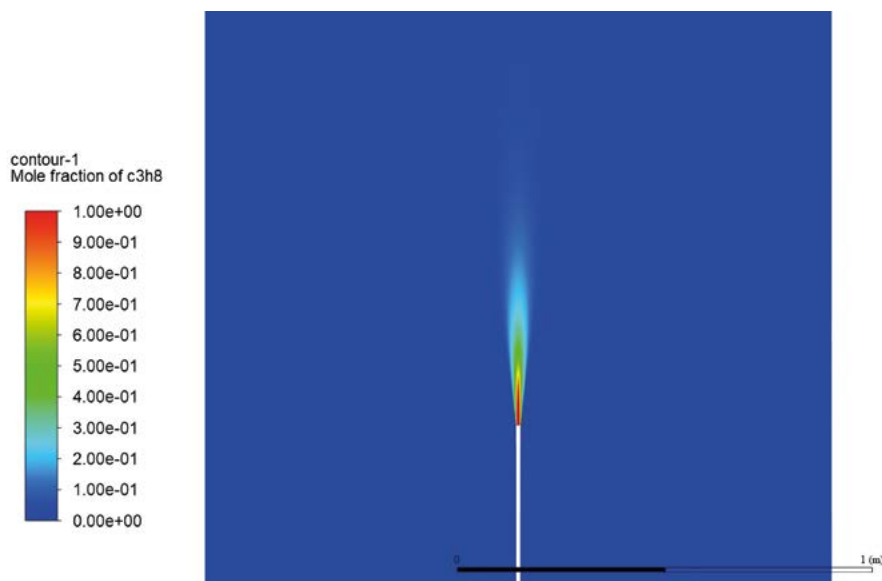


Figure 5. Distribution of the mole fraction of propane y_{c3h8} in the cross section of the flame-jet2
Rycina 5. Rozkład ułamka molowego propanu y_{c3h8} w przekroju płomienia-jet2

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

The following figures show (see Figure 6–8) the distributions of the mole fractions of oxygen, carbon dioxide and carbon monoxide in the jet2 simulation. As it can be seen from these figures, the model of the two-stage reaction of propane combustion is justified because the zone in which carbon monoxide occurs is quite large (see Figure 8). Despite the large Reynolds Re (see Table 2) numbers of propane at the inlet to the system, turbulent vortices have some noticeable effect on the reaction of incomplete combustion of propane.

Na kolejnych rycinach przedstawiono rozkłady ułamków molowych tlenu, dwutlenku węgla i tlenku węgla w symulacji jet2 (zob. ryc. 6–8). Na podstawie tych rycin można stwierdzić, że model dwuetapowej reakcji spalania propanu ma uzasadnienie, ponieważ strefa, w której występuje tlenek węgla, jest dość spora (zob. ryc. 8). Pomimo dużych liczb Reynoldsa propanu na wlocie do układu Re (zob. tabela 2), wiry burzliwe mają pewien zauważalny wpływ na reakcje niepełnego spalania propanu.

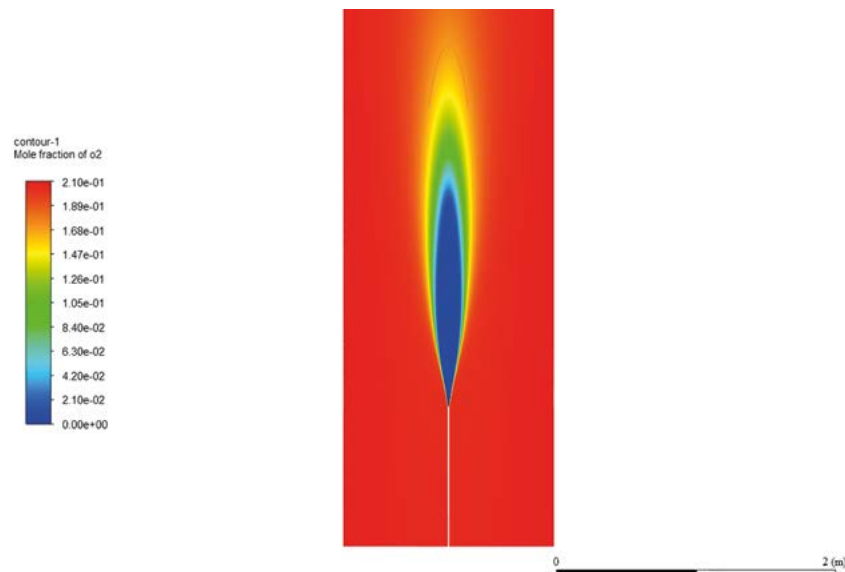


Figure 6. Distribution of the mole fraction of oxygen y_{O_2} in the cross section of the flame-jet2
Rycina 6. Rozkład ułamka molowego tlenu y_{O_2} w przekroju płomienia-jet2

Source: Own elaboration.
 Źródło: Opracowanie własne.

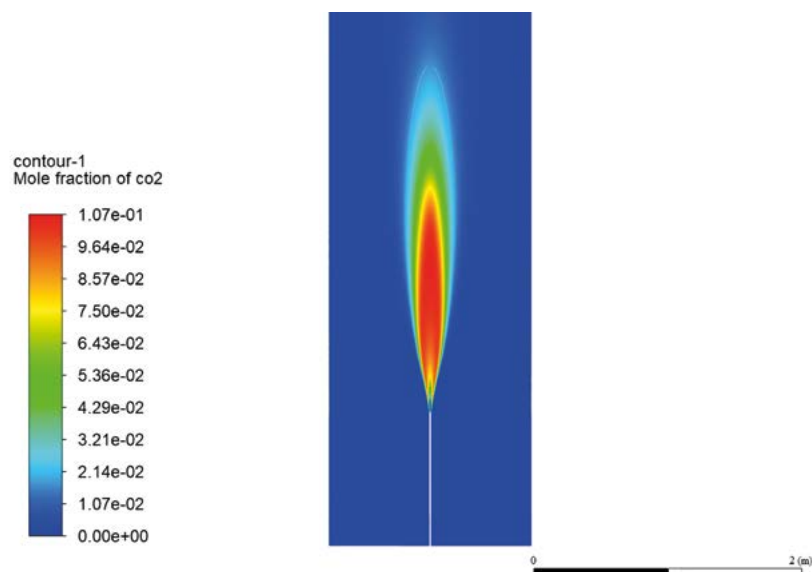


Figure 7. Distribution of the mole fraction of carbon dioxide y_{CO_2} in the cross section of the flame-jet2
Rycina 7. Rozkład ułamka molowego dwutlenku węgla y_{CO_2} w przekroju płomienia-jet2

Source: Own elaboration.
 Źródło: Opracowanie własne.

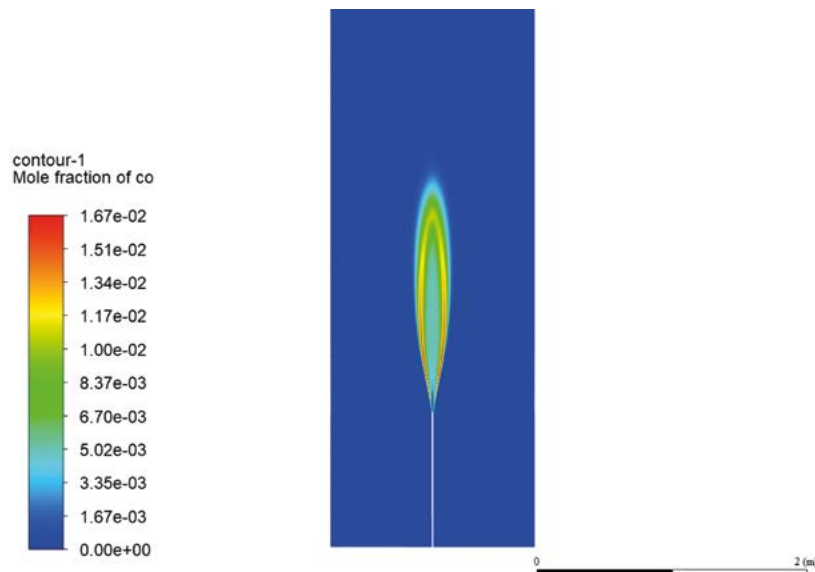


Figure 8. Distribution of the mole fraction of carbon monoxide y_{CO} in the cross section of the flame-jet2
Rycina 8. Rozkład ułamka molowego tlenku węgla y_{CO} w przekroju płomienia-jet2

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Mathematical modelling with computational fluid dynamics should be related to experimental research. If there is no such possibility, the obtained results of the flame size should be confronted with literature correlations. Table 3 shows the correlations allowing for the calculation of the flame length L_f and the $s_{lift-off}$ mixing path depending on the fuel outlet conditions.

Modelowanie matematyczne przy pomocy obliczeniowej mechaniki płynów powinno być odniesione do badań doświadczalnych. W przypadku, gdy takiej możliwości nie ma należy skonfrontować otrzymane wyniki rozmiaru płomienia z korelacjami literaturowymi. W tabeli 3 pokazano korelacje pozwalające na obliczenia długości płomienia L_f oraz drogi mieszania $s_{lift-off}$ w zależności od warunków wylotowych paliwa.

Table 3. Summary of literature correlations regarding vertical propane jet fires

Tabela 3. Zestawienie korelacji literaturowych dotyczących pionowych pożarów strumieniowych propanu

Autor	d_{nozzle} [mm]	Fr	L_f/d_{nozzle} [-]	$s_{lift-off}/d_{nozzle}$ [-]
Sonju [10]	<2–80>	<80–10 ⁵ >	$27Fr^{0.2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}(u/d_{nozzle})$
Palacios [8]	<10–43>	<1000–10 ⁶ >	$61Fr^{0.11}$	$(0,62/d_{nozzle})Fr^{0.3}$
Palacios [7]	<10–43,1>	No data	$Re^{0.4}$	No data

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The guidelines provided by Palacios [6] were used to determine the flame length in CFD simulations. Namely, the length of the flame is determined at the point where the flame temperature T_{flame} is greater than or equal to 800 [K]. Based on this assumption, the obtained flame lengths from the CFD results were compared with the results of literature correlation presented in Table 3. As can be seen from the data in Table 4, the length specified in CFD simulations is confirmed by the values determined with the use of literature correlations. But the values from the CFD simulation are

Określanie długości płomienia w symulacjach CFD oparto o wytyczne podane przez Palacios [6]. Oznacza to, że długość płomienia wyznaczana jest w miejscu, w którym temperatura płomienia T_{flame} jest większa lub równa 800 [K]. W oparciu o to założenie porównano otrzymane długości płomienia z wynikami CFD z wynikami korelacji literaturowych przedstawionych w tabeli 3. Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 4, długość określona w symulacjach CFD znajduje potwierdzenie w wartościach określonych przy pomocy korelacji literaturowych. Przy czym

clearly closer to the value from the correlation based on the Reynolds number [7] than from the other correlations. Unfortunately, the comparison of the $s_{\text{lift-off}}$ mixing path values clearly shows that the correlations given by Palacios [8] and Sonju [10] give much higher values of the mixing path than the CFD simulations. Most of the correlations in literature are calculated by the mixing path based on the constant value of the parameter (u/d_{nozzle}) . This may be the reason for the discrepancy between CFD simulations and the correlation given in [10]. At high d_{nozzle} values, the mass flow of gas has to travel a longer distance before it comes into contact with air, which will initiate combustion reactions. Therefore, research on the influence of the nozzle diameter on the $s_{\text{lift-off}}$ parameter seems to be an important issue. The tests could confirm whether the influence of the parameter (u/d_{nozzle}) on the length of the mixing path is actually linear.

wartości z symulacji CFD są wyraźnie bliższe wartościom z korelacji opartej o liczbę Reynoldsa [7] niż z pozostałych korelacji. Niestety porównanie wartości drogi mieszania $s_{\text{lift-off}}$ wyraźnie pokazuje, że korelacje podane przez Palacios [8] i Sonju [10] podają dużo wyższe wartości drogi mieszania niż symulacje CFD. Większość korelacji literaturowych drogę mieszania oblicza w oparciu o stałą wartość parametru (u/d_{nozzle}) . To może być powód rozbieżności symulacji CFD z korelacją podaną w pracy [10]. Przy dużych wartościach d_{nozzle} , strumień masowy gazu musi przebyć dłuższą drogę, zanim nastąpi kontakt z powietrzem, który zapoczątkuje reakcje spalania. A zatem istotną kwestią wydaje się zajęcie badaniami wpływu średnicy dyszy na parametr $s_{\text{lift-off}}$. Badania mogłyby potwierdzić, czy wpływ parametru (u/d_{nozzle}) na długość drogi mieszania rzeczywiście jest liniowy.

Table 4. Comparison of CFD results with literature correlations – parameter L_f
Tabela 4. Porównanie wyników CFD z korelacjami literaturowymi – parametr L_f

Name/ Nazwa	L_f CFD	$s_{\text{lift-off}}$ CFD	L_f Sonju [10]	$s_{\text{lift-off}}$ Sonju [10]	L_f Palacios [8]	$s_{\text{lift-off}}$ Palacios [8]	L_f Palacios [7]
	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]
Jet1	0.9545	1.84	1.424	7.2	1.522	7.5	0.718
Jet2	1.39	2.42	1.879	14.2	1.773	11.38	0.948
Jet3	1.6177	2.50	2.209	21.6	1.938	14.51	1.115

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Summary

The k- ω SST turbulence model describes the length of the flame well. The shape of the flame depends on gas velocity at the nozzle outlet. This model does not show the disadvantages of the k- ϵ model and basic k- ω models. The turbulence model used in the simulations correctly describes the outlet effects and calculates the concentration changes caused by the gas combustion reaction effectively. The comparison of the results obtained from the simulation with literature correlations allows to observe the problem of determining the mixing path grounded on the correlations based on the value (u/d_{nozzle}) and based on the Froude number. Both relations can be used to calculate real fires, provided that the gas mass flow is similar.

The publication was prepared under the project No. DOB-BIO7/09/03/2015 entitled "Program for the assessment of the risk of accidents in industrial facilities posing a threat outside their area" financed by the National Centre for Research and Development.

Podsumowanie

Model burzliwości k- ω SST dobrze opisuje długość płomienia oraz jego kształt w zależności od prędkości gazu na wylocie z dyszy. Nie wykazuje on wad modelu k- ϵ i podstawowych modeli k- ω . Model burzliwości użyty w symulacjach poprawnie opisuje efekty wylotowe oraz dobrze oblicza zmiany stężenia spowodowane reakcją spalania gazu. Porównanie wyników otrzymanych na podstawie symulacji z korelacjami literaturowymi pozwala na uchwycenie problemu wyznaczania drogi mieszania w oparciu o korelacje oparte na wartości (u/d_{nozzle}) oraz o liczbę Froude'a. Obie zależności mogą być stosowane do obliczeń rzeczywistych pożarów pod warunkiem zbliżonych wartości strumienia masowego gazu.

Publikacja została opracowana w ramach projektu nr DOB-BIO7/09/03/2015 pod tytułem „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

List of abbreviations

d_{nozzle}	– nozzle diameter, m
D_{km}	– diffusion coefficient of the kth component in the mixture, m^2s^{-1}
D_{eff}	– effective diffusion coefficient, m^2s^{-1}
f_i	– gravitational acceleration, ms^{-2}
Fr	– froude number
h_k	– enthalpy of k-component, Jkg^{-1}
H	– enthalpy of the mixture, Jkg^{-1}
I	– turbulence intensity, %
k	– kinetic energy of turbulence, m^2s^{-2}
L_f	– flame length, m
P	– pressure, Pa
Pr_t	– turbulent Prandtl number
Re	– reynolds number
R_k	– chemical reaction rate, $\text{kgm}^{-3}\text{s}^{-1}$
$S_{\text{lift-off}}$	– length of the gas mixing path, m
Sc_t	– turbulent Schmidt number
S_k	– heat generated by the chemical reaction of Wm^{-3}
S_{rad}	– heat exchanged due to radiation, Wm^{-3}
u	– speed, ms^{-1}

Greek symbols

λ_m	– thermal conductivity of the mixture, $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
λ_{eff}	– effective thermal conductivity of the mixture, $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
μ_m	– dynamic viscosity coefficient of the mixture, $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$
μ_{eff}	– effective dynamic viscosity coefficient, $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$
μ_t	– dynamic turbulent viscosity index, $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$
ρ	– density of mixture, kgm^{-3}
φ_k	– mass fraction of k-th component
ω	– specific turbulence dissipation rate, s^{-1}

Literature / Literatura

- [1] Cumber P.S., Spearpoint M., *A computational flame length methodology for propane jet fires*, „Fire Safety Journal” 2006, 41, 215, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2006.01.003>.
- [2] Kalghatgi G., *Lift-off Heights and Visible Lengths of Vertical Turbulent Jet Diffusion Flames in Still Air*, „Combustion Science and Technology” 1984, 41, 17, <https://doi.org/10.1080/00102208408923819>.
- [3] Magnussen B.F., Hjertager B.H., *On mathematical modeling of turbulent combustion with special emphasis on soot formation and combustion*, „Symposium (International) on Combustion” 1977, 16 (1), 719, [https://doi.org/10.1016/S0082-0784\(77\)80366-4](https://doi.org/10.1016/S0082-0784(77)80366-4).
- [4] Mashhadimoslem H., Ghaemi A., Behroozi A.H. i in., *A New simplified calculation model of geometric thermal features of a vertical propane jet fire based on experimental and computational studies*, „Process Safety and Environmental Protection” 2020, Vol. 135, 301, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.01.009>
- [5] Mashhadimoslem H., Ghaemi A., Palacios A., *Analysis of deep learning neural network combined with experiments to develop predictive models for a propane vertical jet fire*, „Heliyon” 2020, 6, e05511, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05511>.
- [6] Palacios A., Casal J., *Assessment of the shape of vertical*

Wykaz skrótów

C_{pm}	– ciepło właściwe mieszaniny gazowej, $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
d_{nozzle}	– średnica dyszy, m
D_{km}	– współczynnik dyfuzji k-tego składnika w mieszaninie, m^2s^{-1}
D_{eff}	– efektywny współczynnik dyfuzji, m^2s^{-1}
f_i	– przyspieszenie grawitacyjne, ms^{-2}
Fr	– liczba Froude’a
h_k	– entalpia k- tego składnika, Jkg^{-1}
H	– entalpia mieszaniny, Jkg^{-1}
I	– intensywność turbulencji, %
k	– energia kinetyczna turbulencji, m^2s^{-2}
L_f	– długość płomienia, m
P	– ciśnienie, Pa
Pr_t	– turbulentna liczba Prandtla
Re	– liczba Reynoldsa
R_k	– szybkość reakcji chemicznej, $\text{kg m}^{-3}\text{s}^{-1}$
$S_{\text{lift-off}}$	– długość drogi mieszania gazu, m
Sc_t	– turbulentna liczba Schmidta
S_k	– strumień energii generowany przez reakcje chemiczną Wm^{-3}
S_{rad}	– strumień energii wymieniony na skutek radiacji, Wm^{-3}
u	– prędkość, ms^{-1}

Symbole greckie

λ_m	– współczynnik przewodzenia ciepła mieszaniny, $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
λ_{eff}	– efektywny współczynnik przewodzenia ciepła mieszanin, $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
μ_m	– współczynnik lepkości dynamicznej mieszaniny, $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$
μ_{eff}	– efektywny współczynnik lepkości dynamicznej, $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$
μ_t	– współczynnik lepkości burzliwej, $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$
ρ	– gęstość mieszaniny, kgm^{-3}
φ_k	– ułamek masowy k- tego składnika
ω	– właściwa dyssypacja energii kinetycznej turbulencji, s^{-1}

- jet fires*, „Fuel” 2011, 90, 824, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.09.048>.
- [7] Palacios A., Munoz M., Darbra R.M. i in., *Thermal radiation from vertical jet fires*, „Fire Safety Journal” 2012, 51, 93, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2012.03.006>.
- [8] Palacios A., Munoz M., Casal J., *Jet fires: An experimental study of the main geometrical features of the flame in subsonic and sonic regimes*, „AIChE” 2009, 55 (1), 256, <https://doi.org/10.1002/aic.11653>.
- [9] Russo F., Basse N.T., *Scaling of turbulence intensity for low-speed flow in smooth pipes*, „Flow Measurement and Instrumentation” 2016, 52, 101, <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2016.09.012>.
- [10] Sonju O.K., Hustad J.E., *An experimental study of turbulent jet diffusion flames*, „American Institute of Aeronautics and Astronautics” 1985, <https://doi.org/10.2514/5.9781600865701.0320.0339>.
- [11] Vogel E. i in., *Reference Correlation of the Viscosity of Propane*, „Journal of Physical and Chemical Reference Data” 1998, 27, 947, <https://doi.org/10.1063/1.556025>.
- [12] Zhang B., Liu Y., Laboureur D. i in., *Experimental Study on Propane Jet Fire Hazards: Thermal Radiation*, „Industrial & Engineering Chemistry Research” 2015, 54, 9251, <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b02064>.
- [13] <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/th/node115.htm> [dostęp: 16.03.2022].

MICHAŁ WOJCIECH LEWAK, PH.D. ENG. – in 2005, he began doctoral studies at the Faculty of Chemical and Process Engineering of the Warsaw University of Technology. In 2011, he obtained a doctorate with honors, specializing in chemical engineering. Since 2011, he has been a research and teaching worker at the Warsaw University of Technology. He works as a lecturer at the Division of Kinetics and Process Thermodynamics at the Faculty of Chemical and Process Engineering. He deals with mathematical modeling of mass, heat and energy transport phenomena in physicochemical systems with particular emphasis on methods related to computational fluid mechanics. In addition, he deals with process safety issues in chemical reactors, mathematical modeling related to jet fire and contamination spreading.

JAROSŁAW TĘPIŃSKI, PH.D. ENG. – graduated from the Faculty of Electrical Engineering of the Warsaw University of Technology with a specialization in Automation and Computer Engineering. In 2016, at the same faculty, he obtained a doctoral degree in technical sciences. Currently, he is an assistant professor at Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej – Państwowy Instytut Badawczy (CNBOP-PIB) in Józefów and a head of a research and scientific project entitled “A program for assessing the risk of accidents in industrial facilities posing a threat outside their premises”. Specialties – electrical engineering, automation and technical fire protection systems.

JUNIOR BRIG. WOJCIECH KLAPSA, M.SC. ENG – a graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw and the Military University of Technology in Warsaw, Faculty of Chemistry. Currently, he serves at Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej – Państwowy Instytut Badawczy in the Laboratory of Combustion Processes and Explosions as a manager. Author or co-author of articles on fire safety and flammable properties of building materials. At CNBOP-PIB, he deals with the subject of technical expertise of buildings, court opinions in the field of determining the causes of fires and research in the field of reaction to fire of construction products, as well as determining the explosive parameters of flammable substances. A speaker at national and international conferences, as well as a lecturer during exercises, workshops and training during training courses and other courses.

DR. INŻ. MICHAŁ WOJCIECH LEWAK – w roku 2005 rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej. W roku 2011 uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora specjalność inżynieria chemiczna. Od 2011 roku jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Politechniki Warszawskiej. Pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Kinetyki i Termodynamiki Procesowej na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej. Zajmuje się modelowaniem matematycznym zjawisk transportu masy, ciepła i energii w układach fizykochemicznych ze szczególnym uwzględnieniem metod związanych z obliczeniową mechaniką płynów. Ponadto zajmuje się problemami bezpieczeństwa procesowego w reaktorach chemicznych, modelowaniem matematycznym związanym z pożarem strumieniowym i rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń.

DR. INŻ. JAROSŁAW TĘPIŃSKI – w 2008 r. ukończył studia o specjalności Automatyka i Inżynieria Komputerowa na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Na tym samym wydziale w 2016 r. uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych. Obecnie jest adiunktem w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowazarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie oraz kierownikiem projektu badawczo-naukowego pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem”. Specjalność – elektrotechnika, automatyka oraz techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych.

MŁ. BRYG. MGR INŻ. WOJCIECH KLAPSA – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie i Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie Wydziału Chemii. Obecnie pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowazarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości na stanowisku Kierownika. Autor lub współautor artykułów o tematyce bezpieczeństwa pożarowego oraz właściwości palnych materiałów budowlanych. W CNBOP-PIB zajmuje się tematyką ekspertyz technicznych budynków, opinii sądowych w zakresie ustalania przyczyn pożarów oraz badaniami w zakresie reakcji na ogień wyrobów budowlanych, a także wyznaczaniem parametrów wybuchowych substancji palnych. Prelegent na konferencjach krajowych i zagranicznych, a także wykładowca podczas ćwiczeń oraz warsztatów i treningów na szkoleniach i kursach.

12-14 July 2022

Krakow, Poland



ETCC 2022
EUROPEAN TECHNICAL COATINGS CONGRESS

Coatings
Inspirations

Since 1950

www.etcc2022.org

70 years tradition of
ETCC 2022 European Technical Coatings Congress
12-14 July 2022, Krakow

Presentations refer to the latest scientific and technical achievements:
Paints. Coatings. Raw Materials. Adhesives. Construction Materials.
Related Materials. Processes and Concepts.

ABSTRACT SUBMISSION,
deadline: 30 JANUARY 2022

Innovation Starts Here.
View your measurable benefits from:

- **Six Parallel Sessions and Posters presentation**

See the ETCC2022 Congress program at:
www.etcc2022.org/en/congress/congress-program

- **Plenary presentations**

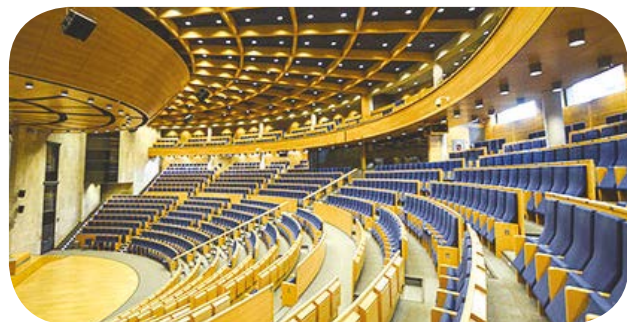
Keynote speakers, see at:
www.etcc2022.org/en/congress/speakers

- **Exhibition - Presentation of Scientific & Technical Achievements, Products, Equipment, Services**

Register at :
www.etcc2022.org/en/congress/exhibition

- **„Summer School” Session**

See the program on:
www.etcc2022.org/en/congress/summer-school



CONGRESS PARTICIPATION

Register at:
www.etcc2022.org/en/registration

Publication of presentations possible in journals:
www.etcc2022.org/en/congress/publication-in-journals

Congress Awards – 1000 Euro each
will be granted for the following categories:

- Best presentation of the congress
- Best paper presented by a young scientist (*age up to 35 years*)
- Best paper with ecological content
- Others awards and recognitions

For more detailed information please visit congress website: www.etcc2022.org
Should you have any questions, please do not hesitate to contact us by e-mail:

- etcc2022@sitpchem.org.pl
- koziel.jozef@gmail.com

We are present at the social media:



Krzysztof Cygańczuk^{a)*}, Jacek Roguski^{a)}, Jarosław Tępiński^{a)}

^{a)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpozarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

^{*} *Corresponding author / Autor korespondencyjny: kcyganczuk@cnbop.pl*

Temporary Accommodation Facilities for People Affected by an Emergency or Humanitarian Disaster

Obiekty tymczasowego zakwaterowania dla ludności dotkniętej sytuacją kryzysową lub klęską humanitarną

ABSTRACT

Aim: This article attempts to provide an insight into the planning and construction of temporary accommodation for those affected by warfare and humanitarian disasters. The damage to housing infrastructure is often very extensive and its reconstruction takes up to several years, during which time it is necessary to provide refugees and disaster victims with minimum living conditions until they are able to move into permanent housing facilities. The article further describes the planning process that should be followed before disasters, as well as the types of temporary accommodation and the use of local resources in disaster recovery.

Introduction: In recent years, we have seen a significant increase in the occurrence of natural disasters and local armed conflicts. In most cases infrastructure in disaster areas is severely damaged or completely destroyed. Houses and residential buildings are very vulnerable to damage and are the most visible consequence after disasters. At the same time, for the people affected by these disasters, they are very traumatic experiences. The article describes the key role of temporary housing during the recovery from humanitarian disasters, identifies common problems and provides some suggestions on how to overcome them.

Methodology: The paper mainly uses theoretical research methods, including literature analysis and the opinions of international experts who have conducted studies of many humanitarian disasters and warfare. The analysis which was carried out made it possible to establish and present directions for the construction methodology and optimal solutions in the refugee accommodation project. It discusses elements that can be classified as common patterns of temporary accommodation and reviews of both successful and unsuccessful solutions.

Conclusions: The article discusses important factors related to humanitarian disaster preparedness and management. In order to assess the preparedness of planning and disaster management, the article answers the following questions: what is good planning and management and what is the role of temporary housing? The answer is based on the results of empirical and behavioural research conducted by international experts and UNDRO – the United Nations Disaster Relief Organization and the United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR).

Keywords: UNDRO, UNHCR, humanitarian disasters, temporary accommodation

Type of article: review article

Received: 23.03.2022; **Reviewed:** 03.04.2022; **Accepted:** 04.04.2022;

Authors' ORCID IDs: K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880; J. Roguski – 0 0000-0002-7848-053X; J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 42–57, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.2>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: W ramach niniejszego artykułu podjęto próbę przybliżenia kwestii związanych z planowaniem i budowaniem tymczasowego zakwaterowania dla osób dotkniętych skutkami działań wojennych i katastrof humanitarnych. Zniszczenia infrastruktury mieszkalnej często są bardzo duże, a jej rekonstrukcja trwa nawet kilka lat i w tym czasie konieczne jest zapewnienie uchodźcom i ofiarom katastrof minimalnych warunków życia do czasu, aż będą mieli możliwość wprowadzenia się do stałych obiektów mieszkalnych. W artykule opisano ponadto proces planowania, który powinien być realizowany przed katastrofami, a także rodzaje zakwaterowania tymczasowego oraz wykorzystanie zasobów lokalnych przy odbudowie po katastrofach.

Wprowadzenie: W ostatnich latach obserwujemy znaczny wzrost zjawiska występowania klęsk żywiołowych oraz lokalnych konfliktów zbrojnych. Infrastruktura w rejonach klęsk w większości przypadków zostaje poważnie uszkodzona lub ulega całkowitemu zniszczeniu. Domy i budynki mieszkalne są bardzo podatne na zniszczenia i stanowią najbardziej widoczny skutek po katastrofach. Jednocześnie dla ludzi, których te katastrofy dotknęły, są to

przeżycia bardzo traumatyczne. W artykule opisano kluczową rolę tymczasowych budynków mieszkalnych w czasie trwania odbudowy po katastrofach humanitarnych oraz zidentyfikowano wspólne problemy i zasugerowano pewne wskazówki, jak je pokonać i przezwyciężyć.

Metodologia: W pracy wykorzystano głównie teoretyczne metody badawcze, w tym analizę literatury oraz opinie ekspertów międzynarodowych, którzy prowadzili badania wielu katastrof humanitarnych i działań wojennych. Przeprowadzona analiza pozwoliła na ustalenie i zaprezentowanie kierunków metodologii budowy oraz optymalnych rozwiązań w projekcie zakwaterowania uchodźców. Omówiono elementy, które można zaklasyfikować jako wspólne wzorce tymczasowych obiektów mieszkalnych oraz recenzje rozwiązań zarówno tych, które zastosowano z powodzeniem, jak i takich, których użycie okazało się porażką.

Wnioski: W artykule omówiono ważne czynniki związane z przygotowaniem się na wypadek katastrof humanitarnych i zarządzaniem nimi. W celu oceny gotowości planowania i zarządzania katastrofami, artykuł odpowiada na następujące pytania: czym jest dobre planowanie i zarządzanie oraz jaką rolę spełnia tymczasowe budownictwo mieszkalne? Odpowiedź została udzielona na podstawie wyników badań empirycznych i behawioralnych prowadzonych przez międzynarodowych ekspertów oraz UNDRO – Organizację Narodów Zjednoczonych ds. Pomocy w Klęskach Żywiolowych (ang. United Nations Disaster Relief Organization, UNDRO) i Wysokiego Komisarza Narodów Zjednoczonych ds. Uchodźców (ang. United Nations High Commissioner for Refugees, UNHCR).

Słowa kluczowe: UNDRO, UNHCR, katastrofy humanitarne, zakwaterowanie tymczasowe

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 23.03.2022; **Zrecenzowany:** 03.04.2022; **Zaakceptowany:** 04.04.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880; J. Roguski – 0 0000-0002-7848-053X; J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795; Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 42–57, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.2>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

The programme for the reconstruction of an area after a humanitarian disaster in particular concerns the reconstruction or rehabilitation of houses damaged or destroyed after natural disasters, industrial accidents or acts of war. Reconstruction work often takes a long time and during this time it is necessary to provide the victims with minimum conditions for a dignified life, privacy and security. The article describes the key role of temporary housing, providing places where injured people can live and gradually return to their former lives until permanent accommodation becomes available for them. The article also aims to identify the main problems associated with temporary accommodation strategies. Several principles were discussed in order to achieve better design solutions. It was stated that temporary accommodation is an issue that goes beyond simply providing housing – space for temporary settlement is important.

Temporary accommodation is a process that should start before a humanitarian disaster occurs as preventive pre-planning. In emergency situations temporary structures in the form of housing are one of the most important elements contributing to more effective recovery and reconstruction efforts.

The incidence of natural and humanitarian disasters has increased significantly in the recent decades. Many buildings were destroyed or bombed, where many of them were totally destroyed. As a consequence, in most situations, disasters result in a high level of homeless people in urgent need of accommodation. The main determinant for victims affected by a humanitarian disaster is the time taken to rebuild these buildings. The sooner this happens, the lesser the consequences of social adaptation

Wprowadzenie

Program odbudowy obszaru po katastrofie humanitarnej dotyczy szczególnie odbudowy lub rekonstrukcji domów uszkodzonych lub zniszczonych po klęskach żywiołowych, katastrofach przemysłowych lub działaniach wojennych. Prace rekonstrukcyjne trwają często długo i w tym czasie konieczne jest zapewnienie ofiarom minimalnych warunków godnego życia, prywatności i bezpieczeństwa. W artykule opisano kluczową rolę tymczasowych budynków mieszkalnych, zapewniających miejsca, w których osoby poszkodowane mogą żyć i stopniowo powracać do swojego poprzedniego życia, do czasu aż pojawi się dla nich możliwość stałego zakwaterowania.

Artykuł ma również na celu zidentyfikowanie głównych problemów związanych ze strategiami tymczasowego zakwaterowania. Omówiono kilku zasad w celu uzyskania lepszych rozwiązań projektowych. Stwierdzono, że tymczasowe zakwaterowanie to kwestia, która wykracza poza zwykłe zapewnienie mieszkań – ważna jest przestrzeń do tymczasowego osiedlenia się.

Tymczasowe zakwaterowanie jest procesem, który powinien rozpocząć się przed wystąpieniem katastrofy humanitarnej jako prewencyjne planowanie wstępne. Konstrukcje tymczasowe w postaci budynków mieszkalnych są w sytuacjach kryzysowych jednym z najważniejszych elementów przyczyniających się do efektywniejszych działań w sferze naprawczej i odbudowy.

W ostatnich dziesięcioleciach częstość występowania klęsk żywiołowych i humanitarnych znacznie wzrosła. Wiele budynków zostało zniszczonych lub zbombardowanych, w tym znaczna część – doprowadzona do całkowitego zniszczenia. W rezultacie w większości sytuacji efektem katastrof jest wysoki poziom

for the victims by providing them with better living conditions, security and privacy.

This article aims to demonstrate the key role of temporary housing during the period of the disaster recovery programme, identify common problems and suggest guidance on how to overcome them. Later on the article outlines principles for streamlining architectural design through a temporary accommodation solution. The presentation of the main streams describing the methodology of reconstruction of temporary housing after disasters or warfare was based on literature review. Projects that can be classified as common patterns are discussed, highlighting solutions that have been used successfully as well as those that have failed.

Temporary accommodation

When implementing a programme of reconstruction, e.g. after hostilities, it is important to remember how important temporary accommodation is for the refugees. The end of hostilities/disasters is followed by a very important phase which is the provision of shelter to the affected people. According to UNDRO sources [1], the following types of post-disaster shelters can be identified: tents, imported housing structures, standard structures containing local materials, temporary housing and reconstruction of permanent housing. The shelter strategies presented by UNDRO seem to reflect the approach of the American pioneer of disaster sociology, Enrico Quarantelli [2], whose view is that shelter indicates where to stay in the immediate post-disaster period. In this respect, it defines four distinct post-disaster stages:

- emergency stay – a place where survivors stay for a few days – this can be with family, friends or a shelter organised for example by the Red Cross (see Figure 1);
- temporary accommodation – a short stay of up to several weeks after a disaster, e.g. in a tent (depending on the weather), as well as shelter organised e.g. by the local authorities;
- temporary housing – a stay from six months to three years, ensuring that a person returning to normal activities can function in a similar manner as before the disaster (work, study, etc.). These can include prefabricated houses or rented accommodation;
- permanent housing – returning to a rebuilt home or settling into a new building to restore the pre-disaster or pre-war condition.

liczby bezdomnych, którzy pilnie potrzebują zakwaterowania. Głównym determinantem dla ofiar dotkniętych skutkami klęski humanitarnej jest czas odbudowy tych budynków. Im szybciej to nastąpi, tym konsekwencje adaptacji społecznej poszkodowanych będą mniejsze poprzez zapewnienie im lepszych warunków do życia, bezpieczeństwa oraz prywatności.

Niniejszy artykuł ma na celu wykazanie kluczowej roli tymczasowych budynków mieszkalnych w okresie programu odbudowy po katastrofach, identyfikację wspólnych problemów i zasugerowanie wskazówek, jak je pokonać. W jego dalszej części przedstawiono zasady usprawnienia opracowywania projektów architektonicznych poprzez rozwiązanie tymczasowego zakwaterowania. Prezentację głównych nurtów opisujących metodologię odbudowy tymczasowych budynków mieszkalnych po katastrofach lub działaniach wojennych oparto na przeglądzie literatury. Omówiono projekty, które można zaklasyfikować jako wspólne wzorce, zaznaczając rozwiązania, które zastosowano z powodzeniem, jak i te, których użycie okazało się porażką.

Zakwaterowanie tymczasowe

Realizując program odbudowy zniszczeń np. po działaniach wojennych, należy pamiętać, jak ważne dla uchodźców jest tymczasowe zakwaterowanie. Po zakończeniu działań wojennych/katastrof następuje bardzo ważny etap, jakim jest zapewnienie schronienia poszkodowanym. Jak podają źródła UNDRO [1], można zidentyfikować następujące rodzaje schronienia po katastrofie: namioty, importowane konstrukcje mieszkalne, standardowe konstrukcje zawierające lokalne materiały, tymczasowe mieszkania i odbudowa stałych mieszkań. Strategie schronienia przedstawione przez UNDRO wydają się odzwierciedlać podejście amerykańskiego pioniera socjologii katastrof Enrico Quarantelli [2], którego zdaniem schronienie wskazuje miejsce pobytu w bezpośrednim okresie po katastrofie. W tym zakresie definiuje on cztery odrębne etapy po katastrofie:

- pobyt awaryjny – miejsce, w którym osoby, które przeżyły, przebywają przez kilka dni – może to być pobyt u rodziny, znajomych lub schronienie zorganizowane np. przez Czerwony Krzyż (zob. ryc. 1);
- zakwaterowanie tymczasowe – krótki pobyt do kilku tygodni po katastrofie np. w namiocie (zależnie od pogody), a także schronienie zorganizowane np. przez władze samorządowe;
- kwatera tymczasowa – pobyt od sześciu miesięcy do trzech lat, zapewniający osobie powracającej do normalnej działalności funkcjonowanie w sposób podobny, jak przed katastrofą (praca, nauka itp.). Mogą to być np. domki zbudowane z prefabrykatów lub wynajęte kwatery;
- mieszkania stałe – powrót do odbudowanego domu lub zasiedlenie w nowym budynku, które pozwoli na przywrócenie stanu sprzed katastrofy lub przed wystąpieniem działań wojennych.



Figure 1. Tent town at Składowa Street in Olkusz, photograph by Paweł Mocny
Rycina 1. Miasteczko namiotowe przy ulicy Składowej w Olkuszu, fot. Paweł Mocny

Source / Źródło: <https://olkusz.naszemiasto.pl/do-olkusza-przyjedzie-kolejny-pociag-z-uchodzcami-jak/ga/c1-8701681/zd/69295741> dostęp 10.04.2022

Purpose of temporary accommodation

Societies that have survived the nightmare of massive disasters or, worse, warfare on their territory are worried about their future. The loss of the loved ones, friends and neighbours, as well as the loss of property, a house or a flat is one of the most difficult moments in life, which can take a toll on the victims' psyche and cause a lowering of the will to continue living [3].

While reconstruction of the damage may take several years or more, temporary accommodation fills this entire period, providing refugees in a basic way with key functions such as safety and security, privacy and minimum conditions for comfortable living before hostilities [4]. In this way, temporary accommodation contributes to easing the waiting period for permanent housing and also contributes to creating the conditions for success in the planned programme of reconstruction of the country, region or town. Each type of temporary accommodation has different requirements and purposes depending on its function as part of the stages previously described.

Emergency shelter

In most cases, the phase of emergency stay does not result in the need to construct or assemble any temporary buildings from the elements as it relates directly to the aftermath of a disaster. In this phase, adapted schools, sports halls and exhibition halls serve as places of refuge (see Figure 2). Therefore – because of the need for greater comfort – a Japanese architect Shigeru Ban constructed privacy zones, which are built with cardboard tubes forming the walls seen in Figure 3.

Cel zakwaterowania tymczasowego

Społeczeństwa, które przeżyły koszmar potężnych katastrof lub – co gorsza – działań wojennych na ich terytorium niepokoją się o swoją przyszłość. Strata najbliższych osób, znajomych i sąsiadów, a także utrata mienia, domu lub mieszkania jest jedną z najtrudniejszych chwil w życiu, które mogą zaważyć na psychice poszkodowanych i powodować obniżenie chęci do dalszego życia [3].

Odbudowa zniszczeń może potrwać kilka lub więcej lat, zakwaterowanie tymczasowe wypełnia cały ten okres, zapewniając uchodźcom w sposób podstawowy kluczowe funkcje, takie jak bezpieczeństwo i ich ochrona, prywatność i minimalne warunki komfortu życia sprzed działań wojennych [4]. W ten sposób tymczasowe zakwaterowanie przyczynia się do złagodzenia okresu oczekiwania na stały pobyt, a także przyczynia się do stworzenia warunków do osiągnięcia powodzenia w zaplanowanym programie odbudowy kraju, regionu lub miejscowości. Każdy rodzaj zakwaterowania tymczasowego ma różne wymagania i cele w zależności od jego funkcji jako części wcześniej opisanych etapów.

Schronienie awaryjne

W większości przypadków faza pobytu awaryjnego nie powoduje konieczności budowania lub składania z elementów żadnych tymczasowych budynków, ponieważ odnosi się ono bezpośrednio do następstw katastrofy. W tej fazie jako miejsca schronienia służą dostosowane do tego celu szkoły, hale sportowe i wystawowe (zob. ryc. 2). Dlatego – ze względu na potrzebę większego komfortu – japoński architekt Shigeru Ban skonstruował strefy prywatności, które zbudowane są z tekturowych tub tworzących ścianki widoczne na rycinie 3.



Figure 2. Example of a shelter organised in a sports hall
Rycina 2. Przykład miejsca schronienia zorganizowanego w hali sportowej

Source: UNHCR. United Nations High Commissioner for Refugees.

Źródło: UNHCR. Wysoki Komisarz Narodów Zjednoczonych do spraw uchodźców.

Contemporary shelters

While in shelter facilities, people affected by a humanitarian disaster should be provided with the minimum means for daily functioning. Nowadays, due to the organisation of such places in large-scale halls, victims should not have difficulties due to lack of space.

Schronienia współczesne

Podczas pobytu w obiektach schronienia osoby dotknięte klęską humanitarną powinny mieć zapewnione minimalne środki do codziennego funkcjonowania. Obecnie w związku ze zorganizowaniem takich miejsc w wielopowierzchniowych halach, poszkodowani nie powinni mieć trudności z powodu braku miejsca.



Figure 3. Paper partitioning system designed by Shigeru Ban at the refugee aid station in Chełm
Rycina 3. Papierowy system przegród wg projektu Shigeru Bana w punkcie pomocy uchodźcom w Chełmie

Source: Photograph by Jerzy Łątka.

Źródło: Fot. Jerzy Łątka.

Temporary shelters help to protect people from the outside elements while providing privacy for rest and psychological regeneration, as well as space for simple daily activities. Such structures can be quickly accessible after a disaster, they are usually smaller and made of lighter materials to make them easier for transport and assembly, while at the same time being very durable so that they can be used again and again.

Tymczasowe schronienia pozwalają chronić ludzi przed czynnikami zewnętrznymi, a jednocześnie zapewniają prywatność dla odpoczynku i regeneracji psychologicznej oraz przestrzeń do wykonywania prostych codziennych czynności. Budowle takie mogą być szybko dostępne po katastrofie, są zwykle mniejsze i wykonywane z lżejszych materiałów, aby ułatwić ich transport i montaż, jednocześnie są bardzo trwałe, aby można było je wykorzystywać wielokrotnie.

Contemporary housing

The next step in providing shelter for refugees is temporary housing. This is a solution to bridge the time gap between temporary shelter and the completion of reconstruction work or building from scratch housing for victims. Temporary accommodation solutions have the necessary spatial conditions to allow people to return to normal daily activities carried out before a humanitarian disaster. Therefore, it is an essential stage, as it fosters a return to a time before hostilities or a disaster. We can distinguish two main ways of temporary housing solutions [5]:

- ready-made components which are manufactured at a factory and then transported to their future location; on site they may require some simple assembly work;
- consumables for a housing set, which are the elements that make up a building to be completely assembled on site. Regardless of the type, these buildings are usually similar to permanent houses, they are also larger and more climate resilient than temporary shelters and provide the necessary infrastructure such as water supply, sanitation, electricity, etc. (see Figure 4).

Współczesne mieszkalnictwo

Kolejnym etapem w zapewnieniu schronienia uchodźcom są mieszkania tymczasowe. Jest to rozwiązanie pozwalające na połączenie luki czasowej między tymczasowym schronieniem a zakończeniem prac odbudowy lub zbudowania od podstaw zasobów mieszkaniowych dla osób pokrzywdzonych. Tymczasowe rozwiązania zakwaterowania posiadają niezbędne warunki przestrzenne, aby umożliwić ludziom powrót do normalnych czynności codziennych wykonywanych przed katastrofą humanitarną. Jest to zatem etap zasadniczy, gdyż sprzyja powrotowi do czasu sprzed działań wojennych lub katastrofy. Możemy wyróżnić dwa główne sposoby tymczasowych rozwiązań mieszkaniowych [5]:

- gotowe elementy, które są wytwarzane fabrycznie, a następnie przetransportowane w miejsce ich przyszłego usytuowania, na miejscu rozstawienia mogą one wymagać kilku prostych prac montażowych;
- materiały eksploatacyjne do zestawu mieszkaniowego, które tworzą elementy składające się na budynek, który ma zostać całkowicie zmontowany w miejscu przeznaczenia. Niezależnie od typu budynki te są zwykle podobne do stałych domów, są także większe i bardziej odporne na warunki klimatyczne niż tymczasowe schronienia i zapewniają niezbędną infrastrukturę, taką jak zaopatrzenie w wodę, kanalizację, prąd itp. (zob. ryc. 4).



Figure 4. Example of a temporary structure
Rycina 4. Przykład konstrukcji tymczasowej

Source: UNHCR – United Nations High Commissioner for Refugees.

Źródło: UNHCR – Wysoki komisarz Narodów Zjednoczonych do spraw uchodźców.

Dilemmas in the organisation of temporary accommodation

Over the past years, many solutions and strategies have been developed and implemented in the area of refugee accommodation, but not all methods have received positive evaluations.

Dylematy w organizacji tymczasowych budynków noclegowych

Na przestrzeni ostatnich lat opracowano i wdrożono wiele rozwiązań i strategii w obszarze zakwaterowania uchodźców, nie wszystkie jednak metody uzyskały pozytywne oceny. Wiele

Many of the proposed solutions (see Figure 4) provide conditions similar to permanent housing [4].

Designing a house is a complicated task because it should be the result of social, cultural, religious, political, economic, environmental and technical interactions [11]. In many countries a home is also a source of pride and a certain cultural identity [6]. In crisis situations, the destruction of houses, housing estates can lead to the loss of these symbolic values [7], and the process of restoration is done in a way that depends on the realities of the area. The solutions used to temporarily resettle homeless people following disasters were often culturally unacceptable [8].

Further difficulties associated with the use of temporary accommodation solutions relate to the areas of economics and the environment. The financial resources for temporary buildings are high due to the relationship between the large investment required to purchase them and their short lifespan. These amounts are comparable to the construction of houses and permanent housing, and in some cases two or three times as high [9]. Environmental issues are another problem. Once the accommodation has served its purpose it is no longer needed and, usually in good condition, is dismantled after a period of use. Often local authorities have no idea how to manage them. Buildings are stored in warehouses with no plans for their future use, which unfortunately seems to be a big waste [10]. Moreover, when the tents, modular and temporary homes are dismantled, the installed infrastructure and foundations remain in the area where they were placed, and the area is not cleared to restore the original pre-disaster condition. The economic and environmental problems mentioned above are much more prevalent in temporary housing – probably due to the relatively longest period of residence, the extensive infrastructure and the wear and tear on their resources.

Reasons for problems

Most of the problems with temporary accommodation are the result of some misunderstanding about the circumstances which refugees experience after a disaster [4]. These difficulties are mainly due to the solutions used in formal projects that are developed by the governments, the NGOs, international agencies providing aid, etc. For the most part, these solutions are not implemented in the disaster area, but often in another country and developed by specialists in the area who are not familiar with the local reality. It is not uncommon that local opinions are not taken into account, and consultations to determine the needs and expectations of beneficiaries and cultural differences between them and project developers can cause misunderstandings and result in inappropriate solutions [1].

In addition, most of these solutions are based on the design of standardised, mass-produced and prefabricated components. However, the concept of a standard architectural solution may not be appropriate because local specificities and context, climatic conditions, differences in cultural values, differences in

proponowanych rozwiązań (zob. ryc. 4) zapewnia warunki zbliżone do stałych lokali mieszkaniowych [4].

Zaprojektowanie domu jest zadaniem złożonym, ponieważ powinien on być wynikiem interakcji społecznych, kulturowych, religijnych, politycznych, ekonomicznych, środowiskowych i technicznych [11]. Dom jest także w wielu krajach powodem do dumy i pewnej tożsamości kulturowej [6]. W sytuacjach kryzysowych, zniszczenie domów osiedli może doprowadzić do utraty tych symbolicznych wartości [7], a proces ich przywrócenia do stanu pierwotnego dokonuje się w sposób zależny od realiów na danym obszarze. Rozwiązania zastosowane w celu tymczasowego przesiedlenia osób bezdomnych w wyniku katastrof były często kulturowo nie do zaakceptowania [8].

Kolejne trudności związane z zastosowaniem tymczasowych rozwiązań w zakresie zakwaterowania dotyczą obszarów ekonomii i środowiska. Środki finansowe przeznaczone na tymczasowe budynki są wysokie ze względu na relację pomiędzy koniecznymi dużymi inwestycjami związanymi z ich zakupem oraz krótką żywotność. Kwoty te są porównywalne do budowy domów i mieszkań stałych, a w niektórych przypadkach dwu- lub trzykrotnie je przewyższają [9]. Następnym problemem stanowią kwestie środowiskowe. Po spełnieniu swojego przeznaczenia kwatery przestają być potrzebne i zazwyczaj w dobrym stanie, po okresie ich użytkowania są demontowane. Często władze lokalne nie mają pomysłu na ich zagospodarowanie. Budowle są składowane w magazynach bez planów na ich przyszłe wykorzystanie, co niestety wydaje się dużym marnotrawstwem [10]. Ponadto po zdemontowaniu namiotów, domów modułowych i tymczasowych, na obszarze, na którym były one rozmieszczone, pozostaje zamontowana infrastruktura oraz fundamenty, a teren nie jest oczyszczony w celu przywrócenia pierwotnego stanu sprzed katastrofy. Wspomniane ekonomiczne i środowiskowe problemy występują o wiele częściej w tymczasowych mieszkaniach – prawdopodobnie w związku z relatywnie najdłuższym okresem przebywania, rozbudowaną infrastrukturę i zużyciem ich zasobów.

Powody pojawiania się problemów

Większość problemów z tymczasowym zakwaterowaniem jest efektem pewnych nieporozumień dotyczących okoliczności, jakich uchodźcy doświadczają po katastrofie [4]. Trudności te wynikają głównie z rozwiązań stosowanych w projektach formalnych, które są opracowane przez rządy, organizacje pozarządowe, pomocowe agencje międzynarodowe itp. W większości rozwiązania te nie są realizowane w rejonie katastrofy, lecz często w innym kraju i opracowywane przez specjalistów w tej dziedzinie, którzy jednak nie są zaznajomieni z lokalną rzeczywistością. Nierzadko bywa, iż miejscowych opinii nie bierze się pod uwagę, a konsultacje w celu określenia potrzeb i oczekiwań beneficjentów oraz różnic kulturowych między nimi a autorami projektów mogą powodować nieporozumienia i w efekcie dawać nietrafione rozwiązania [1].

Ponadto większość z tych rozwiązań opiera się na projektach znormalizowanych, produkowanych seryjnie i prefabrykowanych elementów. Jednak koncepcja standardowego rozwiązania architektonicznego może nie być odpowiednia, ponieważ ignoruje się specyfikę i kontekst lokalny, warunki klimatyczne, różnice w wartościach

family size and other issues are ignored [11]. It is likely that these projects emphasise structural safety, rapid production and immediate delivery, but neglect the needs and expectations of the refugees. Due to the production of structures in third countries, they must be imported and deployed at their destination. These procedures increase the price of the product, as it includes the costs of production outside the country, its transport (usually by sea) and assembly on site, and does not use local material resources, labour force. Moreover, the long transport time results in a prolonged stay of the injured in unfavourable field conditions. Lack of pre-planning is another important factor to count as a problem with temporary accommodation. After a disaster, scenarios may not be executed carefully due to the urgency to develop solutions under high pressure and lack of resources [12]. In the absence of a planned strategy, decisions tend to focus on the most important needs, but the effect of obtaining quick results may not be satisfactory for a long-term stay. Disaster victims are often forced to stay longer in temporary buildings and housing estates.

A way to improve arrangements of temporary accommodation

Identifying common problems and their origins allows the identification of principles that can improve the effectiveness of temporary accommodation solutions. The authors proposed three main planning principles: pre-planning, using local resources and providing more than temporary living quarters.

Pre-planning

The situations that occur after humanitarian disasters have all the determinants that can lead to inappropriate and ineffective strategies for the deployment of refugees in temporary accommodation: scenarios of destruction, poor psychological state of the victims, lack of resources, people working under pressure, absorption of refugees by NGO aid institutions and uncoordinated proposals to start operations, but without coordination with the local authorities. Poor organisation often leads to misunderstandings and choosing the wrong options; many organisations are concerned with achieving the same goal, but the implementation goes in different directions. For this reason, these actions can waste resources and time that could bring greater efficiencies to disaster recovery. Very important for temporary accommodation is the development of a strategic pre-plan, as it is crucial for decision-making even in the pre-disaster stage [8]. The problems of sustainability and cultural difference discussed earlier would be greatly reduced by a strategic pre-plan setting out in advance the type of shelter, as well as other priorities and modus operandi and the principles and rules to be followed in the event of a humanitarian disaster. In case of

kulturowych, różnice w wielkości rodziny i inne kwestie [11]. Prawdopodobnym jest, że te projekty kładą nacisk na bezpieczeństwo konstrukcyjne, szybką produkcję i niezwłoczną dostawę, ale zaniebdują potrzeby i oczekiwania uchodźców. Ze względu na produkcję konstrukcji w krajach trzecich muszą być one importowane i rozlokowane na miejscu ich przeznaczenia. Powyższe procedury powodują wzrost ceny produktu, gdyż zawiera ona koszty produkcji poza granicami kraju, jego transport (najczęściej morski) oraz montaż na miejscu i nieskorzystanie z lokalnych zasobów materiałowych, siły roboczej. Ponadto długi czas transportu powoduje wydłużenie pobytu poszkodowanych w niekorzystnych polowych warunkach. Brak planowania wstępnego jest następnym ważnym czynnikiem, który należy zaliczyć do problemów z tymczasowym zakwaterowaniem. Po katastrofie scenariusze mogą być wykonane niestannie ze względu na pilną potrzebę opracowania rozwiązań pod dużą presją oraz braku zasobów [12]. W przypadku braku zaplanowanej strategii, decyzje zwykle koncentrują się na najważniejszych potrzebach, ale efekt uzyskania szybkich rezultatów może być niezadawalający w przypadku długoterminowego pobytu. Ofiary katastrof często są zmuszane do pozostawania dłużej w tymczasowych budynkach i osiedlach.

Sposób na poprawę rozwiązań zakwaterowania tymczasowego

Identyfikacja wspólnych problemów, a także ich genezy, pozwala na określenie zasad, które mogą poprawić efektywność rozwiązań tymczasowego zakwaterowania. Autorzy zaproponowali trzy główne zasady planowania: planowanie wstępne, wykorzystanie lokalnych zasobów oraz zapewnienie czegoś więcej niż tymczasowe kwatery mieszkalne.

Planowanie wstępne

Sytuacje, jakie występują po katastrofach humanitarnych, posiadają wszystkie determinanty, które mogą prowadzić do niewłaściwych i mało skutecznych strategii rozlokowania uchodźców w kwaterach tymczasowych: scenariusze zniszczeń, słaby stan psychologiczny poszkodowanych, brak zasobów, ludzie pracujący pod presją, zaabsorbowanie uchodźców przez instytucje pomocy organizacji pozarządowych i nieskoordynowane propozycje rozpoczęcia działań, jednak bez koordynacji z lokalnymi władzami. Słaba organizacja często prowadzi do nieporozumień i wyboru złych opcji, wiele organizacji zajmuje się osiągnięciem tego samego celu, ale realizacja następuje w różnych kierunkach. Z tego powodu działania te mogą spowodować marnowanie zasobów i czasu, które mogłyby przynieść większą wydajność w odbudowie zniszczeń. Bardzo istotnym w przypadku tymczasowego zakwaterowania jest opracowanie strategicznego planu wstępnego, gdyż ma on kluczowe znaczenie w podejmowaniu decyzji jeszcze na etapie przed katastrofą [8]. Omówione wcześniej problemy trwałości i odmienności kulturowej byłyby znacznie ograniczone dzięki strategicznemu planowi wstępnemu wyznaczającemu z wyprzedzeniem rodzaj schronienia, a także pozostałe

temporary accommodation, for strategic pre-planning to be successful it should address the following issues.

Prior site preparation with planned infrastructure

Determining a suitable location for temporary housing and installing basic necessary infrastructure such as water supply, sewerage and electricity can be difficult due to a poorly designed post-disaster scenario. On the other hand, designating and preparing in advance a safe place with full infrastructure as a temporary settlement is a preventive measure that can successfully provide immediate accommodation for those most in need, i.e. children, the elderly and those slightly injured in a disaster.

If all the infrastructure was in place for temporary buildings, victims could be given shelter quickly in the event of a disaster. Places prepared in this way should not be considered as a crisis use area, but treated as a public space that has all the infrastructure at its disposal. In such an area, any additional architectural structures can be used, for example, for recreational and cultural activities in times of peace and safe from natural disasters [13]. Of course, during a period of so-called calm, it is rational to provide a defined and prepared temporary residence after humanitarian disasters as a public space for the public and at the same time to be prepared for possible natural disasters, industrial disasters or acts of war.

Predicting damage

If it were possible to predict the magnitude of future disasters in terms of damage to the housing stock, the relevant authorities could provide a forecast of the number of homeless people and hence the need for temporary housing units. Moreover, we would gain knowledge in terms of the amount of needed building materials and other investment resources. To achieve these expectations, it is additionally necessary to have up-to-date data on the technical and structural condition of the existing housing stock in the area.

Knowledge of the characteristics of the local population

To properly design temporary housing, one should understand the cultural, social, political, religious, climatic and other qualities that characterise the humanitarian disaster region in question. Recognising certain forms of local housing, including

priorytety i sposoby działania oraz zasady i reguły, których należy przestrzegać w przypadku katastrofy humanitarnej. W przypadku tymczasowego zakwaterowania, by strategiczne planowanie wstępne miało szansę odnieść sukces, powinno uwzględniać poniższe zagadnienia.

Wcześniejsze przygotowanie terenu z zaplanowaną infrastrukturą

Ustalenie odpowiedniego miejsca do ulokowania tymczasowych budynków mieszkalnych i zainstalowanie podstawowej niezbędnej infrastruktury, takiej jak wodociągi, kanalizacja i elektryczność, może być utrudnione z powodu źle opracowanego scenariusza działań po katastrofie. Z drugiej strony, wyznaczanie i przygotowanie wcześniej bezpiecznego miejsca z pełną infrastrukturą jako tymczasowe osiedlenie jest działaniem zapobiegawczym, które może zapewnić z powodzeniem natychmiastowe zakwaterowanie najbardziej potrzebującym, tj. dzieciom, osobom starszym i lekko rannym w katastrofie.

Gdyby cała infrastruktura była gotowa do zamieszkania w tymczasowych budynkach, w przypadku katastrofy ofiarom można szybko udzielić schronienia. Tak przygotowane miejsca nie powinno być uznane za obszar wykorzystania kryzysowego, ale traktowane jako przestrzeń publiczną, która posiada do dyspozycji całą infrastrukturę. Na takim terenie wszelkie dodatkowe budowle architektoniczne mogą być wykorzystywane np. do zajęć rekreacyjnych i kulturalnych w czasach pokoju i bezpiecznych ze względu na klęski żywiołowe [13]. Oczywiście w okresie tzw. spokoju racjonalnym jest udostępnienie zdefiniowanego i przygotowanego miejsca tymczasowego pobytu po katastrofach humanitarnych, jako przestrzeni publicznej dla społeczeństwa i jednocześnie bycie przygotowanym na ewentualne katastrofy żywiołowe, przemysłowe lub działania wojenne.

Prognozowanie zniszczeń

Gdyby możliwe było przewidzenie wielkości przyszłych katastrof pod względem zniszczeń zasobów mieszkaniowych, odpowiednie władze mogłyby przedstawić prognozę liczby osób bezdomnych, a co za tym idzie – także potrzeby tymczasowych jednostek mieszkaniowych. Ponadto uzyskalibyśmy wiedzę pod względem ilości potrzebnych materiałów budowlanych oraz pozostałych zasobów inwestycyjnych. Aby osiągnąć te oczekiwania, konieczne jest dodatkowo posiadanie aktualnych danych dotyczących stanu technicznego i konstrukcyjnego istniejących zasobów mieszkaniowych na danym terenie.

Znajomość lokalnej charakterystyki społeczeństwa

Aby właściwie zaprojektować tymczasowe budynki mieszkalne, powinno się zrozumieć kulturowe, społeczne, polityczne, religijne, klimatyczne oraz inne przymioty, które charakteryzują dany region katastrofy humanitarnej. Rozpoznanie pewnych form

the way of life of their residents, can be the key to defining the right format for temporary accommodation. Homes, buildings and apartments will be better formatted to people's needs and expectations, through respect for their culture, knowledge of traditions, customs and other socio-cultural values. Therefore, the refugee community should be involved in assessing their own needs so that the proposed solutions are acceptable to their lifestyles [11]. The characteristics of the population are also necessary to assess the local capacity for reconstruction and re-housing to permanent residences. Depending on the available resources and manpower, we may assess our ability to rebuild as greater or lesser, which may mean a quicker rebuild and a shorter stay in the temporary accommodation. Conversely, their stay in the temporary accommodation will be longer, which does not create acceptable comfort for the victims both in the psychological sphere and in the area of everyday life. Similarly, the local manpower should be assessed for its ability to be involved in the work of raising temporary structures. This may have an impact on choosing a solution according to the mounting system and type of materials. Such a dataset should be comprehensive, detailed and of good quality due to the likelihood of its use in pre-planning activities [14]. With the data collected from previous tasks, it is possible to prioritise the works, the type of temporary accommodation solutions, the uses and the choice of materials to be used for the construction of new facilities, together with the spatial distribution. Pre-planning should also take into account other issues such as the long-term assessments of the results of exploitation and their locations [15]. Pre-planning can also indicate actions to be taken in existing buildings prior to disaster or warfare, such as strengthening and consolidation of elements and their maintenance. Not only can these measures protect lives, but they also reduce the level of damage to the area and the number of homeless people. Through pre-planning, the number of temporary housing units can be minimised while improving the standard and reducing expenditure. In conclusion, pre-planning allows decisions to be made as part of a coherent local strategy, but should be flexible, allowing it to be modified and improved according to the post-disaster situation.

Using housing resources

Using local resources is certainly preferable to importing them from third countries. They are culturally and socially closer. Moreover, they are familiar to the locals and, in addition, as a local product they are not burdened by high transport costs. At the same time, using local materials allows the involvement of local manpower. Local communities often have building and construction knowledge and skills [7]. Previous research has shown that the first shelters were built by the victims and survivors themselves [11]. Furthermore, the active participation of victims triggers a sense of pride and inter-neighbourly connection, which is of great importance after traumatic events, disasters or warfare. However, participation of the local community may not always

mieszkalnictwa lokalnego, w tym sposobu życia ich mieszkańców, może być kluczem do zdefiniowania właściwego formatu tymczasowego zakwaterowania. Domy, budynki i mieszkania będą lepiej sformatowane do potrzeb i oczekiwań ludzi, poprzez szacunek do ich kultury, znajomość tradycji, zwyczajów i pozostałych wartości społeczno-kulturowych. Dlatego społeczność uchodźców powinna być zaangażowana w ocenę własnych potrzeb, tak aby zaproponowane rozwiązania były akceptowalne dla ich stylu życia [11]. Charakterystyka społeczeństwa jest również niezbędna do oceny lokalnej zdolności odbudowy i przekwaterowania do stałych miejsc pobytu. W zależności od dostępnych zasobów i siły roboczej możemy ocenić nasze możliwości odbudowy jako większe lub mniejsze, co oznaczać może szybszą odbudowę i krótszy czas pobytu w kwaterach tymczasowych. Odwrotnie zaś – ich przebywanie w lokalach tymczasowych będzie dłuższe, co nie stwarza akceptowalnego komfortu poszkodowanym zarówno w sferze psychicznej, jak i w obszarze życia codziennego. Podobnie należy poddać ocenie lokalną siłę roboczą pod kątem możliwości ich zaangażowania w prace związane ze wznoszeniem konstrukcji tymczasowych. Może mieć to wpływ na wybór rozwiązania zgodnie z systemem montażu i rodzajem materiałów. Taki zbiór danych powinien być obszerny, szczegółowy i dobrej jakości ze względu na prawdopodobieństwo wykorzystania go w działaniach planowania wstępnego [14]. Posiadając zebrane dane z poprzednich zadań, możliwe jest ustalenie priorytetów w zakresie prac, rodzaju tymczasowych rozwiązań lokalowych, sposobów użytkowania i wybór materiałów, z jakich będą budowane nowe obiekty wraz z rozmieszczeniem przestrzennym. Planowanie wstępne powinno uwzględnić także inne kwestie, takie jak długoterminowe wyniki ocen eksploatacji i ich lokalizacje [15]. Wstępne planowanie może również wskazywać działania, które należy podjąć w istniejących budynkach przed katastrofą lub działaniami wojennymi, takie jak wzmocnienie i konsolidacja elementów oraz ich konserwacja. Te działania nie tylko mogą ochronić życie, ale także zmniejszają poziom zniszczeń terenu i liczbę bezdomnych osób. Dzięki planowaniu wstępnemu można zminimalizować liczbę tymczasowych jednostek mieszkalnych, jednocześnie podnosząc ich standard i zmniejszając wydatki. Podsumowując, planowanie wstępne umożliwia podejmowanie decyzji w ramach spójnej lokalnej strategii, powinno jednak być elastyczne, zakładające jego modyfikację i ulepszenie zgodnie z zaistniałą sytuacją po katastrofie.

Korzystanie z zasobów mieszkaniowych

Wykorzystanie lokalnych zasobów jest z pewnością lepszym rozwiązaniem niż ich import z krajów trzecich. Są one bliższe kulturowo i społecznie, ponadto są znane mieszkańcom i dodatkowo jako produkt lokalny nie są obciążone wysokimi kosztami transportu. Jednocześnie wykorzystanie lokalnych materiałów pozwala zaangażować miejscową siłę roboczą. Lokalne społeczności często posiadają wiedzę i umiejętności budowlano-konstrukcyjne [7]. Wcześniejsze badania wykazały, że pierwsze schronienia zostały zbudowane przez samych poszkodowanych i ocalałych z katastrofy [11]. Ponadto aktywny udział ofiar wyzwała poczucie dumy i związki międzysąsiedzkie, które mają duże znaczenie po traumatycznych wydarzeniach, katastrofie lub działaniach

lead to positive results. For instance, there may be massive consumption of local materials, serious environmental damage through deforestation [16]. In the same way, some indigenous and local construction techniques may be more disaster-resistant compared to some modern construction methods [17] as the knowledge gained has been developed and passed on over the years among the local population and is adapted to the given natural environment [18]. Even in a temporary location, construction seems to be evolving – it is developing in line with the needs and possibilities of its users [8]. Therefore, users often make changes to buildings (see Figure 5) to adapt them to the needs and expectations of the victims [19].

wojennych. Jednak nie zawsze udział miejscowej społeczności może doprowadzić do pozytywnych rezultatów. Może się zdarzyć np. masowe zużycie lokalnych materiałów, poważne naruszenie środowiska poprzez wylesianie [16]. W ten sam sposób niektóre rodzime i lokalne techniki budowlane mogą być bardziej odporne na katastrofy w porównaniu z niektórymi nowoczesnymi metodami budowania [17], gdyż zdobyta wiedza była rozwijana i przekazywana przez lata wśród miejscowej ludności i jest dostosowana do danego środowiska naturalnego [18]. Nawet w tymczasowej lokalizacji budownictwo wydaje się ewoluować – rozwija się zgodnie z potrzebami i możliwościami jego użytkowników [8]. Dlatego użytkownicy często wprowadzają zmiany w budynkach (zob. ryc. 5), aby dostosować je do potrzeb i oczekiwań poszkodowanych [19].



Figure 5. A temporary facility, adapted to the needs and expectations of the victims
Rycina 5. Obiekt tymczasowy, dostosowany do potrzeb i oczekiwań poszkodowanych

Source: <https://mobilnekontenery.pl/kontener/kontener-mieszkalny-2/#gallery-1> [access: 18.03.2022].

Źródło: <https://mobilnekontenery.pl/kontener/kontener-mieszkalny-2/#gallery-1> [dostęp: 18.03.2022].

Using local building materials and technologies allows residents to make modifications that make the operation of the building easier and more economical. The negation of modern production methods used in the construction of temporary residential buildings and the emphasis on the use of local resources does not mean that there is no room for innovation in temporary solutions. Properly combined innovations and technologies – that is, culturally and locally integrated – can make a useful contribution to temporarily improvement of the accommodation solution [20].

Korzystanie z miejscowych materiałów i technologii budowlanych pozwala mieszkańcom wprowadzić modyfikacje, które sprawiają, że eksploatacja budynku jest łatwiejsza i bardziej ekonomiczna. Negowanie nowoczesnych metod produkcji wykorzystywanych do budowy tymczasowych budynków mieszkalnych i nacisk na wykorzystanie lokalnych zasobów nie oznacza, że na innowacje nie ma miejsca w tymczasowych rozwiązaniach. Właściwie połączone – to znaczy kulturowo i lokalnie zintegrowane – innowacje i technologie mogą przyczynić się w użyteczny sposób do tymczasowej poprawy rozwiązania związanego z zakwaterowaniem [20].

Something more than temporary accommodation

A temporary shelter is more than a building that can house people. Even in a temporary location, a house is not just a cubic space, but a necessary element for people to feel socially integrated and to have a sense of national belonging and cultural identity [6]. Here social, spiritual and psychological needs are realised [9], reflecting the personality of its inhabitants [21]. In solving a temporary housing problem, it is the potential tenants who are most important, not the technical aspects. Therefore, residential buildings should be designed from the point of view of future users rather than just functional and structural solutions [11].

Coś więcej niż tymczasowe kwatery

Tymczasowe schronienie to coś więcej niż budynek, w którym mogą przebywać ludzie. Nawet w tymczasowej lokalizacji dom to nie tylko przestrzeń kubaturowa, ale niezbędny element, aby ludzie czuli się zintegrowani społecznie i mogli mieć poczucie przynależności narodowej i tożsamości kulturowej [6]. Tu realizowane są potrzeby społeczne, duchowe i psychologiczne [9], odzwierciedlające osobowość jego mieszkańców [21]. W rozwiązaniu tymczasowego problemu mieszkaniowego najważniejsi są potencjalni lokatorzy, a nie aspekty techniczne. Dlatego budynki mieszkalne powinny być projektowane raczej z punktu widzenia przyszłych użytkowników, a nie tylko rozwiązań funkcjonalnych i konstrukcyjnych [11].

On the other hand, the outdoor spaces surrounding temporary accommodation should be thoughtfully designed and provide a so-called buffer zone between public and private spaces, which is necessary to create a certain intimacy between sectors, neighbourhoods and should encourage integration [3]. Providing public space gives the community a chance to maintain their social ties from the run-up to a disaster and even develop new ones, which is particularly important during reconstruction [22].

Therefore, it is necessary to design architectural spaces such as squares, plazas, gardens, parks, etc. [23], so that refugees will be able to use places that provide opportunities to meet, talk with others, where activities are organised for interaction between residents of temporary housing estates. Depending on the size of the temporary housing estate, facilities such as schools, hospitals, post offices, etc. are essential for these areas to function. Even in small housing estates it is important that there are shops, cafés, because the use of these services brings a sense of normality and a better future.

Design guidance for temporary accommodation, houses and buildings

Based on the facts, problems and principles described above, it seems that one of the most important tasks to be carried out after a disaster should be to guarantee temporary accommodation as soon as possible. However, the timing of accommodation should not overlook key aspects concerning the quality and sustainability of temporary accommodation. The following are the steps that need to be followed to achieve this goal.

1. Implementing solutions that take into account the users' point of view, so-called design for people – it is necessary to shift the focus from technical aspects of the buildings to friendly solutions, thinking more about creating "homes" than designing a shelter or building.
2. Locally oriented design – the starting point should be local housing forms [24]. The design should be based as much as possible on site-specific materials and construction techniques. This treatment will strengthen local and economic integration.
3. Using simple construction systems – work to raise temporary housing should also be as simple and quick as possible. Preference is given to uncomplicated construction systems to speed up the process and also to allow the involvement of local workers with fewer skills in this area. This will also make it easier to dismantle them later for the next use.
4. Applying transport facilitation solutions – where local construction resources are limited or non-existent and materials have to be imported, the solution should be based on small and lightweight elements to facilitate transport, mainly to places that are difficult to access.
5. Choosing durable applications – construction solutions and assembly and building materials must function properly over their planned lifetime; they may only require a few maintenance operations.

Z drugiej strony, zewnętrzne przestrzenie otaczające zakwaterowanie tymczasowe powinny być zaprojektowane w sposób przemyślany i stanowić tzw. strefę buforową pomiędzy przestrzenią publiczną i prywatną, która jest niezbędna do stworzenia pewnej intymności między sektorami, dzielnicami i powinna zachęcać do integracji [3]. Zapewnienie przestrzeni publicznej daje społeczności szansę na utrzymanie więzi społecznych sprzed katastrofy, a nawet na wypracowanie nowej, co jest szczególnie ważne podczas odbudowy [22].

Dlatego konieczne jest zaprojektowanie przestrzeni architektonicznych, takich jak skwery, place, ogrody, parki itp. [23], dzięki czemu uchodźcy będą mogli korzystać z miejsc, które stwarzają okazję do spotkań, rozmów z innymi, w których organizowane są zajęcia w celu interakcji między mieszkańcami osiedli tymczasowych. W zależności od wielkości tymczasowego osiedla, obiekty, takie jak szkoły, szpitale, poczty itp. są niezbędne, aby obszary te funkcjonowały. Nawet w małych osiedlach ważne jest, aby istniały sklepy, kawiarnie, ponieważ korzystanie z tych usług wprowadza poczucie normalności i lepszej przyszłości.

Wskazówki dotyczące projektowania kwater tymczasowych, domów i budynków

Na podstawie opisanych powyżej faktów, problemów i zasad wydaje się, że jedną z najważniejszych zadań do realizacji po katastrofie powinno być jak najszybsze zagwarantowanie tymczasowego zakwaterowania. Jednak termin zakwaterowania nie powinien pomijać kluczowych aspektów dotyczących jakości i trwałości tymczasowych kwater mieszkalnych. Poniżej przedstawiono czynności, które należy wykonać, aby osiągnąć ten cel.

1. Wdrażanie rozwiązań uwzględniających punkt widzenia użytkowników, tzw. projektowanie dla ludzi – konieczne jest przeniesienie uwagi z technicznych aspektów budynków na przyjazne rozwiązania, myślenie bardziej o tworzeniu „domów” niż o projektowaniu schroniska lub budynku.
2. Projektowanie zorientowane lokalnie – punktem wyjścia powinny być lokalne formy mieszkaniowe [24]. Projekt powinien być w jak największym stopniu oparty o właściwe dla danego miejsca materiały i techniki budownictwa. Zabieg ten wzmocni integrację lokalną i ekonomiczną.
3. Stosowanie prostych systemów konstrukcyjnych – prace przy wznoszeniu tymczasowych domów mieszkalnych powinny być również tak proste i szybkie, jak to jest możliwe. Preferowane są nieskomplikowane systemy konstrukcyjne, aby przyspieszyć proces, a także umożliwić zaangażowanie miejscowych pracowników o mniejszych kwalifikacjach w tym zakresie. Ułatwi to również późniejszy proces ich demontażu do następnego użycia.
4. Aplikowanie rozwiązań ułatwiających transport – w przypadku gdy lokalne zasoby budowlane są ograniczone lub nie istnieją, a materiały muszą być importowane, rozwiązanie powinno być oparte na małych i lekkich elementach ułatwiających transport, głównie do miejsc trudno dostępnych.
5. Wybór trwałych zastosowań – rozwiązania konstrukcyjne oraz materiały montażowe i budowlane muszą prawidłowo działać w zaplanowanym okresie użytkowania;

6. Using protective measures – the resources of buildings should be long enough. Its durability and long service life will ensure adequate protection against external factors such as rain, snow, wind, high temperatures, etc.
 7. Creating living spaces adapted to the needs of the residents – these should meet the needs of each family in terms of space, offering a choice of different architectural patterns so that the layout of the rooms meets the needs of the residents depending on the size of the families.
 8. Ensuring the comfort of the tenants – this refers to appropriate conditions for the privacy of people, room temperature, natural and artificial lighting, ventilation, etc.
 9. Using pragmatic measures – solutions that are flexible in terms of space and multiple configurations will allow refugees to use the temporary premises as a multi-functional space, and facilitate change and modification. It will also be easier for victims to personalise their rooms, which can help them feel “at home”.
 10. Including outdoor spaces in the design – outdoor areas associated with housing units serve to provide privacy, but should also provide opportunities to socialise and even use leisure time such as working in the back garden.
 11. Using long term options – provision should be made for the use of elements of temporary housing structures beyond their useful life. The alternatives to reuse for the same purpose or use in a building structure for another purpose are extremely advantageous, among other things, in terms of economics [26–27].
 12. Selecting pro-environmental solutions – it is recommended to use greener construction techniques and materials to avoid environmental pollution.
6. Używanie środków ochronnych – resurs budynków powinny być wystarczająco długi. Jego wytrzymałość i długi termin eksploatacji zapewnią odpowiednie środki ochrony przed czynnikami zewnętrznymi, takimi jak deszcz, śnieg, wiatr, wysokie temperatury itp.
 7. Tworzenie powierzchni mieszkalnych dostosowanych do potrzeb mieszkańców – powinny one odpowiadać potrzebom każdej rodziny pod względem przestrzeni, oferując wybór różnych wzorców architektonicznych, tak aby układ pomieszczeń odpowiadał potrzebom mieszkańców w zależności od wielkości rodzin.
 8. Zapewnienie komfortu lokatorom – dotyczy on odpowiednich warunków dla prywatności osób, temperatury w pomieszczeniach, naturalnego i sztucznego oświetlenia, wentylacji itp.
 9. Stosowanie pragmatycznych działań – rozwiązania elastyczne pod względem przestrzeni i różnorodnych konfiguracji pozwolą uchodźcom na wykorzystanie lokalu tymczasowego jako przestrzeni wielofunkcyjnej, a także ułatwią zmiany i modyfikacje. Poszkodowanym prościej będzie również spersonalizować pomieszczenia, co może pomóc im poczuć się „jak u siebie w domu”.
 10. Uwzględnienie w projekcie przestrzeni zewnętrznych – tereny zewnętrzne związane z lokalami mieszkaniowymi służą zapewnieniu prywatności, ale powinny też stwarzać sposobność do nawiązywania kontaktów towarzyskich, a nawet wykorzystania czasu wolnego np. na pracę w przydomowym ogródku.
 11. Używanie opcji długoterminowych – należy przewidzieć możliwość wykorzystania elementów konstrukcji tymczasowych mieszkań po okresie ich użytkowania. Alternatywy dla ponownego użycia do tego samego celu lub wykorzystania w konstrukcji budowlanej dla innego przeznaczenia są niezwykle korzystne m.in. pod względem ekonomicznym [26–27].
 12. Dobór rozwiązań prośrodowiskowych – zaleca się stosowanie bardziej ekologicznych technik i materiałów budowlanych, aby uniknąć zanieczyszczenia środowiska.

Conclusion

Solutions for temporary accommodation are required to bridge the temporary gap between the loss of one's home or flat until permanent relocation [28]. Consequently, with regard to re-housing in one's own home, one of the most important issues in disaster recovery is the provision of buildings or facilities for temporary accommodation for those affected. There are three distinct stages with different and specific objectives, improving the complexity and possibilities of their construction depending on the stage in question.

Although these buildings are temporary and often impermanent, the notion of temporariness is nevertheless linked here to a certain stage of stabilisation, a period of gradual return to normality. While emergency solutions are often based on basic

Podsumowanie

Do wypełnienia czasowej luki pomiędzy utratą swojego domu lub mieszkania do momentu stałej relokacji wymagane są rozwiązania w postaci tymczasowego zakwaterowania [28]. W związku z tym, w odniesieniu do ponownego zamieszkania we własnym domu, jedną z najważniejszych kwestii związanych z odbudową po katastrofie jest zapewnienie poszkodowanym budynków lub obiektów do tymczasowego zakwaterowania. Istnieją trzy odrębne etapy z różnymi i specyficznymi celami, polepszającymi kompleksowość i możliwości ich budowy w zależności od danego etapu.

Mimo że są to budynki prowizoryczne i często nietrwałe, pojęcie tymczasowości łączy się tu jednak z pewnym etapem stabilizacji, okresem stopniowego powrotu do normalności. Podczas

survival needs, temporary ones should indeed provide conditions for a return to normal life, even in an ad hoc location. The process of returning to daily life in most cases involves not only living in makeshift buildings to provide each family with the necessary space and privacy, but also the construction of appropriate infrastructure, facilities, amenities, utilities and common outdoor areas necessary to maintain normal daily order and social interaction.

Despite the undeniably important role of these buildings and facilities, as well as the many other available solutions, some significant problems remain. The strategies put in place can be misguided and sometimes – taking into account cultural and local aspects – even inappropriate, resulting in unsustainable economic and environmental outcomes. These problems arise mainly due to misunderstanding and misconceptions about the post-disaster situation and the local specificities of the place, which, combined with the crisis, the tension and the lack of resources, often lead to wrong decisions.

The conclusions of the article indicate that what matters more than developing new solutions and technological innovations is the need to change the approach to the problem:

- instead of developing solutions and strategies after a disaster has occurred, it is very important to be well prepared and to have proven strategies already in place before a possible disaster occurs;
- instead of focusing on standardised and borrowed solutions from other places, preference should be given to using local resources and solutions that are appropriate to the place and situation;
- instead of a technocratic approach, it would be much more effective to draw on more flexible strategies tailored to the local labour market, its material resources and the needs of the local people.

At present, a steady increase in various disasters and armed conflicts is to be expected, so the aspect of temporary housing for the population will certainly remain a key issue in the reconstruction programmes following humanitarian disasters. The purpose of this article was to describe useful methods to develop and design better solutions and strategies.

gdy rozwiązania awaryjne są często oparte na podstawowych potrzebach przetrwania, tymczasowe powinny zapewniać istotnie warunki powrotu do normalnego życia, nawet w doraźnej lokalizacji. Proces powrotu do codziennego życia w większości przypadków wiąże się nie tylko z zamieszkaniem w prowizorycznych budynkach, które mają zapewnić każdej rodzinie niezbędną przestrzeń i prywatność, ale także z budową odpowiedniej infrastruktury, obiektów, udogodnień, mediów oraz wspólnych zewnętrznych terenów, koniecznych do utrzymywania normalnego porządku w ciągu dnia oraz kontaktów społecznych.

Pomimo niepodważalnie ważnej roli tych budynków i obiektów, jak również wielu innych dostępnych rozwiązań, nadal pozostają pewne istotne problemy. Realizowane strategie bywają nietrafne, a czasem – uwzględniając aspekt kulturowy i lokalny – nawet nieodpowiednie, powodując niezrównoważone efekty w sferze ekonomicznej i środowiskowej. Problemy te pojawiają się głównie w związku z niezrozumieniem i błędnymi wyobrażeniami o sytuacji po katastrofie oraz o lokalnej specyfice danego miejsca, co w połączeniu z kryzysem, napięciem oraz brakiem zasobów niezrządkiem prowadzi do podejmowania niewłaściwych decyzji.

Wnioski wynikające z artykułu wskazują, że bardziej od opracowywania nowych rozwiązań i nowinek technologicznych liczy się potrzeba zmiany podejścia do problemu:

- zamiast opracowywania rozwiązań i strategii po nastaniu katastrofy, bardzo ważne jest odpowiednie przygotowanie i posiadanie sprawdzonych strategii już przed nastaniem ewentualnej katastrofy;
- zamiast skupiania się na rozwiązaniach standardowych i zapożyczonych z innych miejsc, preferowane powinno być korzystanie z zasobów miejscowych oraz rozwiązań adekwatnych dla danego miejsca i sytuacji;
- zamiast podejścia technokratycznego, dużo skuteczniejsze byłoby czerpanie z bardziej elastycznych strategii dopasowanych do lokalnego rynku pracy, jego zasobów materialnych i potrzeb miejscowych ludzi.

Obecnie należy spodziewać się stałego wzrostu różnych katastrof i konfliktów zbrojnych, dlatego aspekt tymczasowego zakwaterowania ludności z pewnością pozostanie kluczową kwestią w programach odbudowy po katastrofach humanitarnych. Założeniem niniejszego artykułu było opisanie użytecznych metod do rozwijania i projektowania lepszych rozwiązań i strategii.

Literature / Literatura

- [1] UNDRO, Shelter after Disaster. Guidelines for Assistance, New York 1982.
- [2] Quarantelli, E.L., *Patterns of sheltering and housing in US disasters*, „Disaster Prevention and Management” 1995, 4, 43–53, <https://doi.org/10.1108/09653569510088069>.
- [3] Caia, G., Ventimiglia, F., Maass, A., *Container vs. dacha: The psychological effects of temporary housing characteristics on earthquake survivors*, „Journal of Environmental Psychology” 2010, 30, 60–66, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.09.005>
- [4] Kronenburg R.H., *Mobile and flexible architecture: solutions for shelter and rebuilding in post-flood disaster situations*, Blue in architecture 09 Proceedings IUAV Digital Library, 2009.
- [5] Félix D., Branco J.M., Feio A., *Temporary housing after disasters: A state of the art survey*, „Habitat International” 2013, 40, 136–141, <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.03.006>.
- [6] Barakat S., *Housing Reconstruction after conflict and disaster*, Overseas Development Institute, London 2003.

- [7] Bedoya F.G., *Hábitat transitorio y vivienda para emergencias*, „Tabula Rasa” 2004, 145–166.
- [8] Gulahane K., Gokhale V.A., *Design criteria for temporary shelters for disaster mitigation in India* [w:] Lizarralde G., Jigyasu R., Vasavada R., Havelka S., Duyne Barenstein J. (red.), *Participatory design and appropriate technology for disaster reconstruction*, conference proceedings, International i-Rec Conference 2010.
- [9] Hadafi F., Fallahi A., *Temporary Housing Respond to Disasters in Developing Countries – Case Study: Iran-Ardabil and Lorestan Province Earthquakes*, „World Academy of Science, Engineering and Technology” 2010, 66, 1536–1542.
- [10] Arslan H., Cosgun N., *The evaluation of temporary earthquake houses dismantling process in the context of building waste management*, International Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey 2007.
- [11] UNHCR, *Shelter after Disaster: Guidelines for Assistance*. New York 1982.
- [12] Johnson C., *What’s the big deal about temporary housing? Planning considerations for temporary accomodation after disasters: example of the 1999 turkish earthquakes*, TIEMS Disaster Management Conference, Waterloo 2002.
- [13] Bologna R., *Strategic planning of emergency areas for transitional settlement*, International Conference and Student Competition on post-disaster reconstruction "Meeting stakeholder interests" Florence, Italy 2006, http://www.grif.umontreal.ca/pages/BOLOGNA_Roberto.pdf Accessed in 04-10-2012 [dostęp: 17.03.2022].
- [14] Alexander D., *Planning for post-disaster reconstruction*, International Conference and Student Competition on post-disaster reconstruction "Planning for reconstruction" Coventry, UK 2004, <http://www.grif.umontreal.ca/pages/papers2004/Paper%20-%20Alexander%20D.pdf> [dostęp: 18.03.2022].
- [15] Johnson C., *Strategic planning for post-disaster temporary housing*, „Disasters” 2007, 31, 435–458, <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2007.01018.x>.
- [16] Shelter Centre, *Transitional shelter guidelines*, 2012, www.sheltercentre.org/library [dostęp: 18.03.2022].
- [17] Twigg J., *Post-Disaster Housing Reconstruction And Livelihood Security*, Disaster Studies Working Paper No.15, Benfield Hazard Research Centre 2006.
- [18] Boen T., Pribadi K.S., *Engineering the non-engineered houses for better earthquake resistance in Indonesia*, Proceedings of the DRH Contents Meeting-EDMNIED, Kobe, Japan 2007, http://drh.edm.bosai.go.jp/files/6cc5597e-09050a9b482d9f257c5f256ec28f6e50/7_PT8_P.pdf [dostęp: 20.03.2022].
- [19] Sener S.M., Altum M.C., *Design of a post disaster temporary shelter unit*, „AIZ ITU Journal of the Faculty of Architecture” 2009, 6, 58–74.
- [20] Shaw R., *Indigenous knowledge: disaster risk reduction, policy note*, UNDRR, New York 2009, <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/8853> [dostęp: 20.03.2022].
- [21] Kellett P., Tipple A.G., *The home as workplace: a study of income-generating activities within the domestic setting*, „Environment & Urbanization” 2000, 12, 203–214, <https://doi.org/10.1630/095624700101285190>.
- [22] Johnson C., *Impacts of prefabricated temporary housing after disasters: 1999 earthquakes in Turkey*, „Habitat International” 2007, 31, 36–52, <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2006.03.002>.
- [23] Weia L., Lib W., Lia K., Liu H., Cheng L., *Decision Support for Urban Shelter Locations Based on Covering Model*, „Procedia Engineering” 2012, 43, 59–64, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.011>.
- [24] Hamilton N., *Post-disaster shelter: A studio-based response to emergency shelter in natural disaster zones*, Architecture and Urbanism in the Global South, Kampala, Uganda 2012.
- [25] Arslan H., Cosgun N., *Reuse and recycle potentials of the temporary houses after occupancy: example of Duzce, Turkey*, „Building and Environment” 2008, 43, 702–709, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.051>.
- [26] Félix D., Monteiro D., Branco J.M., Bologna R., Feio A., *The role of temporary accommodation buildings for post-disaster housing reconstruction*, „Journal of Housing and the Built Environment” 2015, 30 (4), 683–699, <https://doi.org/10.1007/s10901-014-9431-4>.

COL. RET. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK, PH.D. ENG. – he completed his master’s studies at the University of Szczecin and doctoral studies at the War Art Academy in Warsaw, as well as postgraduate studies in foreign service at the National Defense Academy, data protection and information security at the Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw and crisis management at NATO Defense College (Rome) and NATO School (Oberammergau). In 2004–2008 he was a liaison officer of the NATO Office (NLO) in Kyiv, in 2008–2010 he was a consul at the Consulate General of the Republic of Poland in Lviv. He is an assistant professor at the Department of Studies and Scientific Projects at CNBOP-PIB in Józefów. Specialty – environmental engineering, safety science. Representative of the Technical Committee No. 176 for Military Technology and Supply in the Polish Committee for Standardization.

PLK REZ. DR INŻ. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK – ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie Szczecińskim oraz studia doktoranckie w Akademii Sztuki Wojennej w Warszawie, a także studia podyplomowe z zakresu służby zagranicznej w Akademii Obrony Narodowej, ochrony danych i bezpieczeństwa informacji na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie oraz zarządzania kryzysowego w NATO Defence College (Rzym) i NATO School (Oberammergau). W latach 2004–2008 był oficerem łącznikowym Biura NATO (NLO) w Kijowie, z kolei w latach 2008–2010 był konsulem w Konsulacie Generalnym RP we Lwowie. Jest adiunktem w Dziale Prac Studialnych i Projektów Naukowych w CNBOP-PIB w Józefowie. Specjalność – inżynieria środowiska, nauki o bezpieczeństwie. Przedstawiciel Komitetu Technicznego nr 176 ds. Techniki Wojskowej i Zaopatrzenia w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

JACEK ROGUSKI, PH.D. ENG. – Professor of the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute (CNBOP-PIB). A graduate of the Warsaw University of Technology and the State Fire Academy of EMERCOM of Russia. He deals with aspects related to the issues of safe use of technical equipment in fire brigades and the problems of using technical devices. An author of several dozen publications, speaker and member of scientific committees at numerous conferences – national and international. Creator of four patents and designs. His scientific achievements have been honoured with nineteen international and national awards at exhibitions for inventiveness.

JAROSŁAW TĘPIŃSKI, PH.D. ENG. – in 2008 graduated from the Faculty of Electrical Engineering of the Warsaw University of Technology with a specialization in Automation and Computer Engineering. In 2016, at the same faculty, he obtained a doctoral degree in technical sciences. Currently, he is an assistant professor at Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwożarowej – Państwowy Instytut Badawczy (CNBOP-PIB) in Józefów and a head of a research and scientific project entitled “A program for assessing the risk of accidents in industrial facilities posing a threat outside their premises”. Specialty – electrical engineering, automation and technical fire protection systems.

DR INŻ. JACEK ROGUSKI, PROF. CNBOP-PIB – absolwent Politechniki Warszawskiej oraz Akademii Państwowej Straży Pożarnej w Moskwie (State Fire Academy of EMERCOM of Russia). Zajmuje się aspektami związanymi z zagadnieniami bezpieczeństwa użytkowania wyposażenia technicznego w straży pożarnej oraz problemami eksploatacji urządzeń technicznych. Autor kilkudziesięciu publikacji, prelegent oraz członek komitetów naukowych na licznych konferencjach – krajowych i zagranicznych. Twórca pięciu patentów i wzorów. Jego osiągnięcia naukowe zostały uhonorowane dziesięcioma międzynarodowymi i krajowymi wyróżnieniami na wystawach związanych z wynalazczością.

DR INŻ. JAROSŁAW TĘPIŃSKI – w 2008 r. ukończył studia o specjalności Automatyka i Inżynieria Komputerowa na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Na tym samym wydziale w 2016 r. uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych. Obecnie jest adiunktem w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie oraz kierownikiem projektu badawczo-naukowego pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem”. Specjalność – elektrotechnika, automatyka oraz techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Piotr Kaczmarzyk^{a)b)*}, Paweł Janik^{a)}, Wojciech Kłapsa^{a)}, Grzegorz Bugaj^{c)}

^{a)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

^{b)} *Poznan University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Machine Design / Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Konstrukcji Maszyn*

^{c)} *The Main School of Fire Service / Szkoła Główna Służby Pożarniczej*

* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: pkaczmarzyk@cnbop.pl*

Possibilities of Using Mobile Fans and the Parameters Conditioning the Effectiveness of Tactical Mechanical Ventilation

Możliwości wykorzystania mobilnych wentylatorów i parametry warunkujące skuteczność taktycznej wentylacji mechanicznej

ABSTRACT

Aim: The aim of the article is to indicate the possible scope of application of mobile fans during the execution of rescue actions and identification of the parameters conditioning the effectiveness of using this type of units.

Method Design: Mobile overpressure fans are a tool used during rescue operations mainly to remove hot gases and smoke, which accumulate in confined spaces covered by fire – primarily within the evacuation routes, but also in the rooms. In literature there are examples of other uses of the considered fans, e.g. to support the liquidation of fire hazards of free-standing objects (i.e. fires of cars or containers) and the rescue of trapped people in inaccessible spaces by supplying fresh air. This paper, which is based on literature review, is devoted to providing an approximation of the above applications. The effective use of mobile fans requires specialized theoretical and practical preparation. Therefore, the study also identified factors that may determine the successful implementation of the adopted tactical intent, which include in particular: the selection of appropriate openings (outlet and inlet), the selection of the gas exchange path and the proper positioning of a mobile fan.

Conclusions: Literature analysis of the problem presented in this paper will be a fundamental point of reference for the research work carried out in subsequent stages related to the evaluation of the efficiency of mobile fans. As part of this work, large-scale tests will be carried out using appropriately designed and constructed test benches to evaluate the effectiveness of mobile units in real conditions. The knowledge gained in this way is intended to serve as material for further considerations on the creation of concepts of both subsequent methodologies and test stands required for their implementation, enabling the verification of parameters characterizing the efficiency and reliability of mobile fans.

Keywords: mobile positive pressure fans, tactical mechanical ventilation, rescue operations

Type of article: review article

Received: 15.03.2022; **Reviewed:** 29.03.2022; **Accepted:** 30.03.2022;

Authors' ORCID ID's: P. Kaczmarzyk – 0000-0003-4310-6086; P. Janik – 0000-0003-4498-7575; W. Kłapsa – 0000-0002-6481-587X; G. Bugaj – 0000-0003-1650-023X; Percentage contribution: P. Kaczmarzyk – 30%; P. Janik – 30%; W. Kłapsa – 15%; G. Bugaj – 25%;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 58–82, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.3>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest wskazanie możliwego zakresu zastosowania mobilnych wentylatorów w trakcie realizacji działań ratowniczych oraz identyfikacja parametrów warunkujących efektywność stosowania tego typu jednostek.

Projekt metody: Mobilne wentylatory nadciśnieniowe są narzędziem wykorzystywanym podczas działań ratowniczych głównie do usuwania gorących gazów i dymu, które gromadzą się w przestrzeniach zamkniętych objętych pożarem – przede wszystkim w obrębie dróg ewakuacyjnych, ale także w pomieszczeniach. W literaturze przedmiotu można spotkać przykłady innych sposobów wykorzystania rozpatrywanych wentylatorów, np. do wspomaganego likwidacji zagrożeń pożarowych obiektów wolnostojących (tj. pożarów samochodów lub kontenerów) oraz działań związanych z ratowaniem osób uwięzionych w trudno dostępnych przestrzeniach poprzez dostarczanie świeżego powietrza. Niniejszy artykuł, który został oparty na przeglądzie literatury przedmiotu, poświęcono przybliżeniu powyższych zastosowań. Efektywne wykorzystanie mobilnych wentylatorów wymaga specjalistycznego przygotowania teoretycznego i praktycznego. W związku z powyższym w opracowaniu zidentyfikowano również czynniki mogące warunkować pomyślną

realizację przyjętego zamiaru taktycznego, do których zaliczyć należy w szczególności: wytypowanie odpowiednich otworów (wylotowego i wlotowego), obranie toru wymiany gazowej oraz właściwe ustawienie mobilnego wentylatora.

Wnioski: Przedstawiona w niniejszej publikacji literaturowa analiza problemu będzie stanowiła zasadniczy punkt odniesienia dla realizowanych w kolejnych etapach prac badawczych związanych z oceną efektywności działania mobilnych wentylatorów. W ramach wspomnianych prac przeprowadzone zostaną testy w dużej skali, z wykorzystaniem odpowiednio zaprojektowanych i wykonanych stanowisk badawczych, pozwalające ocenić efektywność działania mobilnych jednostek w warunkach rzeczywistych. W zamierzeniach pozyskana w ten sposób wiedza posłuży jako materiał do dalszych rozważań nad stworzeniem koncepcji zarówno kolejnych metodyk, jak i wymaganych do ich zrealizowania stanowisk badawczych, umożliwiających sprawdzenie parametrów charakteryzujących skuteczność i niezawodność działania mobilnych wentylatorów.

Słowa kluczowe: mobilne wentylatory nadciśnieniowe, taktyczna wentylacja mechaniczna, działania ratownicze

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 15.03.2022; **Zrecenzowany:** 29.03.2022; **Zaakceptowany:** 30.03.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: P. Kaczmarzyk – 0000-0003-4310-6086; P. Janik – 0000-0003-4498-7575; W. Kłapsa – 0000-0002-6481-587X; G. Bugaj – 0000-0003-1650-023X;

Procentowy wkład merytoryczny: P. Kaczmarzyk – 30%; P. Janik – 30%; W. Kłapsa – 15%; G. Bugaj – 25%;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 58–82, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.3>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

The possibility of using mechanical ventilation with the use of mobile fans – especially in a situation where during a fire there is a risk of cutting off the escape routes from a building – is an important tool that can significantly assist in achieving the tactical intent adopted by the manager of the rescue operations. Using ventilation allows, above all, to remove hot and toxic fire gases that accumulate in the spaces covered by a fire and pose a real threat to the users of such an object, as well as arriving rescue teams on the scene. In this aspect, the primary area of application of mobile fans during rescue operations is smoke removal (ventilation) of horizontal and vertical escape routes. In large rooms, e.g. underground garages, appropriately prepared mobile fans may also considerably facilitate the access to the source of fire (e.g. a burning vehicle), supporting in this respect the smoke removal systems functioning in a given building. In order to achieve the desired results, it is also necessary to have good knowledge of the layout of the internal structure of the rooms in a facility, the fire protection equipment installed in it and the fire scenarios adopted by the designer and fire protection expert. The above examples of mobile fan applications do not exhaust their capabilities. Due to their functionality, these devices can also be used during the implementation of a number of other activities. Among their potential applications, the literature mentions supporting fire suppression activities for free-standing objects, such as cars or containers for recycling materials. In addition, electric-powered fans are also mentioned for their use during rescue. Using tactical mechanical ventilation requires proper theoretical and practical preparation, and – as can be seen from the analysis of the available literature data – so far no universal procedures have been developed to ensure effective aeration of objects and removal of smoke and fire gases from them. There is no doubt that this state of affairs is influenced by many factors, including spatial diversity of buildings, different locations of fires, the functioning of fire-fighting equipment installed in buildings, the

Wstęp

Możliwość zastosowania wentylacji mechanicznej z wykorzystaniem mobilnych wentylatorów – w szczególności w sytuacji, gdy w trakcie pożaru wystąpi ryzyko odcięcia dróg ewakuacyjnych z obiektu – jest ważnym narzędziem, które może znacząco wspomóc osiągnięcie przyjętego przez kierującego akcją ratowniczą zamiaru taktycznego. Wykorzystanie wentylacji pozwala przede wszystkim na usunięcie gorących i toksycznych gazów pożarowych, które gromadzą się w przestrzeniach objętych pożarem i stanowią realne zagrożenie dla użytkowników takiego obiektu, a także przybywających na miejsce zdarzenia ekip ratowniczych. W tym aspekcie podstawowym obszarem zastosowania mobilnych wentylatorów w trakcie działań ratowniczych jest oddymianie (przewietrzanie) poziomych i pionowych dróg ewakuacyjnych. W pomieszczeniach wielokubaturowych, np. garażach podziemnych, odpowiednio sprawione wentylatory mobilne mogą również znacznie ułatwić dostęp do źródła ognia (np. palącego się pojazdu), wspomagając w tym zakresie systemy oddymiania funkcjonujące w danym obiekcie. W celu osiągnięcia pożądanych efektów konieczna jest również dobra znajomość układu struktury wewnętrznej pomieszczeń obiektu, zainstalowanych w nim urządzeń przeciwpożarowych oraz przyjętych przez projektanta i rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych scenariuszy pożarowych. Powyższe przykłady zastosowań wentylatorów mobilnych nie wyczerpują ich możliwości. Urządzenia te, ze względu na swoją funkcjonalność, mogą być również wykorzystane podczas realizacji szeregu innych działań. W literaturze przedmiotu, wśród potencjalnych ich zastosowań, wymienia się m.in. wspomaganie działań związanych z likwidacją zagrożeń pożarowych obiektów wolnostojących, np. samochodów czy kontenerów na materiały przeznaczone do recyklingu. Ponadto, w przypadku wentylatorów z napędem elektrycznym, wspomina się również o ich wykorzystaniu w trakcie działań związanych z ratowaniem osób uwięzionych w trudno dostępnych przestrzeniach ograniczonych (napowietrzanie tych przestrzeni).

variability of atmospheric conditions, etc. Despite a wide range of variables mentioned above, it is possible to identify issues whose appropriate resolution will greatly affect the effectiveness of the implemented activities. These include, in particular, selecting the correct inlet and outlet openings, identifying the gas exchange path, and properly positioning the fan itself.

Tactical ventilation

As mentioned earlier, the activities included in the area of tactical ventilation are a very important element of tactical-operational intentions which are to eliminate fire hazards. Over the past few years, firefighters have developed many methods to move thermal decomposition products out of a building space. Definitions of tactical ventilation, assigned to activities dedicated to firefighting, have been included in many training manuals, scientific publications, or fire industry journals. According to the definition presented by Paul Grimwood [1], tactical ventilation is a set of actions carried out by the rescuers to create conditions for gas exchange or fire isolation, aimed at taking control in the fire environment for the purpose of gaining tactical advantage during rescue and firefighting operations in buildings. The above definition captures the issues involved in controlling flows during a fire at a high level of generality, in a fairly broad context. It includes the following types of activities:

1. Anti-ventilation (fire isolation) – the action carried out to take control of gas exchange by total or partial restriction of the air flow into the fire area. The indicated technique reduces heat release in the fire environment and facilitates the removal of thermal decomposition products. The tactical ventilation method described herein involves controlling the gas exchange path and keeping air (and the oxygen it contains) out of the combustion zone. According to the guide [2] the indicated tactics is conducive to stabilize the dynamics of fire development, which often constitutes one of the first actions of the Rescue Operation Commander (KDR) and is the starting point for the implementation of further assumptions. Isolating the fire provides additional time to analyse the rescue scenarios. Anti-ventilation can be undertaken in a number of ways, including closing the door (if there is one) to the room where the fire originated or using a mobile smoke curtain designed to blind the building opening (window or door) connecting the fire environment to the outside. This technique is not directly related to the mechanical

Stosowanie taktycznej wentylacji mechanicznej wymaga właściwego przygotowania teoretycznego i praktycznego, przy czym – jak wynika z analizy dostępnych danych literaturowych – dotychczas nie wypracowano uniwersalnych procedur gwarantujących efektywne napowietrzenie obiektów i usuwanie z nich dymu oraz gazów pożarowych. Nie ulega wątpliwości, że na ten stan rzeczy wpływa wiele czynników, m.in. różnorodność przestrzenna obiektów budowlanych, różne miejsca powstawania pożarów, funkcjonowanie zainstalowanych w obiektach urządzeń przeciwpożarowych, zmienność warunków atmosferycznych itp. Pomimo występowania szerokiego spektrum wspomnianych powyżej zmiennych można wyodrębnić kwestie, których odpowiednie rozstrzygnięcie w dużym stopniu będzie wpływać na skuteczność realizowanych działań. Wśród nich należy wymienić w szczególności: dobranie właściwego otworu wlotowego i wylotowego, identyfikację toru wymiany gazowej oraz odpowiednie ustawienie samego wentylatora.

Wentylacja taktyczna

Jak wspomniano już wcześniej, działania wpisane w obszar wentylacji taktycznej stanowią bardzo ważny element zamierzeń taktyczno-operacyjnych służących likwidacji zagrożeń pożarowych. Przez ostatnie lata strażacy wypracowali wiele metod pozwalających na przemieszczanie produktów rozkładu termicznego z przestrzeni budynku. Definicje wentylacji taktycznej, przypisane działaniom dedykowanym do gaszenia pożarów, zostały zawarte w wielu podręcznikach szkoleniowych, publikacjach naukowych czy czasopismach branżowych poświęconych tematyce pożarniczej. Zgodnie z definicją przedstawioną przez Paula Grimwood'a [1] wentylacja taktyczna to zespół działań realizowanych przez ratowników, polegających na stworzeniu warunków do wymiany gazowej lub izolowania pożaru, mających na celu przejęcie kontroli w środowisku pożaru na potrzeby uzyskania przewagi taktycznej w trakcie działań ratowniczo-gaśniczych w obiektach budowlanych. Powyższa definicja ujmuje zagadnienia związane z kontrolowaniem przepływów w trakcie pożaru na wysokim poziomie ogólności, w dość szerokim kontekście. W jej ramach mieszczą się następujące typy działań:

1. Anty-wentylacja (izolowanie pożaru) – działanie realizowane celem przejęcia kontroli wymiany gazowej poprzez całkowite lub częściowe ograniczenie napływu powietrza do strefy objętej pożarem. Wskazana technika zmniejsza wydzielanie ciepła w środowisku pożaru oraz ułatwia usuwanie produktów rozkładu termicznego. Opisana metoda wentylacji taktycznej polega na kontrolowaniu toru wymiany gazowej i niedopuszczeniu powietrza (i zawartego w nim tlenu) do strefy spalania. Zgodnie z poradnikiem [2] wskazana taktyka sprzyja stabilizacji dynamiki rozwoju pożaru, przez co często stanowi jedno z pierwszych działań Kierującego Działaniem Ratowniczym (KDR) oraz jest punktem wyjścia do realizacji dalszych założeń. Odizolowanie pożaru zapewnia dodatkowy czas potrzebny do przeanalizowania scenariuszy działań ratowniczych. Anty-wentylacja może być podjęta na wiele sposobów, m.in. przez zamknięcie drzwi

ventilation process itself, but is a prelude to introducing fans into the operations. It allows to understand the relationship between the air flowing into a facility, fire gases leaving the combustion zone and the presence and influence on the smoke removal of gas exchange paths and openings in the structure of the facility, affecting the combustion process and rescue as well as firefighting operations.

2. Gravity ventilation – the action of taking advantage of the difference in density of the fire gases resulting from the temperature difference between the combustion zone and the external environment. The principle of its operation is based on the phenomenon of convection, i.e. the rising of hot smoke and fire gases (the so-called chimney effect). In this case, free convection involves air movement caused by a temperature difference and, therefore, a difference in air density. Through heat exchange (initiated, for example, by opening a door to the fire room), air density and static pressure change, causing heated air of lower density to rise and air of higher density to fall. The more intense the heat exchange, the faster the air movement, which contributes to increased smoke removal efficiency. When using this type of ventilation, it must be remembered to provide compensating openings through which fresh air will flow, ensuring that the proportion of received and supplied gases is maintained. According to the manual of Main Headquarters of the State Fire Service (KG PSP) [2], to ensure adequate effectiveness of the indicated tactics, the area of inlet openings should be larger than the area of outlet openings – the amount of supplied air should be larger than the amount of discharged air. Moreover, inlet openings should be located lower than outlet openings to take advantage of thermal buoyancy, which is the basis of heat transfer (convection). When considering issues related to tactical gravity ventilation, it should be pointed out that this type of action involves the supply of oxygen with the incoming air to the fire focus, which consequently may lead to an increase in the dynamics of combustion. It is also worth mentioning that the use of gravity ventilation will not always be effective, especially in the case of smoke extraction of spaces where the smoke has already cooled, the combustion process has ended, and the action is only ventilation. During summer periods, when the outside air temperature is higher than the temperature inside a building, an unfavourable pressure distribution is present and warm air can be drawn into the building through the openings (windows or doors). This type of phenomenon is called reverse chimney draft. In practice, this phenomenon has a very unfavourable effect in the formation of smoke traps in the building, which may have a negative impact on the evacuation conditions or even make it impossible to carry it out in a safe manner. It should also be mentioned that a flagship example of

(jeśli istnieje taka możliwość) do pomieszczenia, gdzie powstał pożar lub z wykorzystaniem mobilnej kurtyny dymowej, przeznaczonej do zaślepienia otworu budynku (okna lub drzwi) łączącego środowisko pożarowe z otoczeniem zewnętrznym. Technika ta nie jest bezpośrednio związana z samym procesem wentylacji mechanicznej, ale stanowi preludium do wprowadzenia wentylatorów do działań. Pozwala na zrozumienie zależności pomiędzy powietrzem napływającym do obiektu, gazami pożarowymi opuszczającymi strefę spalania a obecnością i wpływem na oddymianie torów wymiany gazowej oraz otworów w konstrukcji obiektu, mających wpływ na proces spalania i działania ratowniczo-gaśnicze.

2. Wentylacja grawitacyjna – działanie polegające na wykorzystaniu różnicy gęstości gazów pożarowych, wynikającej z różnicy temperatur pomiędzy strefą spalania a otoczeniem zewnętrznym. Zasada jej działania opiera się na zjawisku konwekcji, czyli unoszenia gorącego dymu i gazów pożarowych (tzw. efekt kominowy). W tym przypadku swobodna konwekcja wiąże się z ruchem powietrza wywołanym różnicą temperatur i – co za tym idzie – różnicą gęstości powietrza. Przez wymianę ciepła (zainicjowaną np. otwarciem drzwi do pomieszczenia objętego pożarem), dochodzi do zmiany gęstości powietrza oraz ciśnienia statycznego, przez co następuje unoszenie ogrzanego powietrza o mniejszej gęstości, a opadanie powietrza o większej gęstości. Im bardziej intensywna wymiana ciepła, tym szybszy jest ruch powietrza, co przyczynia się do zwiększenia efektywności oddymiania. Przy stosowaniu tego rodzaju wentylacji należy pamiętać o zapewnieniu otworów kompensacyjnych, przez które napływać będzie świeże powietrze, gwarantujące zachowanie proporcji odbieranych i dostarczanych gazów. Zgodnie z poradnikiem KG PSP [2], aby zapewnić odpowiednią skuteczność działania wskazanej taktyki, należy dążyć do tego, aby powierzchnia otworów wlotowych była większa od powierzchni otworów wylotowych – ilość dostarczanego powietrza powinna być większa od wielkości powietrza odprowadzanego. Ponadto otwory wlotowe powinny być usytuowane niżej od otworów wylotowych celem wykorzystania zjawiska wporu termalnego, będącego podstawą unoszenia ciepła (konwekcji). Rozpatrując zagadnienia dotyczące taktycznej wentylacji grawitacyjnej, należy wskazać, że tego typu działanie wiąże się z dostarczaniem tlenu wraz z napływającym powietrzem do ogniska pożaru, co w konsekwencji może prowadzić do wzrostu dynamiki spalania. Warto również wspomnieć, że wykorzystanie wentylacji grawitacyjnej nie zawsze będzie efektywne, szczególnie w przypadku oddymiania przestrzeni, gdzie dym już ostygł, proces spalania się zakończył, a działania polegają wyłącznie na przewietrzaniu. W okresach letnich, gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest wyższa niż temperatura panująca w budynku, obecny jest niekorzystny rozkład ciśnienia i ciepłe powietrze może być zasysane do wnętrza

such a situation are the activities related to the removal of toxic gases, vapours of hazardous substances or very often occurring on the burned area carbon monoxide.

3. Hydraulic ventilation – this technique is based on the phenomenon related to water droplets delivered from a nozzle, which – dispersed into an area where fire gases of lower density are present – displace them from their flight path, causing the movement of gases [2]. When analysing the trajectory of a water droplet, it should be pointed out that just in front of the droplet, a positive pressure is created due to the momentum and dynamic pressure of the fluid set in motion, and just behind the droplet, a negative pressure is created. As the length of the distance increases, the dispersed water droplets decrease the value of the momentum force and at the same time set in motion the gas (including combustion products) in the area of influence of the water dispersion source, due to the resulting differences in the pressure values. The source in question mentions tactical solutions to direct the flow of the fire gases using short-circuit currents. They consist of applying a dense current of water, directed at the areas of the discharge opening. Another variant of hydraulic ventilation is a technique involving the application of diffused current from inside a smoky room through a window to the outside of the building. As a result of the created pressure difference, the smoke from inside the room will be sucked outside together with the water current. This technique is mostly used by emergency responders working on a fire scene to quickly improve visibility in a room.
4. Mechanical ventilation – a technique that allows the movement of thermal decomposition products and accumulated heat using mobile fans. Mechanical ventilation is divided into positive pressure and negative pressure ventilation. Vacuum ventilation is implemented using a fan located in the area of the outlet opening in the path of the gas exchange path in such a way that it forces the smoke through the rotor plane and blows the accumulated products of combustion outside a facility. On the other hand, positive pressure ventilation is carried out with a fan positioned near the inlet opening in such a configuration that the generated jet is directed at the surface of the inlet opening, forcing the air through the area of the gas exchange path. The purpose of positive pressure ventilation is to force the fire gases to move along a planned gas exchange path. As a result, they are pushed out of the object based on the phenomenon of overpressure created inside the object by a fan driven by an internal combustion engine, electric motor or water turbine with the use of appropriate technology for selecting the size of aeration and smoke extraction openings.

More information on the conditions and applicability of positive pressure mechanical ventilation is presented later in this article.

budynku przez otwory (okna lub drzwi). Tego typu zjawisko zwane jest odwróconym ciągiem kominowym. W praktyce wskazane zjawisko wykazuje bardzo niekorzystny efekt w postaci powstawania zastoin dymu w budynku, co może mieć negatywny wpływ na warunki ewakuacji lub nawet uniemożliwić przeprowadzenie jej w bezpieczny sposób. Wspomnieć należy również, że sztandarowym przykładem takiej sytuacji są działania powiązane z usuwaniem z obiektu gazów toksycznych, par substancji niebezpiecznych czy też bardzo często występującego na pogorzelsku tlenku węgla.

3. Wentylacja hydrauliczna – technika ta opiera się na zjawisku związanym z przemieszczaniem kropli wody dostarczanej z prądownicy, które – rozpraszane w obszar, gdzie obecne są gazy pożarowe o mniejszej gęstości – wypierają je z toru swojego lotu, powodując ruch gazów [2]. Analizując trajektorię lotu kropli wody, należy wskazać, że tuż przed kroplą powstaje nadciśnienie wynikające z siły pędu i ciśnienia dynamicznego płynu wprawionego w ruch, a tuż za kroplą tworzy się podciśnienie. Wraz ze zwiększaniem długości dystansu rozproszone krople wody zmniejszają wartość siły pędu i jednocześnie wprawiają w ruch gaz (w tym produkty spalania) znajdujący się w obszarze oddziaływania źródła dyspersji wody, z uwagi na powstałe różnice wartości ciśnień. W przedmiotowym źródle wspomina się o rozwiązaniach taktycznych pozwalających ukierunkować przepływ gazów pożarowych z wykorzystaniem prądów zwartych. Polegają one na podawaniu zwartego prądu wody, ukierunkowanego w obszary otworu wylotowego. Innym wariantem wentylacji hydraulicznej jest technika polegająca na podaniu prądu rozproszonego z wnętrza zadymionego pomieszczenia przez okno na zewnątrz budynku. W wyniku wytworzonej różnicy ciśnień dym ze środka pomieszczenia będzie wysysany na zewnątrz razem z prądem wody. Technika ta jest stosowana przeważnie przez ratowników pracujących na pogorzelsku w celu szybkiej poprawy widoczności w pomieszczeniu.
4. Wentylacja mechaniczna – technika pozwalająca na przemieszczanie produktów rozkładu termicznego i nagromadzonego ciepła przy wykorzystaniu wentylatorów mobilnych. Wentylacja mechaniczna dzieli się na wentylację nadciśnieniową i podciśnieniową. Wentylacja podciśnieniowa realizowana jest z wykorzystaniem wentylatora, usytuowanego w obszarze otworu wylotowego na drodze toru wymiany gazowej w taki sposób, aby przetłaczał on dym przez płaszczyznę wirnika i wywiewał nagromadzone produkty spalania na zewnątrz obiektu. Natomiast wentylacja nadciśnieniowa wykonywana jest przy użyciu wentylatora ustawionego w pobliżu otworu wlotowego w takiej konfiguracji, aby wytwarzana struga skierowana była na powierzchnię otworu wlotowego, przetłaczając powietrze przez obszar toru wymiany gazowej. Celem stosowania wentylacji nadciśnieniowej jest wymuszenie ruchu gazów pożarowych wzdłuż zaplanowanego toru wymiany gazowej. W efekcie zostają one wypchnięte

poza obiekt w oparciu o zjawisko nadciśnienia wytworzonego wewnątrz obiektu przez wentylator napędzany silnikiem spalinowym, elektrycznym lub turbiną wodną z wykorzystaniem właściwej techniki doboru wielkości otworów napowietrzających i oddymiających.

Więcej informacji na temat warunków i możliwości stosowania wentylacji mechanicznej nadciśnieniowej przedstawiono w dalszej części artykułu.

Selected possibilities of using mobile overpressure fans during rescue operations

When discussing the functionalities characterized by mobile fans, it should be emphasized that in addition to the already mentioned possibilities of their use in the area of mechanical underpressure or overpressure ventilation, there are also other, less conventional ways of using this type of units. As mentioned in the introduction, they can successfully provide a tool to help in the process of extinguishing fires of motor vehicles or tanks intended for waste. In this case, their use makes it possible to reduce the flow of hot fire gases onto the surfaces of adjacent objects (i.e. other cars, waste containers or building facades). An appropriately directed stream of clean air, created with the use of a fan driven by an electric motor, can in turn support the process of delivering air to the victims trapped in places which are difficult to access, such as sewage pits, tanks, wells, clogged cellars, etc.

The primary use of mobile fans remains Positive Pressure Ventilation (PPV), the purpose of which is to force air through an inlet opening, create positive pressure inside a facility, direct the flow of gases by properly sizing the aeration and outlet openings, and push them in the desired direction (through the outlet opening) out of the facility space.

This type of activity may be executed to achieve the following objectives, which are among others:

- removing thermal decomposition products and accumulated heat in the space of a building;
- maintaining a smoke-free space (by creating positive pressure in a certain area) to ensure evacuation or access for the rescue teams;
- supplying air to areas with reduced oxygen concentration where people may be present (ventilation for life);
- increasing the efficiency of search activities for the injured persons in a facility covered by fire;
- lowering the temperature by ventilating the burned area and allowing the rescuers to work without the need to wear breathing apparatus.

A schematic of the use of a mobile ventilator to conduct PPV is shown in Figure 1.

Wybrane możliwości stosowania mobilnych wentylatorów nadciśnieniowych podczas realizacji działań ratowniczych

Omawiając funkcjonalności, jakimi charakteryzują się wentylatory mobilne, należy podkreślić, że poza wspomnianymi już wcześniej możliwościami dotyczącymi ich wykorzystania w obszarze wentylacji mechanicznej podciśnieniowej lub nadciśnieniowej, istnieją również inne, mniej konwencjonalne sposoby użycia tego typu jednostek. Jak wspomniano już na wstępie, mogą one z powodzeniem stanowić narzędzie pomocne w procesie gaszenia pożarów pojazdów samochodowych czy zbiorników przeznaczonych na odpady. W tym przypadku ich wykorzystanie pozwala ograniczyć napływ gorących gazów pożarowych na powierzchnie sąsiadujących obiektów (tj. innych samochodów, pojemników na odpady czy elewacji budynków). Odpowiednio ukierunkowany strumień czystego powietrza, tworzony z wykorzystaniem wentylatora napędzanego silnikiem elektrycznym, może z kolei wspomagać proces dostarczania powietrza dla osób poszkodowanych, uwięzionych w trudnodostępnych miejscach, takich jak studzienki kanalizacyjne, zbiorniki, studnie, zagruzowane pomieszczenia piwniczne itp.

Podstawową formą wykorzystania mobilnych wentylatorów pozostaje wentylacja mechaniczna nadciśnieniowa (ang. *Positive Pressure Ventilation*, PPV), której celem jest wtłoczenie powietrza przez otwór wlotowy, wytworzenie nadciśnienia wewnątrz obiektu, ukierunkowania przepływu gazów poprzez właściwe dobranie otworów napowietrzającego i wylotowego oraz wypchnięcia ich w pożądanym kierunku (przez otwór wylotowy) poza przestrzeń obiektu.

Tego typu działanie może być realizowane m.in. na potrzeby osiągnięcia następujących celów:

- usuwanie produktów rozkładu termicznego i nagromadzonego ciepła w przestrzeni obiektu budowlanego;
- utrzymanie kubatury wolnej od dymu (poprzez wytworzenie nadciśnienia w określonym obszarze) celem zapewnienia możliwości ewakuacji bądź zapewnienia dostępu ekipom ratowniczym;
- dostarczanie powietrza do miejsc o zmniejszonym stężeniu tlenu, gdzie mogą przebywać ludzie (wentylacja dla życia);
- zwiększenie efektywności działań poszukiwawczych osób poszkodowanych w obiekcie objętym pożarem;
- obniżenie temperatury poprzez przewietrzanie pogorzelniska i umożliwienie pracy ratownikom bez konieczności pracy w sprzęcie izolującym drogi oddechowe.

Schemat wykorzystania mobilnego wentylatora do prowadzenia wentylacji PPV został przedstawiony na rycinie 1.

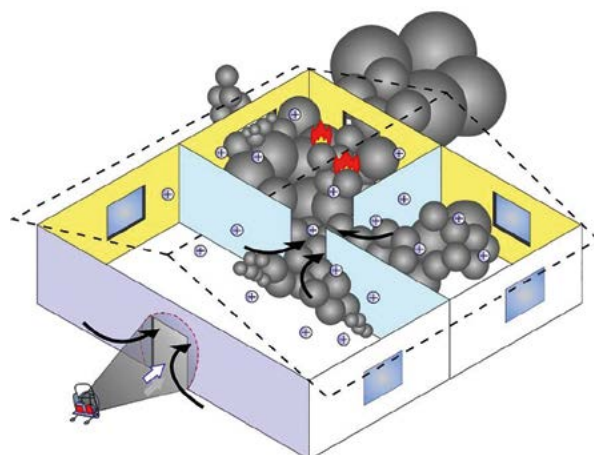


Figure 1. Application of mechanical positive pressure ventilation in the space of a building
Rycina 1. Zastosowanie wentylacji mechanicznej nadciśnieniowej w przestrzeni obiektu budowlanego

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

There have been many published results in the literature regarding the feasibility of PPV ventilation. P. S. Ziesler et al. [3] demonstrated that positive pressure ventilation is an effective technique that can contribute to the effectiveness of rescue and firefighting operations when properly applied. In their paper, they detailed five major advantages of using positive pressure ventilation:

1. PPV lowers the temperature of the fire environment inside a building, which is beneficial with regard to the rescue operations associated with the evacuation of the injured, and also increases the comfort of the firefighters in the immediate vicinity of a fire.
2. PPV improves air quality by removing harmful carbon monoxide and providing oxygen.
3. Removing fire gases (smoke) is carried out in a dynamic manner, which contributes to rapid improvement of visibility and efficiency of the search of rooms, speed of location of the source of the fire and efficient evacuation of the victims.
4. Generated airflow can separate flames from the areas where emergency responders are working or for protection of adjacent spaces.
5. Positive pressure ventilation can also minimize damage resulting from damage caused by the spread of smoke and/or heat inside a building.

Other researchers, in addition to the benefits of PPV ventilation, have also pointed out some risks associated with it. For example, S. Svensson [4] emphasized that PPV can increase combustion dynamics and causes a risk of the fire spreading dynamically. In his paper, he mentioned the importance of coordination and command control during operations where positive pressure ventilation technology is used. The author pointed out that well organized PPV ventilation allows to increase the dynamics of search and rescue operations and operations aimed at eliminating the source of the fire.

W literaturze przedmiotu opublikowano wiele rezultatów prac dotyczących możliwości stosowania wentylacji PPV. P. S. Ziesler i in. [3] wykazali, że wentylacja nadciśnieniowa jest skuteczną techniką, która może przyczynić się do zwiększenia efektywności działań ratowniczo-gaśniczych, gdy jest właściwie stosowana. W swojej pracy wyszczególnili pięć głównych zalet stosowania wentylacji nadciśnieniowej:

1. PPV obniża temperaturę środowiska pożarowego wewnątrz obiektu budowlanego, co jest korzystne w odniesieniu do prowadzenia działań ratowniczych związanych z ewakuacją poszkodowanych, a ponadto zwiększa komfort pracy strażaków w bezpośrednim sąsiedztwie pożaru.
2. PPV poprawia jakość powietrza poprzez usuwanie szkodliwego tlenku węgla i dostarczanie tlenu.
3. Usuwanie gazów pożarowych (dymu) realizowane jest w sposób dynamiczny, co przyczynia się do szybkiej poprawy widoczności i zwiększenia skuteczności przeszukiwania pomieszczeń, szybkości lokalizacji źródła pożaru oraz sprawnej ewakuacji poszkodowanych.
4. Generowany strumień powietrza może separować płomień od obszarów, gdzie pracują ratownicy lub na potrzeby ochrony sąsiadujących pomieszczeń.
5. Wentylacja nadciśnieniowa może również minimalizować szkody wynikające z rozprzestrzeniania się dymu lub/i ciepła wewnątrz obiektu.

Inni badacze, obok korzyści wynikających ze stosowania wentylacji PPV, wskazali również na pewne zagrożenia z tym związane. Na przykład S. Svensson [4] podkreślił, że PPV może zwiększać dynamikę spalania i powoduje ryzyko dynamicznego rozprzestrzeniania się ognia. W swojej pracy wspominał on o znaczeniu koordynacji i kontroli dowodzenia podczas działań, gdzie stosowana jest technika wentylacji nadciśnieniowej. Autor wskazał, że dobrze zorganizowana wentylacja PPV pozwala zwiększyć dynamikę realizacji działań o charakterze poszukiwawczo-ratowniczym oraz operacji ukierunkowanych na likwidację źródła pożaru.

Another way to use a mobile fan is for negative pressure ventilation. The operation is analogous to positive pressure ventilation with the difference that the fan unit is positioned in the outlet opening in such a way that it sucks the accumulated fire gases from the inside of the building and blows them outside. When applying this type of ventilation, it is necessary to determine the inlet and outlet openings, select the gas exchange path, and properly mount the fan unit. In order to achieve the desired effects of negative pressure ventilation, it is possible to locate the unit in the upper area of the outlet opening frame. This solution allows the hot fire gases accumulated in the ceiling space to be discharged efficiently. A graphical illustration of vacuum ventilation solutions is shown in Figures 2 and 3.

Innym sposobem wykorzystania wentylatora mobilnego jest wentylacja podciśnieniowa. Działanie to realizowane jest analogicznie jak w przypadku wentylacji nadciśnieniowej, z tą różnicą, że jednostka wentylatorowa ustawiona jest w świetle otworu wylotowego w taki sposób, aby zasysała nagromadzone gazy pożarowe z wnętrza obiektu i wywiewała je na zewnątrz. W przypadku realizacji tego typu wentylacji konieczne jest określenie otworu wlotowego i wylotowego, dobranie toru wymiany gazowej oraz odpowiednie mocowanie jednostki wentylatorowej. W celu osiągnięcia pożądanych efektów działania wentylacji podciśnieniowej istnieje możliwość usytuowania jednostki w górnym obszarze ościeżnicy otworu wylotowego. Takie rozwiązanie pozwala efektywnie odprowadzać gorące gazy pożarowe nagromadzone w przestrzeni podsufitowej. Graficzną ilustrację rozwiązań z zakresu wentylacji podciśnieniowej przedstawiono na rycinie 2 i 3.

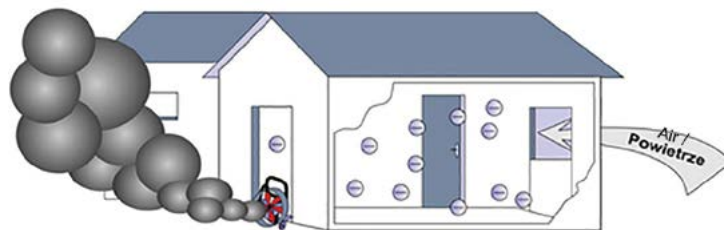


Figure 2. Use of negative pressure mechanical ventilation for the evacuation of fire gases from a building

Rycina 2. Zastosowanie wentylacji mechanicznej podciśnieniowej do odprowadzania gazów pożarowych z obiektu budowlanego

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.



Figure 3. Setting up a fan for negative pressure ventilation

Rycina 3. Ustawienie wentylatora do wentylacji podciśnieniowej

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Closing the topic of negative pressure ventilation, attention should still be drawn to the adverse phenomenon occurring in relation to the fans driven by an internal combustion engine. If an engine equipment is used in a smoke zone (extraction of smoke from the rooms), the engine may be throttled, the fan's parameters may be lowered, and the equipment may even be completely disabled (e.g. due to blockage of the air filter). Fans driven by an electric motor or a water turbine are not affected by this issue. The unfavourable factors accompanying the use of negative pressure ventilation also include difficulties in the movement of the rescuers and equipment due to the operation of a fan in the door of the rooms, disturbing communication with KDR, etc. Moreover, attention is drawn to the fact that in this case the amount of fire gases removed by the fan is much less than when positive pressure ventilation is used.

Another possible way of using mobile units is Positive Pressure Attack (PPA), where the ventilation of the rooms is done before the firefighting action begins in the attack. The above is used to improve the conditions inside a facility. The indicated technique consists in combining rescue and extinguishing activities with mechanical overpressure ventilation. According to the information presented in the article, overpressure ventilation improves the conditions in which firefighters work, i.e. increases visibility by removing thermal decomposition products and reduces the temperature inside the rooms both in the place where the fire is present and in the entire building [5]. In a study by M. Łapicz et al. [6] it was indicated that the coordination of an attack with the use of PPA requires appropriate knowledge of the theory of fires and the ability to adapt techniques of the extinguishing operations. The authors, referring to the research results, specified the following benefits resulting from the use of the PPA techniques:

- extending the duration of the conditions enabling the survival of people in a danger zone by reducing the impact of toxic fire gases;
- contributing to a faster location of a fire, as well as reducing the need for extinguishing agents;
- reducing the likelihood of damage to property as a result of the impact of fire gases on a building, as a result of an appropriate direction of the air stream generated by the fan.

A diagram of the PPA technique is presented in Figure 4.

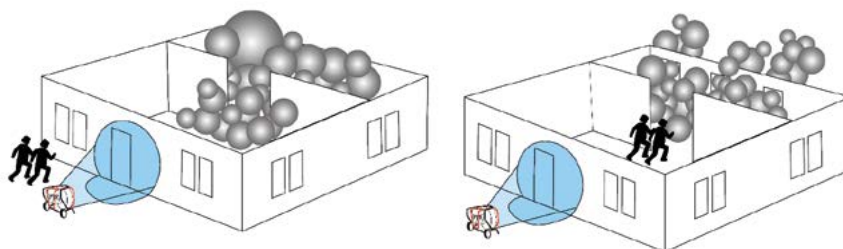


Figure 4. Scheme of using the technique of overpressure mechanical ventilation in attack
Rycina 4. Schemat stosowania techniki wentylacji mechanicznej nadciśnieniowej w natarciu

Source: Own elaboration based on [7].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Zamykając wątek wentylacji podciśnieniowej, należy jeszcze zwrócić uwagę na niekorzystne zjawisko występujące w odniesieniu do wentylatorów napędzanych silnikiem spalinowym. W przypadku użycia sprzętu silnikowego w strefie zadymienia (wyciąganie dymu z pomieszczeń) może dojść do „dławienia silnika”, obniżenia parametrów wentylatora, a nawet całkowitego wyłączenia sprzętu z działań (np. w wyniku zablokowania filtra powietrza). Problem ten nie dotyczy wentylatorów napędzanych silnikiem elektrycznym lub turbiną wodną. Wśród czynników niekorzystnych towarzyszących stosowaniu wentylacji podciśnieniowej wymienia się również utrudnienia w zakresie przemieszczania ratowników i sprzętu w związku z pracą wentylatora w drzwiach pomieszczeń, powodowanie zakłóceń komunikacji z KDR itd. Ponadto zwraca się uwagę na fakt, że w tym przypadku ilość usuwanych przez wentylator gazów pożarowych jest znacznie mniejsza niż przy zastosowaniu wentylacji nadciśnieniowej.

Kolejnym możliwym sposobem wykorzystania mobilnych jednostek jest natarcie nadciśnieniowe (ang. *Positive Pressure Attack*, PPA), gdzie wentylacja pomieszczeń wykonywana jest przed rozpoczęciem przez rotę działań gaśniczych w natarciu. Powyższe stosuje się w celu poprawy warunków panujących wewnątrz obiektu. Wskazana technika polega na połączeniu działań ratowniczo-gaśniczych z mechaniczną wentylacją nadciśnieniową. Zgodnie z informacjami przedstawionymi w artykule wentylacja nadciśnieniowa poprawia warunki, w których pracują strażacy, tj. zwiększa widoczność poprzez usuwanie produktów rozkładu termicznego oraz obniża temperaturę wewnątrz pomieszczeń zarówno w miejscu, gdzie obecny jest pożar, jak i w całym budynku [5]. W opracowaniu autorstwa M. Łapicza i in. [6] wskazano, że koordynacja natarcia z wykorzystaniem PPA wymaga posiadania odpowiedniej wiedzy w zakresie teorii pożarów i umiejętności dostosowania technik prowadzenia działań gaśniczych. Autorzy, powołując się na wyniki badań, wyszczególnili następujące korzyści wynikające z zastosowania technik PPA:

- wydłużenie czasu trwania warunków umożliwiających przeżycie osób przebywających w strefie zagrożenia poprzez zmniejszenie oddziaływania toksycznych gazów pożarowych;
- przyczynianie się do szybszego określenia miejsca pożaru, a także zmniejszania zapotrzebowania na środki gaśnicze;
- zmniejszenie prawdopodobieństwa zniszczenia mienia w wyniku oddziaływania gazów pożarowych na budynek, w wyniku odpowiedniego ukierunkowania strumienia powietrza wytworzonego przez wentylator.

Schemat techniki PPA został przedstawiony na rycinie 4.

According to the recommendations presented by K. Garcia [7], mobile fans can also be used to fight the threats of free-standing objects, e.g. fires of cars or garbage containers.

When referring to the issue of motor vehicle fires, one should be aware that due to the presence of large amounts of plastic materials in their construction, in the event of a fire, highly toxic products of thermal decomposition are intensively generated. Due to the use of a mobile ventilator, the rescuers can properly direct the air stream to the surface of the vehicle, which will reduce the inflow of toxic fire gases into the areas of firefighting activities (easier access), or where there may be bystanders who do not have respiratory protection. In addition, the use of PPV ventilation during a vehicle fire can improve visibility so that the source of the fire can be located more quickly. When using this technique, it is important to remember that the fan, whenever possible and reasonable to achieve the accepted tactical intent, should be positioned on the windward side so that the air stream is directed in the same direction as the wind. This will increase the efficiency of the used ventilation.

Another possibility, mentioned earlier, for the use of mobile fans is fires involving waste containers. According to the recommendations presented by K. Garcia et al. [7], the principle of implementing actions in this group of objects is similar to that of vehicles. One of the problems that can occur during a container fire is the inability to identify the burning material (and fire experience shows that very often materials that produce highly toxic smoke and fire gases are involved, i.e. plastics, industrial waste, etc.). Unfortunately, it happens that dishonest entrepreneurs carry out a kind of (for them "no-cost") disposal of substances that are very dangerous to human health and life, as well as to the environment, intentionally causing a fire in such containers. In this context, the possibility of reducing the impact of the effects of combustion of these substances on the rescuers appears to be an extremely important factor, reducing the risk of loss of protective properties (contamination) by clothing and other personal protective equipment used during the operations.

These devices can be used not only to protect the rescuers and bystanders, but also to protect objects directly adjacent to the place of a fire. Appropriate positioning of the fan makes it possible to limit the inflow of hot fire gases towards these objects and their impact, for example, on the surface of the building's facade. A diagram illustrating techniques to assist the elimination of fire hazards in waste containers is shown in Figure 5.

Zgodnie z rekomendacjami przedstawionymi przez K. Garcia [7] mobilne wentylatory mogą zostać również wykorzystane do walki z zagrożeniami obiektów wolnostojących np. pożarami samochodów lub kontenerów na śmieci.

Odnosząc się do problematyki pożarów pojazdów samochodowych, należy mieć świadomość, że ze względu na obecność w ich konstrukcji dużych ilości materiałów z tworzyw sztucznych, w przypadku zaistnienia pożaru, następuje intensywne generowanie silnie toksycznych produktów rozkładu termicznego. Dzięki wykorzystaniu mobilnego wentylatora ratownicy mogą odpowiednio ukierunkować strumień powietrza na powierzchnię pojazdu, co ograniczy napływ toksycznych gazów pożarowych w obszary prowadzonych działań gaśniczych (ułatwienie dostępu), bądź tam gdzie mogą przebywać osoby postronne, nie posiadające zabezpieczeń w postaci środków ochrony dróg oddechowych. Ponadto zastosowanie wentylacji PPV w trakcie pożaru pojazdu może poprawić widoczność, dzięki czemu istnieje możliwość szybszej lokalizacji źródła pożaru. Podczas stosowania omawianej techniki należy pamiętać, aby wentylator – jeśli jest to tylko możliwe i uzasadnione z punktu widzenia osiągnięcia przyjętego zamiaru taktycznego – został ustawiony od strony nawietrznej, tak aby struga powietrza była skierowana w tym samym kierunku co wiatr. Dzięki temu efektywność zastosowanej wentylacji będzie większa.

Kolejną, wspomnianą już wcześniej możliwością wykorzystania mobilnych wentylatorów są pożary pojemników przeznaczonych na odpady. Zgodnie z rekomendacjami przedstawionymi przez K. Garcia i in. [7], zasada realizacji działań w tej grupie obiektów jest podobna do tej, jak w przypadku pojazdów. Jednym z problemów, jaki może wystąpić w trakcie pożaru kontenerów, jest brak możliwości identyfikacji palącego się materiału (a doświadczenia pożarnicze wskazują, że bardzo często w tym procesie biorą udział materiały wytwarzające silnie toksyczne dymy i gazy pożarowe, tj. tworzywa sztuczne, odpady przemysłowe itd.). Niestety zdarza się, że nieuczciwi przedsiębiorcy dokonują swego rodzaju, dla nich „bezkosztowej”, utylizacji substancji bardzo niebezpiecznych dla zdrowia i życia ludzi oraz środowiska, umyślnie wywołując pożar takich kontenerów. W tym kontekście możliwość ograniczenia oddziaływania skutków spalania tych substancji na ratowników jawi się jako czynnik niezwykle istotny, zmniejszający m.in. ryzyko utraty właściwości ochronnych (kontaminacji) przez używaną w trakcie działań odzież oraz pozostałe środki ochrony osobistej.

Omawiane urządzenia mogą być wykorzystywane nie tylko do ochrony ratowników oraz osób postronnych, ale również w celu zabezpieczenia obiektów sąsiadujących bezpośrednio z miejscem powstania pożaru. Odpowiednie usytuowanie wentylatora pozwala na ograniczenie napływu gorących gazów pożarowych w kierunku tych obiektów i ich oddziaływanie np. na powierzchnię elewacji budynku. Schemat obrazujący techniki wspomaganie likwidacji zagrożeń pożarowych pojemników przeznaczonych na odpady został przedstawiony na rycinie 5.

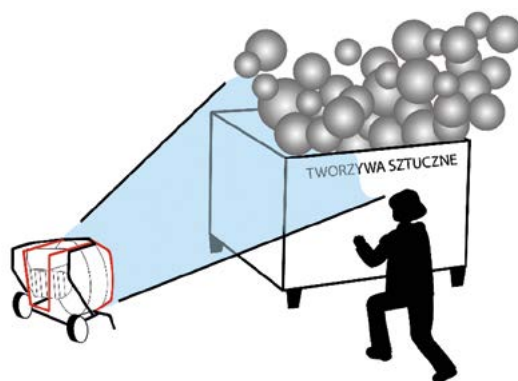


Figure 5. The use of a mobile positive pressure fan in the firefighting operations of a fire of a motor vehicle (left) and trash containers (right)
Rycina 5. Wykorzystanie mobilnego wentylatora nadciśnieniowego w działaniach gaśniczych pożaru pojazdu samochodowego (po lewej) i kontenerów przeznaczonych na śmieci (po prawej)

Source: Own elaboration based on [7].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Another area of the rescue operations where the potential is recognized for the use of mobile ventilation is recognized is in rescuing people trapped in inaccessible spaces, such as wells, pipelines, tanks, and cluttered rooms, where an adverse environment may exist due to the reduced oxygen content or the presence of noxious vapours or gases. Proper use of a mobile ventilator, by directing a stream of air into these spaces, can in many cases allow fresh air to be supplied there, increasing the victim's chances of survival. Only fans with electric or water drive are applicable in the above area. For obvious reasons (risk of contamination with toxic substances from the exhaust system of the supplied air stream) it is forbidden to use units driven by an internal combustion engine. A technique for delivering fresh portions of air to victims trapped in hard-to-reach spaces is illustrated in Figure 6.

Kolejnym obszarem działań ratowniczych, w którym dostrzega się potencjał związany z wykorzystywaniem wentylacji mobilnej, są działania dotyczące ratowania osób uwięzionych w trudnodostępnych przestrzeniach, np. studniach, rurociągach, zbiornikach, zagruzowanych pomieszczeniach, gdzie może występować niekorzystne środowisko związane ze zmniejszoną zawartością tlenu lub obecnością szkodliwych par lub gazów. Odpowiednie użycie mobilnego wentylatora, poprzez skierowanie strugi powietrza do tych przestrzeni, w wielu przypadkach może umożliwić dostarczenie tam świeżego powietrza, co zwiększa szanse poszkodowanych na przeżycie. W powyższym obszarze zastosowanie znajdują jedynie wentylatory z napędem elektrycznym lub wodnym. Z oczywistych względów (ryzyko zanieczyszczenia substancjami toksycznymi z układu wydechowego strugi dostarczanego powietrza) zabronione jest używanie jednostek napędzanych silnikiem spalinowym. Technika dostarczania świeżych porcji powietrza osobom poszkodowanym, uwięzionym w trudnodostępnych przestrzeniach, została zobrazowana na rycinie 6.



Figure 6. Providing air to hard-to-reach places using a mobile fan
Rycina 6. Napowietrzanie trudnodostępnych miejsc z wykorzystaniem mobilnego wentylatora

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Parameters conditioning effectiveness of applied techniques of rescue operations with the use of mobile fans

Despite the apparent simplicity of the devices themselves and the principle of their operation, the effective use of mobile fans in rescue operations requires specialized theoretical and practical preparation. So far, no universal procedures have been developed, allowing to achieve the expected efficiency of smoke removal while maintaining an adequate level of safety for the rescuers and the bystanders. Therefore, it is reasonable to undertake further research work in this area. Based on the current state of knowledge, factors determining the successful implementation of the adopted tactical intention have been identified. In particular, the following issues are mentioned:

- which the air stream generated by a mobile fan will flow, proper location of the fan in front of the aeration opening (taking into account the appropriate distance from the opening and the angle of the impeller);
- ensuring a route for pumping air masses (as free as possible from obstacles that may adversely affect the achieved effectiveness of smoke removal);
- providing an exit port through which thermal decomposition products will be discharged;
- taking into account weather conditions, including the direction and strength of the wind occurring at the place and time of the incident.

When it comes to choosing the right inlet, the entrance door of the facility is most often used for this purpose – mainly due to its accessibility, which makes it possible to locate the fan unit in its light and at an optimal distance. Equally important is the fact that usually the door is the end element of the escape route from the facility, and maintaining conditions on these roads for the longest possible time, whether it is the evacuation of people and property, or the access of the rescuers, is the main reason for the use of the devices in question. Nevertheless, attention should be paid to the need for in-depth analysis in cases of operations in buildings where horizontal and vertical escape routes are protected by smoke extraction or anti-smoke devices (the so-called overpressure systems). Then the head of the rescue operations, in the adopted tactical intention, should take into account the priority in the form of as little disruption to the operation of the devices mentioned as possible, i.e. take care of carrying out these operations in accordance with the fire scenario adopted for a given facility. In such cases, the use of tactical ventilation should be considered only in the event of failure or ineffective operation of the aforementioned smoke extraction or smoke protection devices. Although the most common in practice, the use of the entrance door as an air supply opening is not the only solution used during rescue and firefighting operations. Depending on the place where the fire originates and how it spreads, it may be necessary to select a different aeration location, e.g. windows, gaps in the building partition (wall, ceiling), etc. When using the tactical overpressure ventilation technique with the use of the door opening, it should be remembered that in this case it is

Parametry warunkujące skuteczność stosowanych technik realizacji działań ratowniczych z wykorzystaniem mobilnych wentylatorów

Pomimo pozornej prostoty samych urządzeń, jak i zasady ich działania, efektywne wykorzystanie wentylatorów mobilnych w działaniach ratowniczych wymaga specjalistycznego przygotowania teoretycznego oraz praktycznego. Dotychczas nie wypracowano uniwersalnych procedur postępowania, pozwalających osiągnąć oczekiwaną skuteczność oddymiania przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa dla ratowników i osób postronnych. Dlatego zasadne jest podejmowanie dalszych prac badawczych w tym zakresie. Bazując na aktualnym stanie wiedzy, zidentyfikowano czynniki warunkujące pomyślną realizację przyjętego zamiaru taktycznego. Wymienia się w szczególności następujące kwestie:

- właściwy dobór otworu napowietrzającego (wlotowego), przez który będzie napływać struga powietrza generowana przez mobilny wentylator, odpowiednie usytuowanie wentylatora przed otworem napowietrzającym (z uwzględnieniem odpowiedniej odległości od otworu oraz kąta nachylenia wirnika);
- zapewnienie drogi przetłaczania mas powietrza (w jak największym stopniu wolnej od przeszkód mogących negatywnie wpływać na osiąganą skuteczność oddymiania);
- zapewnienie otworu wylotowego, przez który usuwane będą produkty rozkładu termicznego;
- uwzględnienie warunków atmosferycznych, m.in. kierunku i siły wiatru, występujących w miejscu i czasie zdarzenia.

Jeśli chodzi o wybór odpowiedniego otworu wlotowego, najczęściej wykorzystywane są do tego celu drzwi wejściowe obiektu – głównie ze względu na ich dostępność, stwarzającą możliwość usytuowania jednostki wentylatorowej w ich świetle i w optymalnej odległości. Nie mniej istotnym jest fakt, że zazwyczaj drzwi stanowią element końcowy drogi ewakuacyjnej z obiektu, a przeciwieństwo utrzymania przez jak najdłuższy czas na tych drogach warunków umożliwiających, czy to ewakuację osób i mienia, czy też dostęp ratowników, stanowi główny powód stosowania rozpatrywanych urządzeń. Niemniej należy zwrócić uwagę na potrzebę pogłębionej analizy w przypadkach prowadzenia działań w budynkach, w których poziome i pionowe drogi ewakuacyjne chronione są przez urządzenia oddymiające lub zapobiegające zadymieniu (tzw. systemy nadciśnieniowe). Wówczas kierujący działaniami ratowniczymi w przyjętym zamiarze taktycznym powinien uwzględnić priorytet w postaci jak najmniejszego zakłócania pracy wspomnianych urządzeń, czyli zadbać o prowadzenie tych działań zgodnie z przyjętym dla danego obiektu scenariuszem pożarowym. W takich przypadkach zastosowanie wentylacji taktycznej należy brać pod uwagę jedynie w razie awarii lub nieefektywnego działania wspomnianych urządzeń oddymiających lub zabezpieczających przed zadymieniem. Wykorzystanie drzwi wejściowych jako otworu nawiewnego, choć najczęściej spotykane w praktyce, nie jest jedynym rozwiązaniem stosowanym w trakcie prowadzenia

possible to adjust the size of the inlet opening to the conditions, e.g. with the available fan unit, of course in the context of reducing its surface. The application of the curtain minimizes the risk of secondary losses caused by smoke in the staircase, cutting off the communication or evacuation routes for people residing on the floors above the place of operation. When operations are conducted in laboratories, hospitals, museums, etc., the risk of loss due to damage to expensive equipment or objects of significant value is also minimized.

The next issue that needs to be addressed in terms of creating conditions for effective ventilation is the provision of an outlet opening of adequate size. Such an opening should be selected or constructed as close as possible to the source of the fire so that the path of transport of toxic combustion products is as short as possible. As for the size ratio of the inlet and outlet opening, as recommended in [8], it should be between $1:\frac{3}{4}$ and $1:1\frac{3}{4}$, respectively (see Figure 7). If the smoke discharge opening is too small, the migration of combustion products will be slower and some will move to other areas of the facility. According to U. Cimolino et al. [9] the size of the outlet opening should at least match the size of the inlet opening. However, it should be pointed out that when the discharge opening is too large, other hazards arise, such as failure to provide sufficient positive pressure in the path of gas movement and greater susceptibility to weather conditions.

działań ratowniczo-gaśniczych. W zależności od miejsca powstania i sposobu rozprzestrzeniania się pożaru, może zaistnieć konieczność wyboru innego miejsca napowietrzania, np. okien, szczelin w przegrodzie budowlanej (ścianie, stropie) itp. Stosując technikę wentylacji taktycznej nadciśnieniowej z wykorzystaniem otworu drzwiowego, należy pamiętać, że w tym przypadku istnieje możliwość dopasowania wielkości otworu wlotowego do uwarunkowań związanych, np. z dostępną jednostką wentylatorową, oczywiście w kontekście zmniejszenia jego powierzchni. Takie działanie może zostać wykonane np. z wykorzystaniem kurtyny dymowej, którą (poprzez zastosowanie ramy dopasowującej do szerokości ościeżnicy) można zamontować praktycznie w każdym otworze drzwiowym. Implementacja takiego rozwiązania zapewnia możliwość swobodnego przemieszczania się ratowników przez wskazany otwór, prowadzenia linii gaśniczej, ewakuacji poszkodowanych, przemieszczania przedmiotów przy jednoczesnym uniemożliwieniu wydostawania się dymu zgromadzonego w pomieszczeniu. Zastosowanie kurtyny minimalizuje ryzyko strat wtórnych spowodowanych zadymieniem klatki schodowej, odcięciem dróg komunikacyjnych lub ewakuacyjnych dla osób przebywających na kondygnacjach powyżej miejsca prowadzonych działań. W przypadku prowadzenia działań w laboratoriach, szpitalach, muzeach itp. minimalizuje się również ryzyko strat spowodowanych zniszczeniem kosztownego sprzętu lub obiektów znacznej wartości.

Następną kwestią wymagającą uwzględnienia w kontekście tworzenia warunków skutecznej wentylacji jest zapewnienie otworu wylotowego o odpowiedniej wielkości. Taki otwór powinien zostać wybrany lub wykonany możliwie jak najbliżej źródła pożaru, tak aby droga transportu toksycznych produktów spalania była możliwie jak najkrótsza. Jeśli chodzi o proporcje wielkości otworu wlotowego i wylotowego, to – zgodnie z rekomendacjami przedstawionymi w publikacji [8] – powinny one wynosić odpowiednio od $1:\frac{3}{4}$ do $1:1\frac{3}{4}$ (zob. ryc. 7). W przypadku gdy otwór odprowadzający dym będzie zbyt mały, migracja produktów spalania będzie wolniejsza i część z nich będzie przemieszczała się w inne obszary obiektu. Według U. Cimolino i in. [9] wielkość otworu wylotowego powinna odpowiadać co najmniej wielkości wlotowego. Należy jednak wskazać, że gdy otwór odprowadzający jest zbyt duży, to powstają inne zagrożenia, jak np. niezapewnienie wystarczającego nadciśnienia na drodze przemieszczania gazów oraz większa podatność na wpływ warunków atmosferycznych.

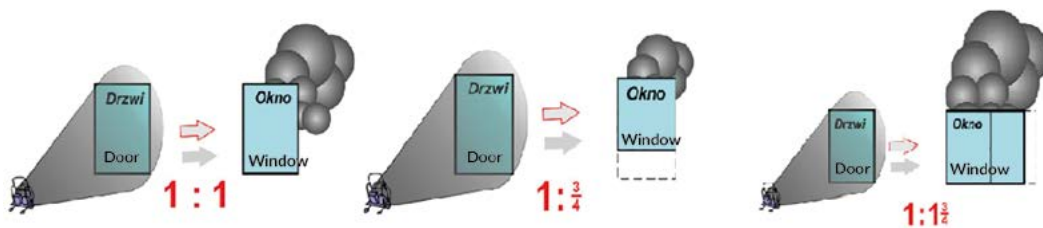


Figure 7. Overview of the ratio between supply air and extract air openings
Rycina 7. Zestawienie proporcji pomiędzy otworem nawiewnym i wiewiwnym

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

When taking a pragmatic approach to caulking outlets and aeration holes, attention must be paid to effectively maintaining their patency. Ventilation is a dynamic process and depends on various parameters that may change during the operations. This requires constant supervision and control of the fan itself (it may be necessary to suddenly stop aeration of the object), as well as the outlet, the observation of which tells a lot about the development of the situation inside the object. Interrupting the ventilation process by, for example, closing doors or windows can completely change the situation for the rescuers in the smoke zone. Therefore, an additional important piece of equipment for a firefighter operating the ventilator should be wedges securing doors or windows through which controlled gas exchange is carried out. Random objects, such as a trashcan, can also be used to block the openings (see Figure 8), but their use does not provide the same assurance as using dedicated equipment.

Podchodząc pragmatycznie do kwestii sprawiania otworów wylotowych i napowietrzających, należy zwrócić uwagę na skuteczne utrzymanie ich drożności. Wentylacja jest procesem dynamicznym i zależnym od różnych parametrów, które mogą zmieniać się w trakcie działań. Wymaga to nieustającego nadzoru i kontroli samego wentylatora (może zaistnieć potrzeba nagłego przerwania napowietrzania obiektu), jak i otworu wylotowego, którego obserwacja mówi bardzo dużo o rozwoju sytuacji wewnątrz obiektu. Przerwanie procesu wentylacji przez np. zamknięcie drzwi lub okna może całkowicie zmienić sytuację ratowników przebywających w strefie zadymienia. Dlatego dodatkowym, ważnym elementem wyposażenia strażaka obsługującego wentylator powinny być kliny zabezpieczające drzwi lub okna, którymi prowadzona jest kontrolowana wymiana gazowa. Do blokowania otworów mogą również służyć przypadkowe przedmioty, np. kosz na śmieci (zob. ryc. 8), jednak ich zastosowanie nie gwarantuje pewności takiej, jak przy wykorzystaniu dedykowanego wyposażenia.



Figure 8. Trashcan blocking the possibility of closing the aeration opening
Rycina 8. Kosz na śmieci blokujący możliwość zamknięcia otworu napowietrzającego
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

When analysing the issue concerning the positioning of a mobile fan and the process of pumping the air stream generated by this fan, it should be borne in mind that such an action should be implemented taking into account the size of the inlet opening and the size of the fan impeller. On the other hand, positioning the unit in front of the inlet opening should be done according to the geometric parameters indicated by the manufacturer of the particular unit. Such parameters include the following quantities [10]:

- s – being the horizontal distance of the rotor axis from the door opening, expressed in [m] or inches (depending on the country of the manufacturer for which the unit was manufactured)
- and
- α – indicating the angle between the impeller axis and the horizontal plane on which the mobile fan is situated [°].

Analizując zagadnienie dotyczące pozycjonowania wentylatora mobilnego i procesu tłoczenia strugi powietrza generowanej przez ten wentylator, należy mieć na uwadze, że takie działania powinny być realizowane z uwzględnieniem rozmiaru otworu wlotowego i wielkości wirnika wentylatora. Natomiast ustawienie jednostki przed otworem wlotowym, powinno odbywać się zgodnie z geometrycznymi parametrami wskazanymi przez producenta danego urządzenia. Do takich parametrów zaliczane są następujące wielkości [10]:

- s – stanowiąca poziomą odległość osi wirnika od otworu drzwiowego, wyrażana w [m] lub calach (w zależności od kraju producenta dla którego jednostka została wyprodukowana)
- oraz
- α – wskazująca kąt pomiędzy osią wirnika a poziomą płaszczyzną na której usytuowaną mobilny wentylator [°].

The described parameters are the geometrical indications at which the fan, when tested based on a dedicated test [10], obtained the best result in terms of aerodynamic efficiency.

In case when a given fan available on the market has not been tested based on a dedicated testing standard (such situations occur in reality), one can be supported by the results of empirical studies characterized in the literature [11–12] and recommendations developed on their basis for the location of such units. Lambert et al. [13] conducted a series of experiments related to the determining and evaluating the positioning distance of the fan in front of the door opening. In the course of the aforementioned work, it was shown that the effectiveness of smoke extraction increases as the distance between the unit and the door opening decreases.

The study *Tactical Ventilation – Applied Ventilation Systems* [9] indicates that for conventional fans, the distance from the supply opening should be approximately equal to the height of the opening.

In the available publications [12–17] a lot of information is present regarding the optimal positioning of both conventional and turbo units. For conventional fans (depending on the type of the unit), it is suggested that the considered distance should be between 2 and 5 m and the impeller angle between 15 and 30 degrees, so that the jet covers the entire opening – the cone technique. According to U. Cimolino et al. [9], changing the inlet angle can increase the flow rate by up to 30%.

The purpose of making a so-called tight cone is to properly direct the flow so that the smoke does not have the opportunity to move towards the inlet opening, where the fan was located. However, it should be noted that this type of solution is not completely free of disadvantages, because part of the air stream may not reach the interior of the object, because it is broken against the outer surface of a wall around the contour of the inlet opening.

In the context of fan positioning, it is also worth mentioning fan units referred to as “turbo” units, which generate a cylindrical air stream with less turbulent flow and discharge air masses at a higher speed. In the context of the positioning of a turbo fan, the literature recommends the following positioning parameters: distance 3–7 m, tilt angle 8–25 degrees.

Due to the fact that the jet produced by the turbo fan has a shape similar to a cylinder, and not a cone, in case of using smaller turbo fans (e.g. with a rotor diameter less than 450 mm) it becomes practically impossible to obtain the effect of a “tight cone”. However, the losses associated with this are compensated for in the effect of obtaining better momentum performance from the air stream. Provision may also be made for an additional smoke curtain, mounted in the upper area of the door, to increase the efficiency of this type of unit (see Figure 9).

Research for increasing the effectiveness of a smoke curtain, confirmed by numerical analyses (simulations), is presented in the article by P. Panindre et al. [11]. In this study, it was shown that the use of a smoke curtain when implementing smoke control in a 7-story building improved the flow rate by up to 30%.

Opisane parametry stanowią wskazania geometryczne, przy których wentylator podczas badań wykonywanych w oparciu o dedykowany test [10], uzyskał najlepszy wynik w zakresie wydajności aerodynamicznej.

W przypadku, gdy dany wentylator dostępny na rynku nie został zbadany w oparciu o dedykowany standard badawczy (takie sytuacje występują w rzeczywistości), można wspierać się scharakteryzowanymi w literaturze przedmiotu [11–12] wynikami badań empirycznych i opracowanymi na ich podstawie rekomendacjami dotyczącymi usytuowania tego typu jednostek. Lambert i in. [13] przeprowadzili szereg eksperymentów związanych z określeniem i oceną odległości pozycjonowania wentylatora przed otworem drzwiowym. W trakcie realizacji ww. prac wykazano, że skuteczność oddymiania wzrasta wraz ze zmniejszaniem się odległości między jednostką a otworem drzwiowym.

W opracowaniu *Wentylacja taktyczna – stosowane systemy wentylacyjne* [9] wskazano, że w przypadku wentylatorów konwencjonalnych odległość od otworu nawiewnego powinna w przybliżeniu odpowiadać wysokości tego otworu.

W dostępnych publikacjach [12–17] obecnych jest wiele informacji dotyczących optymalnego pozycjonowania zarówno jednostek konwencjonalnych, jak i typu turbo. W przypadku wentylatorów konwencjonalnych (w zależności od typu jednostki) sugeruje się, aby rozpatrywana odległość wynosiła od 2 do 5 m, a kąt nachylenia wirnika pomiędzy 15 a 30 stopni, tak aby struga obejmowała cały otwór – technika stożka. Według U. Cimolino i in. [9] zmiana kąta nawiewu może zwiększyć wielkość przepływu nawet o 30%.

Celem sprawienia tzw. szczelnego stożka jest odpowiednie ukierunkowanie przepływu, tak aby dym nie miał możliwości przemieszczania się w stronę otworu wlotowego, gdzie został ulokowany wentylator. Należy jednak zauważyć, że tego typu rozwiązanie nie jest całkowicie wolne od wad, ponieważ część strugi powietrza może nie docierać do wnętrza obiektu, ponieważ ulega ona rozbiciu o zewnętrzną powierzchnię ściany wokół obrysu otworu wlotowego.

W kontekście pozycjonowania wentylatora warto również wspomnieć o jednostkach wentylatorowych określanych jako „turbo”, które generują strumień powietrza w kształcie walca, charakteryzujące się mniejszą burzliwością przepływu i tłoczące masy powietrza z większą prędkością. W kontekście ustawiania wentylatorów typu turbo, w literaturze przedmiotu rekomenduje się następujące parametry pozycjonowania: dystans 3–7 m, kąt nachylenia 8–25 stopni.

Z uwagi na fakt, że struga wytwarzana przez wentylator typu turbo posiada kształt zbliżony do walca, a nie stożka, w przypadku wykorzystania mniejszych turbowentylatorów (np. o średnicy wirnika mniejszej niż 450 mm) uzyskanie efektu „szczelnego stożka” staje się praktycznie niemożliwe. Niemniej jednak straty z tym związane są rekompensowane w efekcie uzyskiwania lepszych osiągnięć w zakresie pędu, jakim charakteryzuje się struga powietrza. Można również przewidzieć zastosowanie dodatkowo kurtyny dymowej, zamocowanej w górnym obszarze drzwi, co pozwoli zwiększyć efektywność tego typu jednostki (zob. ryc. 9).

Badania pod kątem zwiększenia skuteczności zastosowania kurtyny dymowej, potwierdzone analizami (symulacjami)

numerycznymi, zostały przedstawione w artykule autorstwa P. Panindre i in. [11]. W tym opracowaniu wykazano, że zastosowanie kurtyny dymowej podczas realizacji oddymiania w 7-kondygnacyjnym obiekcie budowlanym poprawiło wielkość przepływu nawet o 30%.

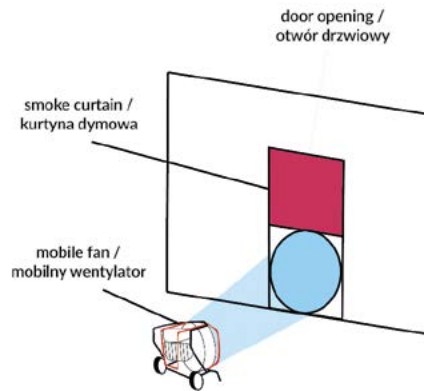


Figure 9. Cooperation of the mobile high-pressure fan with a smoke curtain
Rycina 9. Współpraca mobilnego wentylatora nadciśnieniowego z kurtyną dymową
Source: Own elaboration based on [11].
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [11].

It is worth noting that there are fan units available on the market that have graphics to facilitate their proper use, located on the impeller housing, showing recommendations for geometric parameters of fan positioning in front of the inlet opening. An example of such a graphic is presented in Figure 10.

Warto zaznaczyć, że na rynku dostępne są jednostki wentylatorowe, które posiadają grafikę ułatwiającą prawidłowe ich użycie, umieszczoną na obudowie wirnika, przedstawiającą rekomendacje dotyczące parametrów geometrycznych pozycjonowania wentylatora przed otworem wlotowym. Przykład takiej grafiki prezentuje rycina 10.



Figure 10. Graphic showing recommendations for positioning a mobile fan in front of the inlet opening
Rycina 10. Grafika prezentująca rekomendacje pozycjonowania mobilnego wentylatora przed otworem wlotowym
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

When discussing aspects of fan positioning to increase fan efficiency, it is also important to mention that using more fans will allow more air mass to be forced into the building and reduce the time required for ventilation.

For situations where the door opening has standard dimensions (e.g. 0.9 m wide and 2.03 m high), according to the recommendations presented by K. Garcia et al. [7], two fans should be

Omawiając aspekty dotyczące pozycjonowania wentylatorów w celu zwiększenia skuteczności ich działania, należy także nadmienić, że zastosowanie większej liczby wentylatorów pozwoli wtłoczyć większą masę powietrza do wnętrza budynku i skrócić czas potrzebny na wentylację.

W odniesieniu do sytuacji, gdy otwór drzwiowy posiada standardowe wymiar (np. 0,9 m szerokości i 2,03 m wysokości), zgodnie

placed in front of the door in one line (axis). The first fan should be placed at a distance of 0.6–0.9 m from the door opening, and the second fan should be placed at a distance of 2.4–3.0 m from the door threshold. In the system described above, the first fan is responsible for pumping a stream of air into the interior of an object, while the second fan delivers another portion of air and seals the inlet opening, preventing backflow of products of combustion. A diagram of the location of the fans in the configuration described above is shown in Figures 11 and 12.

z rekomendacjami zaprezentowanymi przez K. Garcia i in [7], przed drzwiami należy umieścić dwa wentylatory usytuowane w jednej linii (osi). Pierwszy z wentylatorów powinien zostać umieszczony w odległości 0,6–0,9 m od otworu drzwiowego, a drugi – w odległości 2,4–3,0 m od progu drzwi. W opisanym wyżej układzie pierwszy wentylator odpowiada za tłoczenie strugi powietrza do wnętrza obiektu, natomiast drugi dostarcza kolejną porcję powietrza oraz doszczelnia otwór wlotowy, zapobiegając cofaniu produktów spalania. Schemat usytuowania wentylatorów w opisaney wyżej konfiguracji został przedstawiony na rycinach 11 i 12.

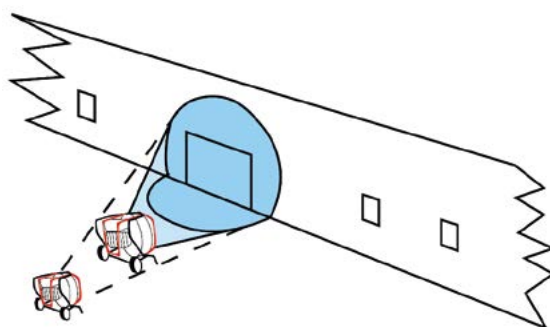


Figure 11. Use of mobile fans in a line perpendicular to the door opening (one behind the other configuration)
Rycina 11. Zastosowanie mobilnych wentylatorów w linii prostopadłej do otworu drzwiowego (konfiguracja jeden za drugim)

Source: Own elaboration based on [7].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].



Figure 12. Use of mobile fans in a line perpendicular to the door opening (one behind the other configuration)
Rycina 12. Zastosowanie mobilnych wentylatorów w linii prostopadłej do otworu drzwiowego (konfiguracja jeden za drugim)

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

When using units with different capacities in a single-line configuration, it is recommended [7] to place the lower capacity fan near the door opening so that all of the compressed air is delivered to the building interior. In this situation, the larger fan should be placed far enough behind the first one to cover the entire opening with a cone of compressed air. According to the authors' guidelines, placing two units, the larger of which is closer to the opening, will result in minimal reduction in overall operational efficiency. The results presented by

W przypadku stosowania urządzeń o różnej wydajności w konfiguracji jednoliniowej rekomenduje się [7] umieszczenie wentylatora o mniejszej wydajności w pobliżu otworu drzwiowego, tak aby całe sprężane powietrze zostało dostarczone do wnętrza budynku. W takiej sytuacji większy wentylator powinien być umieszczony za pierwszym wystarczająco daleko, aby zakryć cały otwór stożkiem sprężonego powietrza. Według wytycznych autorów, umieszczenie dwóch jednostek, z których większa znajduje się bliżej otworu, spowoduje minimalne zmniejszenie

K. Garcia et al. [7] showed that adding another fan in the line will increase the air inflow volume by about 30%.

In the course of providing air to objects with larger cubic capacity, having openings of dimensions larger than standard (0.9 x 2.03 m), e.g. garage door opening, in accordance with the recommendations described in *Positive Pressure Attack for Ventilation and Firefighting* [7], it is recommended to place fans in a configuration parallel to the opening (one next to the other). A diagram of such a solution is shown in Figure 13. According to the recommendations presented by U. Cimolino et al. [9], in such cases, setting the fans in parallel shows better results compared to the “one behind the other” configuration.

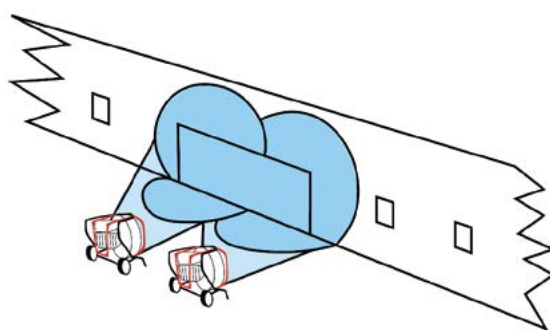


Figure 13. Use of mobile fans in a line parallel to the door opening (side-by-side configuration)

Rycina 13. Zastosowanie mobilnych wentylatorów w linii równoległej do otworu drzwiowego (konfiguracja jeden obok drugiego)

Source: Own elaboration based on [7].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Still another way of positioning the fans is the so-called “V” configuration, where the fans can be placed at a 45° angle to the door opening [7]. In this method of positioning, the conical airflows generated by the mobile fans are directed at the door surface so that they intersect while covering the entire door opening (see Figure 14). In this technique it is possible to control the setting of the inlet angle of the impeller surface so that one fan covers the lower area of the inlet opening with the air stream and the other fan covers the upper area with the air stream. With regard to the “V 45°” configuration, it should be pointed out that, according to the results of a study by K. Garcia et al. [7], the described positioning of fans allows to inject 10% more air than in the case of perpendicular or parallel positioning using two fans. Kerber et al. [14], in a study published in the National Institute of Standard and Technology (USA) reports, showed that V-shaped positioning of fans allows more air to be forced into the object and creates more positive pressure than a series configuration. Moreover, the authors of this study indicate that thanks to the specific fan arrangement, the described configuration provides greater access to a building, thus it does not impede other activities performed by the firefighters (e.g. hose line deployment).

ogólnej wydajności operacyjnej. Przedstawione wyniki badań K. Garcia i in. [7] wykazały, że dodanie kolejnego wentylatora w linii pozwoli zwiększyć wielkość napływu powietrza o ok. 30%.

W trakcie napowietrzania obiektów o większej kubaturze, posiadających otwory o wymiarach większych niż standardowy (0,9 x 2,03 m), np. otwór bramy garażowej, zgodnie z rekomendacjami opisanymi w opracowaniu *Positive Pressure Attack for Ventilation and Firefighting* [7], zaleca się posadowienie wentylatorów w konfiguracji równoległej do otworu (jeden obok drugiego). Schemat takiego rozwiązania przedstawiono na rycinie 13. Według rekomendacji przedstawionych przez U. Cimolino i in. [9], w takich przypadkach ustawienie wentylatorów równoległe przynosi lepsze rezultaty w porównaniu do konfiguracji „jeden za drugim”.

Jeszcze innym sposobem pozycjonowania wentylatorów jest tzw. konfiguracja „V”, gdzie wentylatory mogą zostać umieszczone pod kątem 45° względem otworu drzwiowego [7]. W takim usytuowaniu stożkowe strugi powietrza generowane przez mobilne wentylatory skierowane są na powierzchnię drzwi, tak aby się przecinały, a jednocześnie obejmowały cały otwór drzwiowy (zob. ryc. 14). We wskazanej technice istnieje możliwość sterowania nastawami kąta nawiewu powierzchni wirnika, tak aby jeden wentylator pokrywał strugą powietrza dolny obszar otworu wlotowego, a drugi – górny. W odniesieniu do konfiguracji „V 45°” należy wskazać, że – zgodnie z wynikami badań wykonanymi przez K. Garcia i in. [7] – opisane pozycjonowanie wentylatorów pozwala wtłoczyć o 10% więcej powietrza niż w przypadku pozycjonowania prostokątnego czy równoległego z wykorzystaniem dwóch wentylatorów. Kerber i in. [14] w badaniach opublikowanych w raportach National Institute of Standard and Technology (USA) wykazali, że pozycjonowanie wentylatorów w kształcie litery V pozwala wtłoczyć do obiektu więcej powietrza i wytworzyć większe nadciśnienie niż w przypadku konfiguracji szeregowej. Ponadto autorzy niniejszego opracowania wskazują, że dzięki specyficznemu ustawieniu wentylatorów opisywana konfiguracja zapewnia większy dostęp do obiektu budowlanego, przez co nie utrudnia prowadzenia innych działań realizowanych przez strażaków (np. rozwinięcia linii węzowej).

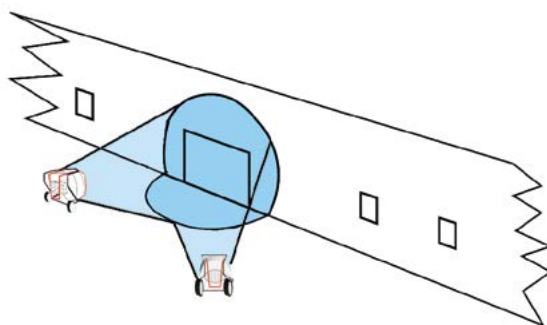


Figure 14. Use of mobile fans in “V” configuration
Rycina 14. Zastosowanie mobilnych wentylatorów w konfiguracji „V”

Source: Own elaboration based on [7].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

When considering aspects of implementing tactical ventilation operations in large-volume buildings, application of more fan units should be considered if possible. Kerber et al. [14] showed that for multi-story buildings, the use of a single fan may not be sufficient to create adequate positive pressure in the stairwell area.

Using a larger number of units to ensure effective ventilation should be considered in particular for buildings with large volumes (e.g. warehouse halls) and a proportionally larger ventilation opening. In such cases, the tactic of placing the fans in two lines, parallel to the inlet opening surface, can be used as such equipment becomes available. A schematic of such a solution is shown in Figure 15.

Rozpatrując aspekty związane z realizacją działań wentylacji taktycznej w wielokubaturowych obiektach budowlanych, jeśli istnieje taka możliwość, należy rozważyć zastosowanie większej liczby jednostek wentylatorowych. Kerber i in. [14] wykazali, że dla obiektów wielokondygnacyjnych zastosowanie jednego wentylatora może nie wystarczyć do wytworzenia odpowiedniego nadciśnienia w obszarze klatki schodowej.

Zastosowanie większej liczby jednostek w celu zapewnienia skuteczności prowadzonej wentylacji należy w szczególności rozważyć w odniesieniu do obiektów charakteryzujących się dużą objętością (np. hale magazynowe) oraz proporcjonalnie większym otworem napowietrzającym. W takich przypadkach, w miarę dostępności tego typu urządzeń, można zastosować taktykę ustawienia wentylatorów w dwóch liniach, równoległych do powierzchni otworu wlotowego. Schemat takiego rozwiązania został przedstawiony na rycinie 15.

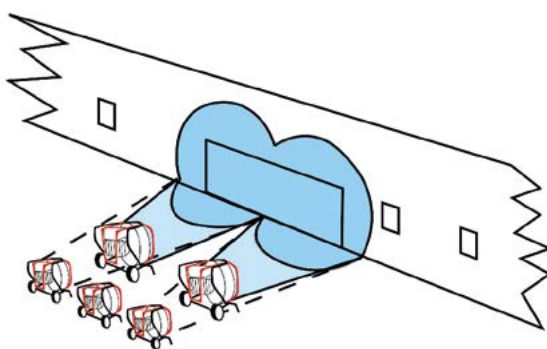


Figure 15. Zastosowanie mobilnych wentylatorów w konfiguracji dwuliniowej
Rycina 15. Use of mobile fans in a two-line configuration

Source: Own elaboration based on [7].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

When approaching the problem of smoke removal from large-volume facilities, the results of a study by Lambert et al. [15] should also be cited. They evaluated the feasibility of using mobile fans in subway stations. During the study, an assessment of the flow rate was performed at the station facility measuring 3.17 m wide and 4.15 m high. In their study, the team demonstrated that the use of four positive pressure fans would allow the critical flow

Przybliżając problematykę oddymiania obiektów wielokubaturowych, należy również przytoczyć rezultaty badań wykonanych przez Lamberta i in. [15]. Dokonali oni oceny możliwości stosowania mobilnych wentylatorów na stacjach metra. W trakcie badań wykonano ocenę wielkości przepływu na terenie obiektu stacji o wymiarach 3,17 m szerokości i 4,15 m wysokości. W swoich badaniach zespół wykazał, że wykorzystanie czterech wentylatorów

velocity in a subway tunnel to exceed that required for effective smoke removal. The authors emphasized that the best configuration of the fan use was achieved by placing three units on the platform and one at the top of the stairs.

Gas exchange path

Another element that allows to maintain the proper efficiency of mechanical ventilation is to ensure the proper path (route) of movement of products of combustion between the inlet and the outlet. When preparing this fire gas path, care should be taken to ensure that the area indicated is, as far as possible, free of obstructions that could adversely affect the flow phenomena generated by the fan during the removal of the combustion products. In addition, when preparing such a track, adjacent rooms must be isolated so that the pumped airflow can create the greatest possible static pressure inside a facility. At this point, it is also worth mentioning that in the process of pumping air into the volume of the facility, in any case, flow losses will be inevitable. This will in particular apply to buildings where there are leaks in the building structure (e.g. in the area of window openings) located in the path of the gas exchange path. In the actual operations, preparing the path of travel for fire gases may involve the use of ad hoc opening covers, e.g. furniture, countertops, whiteboards, etc., to increase the effectiveness and sometimes even allow positive pressure ventilation to begin (see Figure 16). Improper preparation of the object for the use of a fan usually results in the impossibility of obtaining overpressure in the object or – in case of conducting smoke removal by partitions – in the smoke extraction part of the object.



nadciśnieniowych pozwoli przekroczyć wartość prędkości przepływu krytycznego w tunelu metra, warunkującą skuteczne oddymianie. Autorzy podkreślili, że najlepsza konfiguracja zastosowania wentylatorów została osiągnięta poprzez umiejscowienie trzech jednostek na peronie i jednej na szczycie schodów.

Tor wymiany gazowej

Kolejnym elementem składowym, umożliwiającym zachowanie właściwej efektywności stosowanej wentylacji mechanicznej, jest zapewnienie odpowiedniego toru (drogi) przemieszczania produktów spalania pomiędzy otworem wlotowym i wylotowym. Podczas przygotowania wspomnianej drogi przemieszczania gazów pożarowych należy dołożyć starań, aby wskazany obszar był – w miarę możliwości – wolny od przeszkód mogących negatywnie wpływać na generowane przez wentylator zjawiska przepływowe w trakcie procesu usuwania produktów spalania. Ponadto, podczas przygotowania takiego toru należy odizolować sąsiadujące pomieszczenia, tak aby tłoczona struga powietrza mogła wytworzyć jak największe ciśnienie statyczne wewnątrz obiektu. W tym miejscu warto również wspomnieć, że w procesie tłoczenia powietrza do kubatury obiektu w każdym przypadku straty przepływu będą nieuniknione. W szczególności dotyczyć to będzie obiektów, gdzie obecne są nieszczelności w konstrukcji budynku (np. w obszarze otworów okiennych) zlokalizowanych na drodze toru wymiany gazowej. W przypadku rzeczywistych działań przygotowanie drogi przemieszczania się gazów pożarowych polegać może na wykorzystaniu doraźnych osłon otworów, np. mebli, blatów, tablic itp., w celu zwiększenia skuteczności, a czasami wręcz umożliwienia rozpoczęcia prowadzenia wentylacji nadciśnieniowej (zob. ryc. 16). Niewłaściwe przygotowanie obiektu do wykorzystania wentylatora skutkuje przeważnie brakiem możliwości uzyskania nadciśnienia w obiekcie lub – w przypadku prowadzenia oddymiania strefami – w oddymianej części obiektu.



Figure 16. Use of a school board to achieve an overpressure effect in a part of a building during zonal smoke extraction
Rycina 16. Wykorzystanie tablicy szkolnej do uzyskania efektu nadciśnienia w części obiektu w trakcie oddymiania strefowego

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Weather conditions

With regard to the last group of factors considered in the context of their influence on the efficiency of smoke removal, i.e. weather conditions, wind is mentioned as the most important one. Other factors, such as sub-freezing temperatures or increased humidity, may reduce the ability of smoke to rise, but will not usually significantly affect the effectiveness of smoke control. The occurrence of wind during the process of pumping the air stream constitutes an additional air flow, which – depending on its direction – may favour or hinder the ventilation process. Therefore, if the conditions during an event allow it, mobile fans should be located in such a way that the direction of the air stream generated by the fan is consistent with the direction of the wind. Unfortunately, this will not always be possible. Therefore, in this area of operations it is necessary to calculate the risk of unfavourable conditions, e.g. in the situation of direct wind blowing on the surface of the outlet. In this case, it may be more effective to use negative pressure ventilation instead of positive pressure ventilation.

In order to lower the temperature and reduce the intensity of heat transfer inside the stairwells, devices to reduce the effect of wind on the fire environment are recommended. According to the recommendations presented in the study on smoke ventilation techniques [9], it has been shown that wind pressure (acting at a speed of 25 km/h) will significantly reduce the effectiveness of ventilation. However, in light of the information presented in the article [8], positive pressure ventilation may be effectively carried out against the wind provided that its speed does not exceed 40 km/h. The study also notes that at lower wind speeds, ventilation efficiency will decrease if the wind acts directly on the surface of the smoke opening.

At the University of Greenwich, the effect of wind on the efficiency of smoke extraction using mobile fans was determined from CFD studies and simulations [16]. In the referenced study, the authors showed that there is a critical wind speed (corresponding to the average discharge velocity generated by a mobile fan in a smoke-filled volume) at which airflow is attenuated. On the other hand, when considering the issue of differences in the sensitivity of buildings to wind impact depending on their construction and location, it should be taken into account that it will be greatest for free-standing buildings located in open spaces. The impact of the considered factor is also significant in relation to multi-storey buildings – the higher the storey, the greater the impact. In 2017 P. Panindre et al. [11] evaluated the application of PPV in fires of high-rise buildings including the effect of wind. It was shown in this study that for fires where wind action is present, the effectiveness of PPV decreases as wind speed increases.

Analysing the problem of wind influence on the efficiency of the rescue operations with the use of mobile fans, one should be aware that this type of factor is not always possible to eliminate. However, this effect should be limited, e.g. by reducing the smoke extraction opening in order to increase the overpressure inside a building (generated by the air flow of the fan). This overpressure value can also be increased by using a portable curtain screen equipped with 4 ropes for optimal adjustment at the

Warunki atmosferyczne

W odniesieniu do ostatniej grupy czynników rozpatrywanych w kontekście ich wpływu na skuteczność oddymiania, tj. warunków atmosferycznych, jako najistotniejszy z nich wymienia się wiatr. Inne czynniki, takie jak ujemne wartości temperatury lub zwiększona wilgotność, mogą ograniczać zdolność dymu do unoszenia, niemniej zazwyczaj nie będą znacznie wpływały na skuteczność oddymiania. Wystąpienie wiatru podczas procesu tłoczenia strugi powietrza stanowi dodatkowy strumień powietrza, który – w zależności od jego kierunku – może sprzyjać procesowi wentylacji lub go utrudniać. Stąd, jeśli tylko warunki występujące podczas zdarzenia to umożliwiają, należy dążyć do takiego ułożenia wentylatorów mobilnych, aby kierunek strumienia powietrza generowany przez wentylator był zgodny z kierunkiem wiatru. Niestety, nie zawsze będzie to możliwe. W związku z tym, w przedmiotowym obszarze działań konieczne jest w kalkulowanie ryzyka wystąpienia warunków niesprzyjających, np. w sytuacji bezpośredniego nawiewu wiatru na powierzchnię otworu wylotowego. W takim przypadku, w miejsce wentylacji nadciśnieniowej bardziej efektywne może okazać się zastosowanie wentylacji podciśnieniowej.

W celu obniżenia temperatury i zmniejszenia intensywności wymiany ciepła wewnątrz klatek schodowych rekomendowane jest zastosowanie urządzeń mających na celu obniżenie wpływu wiatru na środowisko pożarowe. W myśl rekomendacji przedstawionych w opracowaniu dotyczącym technik oddymiania [9] wykazano, że napór wiatru (oddziałującego z prędkością 25 km/h) spowoduje znaczne zmniejszenie skuteczności realizowanej wentylacji. Natomiast w świetle informacji przedstawionej w artykule [8] wentylacja nadciśnieniowa może być skutecznie prowadzona pod wiatr pod warunkiem, że jego prędkość nie przekracza 40 km/h. W opracowaniu zaznaczono również, że przy niższych prędkościach wiatru efektywność wentylacji zmaleje, jeśli wiatr będzie oddziaływał bezpośrednio na powierzchnię otworu oddymiającego.

Na uniwersytecie Greenwich, na podstawie badań i symulacji CFD, określono wpływ wiatru na skuteczność oddymiania z wykorzystaniem mobilnych wentylatorów [16]. W przywołanym opracowaniu autorzy wykazali, że istnieje krytyczna prędkość wiatru (odpowiadająca średniej prędkości nawiewu generowanej przez mobilny wentylator w oddymianej kubaturze), przy której przepływ powietrza jest tłumiony. Z kolei, rozpatrując kwestię różnic w zakresie wrażliwości obiektów budowlanych na oddziaływanie wiatru w zależności od ich konstrukcji i usytuowania, należy brać pod uwagę, że będzie ona największa w przypadku obiektów wolnostojących, zlokalizowanych na otwartej przestrzeni. Wpływ rozpatrywanego czynnika jest również istotny w odniesieniu do budynków wielokondygnacyjnych – tym większy im wyższa kondygnacja. W 2017 r. P. Panindre i in. [11] dokonali oceny zastosowania PPV w pożarach wieżowców z uwzględnieniem wpływu wiatru. W badaniach wykazano, że w przypadku pożarów, gdzie obecne jest oddziaływanie wiatru, skuteczność PPV zmniejsza się wraz ze wzrostem prędkości wiatru.

Analizując problematykę wpływu wiatru na efektywność działań ratowniczych z wykorzystaniem wentylatorów mobilnych, należy mieć świadomość, że tego typu czynnik nie zawsze jest

door opening (see Figure 17). This tool is manufactured using non-flammable materials, so it can be used even on the surface of a window, whose glass has degraded as a result of thermal exposure. Research confirming the effectiveness of the indicated solution was conducted in the United States by the National Institute of Standards and Technology (NIST).

możliwy do wyeliminowania. Należy jednak ten wpływ ograniczać, np. przez pomniejszenie otworu odprowadzającego dym, w celu zwiększenia wartości nadciśnienia wewnątrz budynku (generowanego przez oddziaływanie strugi powietrza wentylatora). Wspomnianą wartość nadciśnienia można również zwiększać z wykorzystaniem przenośnej kurtyny osłaniającej, wyposażonej w 4 liny umożliwiające optymalne jej dopasowanie na powierzchni otworu drzwiowego (zob. ryc. 17). Wskazane narzędzie zostało wyprodukowane z wykorzystaniem materiałów niepalnych, dzięki czemu może być stosowane nawet na powierzchni okna, którego szyba uległa degradacji w wyniku oddziaływania termicznego. Badania potwierdzające skuteczność wskazanego rozwiązania zostały przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych przez National Institute of Standards and Technology (NIST).



Figure 17. Use of wind protection curtains

Rycina 17. Zastosowanie kurtyny zabezpieczającej przed oddziaływaniem wiatru

Source: [17].

Źródło: [17].

Conclusion

Every fire is a challenge for the emergency services. Fires in high-rise buildings and buildings with a complex layout of rooms and escape routes, or multi-storey underground garages, pose particular problems associated with locating the source of the fire, finding the location of the injured people and conducting an efficient evacuation. The effectiveness of actions depends on many factors, including: the use of the object, its construction, used fire-fighting equipment, including detection and fire alarm. Fortunately, in most cases (more than 90% of fires recorded in the records of the National Fire Service), these factors allow to undertake effective rescue and firefighting action, so the size of these fires does not exceed the contractual limits of a small fire. There is no doubt that high level of training of the rescuers as well as quality and ability of proper use of the rescue equipment, which is in their disposal, also influences the achieving of such effects. In this context, not without significance is the fact of equipping rescue and firefighting units with equipment, which has properly verified technical parameters in the process of research. Knowledge of the functionality of the equipment and knowledge of proper techniques for its use ensures the achievement of the assumed objectives of the rescue operations. As attempted to demonstrate, in certain cases mobile fans used by fire protection units are a useful rescue tool, suitable for use in a wide range of

Wnioski

Każdy pożar jest wyzwaniem dla służb ratowniczych. Pożary obiektów wysokich i wysokościowych oraz o skomplikowanym układzie pomieszczeń i dróg ewakuacyjnych, czy też wielokondygnacyjnych garaży podziemnych, stwarzają szczególne problemy związane z lokalizacją źródła pożaru, odnalezieniem miejsca pobytu osób poszkodowanych oraz przeprowadzeniem sprawnej ewakuacji. Skuteczność działań zależy od wielu czynników, m.in.: od sposobu użytkowania obiektu, jego konstrukcji, zastosowanych urządzeń przeciwpożarowych, w tym wykrywania oraz alarmowania o pożarze. Na szczęście w większości przypadków (ponad 90% pożarów odnotowywanych w ewidencji Państwowej Straży Pożarnej) wspomniane czynniki pozwalają na podjęcie skutecznej akcji ratowniczo-gaśniczej, dzięki czemu rozmiary tych pożarów nie przekraczają umownych granic pożaru małego. Nie ulega wątpliwości, że na osiągnięcie takich efektów wpływa też wysoki poziom wyszkolenia ratowników oraz jakość i umiejętność właściwego wykorzystania sprzętu ratowniczego, będącego w ich dyspozycji. W tym kontekście nie bez znaczenia pozostaje fakt wyposażania jednostek ratowniczo-gaśniczych w sprzęt, który posiada odpowiednio zweryfikowane w procesie badań parametry techniczne. Wiedza o funkcjonalnościach sprzętu oraz znajomość właściwych technik posługiwania się nim gwarantuje osiągnięcie założonych celów podejmowanych czynności ratowniczych. Jak starano się

operations. Its skilful use during rescue operations – both in the phase of attack on the fire and after extinguishing, in the phase of smoke removal from the object – makes it possible to:

- significantly reduce the temperature and smoke in a fire compartment and adjacent compartments;
- improve visibility resulting in the reduction of the time needed to search the object, locate the injured and their evacuation and locate the source of fire and smoke, thus minimizing the time needed to extinguish the fire;
- reduce the total temperature of the site;
- increase safety of the rescuers and the victims;
- reduce the risk of flare-ups;
- implement the ventilation process – both in horizontal and vertical arrangement – in an object of virtually any size;
- reduce the concentration of toxic and life-threatening gases;
- in certain situations, even work without respiratory protection equipment.

The current state of art presented in this paper and its conclusions will be an essential point of reference in the implementation of further research work, allowing to explore techniques to increase the efficiency of mobile positive pressure fans. In the next stage, field tests (large scale) will be carried out to evaluate the effectiveness of the fan units on a test stand in the form of a staircase, allowing to change its actual volume and number of floors (in the range of 1–7). The fan units currently available on the market (with different impeller sizes, efficiencies, generating different jet shapes) will be comprehensively examined for effectiveness of their use, including different configurations and ventilation techniques characterized in this paper. The knowledge acquired in this way will allow the development of further concepts of methodologies and test stands, enabling the study of the parameters characterizing the efficiency and reliability of mobile fans. The authors hope that the results of the work mentioned above will also allow to propose better tactical solutions, whose improvement will be possible during training courses on techniques for fighting internal fires or smoke removal of objects in which mechanical ventilation is necessary for the implementation of the rescue operations – of course, with the use of test stands produced within their framework.

The research presented in the article was carried out as part of the Ministry of Education and Science programme "Implementation Doctorate" executed in 2020–2024 (agreement no. DWD/4/22/2022).

wykazać, mobilne wentylatory stosowane przez jednostki ochrony przeciwpożarowej, w określonych przypadkach stanowią użyteczne narzędzie ratownicze, nadające się do wykorzystania w szerokim spectrum działań. Jego umiejętne wykorzystanie podczas działań ratowniczych – zarówno w fazie natarcia na pożar, jak i po zakończeniu gaszenia, w fazie oddymiania obiektu – umożliwia:

- znaczące obniżenie temperatury i redukcję zadymienia w pomieszczeniach objętych pożarem i pomieszczeniach sąsiednich;
- polepszenie widoczności skutkujące zmniejszeniem czasu potrzebnego na przeszukanie obiektu, lokalizację uszkodzonych i ich ewakuację oraz lokalizację źródła pożaru i zadymienia, a przez to minimalizację czasu potrzebnego do ugaszenia pożaru;
- zmniejszenie całkowitej wartości temperatury panującej na terenie obiektu;
- zwiększenie bezpieczeństwa ratowników i uszkodzonych;
- zmniejszenie ryzyka wystąpienia rozgorzenia;
- realizację procesu wentylacji – zarówno w układzie poziomym, jak i pionowym – w obiekcie o praktycznie dowolnych rozmiarach;
- redukcję stężenia gazów toksycznych i niebezpiecznych dla życia i zdrowia;
- w określonych sytuacjach nawet pracę bez konieczności stosowania sprzętu ochrony dróg oddechowych.

Zaprezentowany w artykule aktualny stan wiedzy w omawianym zakresie i wypływające z niego wnioski stanowią będą zasadniczy punkt odniesienia w realizacji dalszych prac badawczych, pozwalających zgłębić techniki zwiększające efektywność działania mobilnych wentylatorów nadciśnieniowych. W kolejnym etapie przeprowadzone zostaną testy poligonowe (w dużej skali), pozwalające ocenić skuteczność jednostek wentylatorowych na stanowisku badawczym w postaci klatki schodowej, umożliwiającej zmianę jej rzeczywistej kubatury oraz ilości kondygnacji (w zakresie 1–7). Dostępne obecnie na rynku jednostki wentylatorowe (o różnej wielkości wirnika, wydajności, generujące zróżnicowane kształty strugi) zostaną wszechstronnie zbadane pod kątem efektywności ich stosowania, m.in. przy uwzględnieniu różnych konfiguracji oraz technik wentylacji, scharakteryzowanych w niniejszym opracowaniu. Pozyskana w ten sposób wiedza pozwoli na wypracowanie dalszych koncepcji metodyk i stanowisk badawczych, umożliwiających zbadanie parametrów charakteryzujących skuteczność i niezawodność działania mobilnych wentylatorów. Autorzy mają nadzieję, że wyniki wspomnianych prac pozwolą także na zaproponowanie lepszych rozwiązań taktycznych, których doskonalenie będzie możliwe na szkoleniach dotyczących technik zwalczania pożarów wewnętrznych lub oddymiania obiektów, w których wentylacja mechaniczna jest niezbędna do realizacji działań ratowniczych – oczywiście z wykorzystaniem wytworzonych w ich ramach stanowisk badawczych.

Badania przedstawione w artykule zostały przeprowadzone w ramach programu „Doktorat Wdrożeniowy” Ministerstwa Edukacji i Nauki realizowanego w latach 2020–2024 (umowa nr DWD/4/22/2020)

Literature / Literatura

- [1] Grimwood P., *Euro firefighter. Global Firefighting Strategy and Tactics, Command and Control and Firefighter Safety*, Jeremy Mills Publishing 2008.
- [2] Kokot-Góra Sz., Materiały dydaktyczne przeznaczone do realizacji „Szkolenia z zakresu gaszenia pożarów wewnętrznych”, 2020.
- [3] Ziesler P. S., Gunnerson F. S., Williams S. K., *Advances in positive pressure ventilation: Live fire tests and laboratory simulation*, “Fire Technology” 1994, 30(2), 269–277, <https://doi.org/10.1007/BF01040006>.
- [4] Svensson S., *Experimental study of fire ventilation during fire fighting operations*, “Fire Technology” 2021, 37(1), 69–85, <https://doi.org/10.1023/A:1011653603104>.
- [5] Bugaj G., *Wentylacja nadciśnieniowa (cz. 1)*, „Przegląd Pożarniczy” 2013, 12, 27–31, <https://www.ppoz.pl/images/dokumenty/pp/pppw/122013pw.pdf>.
- [6] Łapicz M., Makowski R., Jędrzejak J., *Increased effectiveness of firefighting during internal fires with the use of positive pressure attack*, MATEC Web of Conferences, vol. 247:00036, 2018, DOI:10.1051/mateconf/201824700036.
- [7] Garcia K., Kauffmann R., Schelble R., *Positive pressure attack for ventilation & firefighting*, PennWell Books 2006.
- [8] Bugaj G., *Wentylacja nadciśnieniowa (cz. 2)*, „Przegląd Pożarniczy”, <https://www.ppoz.pl/czytelnia/warsztat-ratownika/Wentylacja-nadcisnieniowa-cz.2/idn:927>.
- [9] Cimolino U., Emrich C., Svensson S., *Taktische Ventilation: Be- und Entlüftungssysteme im Einsatz*, Ecomed-Storck GmbH 2012.
- [10] ANSI/AMCA Standard 240-15 Laboratory Methods of Testing Positive Pressure Ventilators for Aerodynamic Performance Rating.
- [11] Panindre P., Mousavi N. S., Kumar S., *Positive pressure ventilation for fighting wind-driven high-rise fires: simulation-based analysis and optimization*, “Fire Safety Journal” 2017, 87, 57–64, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2016.11.005>.
- [12] Kerber S., Walton W.D., *Effect of positive pressure ventilation on a room fire. Gaithersburg, US Department of Commerce*, National Institute of Standards and Technology 2005, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-C-13-c343e6873147b69465bad279479bb4de/pdf/GOVPUB-C13-c343e6873147b69465bad279479bb4de.pdf>.
- [13] Lambert K., Merci B., *Experimental study on the use of positive pressure ventilation for fire service interventions in buildings with staircases*, “Fire Technology” 2014, 50(6), 1517–1534, <https://doi.org/10.1007/s10694-013-0359-0>.
- [14] Kerber S., Madrzykowski D., *Evaluating Positive Pressure Ventilation In Large Structures: School Pressure and Fire Experiments*, National Institute of Standards and Technology, Building and Fire Research Laboratory 2008.
- [15] Lambert K., Welch S., Merci B., *The use of positive pressure ventilation fans during firefighting operations in underground stations: an experimental study*, “Fire Technology” 2018, 54(3), 625–647, <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0700-8>.
- [16] Mahalingam A., Patel M. K., Galea E. R., *Simulation of the flow induced by positive pressure ventilation fan under wind driven conditions*, Proceedings of Interflam 2010, 1, 913–924.
- [17] <https://fire.engineering.nyu.edu/home/windDrivenFires-3a.html> [dostęp: 12.03.2022].
- [18] Kerber S., Kerber S., Madrzykowski D., *Evaluating positive pressure ventilation in large structures: High-rise fire experiments*, US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology 2007.
- [19] Li M., Gao Z., Ji J., Li K., *Modeling of positive pressure ventilation to prevent smoke spreading in sprinklered high-rise buildings*, “Fire Safety Journal” 2018, 95, 87–100, <https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2017.11.004>.
- [20] Loughheed G.D., McBride P.J., Carpenter D.W., *Positive pressure ventilation for high-rise buildings*, National Research Council Canada, Institute for Research in Construction 2002, <https://doi.org/10.4224/20378500>.
- [21] Panindre P., Mousavi N.S., Kumar S., *Improvement of Positive Pressure Ventilation by optimizing stairwell door opening area*, „Fire Safety Journal” 2017, 92, 195–198, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.06.007>.
- [22] Kokot-Góra S., *Poznaj swoje narzędzia pracy (cz. 1)*, „Przegląd Pożarniczy” 2014, 8, 16.
- [23] Panindre P., Mousavi N. S., Kumar S., *Improvement of Positive Pressure Ventilation by optimizing stairwell door opening area*, “Fire Safety Journal” 2017, 92, 195–198, <https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2017.06.007>.

PIOTR KACZMARZYK, M.SC. ENG. – a graduate of the Fire Safety Engineering Department at the Main School of Fire Service. Graduate of postgraduate studies in Building Smoke Detection Systems – Fire Ventilation; Faculty of Construction Installations, Hydrotechnics and Environmental Engineering. Student of the Doctoral School at the Poznan University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering. Since 2015 he has been working in Laboratory of Combustion Processes and Explosions in Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute. The author’s professional activity is related to such issues as: reaction to fire of

MGR INŻ. PIOTR KACZMARZYK – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Absolwent studiów podyplomowych Systemy Oddymiania Budynków – Wentylacja Pożarowa; Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska. Słuchacz Szkoły Doktorskiej Politechniki Poznańskiej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej. Od 2015 roku pracuje w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym. Działalność zawodowa autora jest związana z takimi zagadnieniami jak: reakcja na ogień mate-

construction materials, tactical ventilation, fire and explosion protection systems of buildings, performance evaluation of ventilation systems and devices using CFD tools. He is the author of many publications, technical standards and studies related to fire safety in buildings. A member of the Technical Subcommittee PT 1 for Smoke and Heat Control KT 180 for Fire Safety of Buildings. FPC auditor.

SENIOR BRIG. PAWEŁ JANIK, PH.D. ENG. – he completed his master's studies at the Main School of Fire Service in Warsaw and doctoral studies at the Poznań University of Economics (now Poznań University of Economics), as well as post-graduate studies in IT at the Lodz University of Technology and crisis management at the Central School of the Fire Service. Since 2018, he has been the director of CNBOP-PIB. Specialty: safety science.

JUNIOR BRIG. WOJCIECH KLAPSA, M.SC. ENG. – a graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw and the Military University of Technology in Warsaw, Faculty of Chemistry. Currently, he serves at Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in the Laboratory of Combustion Processes and Explosions as a manager. Author or co-author of articles on fire safety and flammable properties of building materials. At CNBOP-PIB, he deals with the subject of technical expertise of buildings, court opinions in the field of determining the causes of fires and research in the field of reaction to fire of construction products, as well as determining the explosive parameters of flammable substances. A speaker at national and international conferences, as well as a lecturer during exercises, workshops and training during training courses and other course.

SENIOR BRIG. GRZEGORZ BUGAJ, M.SC. ENG. – a graduate of the Main School of Fire Service, Master Engineer of Firefighting. Completed: postgraduate studies in Safety and Protection of Workers in the Work Environment – (Central Institute for Labour Protection in Warsaw), postgraduate studies in Emergency Medicine (Poznań Medical Academ), postgraduate studies in Nuclear Power Safety (Main School of Fire Service), postgraduate studies in CBRN Security Manager (Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Lodz). For many years commander of the Specialised Group for Chemical and Ecological Rescue and member of the „CBRNDet Module” of the European Civil Protection Mechanism. Former Deputy Vice-Rector for Operations at the Main School of Fire Service.

riałów budowlanych, wentylacja taktyczna, systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych i przeciwybuchowych obiektów budowlanych, ocena skuteczności działania systemów i urządzeń wentylacyjnych z wykorzystaniem narzędzi CFD. Jest autorem wielu publikacji, standardów technicznych oraz opracowań związanych z bezpieczeństwem pożarowym budynków. Członek Podkomitetu Technicznego nr 1 ds. systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła, przy Komitecie Technicznym KT nr 180 ds. Bezpieczeństwa Pożarowego Budynków. Auditor ZKP.

ST. BRYG. DR INŻ. PAWEŁ JANIK – ukończył studia magisterskie w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz studia doktoranckie w Akademii Ekonomicznej w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu), a także studia podyplomowe z zakresu informatyki na Politechnice Łódzkiej oraz zarządzania kryzysowego w SGSP. Od 2018 r. jest dyrektorem CNBOP-PIB. Specjalność: nauki o bezpieczeństwie.

ML. BRYG. MGR INŻ. WOJCIECH KLAPSA – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie i Wydziału Chemii na Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Obecnie pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości na stanowisku Kierownika. Autor lub współautor artykułów o tematyce bezpieczeństwa pożarowego oraz właściwości palnych materiałów budowlanych. W CNBOP-PIB zajmuje się tematyką ekspertyz technicznych budynków, opinii sądowych w zakresie ustalania przyczyn pożarów oraz badaniami w zakresie reakcji na ogień wyrobów budowlanych, jak również wyznaczaniem parametrów wybuchowych substancji palnych. Prelegent na konferencjach krajowych i zagranicznych, a także wykładowca podczas ćwiczeń oraz warsztatów i treningów na szkoleniach i kursach.

ST. BRYG. MGR INŻ. GRZEGORZ BUGAJ – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, magister inżynier pożarnictwa. Ukończył: studia podyplomowe bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy (Centralny Instytut Ochrony Pracy w Warszawie), studia podyplomowe medycyna ratunkowa (Akademia Medyczna w Poznaniu), studia podyplomowe bezpieczeństwo energetyki jądrowej (Szkoła Główna Służby Pożarniczej), studia podyplomowe CBRN security manager (Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki). Wieloletni dowódca Specjalistycznej Grupy Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego oraz członek „Modułu CBRNDet” w ramach europejskiego mechanizmu ochrony ludności. Były Prorektor-Zastępca Komendanta ds. Operacyjnych Szkoły Głównej Służby Pożarniczej.

12-14 July 2022

Krakow, Poland



ETCC 2022
EUROPEAN TECHNICAL COATINGS CONGRESS

Coatings
Inspirations

Since 1950

www.etcc2022.org

ETCC2022 European Technical Coatings Congress 12-14 lipca 2022 w Krakowie

Prezentacje dotyczą najnowszych osiągnięć naukowych i technicznych w tematyce:
**Farby. Lakiery. Surowce. Kleje. Materiały Budowlane. Materiały związane.
Technologie i Innowacje.**

Ten prestiżowy kongres organizowany jest od 70 lat, teraz po raz pierwszy w Polsce.

**TERMIN ZGŁASZANIA ABSTRAKTÓW:
30 STYCZEŃ 2022**

Tu są Innowacje!

Wymierne Korzyści:

- **Sześć równoległych Sesji z referatami.
Prezentacje Posterów.**

Program Kongresu ETCC2022 w:

www.etcc2022.org/en/congress/congress-program

- **Sesje Plenarne.**

Keynote speakers, prezentowani na stronie:

www.etcc2022.org/en/congress/speakers

- **Wystawa. Prezentacje osiągnięć naukowych,
technicznych, produktów, urządzeń, usług.**

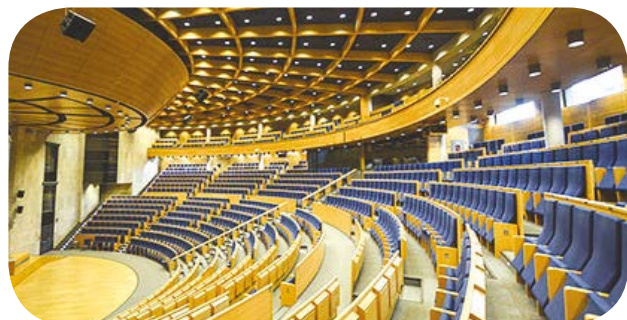
Rejestracja przez:

www.etcc2022.org/en/congress/exhibition

- **Sesja „Summer School”**

Program w:

www.etcc2022.org/en/congress/summer-school



UDZIAŁ W KONGRESIE

Zarejestruj się poprzez:

www.etcc2022.org/en/registration

PUBLIKACJE wystąpień w czasopismach fachowych,
szczegóły w:

www.etcc2022.org/en/congress/publication-in-journals

Nagrody po 1000 Euro

przyznawane w kategoriach:

- Najlepszy referat
- Najlepszy referat młodego naukowca (wiek do 35 lat)
- Najlepszy referat o tematyce ekologicznej
- Inne nagrody i wyróżnienia

Bliższe szczegóły na stronie kongresu: www.etcc2022.org

W przypadku pytań proszę o kontakt, e-mail:

- etcc2022@sitpchem.org.pl
- koziel.jozef@gmail.com

Jesteśmy w mediach
społecznościowych:



Natalia Schmidt-Polończyk^{a)*}

^{a)} AGH University of Science and Technology / Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

* Corresponding author / Autor korespondencyjny: nschmidt@agh.edu.pl

Analysis of Important Factors Having an Impact on Safety in Road Tunnels – Research Findings

Analiza istotnych czynników wpływających na bezpieczeństwo w tunelach drogowych – wyniki badań

ABSTRACT

Aim: This article presents relevant safety issues in road tunnels based on the results of a survey and evacuation experiments conducted on real scale in two existing road tunnels in Poland.

Project and methods: An analysis of the relevant factors influencing the level of safety in road tunnels was carried out based on the results of experimental studies in two road tunnels in which the course of evacuation under fire conditions was observed. As part of the study, several evacuation trials were carried out at equal smoke levels, examining a different parameter each time: pre-movement time, speed of movement, the effect of smoke on the speed of movement, the effect of tunnel infrastructure on evacuation, among others. A survey carried out among 504 respondents, in turn, attempted to assess the awareness of hazards and safety procedures in road tunnels. The survey has four parts and questions covered the following issues: knowledge of tunnel infrastructure, behaviour in case of congestion, choice of evacuation route, behaviour during the evacuation, personal belongings during the evacuation, self-assessment of tunnel safety knowledge and the role of experience. An analysis was also carried out of the information available in Poland on safety guidelines for road tunnels, which can help tunnel users to improve their knowledge on tunnel safety.

Results: The survey results indicate an insufficient level of knowledge regarding safety in road tunnels – only 16% of respondents answered more than 50% of the questions correctly. Ignorance of road tunnel infrastructure itself and the safety rules for the tunnel was also diagnosed. An analysis of the information available to the road users demonstrates that this information is difficult to access and that there is a lack of uniform guidelines to educate the public on the topic raised in the article. A significant impact of evacuation exercises carried out on an accurate scale was emphasised, providing valuable data on the evacuation process and increasing the level of safety in the engineering facilities analysed by raising the awareness of the participants in the experiment.

Conclusions: The research findings presented in this article allow for better understanding of the behaviour of the participants of accidents and fires in road tunnels. In addition, the need to raise the awareness of the road users on the dangerous situations that may occur in a tunnel and the appropriate response to them has been demonstrated.

Keywords: safety, fire, smoke, evacuation, road tunnel

Type of article: original science article

Received: 23.01.2022; Reviewed: 17.02.2022; Accepted: 17.02.2022;

Author's ORCID ID: N. Schmidt-Polończyk – 0000-0003-0674-9680;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 84–94, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.4>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: W niniejszym artykule poruszono istotne kwestie dotyczące bezpieczeństwa w tunelach drogowych w oparciu o wyniki badania ankietowego oraz eksperymentów ewakuacji przeprowadzonych w skali rzeczywistej w dwóch zlokalizowanych w Polsce tunelach drogowych.

Metodologia: Analizę istotnych czynników wpływających na poziom bezpieczeństwa w tunelach drogowych przeprowadzono w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych w dwóch tunelach drogowych, w których obserwowano przebieg ewakuacji w warunkach pożaru. W ramach badania przeprowadzono kilka prób ewakuacji przy równym poziomie zadymienia, badając za każdym razem inny parametr, m.in. czas zwłoki, prędkość poruszania się, wpływ zadymienia na prędkość poruszania się, wpływ infrastruktury tunelu na przebieg ewakuacji. Z kolei w badaniu ankietowym, przeprowadzonym wśród 504 respondentów, podjęto próbę oceny świadomości zagrożeń i procedur bezpieczeństwa w tunelach drogowych. Ankieta składała się z czterech części, a pytania obejmowały zagadnienia: znajomość infrastruktury tunelu, zachowania w przypadku zatoru, wyboru drogi ewakuacji, zachowania podczas

ewakuacji, rzeczy osobistych podczas ewakuacji, samooceny wiedzy o bezpieczeństwie w tunelu oraz rolę doświadczenia. Przeprowadzono również analizę dostępnych w Polsce informacji o zasadach bezpieczeństwa w tunelu drogowym, dzięki którym jego użytkownik może podnieść swoją wiedzę.

Wyniki: Wyniki przeprowadzonych badań ankietowych wskazują na niewystarczający poziom wiedzy w zakresie bezpieczeństwa w tunelach drogowych – jedynie 16% respondentów odpowiedziało poprawnie na więcej niż 50% pytań. Zdiagnozowano również nieznaną samą infrastrukturę tunelu drogowego oraz zasad bezpieczeństwa obowiązujących w tunelu. Z analizy informacji dostępnych dla uczestników ruchu drogowego wynika, że informacje te są trudno dostępne i brakuje jednolitych wytycznych edukujących społeczeństwo w poruszonym w artykule temacie. Podkreślono znaczący wpływ ćwiczeń ewakuacyjnych przeprowadzanych w skali rzeczywistej, nie tylko dostarczający cennych danych o procesie ewakuacji, ale również zwiększający – poprzez podnoszenie świadomości uczestników eksperymentu – poziom bezpieczeństwa w analizowanych obiektach inżynierskich.

Wnioski: Wyniki przedstawionych badań pozwalają na lepsze zrozumienie zachowań uczestników wypadków i pożarów w tunelach drogowych. Ponadto wykazały one potrzebę podnoszenia świadomości uczestników ruchu drogowego w zakresie niebezpiecznych sytuacji, które mogą się wydarzyć w tunelu oraz odpowiedniej reakcji na nie.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, pożar, ewakuacja, tunel drogowy, zadymienie

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 23.01.2022; **Zrecenzowany:** 17.02.2022; **Zaakceptowany:** 17.02.2022;

Identyfikator ORCID autora: N. Schmidt-Polończyk – 0000-0003-0674-9680;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 84–94, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.4>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

Road tunnels are more and more often an essential part of road infrastructure, so the safety aspect of these structures has become a frequent subject of research by scientists. Although from a statistical point of view, the accident rate in tunnels is lower than for open roads, it is worth noting that due to the geometrical characteristics of road tunnels the effects of hazardous situations may be on a different scale compared to open road spaces [1]. It should be emphasised that the consequences of accidents in partially enclosed spaces, such as tunnels, can be much more severe [2]. The above is evidenced by the tragic consequences of tunnel fires, e.g. in the Mont Blanc tunnel in 1999, where 39 people died, mainly because these people failed to evacuate, probably due to unawareness of the danger and ignorance of safety procedures [3]. A similar scenario occurred during the 2006 Viamala tunnel fire in Switzerland (9 fatalities), the 2010 Wuxi Lihu tunnel fire (24 fatalities), the 2014 Yanhou tunnel fire in China (40 fatalities), or for example the 2017 Taojiakuang tunnel fire in Weihai, China (12 fatalities) – these are only selected examples.

Admittedly, attempts can be made to downplay the usefulness of research into tunnel safety on the grounds that there are few road tunnels in Poland. However, an analysis of a few basic facts is enough to resolve any doubts as to the essence of research on tunnel safety:

- in Poland, there are currently a dozen or so road tunnels in use in urban and non-urban areas,
- more tunnel investments are planned in Poland: e.g. under Luboń Mały as part of the so-called “Zakopianka”, in Świnoujście, Wrocław, Kraków, near Rzeszów, so the number of tunnels in Poland will undoubtedly increase in the near future,
- more and more frequent car journeys of Polish citizens

Wprowadzenie

Tunele drogowe coraz częściej stanowią istotny element infrastruktury drogowej, a więc i aspekt bezpieczeństwa w tych obiektach stał się częstym przedmiotem badań naukowców. Pomimo że ze statystycznego punktu widzenia, wskaźnik wypadkowości w tunelach jest niższy niż w przypadku dróg otwartych, to warto zauważyć, że ze względu na charakterystykę geometryczną tuneli drogowych skutki sytuacji niebezpiecznych mogą mieć inną skalę w porównaniu do otwartych przestrzeni drogowych [1]. Należy podkreślić, że konsekwencje wypadków w częściowo zamkniętych przestrzeniach, takich jak tunele, mogą być znacznie poważniejsze [2]. Świadczą o tym tragiczne konsekwencje pożarów w tunelach, np. w tunelu Mont Blanc w 1999 r., gdzie zginęło 39 osób, głównie dlatego, że osoby te nie podjęły ewakuacji – prawdopodobnie z powodu nieświadomości zagrożenia i nieznaności procedur bezpieczeństwa [3]. Podobny scenariusz miał miejsce podczas pożarów: w tunelu Viamala w Szwajcarii w 2006 roku (9 ofiar śmiertelnych); w tunelu Wuxi Lihu w 2010 roku (24 ofiary śmiertelne), w tunelu Yanhou w Chinach w 2014 roku (40 ofiar śmiertelnych), w tunelu Taojiakuang w Weihai w Chinach w 2017 r. (12 ofiar śmiertelnych) – to tylko wybrane przykłady.

Co prawda można próbować pomniejszać celowość badań w zakresie bezpieczeństwa w tunelach, argumentując to tym, iż w Polsce tuneli drogowych jest niewiele. Wystarczy jednak analiza kilku podstawowych faktów, aby rozwiać wszelkie wątpliwości w zakresie zasadności badań dotyczących bezpieczeństwa w tunelach:

- w Polsce na dzień dzisiejszy jest w użytku kilkanaście tuneli drogowych na terenach miejskich oraz pozamiejskich,
- w Polsce planowane są kolejne inwestycje tunelowe: m.in. pod Luboniem Małym w ciągu tzw. „Zakopianki”, w Świnoujściu, we Wrocławiu, w Krakowie, w okolicach Rzeszowa.

across European countries (and elsewhere) are often connected with the use of road tunnels,

- the consequences of accidents, collisions or other emergencies in a road tunnel alter considerably the scale of the risk compared to the incidents in the open (the consequences can be much more tragic).

This article presents essential aspects related to safety in a road tunnel taking into account the results of fire evacuation tests conducted on a real scale. The aim of the publication is to show the role of the human factor, in particular the lack of knowledge of potential drivers about safety affecting the level of safety in tunnels. Recent studies proved that an essential factor affecting accident rates is the level of knowledge of the road users, not only drivers but also passengers [4]. Therefore, this article also includes the results of own research on the preliminary diagnosis of the assessment of awareness and knowledge of the safe operation of tunnel infrastructure among potential users of road tunnels.

Potentially dangerous situations in a road tunnel

During the operation of traffic tunnels, a user is exposed to many hazards, including increased concentration levels of harmful solid and gaseous pollutants, vehicle collisions, leakage of toxic substances, etc. From the point of view of the hazard scale, fires are the most significant and most dangerous incidents in tunnels. According to the statistics, they do not occur very often, but their effects in a semi-enclosed space such as a tunnel can be much more severe compared to open traffic routes. Unlike open fires, a fire in a space enclosed on four sides, such as a road tunnel, can be characterised by rapid development. There is also a likelihood of a fire spreading to other vehicles, causing an increase in firepower, as happened in 2001 in the St. Gotthard tunnel [14]. 86 fatalities, 68 injured, 100 vehicles damaged were the consequence of just four fires in road tunnels: Mont Blanc, St. Gotthard, Tauren, Wuxi Lihu, which gives a picture of the danger of such incidents and a much higher risk than for traffic accidents in open spaces [5].

A fire in a tunnel can last for several days and cause enormous losses not only in material assets, the tunnel construction (see Figure 1.) but also in the surrounding area, significantly reducing its communication and tourist value, as happened after the fire in the Mont Blanc tunnel in 1999. It took more than 50 hours to extinguish the fire completely, and the tunnel was only reopened after three years. However, the tragic consequences of this disaster in the form of 39 fatalities are undoubtedly the most significant loss [3].

Oznacza to, że w najbliższym czasie liczba tuneli w Polsce z pewnością będzie się zwiększać,

- coraz częstsze podróże samochodem mieszkańców Polski po krajach europejskich (i nie tylko) są niejednokrotnie związane z korzystaniem z tuneli drogowych,
- konsekwencje wypadków, kolizji czy też innych sytuacji awaryjnych w tunelu drogowym znacznie zmieniają skalę zagrożenia w porównaniu do zdarzeń w ciągach komunikacyjnych prowadzonych w otwartych przestrzeniach (konsekwencje te mogą być dużo bardziej tragiczne).

W artykule przedstawiono istotne aspekty związane z bezpieczeństwem w tunelu drogowym, uwzględniając wyniki autorskich badań ewakuacji w warunkach pożaru, prowadzonych w skali rzeczywistej. Celem publikacji jest wskazanie roli czynnika ludzkiego, w szczególności braku wiedzy potencjalnych kierowców o bezpieczeństwie, wpływającej na poziom bezpieczeństwa w tunelach. Ostatnio przeprowadzone badania wykazały, że istotnym czynnikiem oddziałującym na wypadkowość jest poziom wiedzy użytkowników dróg – nie tylko kierowców, ale i pasażerów [4]. Dlatego w niniejszej pracy przedstawiono również wyniki własnych badań dotyczących wstępnej diagnozy oceny świadomości i wiedzy na temat bezpiecznej eksploatacji infrastruktury tunelowej wśród potencjalnych użytkowników tuneli drogowych.

Sytuacje potencjalnie niebezpieczne w tunelu drogowym

Podczas eksploatacji tuneli komunikacyjnych użytkownik narażony jest na wiele zagrożeń, do których zaliczyć można np. podwyższony poziom koncentracji szkodliwych zanieczyszczeń stałych i gazowych, kolizje pojazdów, wyciek toksycznych substancji, itp. Z punktu widzenia skali zagrożenia, największymi i najbardziej niebezpiecznymi zdarzeniami w tunelach są pożary. Według statystyk nie występują one bardzo często, jednak ich skutki w przestrzeni częściowo zamkniętej, jaką jest tunel, mogą być znacznie poważniejsze w porównaniu z otwartymi ciągami komunikacyjnymi. W przeciwieństwie do pożarów przebiegających na otwartej przestrzeni pożar w tunelu drogowym, ograniczonym z czterech stron, może charakteryzować się gwałtownym rozwojem. Istnieje również prawdopodobieństwo rozprzestrzeniania się ognia na inne pojazdy, powodując wzrost mocy pożaru, tak jak to miało miejsce w roku 2001 w tunelu St. Gotthard [14]. 86 ofiar śmiertelnych, 68 rannych, 100 pojazdów uszkodzonych było konsekwencją pożaru tylko czterech pożarów, w tunelach drogowych: Mont Blanc, St. Gotthard, Tauren, Wuxi Lihu, co daje obraz niebezpieczeństwa takich zdarzeń i dużo większego ryzyka niż w przypadku wypadków komunikacyjnych na przestrzeniach otwartych [5].

Pożar w tunelu może trwać kilka dni i powodować olbrzymie straty nie tylko w dobrach materialnych czy konstrukcji tunelu (zob. ryc. 1.), ale i w otaczającym go rejonie, znacznie obniżając jego walory komunikacyjne i turystyczne. Stało się tak po pożarze w tunelu Mont Blanc w 1999 roku. Całkowite ugaszenie ognia zajęło ponad 50 godzin, a tunel otwarto ponownie dopiero po trzech latach. Jednak tragiczne skutki tej katastrofy – 39 ofiar śmiertelnych – to bez wątpienia największa strata [3].



Figure 1. View of the Mont Blanc tunnel after the fire of 1999
Rycina 1. Widok tunelu Mont Blanc po pożarze w 1999 roku

Source/Źródło: A. Voeltzel, A. Dix, *A comparative analysis of the mont-blanc, tauern and gothard tunnel fires*, „Routes/Roads” 2004 [3].

With fires occurring in road tunnels, the priority is to evacuate those at risk in the shortest possible time. The evacuation process is a complex issue, depending on many factors. One of them is the awareness of the users that a fire in such a facility is a deadly risk. Unfortunately, as numerous examples and studies have shown, general awareness of the risks is relatively low.

Assessment of tunnel safety awareness and knowledge

An attempt to assess the awareness of safety procedures was made on a group of 504 respondents by conducting a survey among them, detailed results are presented in the article [6]. The questionnaire has four parts. The first dealt with the identification data, the second with the frequency of using road tunnels, knowledge of the rules on safe behaviour and experience in the evacuation process. The third section included questions verifying knowledge of the basic rules of safe behaviour in a tunnel, and the fourth section explored awareness of the dangers in a tunnel and behavioural aspects during different situations. Questions covered the following issues: knowledge of the tunnel infrastructure, behaviour in case of congestion, choice of the escape route, behaviour during an evacuation, personal belongings during the evacuation, self-assessment of the knowledge on tunnel safety and the role of experience.

On average, the respondents answered 5 out of 15 questions correctly. Only 16% of the respondents answered more than 50% of the questions correctly. Moreover, no one indicated correct answers to 12 or more questions. Interestingly, most respondents were confident that they had better knowledge of road tunnel safety than they actually did.

The results indicate the need for educational activities among the public so that safety levels increase and the complex safety systems operating in road tunnels support the conscious actions of its users [6].

Based on the results of the survey, the following findings were made:

- a gap in knowledge of the tunnel infrastructure (it should be emphasised that cycling, walking and parking of cars is prohibited in road tunnels, which create potentially dangerous situations),

W obliczu zdarzających się pożarów w tunelach drogowych priorytetową kwestią jest ewakuacja osób zagrożonych w jak najkrótszym czasie. Proces ten jest zagadnieniem złożonym, zależnym od wielu czynników. Jednym z nich jest kwestia świadomości użytkowników, że pożar w takim obiekcie stanowi śmiertelne zagrożenie. Niestety, jak wskazują liczne przykłady i badania, powszechna świadomość o zagrożeniach jest raczej niska.

Ocena świadomości i wiedzy na temat bezpieczeństwa w tunelu

Próbie oceny świadomości dotyczącej procedur bezpieczeństwa przeprowadzono na grupie 504 respondentów, realizując wśród nich badania ankietowe, których szczegółowe wyniki przedstawiono w artykule [6]. Ankieta składa się z czterech części, z których pierwsza dotyczy danych identyfikacyjnych, druga – częstotliwości użytkowania tuneli drogowych, znajomości zasad bezpiecznego zachowania się oraz doświadczenia w procesie ewakuacji. W trzeciej części zawarto pytania weryfikujące znajomość podstawowych zasad bezpiecznego zachowania się w tunelu, a w czwartej badano świadomość zagrożenia w tunelu oraz aspekty behawioralne podczas różnych sytuacji. Pytania obejmowały zagadnienia: znajomość infrastruktury tunelu, zachowania w przypadku zatoru, wyboru drogi ewakuacji, zachowania podczas ewakuacji, rzeczy osobistych podczas ewakuacji, samooceny wiedzy o bezpieczeństwie w tunelu oraz rolę doświadczenia.

Średnio respondenci odpowiedzieli poprawnie na 5 z 15 pytań. Tylko 16% respondentów odpowiedziało poprawnie na więcej niż 50% pytań, ponadto nikt nie wskazał prawidłowych odpowiedzi na 12 i więcej pytań. Co ciekawe, większość respondentów była przekonana, że posiada lepszą niż w rzeczywistości wiedzę na temat bezpieczeństwa w tunelach drogowych.

Wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia działań edukacyjnych wśród społeczeństwa, by poziom bezpieczeństwa wzrastał, a skomplikowane systemy bezpieczeństwa funkcjonujące w tunelach drogowych wspierały świadome działania jego użytkowników [6].

Na podstawie wyników ankiety stwierdzono, że:

- istnieje luka w wiedzy o infrastrukturze tunelowej (należy podkreślić, że w tunelach drogowych zabronione jest poruszanie się rowerem, chodzenie i parkowanie samochodów, które stwarzają potencjalnie niebezpieczne sytuacje),

- knowledge gap about these tunnel safety rules (in tunnels you should not turn, reverse or stop your car),
- in an emergency situation such as a fire in road tunnels, immediate, efficient evacuation is the most critical issue in protecting people's health and lives – tunnel users do not want to leave their personal property behind – almost 84% of the respondents would take their personal belongings with them when evacuating.

Interestingly, most respondents rated their knowledge of safety procedures in the tunnel much higher than in reality. Only 14.7% of the respondents admitted having no knowledge of the safety procedures in road tunnels, and 26.8% did not know fire safety procedures.

The results of part 3 of the survey, which dealt with safety rules, indicated that the respondents greatly overestimated their knowledge, as 88% of them did not answer even half of the questions correctly. Comparing the above with the respondents' statements, it is reasonable to conclude that the respondents overestimated their knowledge and lacked it [6].

Where can I find information on safety rules in a road tunnel?

Let us imagine that we are travelling by car in Poland. We set off from Gdańsk, where we pass through the tunnel under Martwa Wisła river to central Poland, then in Warsaw we pass through the tunnel under Ursynów or the Wisłostrada tunnel heading south, passing the tunnel under the Gen. Ziętka Roundabout in Katowice, and then the Emilia tunnel in Laliki along the S1 national road, just before Zwardoń. How do you prepare to drive safely in these several different tunnels?

Each road tunnel is a unique engineering object, where the parameters may differ from those of another, a third, etc. However, there are some key commonalities upon which universal rules for safe traffic in tunnels can be developed - is this the case?

Tunnels on the Trans-European Road Network (TEN-T) are managed by appropriate entities designated by the administrative authority [7]. For each tunnel, the tunnel manager shall nominate one Safety Officer, prior approval of the administrative authority. Particular schedules are constructed for the various activities to maintain safety in these facilities. Instructions for safe use are also developed, together with rules for behaviour in various situations. These instructions are undoubtedly an essential element in efforts to maintain the highest possible level of safety in tunnels. They are dedicated to a specific facility, hence there may be several or a dozen or more of them.

Furthermore, what is the availability of these materials? Does this information reach us? Who among us has read such a document? Is it that we are forced to educate ourselves in this area by consulting the road rules and the websites of units that manage these facilities? It should also be noted that tunnels may have different managers depending on their location and class of the road along which they are led. Hence the

- występuje niewystarczająca wiedza na temat zasad bezpieczeństwa w tunelu (nie należy zawracać, cofać i zatrzymywać samochodu),
- w sytuacjach krytycznych, takich jak pożar w tunelach drogowych, natychmiastowa, sprawna ewakuacja jest najważniejszą kwestią w ochronie zdrowia i życia ludzi,
 - użytkownicy tuneli nie chcą zostawiać swojej własności osobistej – prawie 84% respondentów zabraloby ze sobą rzeczy osobiste podczas ewakuacji.

Ciekawą obserwacją był fakt, że większość ankietowanych oceniła znacznie wyżej poziom swojej wiedzy o bezpiecznych procedurach w tunelu, niż miało to odzwierciedlenie w rzeczywistości. Jedynie 14,7% ankietowanych przyznało się do braku wiedzy na temat procedur bezpieczeństwa w tunelach drogowych, a 26,8% – do nieznajomości procedur bezpieczeństwa na wypadek pożaru.

Wyniki części 3 ankiety, która dotyczyła zasad bezpieczeństwa wskazały, że respondenci bardzo przecenili swoją wiedzę, gdyż 88% z nich nie odpowiedziało poprawnie nawet na połowę pytań. Porównując to z wypowiedziami ankietowanych, można zasadnie stwierdzić, że respondenci nie tylko przeceniali swoją wiedzę, ale też jej brakowało [6].

Gdzie znaleźć informacje o zasadach bezpieczeństwa w tunelu drogowym?

Wyobraźmy sobie sytuację, że podróżujemy samochodem po Polsce. Ruszamy z Gdańska, gdzie przejeżdżamy przez tunel pod Martwą Wisłą do centralnej Polski, następnie w Warszawie przejeżdżamy przez tunel pod Ursynowem lub tunelem Wisłostrady, kierując się na południe, mijamy tunel pod rondem gen. Ziętka w Katowicach, a potem tunel Emilia w Lalikach w ciągu drogi krajowej S1, tuż przed Zwardoniem. Jak przygotować się do bezpiecznej jazdy w tych kilku, różnych od siebie tunelach?

Każdy tunel drogowy jest niepowtarzalnym obiektem inżynierskim, gdzie parametry jednego mogą się różnić od parametrów drugiego, trzeciego, itd. Jednak jest kilka kluczowych cech wspólnych, na podstawie których można stworzyć uniwersalne zasady bezpiecznego ruchu w tunelach – czy tak jest?

Tunele prowadzone w transeuropejskiej sieci drogowej (TEN-T) zarządzane są przez odpowiednie jednostki wskazywane przez władzę administracyjną [7]. Dla każdego tunelu zarządzający nim nominuje, po uprzednim zatwierdzeniu przez władzę administracyjną, jednego urzędnika bezpieczeństwa. Konstruowane są specjalne harmonogramy różnych działań mających na uwadze utrzymanie bezpieczeństwa w tych obiektach. Powstają również instrukcje bezpiecznego użytkowania wraz z zasadami zachowania się w różnych sytuacjach. Instrukcje te bez wątpienia stanowią istotny element w działaniach zmierzających do zachowania jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa w tunelach. Są one dedykowane do konkretnego obiektu, stąd może być ich kilka, kilkanaście lub więcej. A jak jest z dostępnością tych materiałów? Czy informacje te docierają do nas? Kto z nas czytał taki dokument? Czy nie jest tak, że sami jesteśmy zmuszeni doszukać się w tym zakresie, docierając do przepisów drogowych, stron internetowych jednostek zarządzających tymi obiektami? Należy również zwrócić uwagę na fakt,

instructions may not only be different in their scope (as the parameters of the tunnels are different), but they may be located in different places. In the age of the Internet, it is not a significant problem to access this knowledge, but with the multitude of things to be done and the fast pace of life, there is probably not enough time for it.

The role of research in improving safety in road tunnels

As a consequence of the fires in tunnels that have occurred in the last several years, measures have been taken to improve safety during tunnel operation, as evidenced by the legislation issued, among others [7–8], and numerous scientific studies concerning for instance evacuation behaviour [6, 9], movement speed [10], tunnel infrastructure [11], evacuation exit [12] or research on numerical modeling of the evacuation process [13] – these are just some examples. Real-scale empirical research is precious for the development of science because it provides knowledge about phenomena or processes that are closest to the actual events. Conducting such research is extremely difficult, which is associated to the risk, requires good organisation, commitment and support of various units, including emergency services. It should be emphasised that exercises related to emergency services, which play an essential training role, are one thing, and empirical investigations using new technologies are another, which in addition to their educational function, provide important material for analysis in terms of improving the safety of tunnel infrastructure.

The first real-scale evacuation studies in a road tunnel from a coach, conducted under smoke conditions in Poland, took place in the Emilia tunnel in Laliki in 2016 [6]. Approximately 50 students of the Faculty of Civil Engineering and Resource Management of the University of Science and Technology participated in the experiment (former name of the faculty was: Faculty of Mining and Geoenvironment).

The evacuation studies undertaken consisted of four tests in which a vehicle collision was simulated, resulting in a fire in the tunnel. During the first attempt, participants were not given information on the exact purpose of the visit, the rules of behaviour, the presence of smoke, the tunnel's infrastructure (presence and location of emergency exits, where the coach stops). A coach straight from Kraków entered the tunnel to obtain an element of surprise among the participants of the experiment (see Figure 2).



że tunele mogą mieć różnych zarządzających w zależności od położenia i klasy drogi, w ciągu której są prowadzone, stąd też instrukcje mogą być nie dość, że różne w swym zakresie (ponieważ parametry tuneli są różne), to jeszcze zlokalizowane w różnych miejscach. W czasach internetu nie stanowi to większego problemu, by dotrzeć do tej wiedzy, jednak przy wielości spraw do załatwienia i dużego tempa życia, najpewniej braknie na to czasu.

Rola badań naukowych w podnoszeniu poziomu bezpieczeństwa w tunelach drogowych

W konsekwencji pożarów w tunelach, do jakich doszło w ciągu ostatnich kilkunastu lat, podjęto działania mające na celu poprawę bezpieczeństwa podczas eksploatacji tuneli, o czym świadczą wydane akty prawne m.in. [7–8] oraz liczne badania naukowe dotyczące zachowania podczas ewakuacji [6, 9], prędkości poruszania się [10], infrastruktury tunelu [11], wyboru wyjść ewakuacyjnych [12], czy badań modelowania numerycznego procesu ewakuacji [13] – to tylko wybrane przykłady. Niezwykle cennymi dla rozwoju nauki są badania empiryczne prowadzone w skali rzeczywistej, które dostarczają wiedzy o zjawiskach czy procesach najbardziej zbliżonych do realnych zdarzeń. Prowadzenie takich badań jest wyjątkowo trudne, ponieważ związane jest z ryzykiem, wymaga dobrej organizacji, zaangażowania oraz wsparcia różnych jednostek m.in. służb ratowniczych. Należy podkreślić, że czym innym są ćwiczenia służb ratowniczych, które odgrywają ważną rolę szkoleniową, a czym innym badania empiryczne przy użyciu nowych technologii, które oprócz funkcji edukacyjnej dostarczają istotnego materiału do analizy w zakresie podnoszenia bezpieczeństwa infrastruktury tunelowej.

Pierwsze badania ewakuacji w tunelu drogowym z autobusu, prowadzone w skali rzeczywistej w warunkach zadymienia w Polsce miały miejsce w tunelu Emilia w Lalikach w roku 2016 [6]. W eksperymencie wzięło udział ok. 50 studentów Wydziału Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami Akademii Górniczo-Hutniczej (wcześniejsza nazwa wydziału to: Wydział Górnictwa i Geoinżynierii).

Podjęte badania ewakuacji polegały na przeprowadzeniu czterech prób, w których symulowano zderzenie pojazdów, wskutek czego w tunelu doszło do pożaru. Podczas pierwszej próby uczestnicy nie otrzymali informacji na temat: dokładnego celu wizyty, zasad zachowania się, obecności dymu, infrastruktury tunelu (obecności i rozmieszczenia wyjść ewakuacyjnych, miejsca zatrzymania autobusu). Autokar prosto z Krakowa wjechał do tunelu, w celu uzyskania elementu zaskoczenia wśród uczestników eksperymentu (zob. ryc. 2).

Figure 2. Participants of an experiment in a road tunnel in Laliki, a bus stopped in a smoky tunnel before the evacuation started

Rycina 2. Uczestnicy eksperymentu w tunelu drogowym w Lalikach, autobus zatrzymany w zadymionym tunelu przed rozpoczęciem ewakuacji

Source/Źródło: N. Schmidt-Polończyk, J. Wąs, J. Porzycki, *What Is the Knowledge of Evacuation Procedures in Road Tunnels? Survey Results of Users in Poland*, „Buildings” 2021, 11(4),146 [6].

In the last two trials, where the smoke was the strongest, evacuees observed disorientation due to significantly reduced visibility (see Figure 3). Synchronised cameras were used to measure the times of the various evacuation stages, and thermal imaging was used to track the behaviour of users in smoke-filled areas. It should be emphasized that during a real fire, smoke and fire gases are very toxic and pose a lethal threat to the evacuees.

W dwóch ostatnich próbach, gdzie zadymienie było najmocniejsze, zaobserwowano u osób ewakuujących się dezorientację wynikającą ze znacznie ograniczonej widoczności (zob. ryc. 3). Za pomocą zsynchronizowanych kamer mierzono czasy poszczególnych etapów ewakuacji, zaś dzięki zastosowaniu termowizji śledzono zachowania użytkowników w miejscach zadymionych. Należy podkreślić, że podczas realnego pożaru dymy i gazy pożarowe są bardzo toksyczne i stanowią śmiertelne zagrożenie dla osób ewakuujących się.



Figure 3. Participants in the main tunnel during one of the experiments.
Rycina 3. Uczestnicy w tunelu głównym w trakcie jednego z eksperymentów.

Source/Źródło: N. Schmidt-Polończyk, J. Wąs, J. Porzycki, *What Is the Knowledge of Evacuation Procedures in Road Tunnels? Survey Results of Users in Poland*, „Buildings” 2021, 11(4),146 [6].

Another real-world evacuation experiment was conducted in June 2017 in a tunnel under Martwa Wisła river in Gdańsk (approximately 1,377 m long). Ninety volunteers of different ages took part in the evacuation experiment.

Kolejny eksperyment ewakuacji w warunkach rzeczywistych przeprowadzono w czerwcu 2017 roku w tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku (ok. 1377 m długości). W eksperymencie ewakuacji wzięło udział 90 ochotników w różnym wieku.



Figure 4. Articulated bus with 90 participants in an experiment in the tunnel “Under Martwa Wisła river” in Gdańsk - before starting one of the experiments in smoky conditions

Rycina 4. Autobus przegubowy z 90 uczestnikami eksperymentu w tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku – stan przed rozpoczęciem jednego z eksperymentów w warunkach zadymienia

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.



Figure 5. Articulated bus with 90 participants in an experiment in the tunnel “Under Martwa Wisła river” in Gdańsk - before starting one of the experiments in smoky conditions

Rycina 5. Autobus przegubowy z 90 uczestnikami eksperymentu w tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku – stan przed rozpoczęciem jednego z eksperymentów w warunkach zadymienia

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The flow of evacuees, as well as observations of the participants' behaviour, were carried out using a set of cameras. In addition, thermal imaging cameras were used due to very poor visibility in the vicinity of the coach. To precisely measure the evacuation time of each unit, the organisers used ChronoTrack measurement technology based on UHF technology.

During the first of the three trials of the experiment, the participants were provided with no information about the conduct of the study, the rules of behaviour, the presence of smoke, and the tunnel's infrastructure. The signal to start evacuation was the occurrence of a situation analogous to an actual fire incident: smoke appeared in the tunnel (see Figure 4), and the fire procedure was activated (including fire lighting, voice announcements and alarm signal). In the last trial, where 40 out of 90 participants were given the task of simulating illness, injury or death, the time taken for the Fire Service to arrive at the scene and the process of segregating the injured were examined (see Figure 5).

Both experiments were conducted using non-toxic, cold smoke so that the conditions during the tests mirrored those during a fire as closely as possible. In addition, to ensure the safety of the participants, the experiment was conducted with the participation of the Fire Brigade, the Police and the medical services. Naturally, the tunnels were closed to vehicle traffic for the duration of the study.

The experiments conducted made it possible to observe many interesting relations, among others:

- the speed of movement during the evacuation depends on the level of smoke, the experience related to the knowledge of the infrastructure of the facility and the attitude of the participants,
- the decision-making process during the evacuation differed according to the level of smoke in the tunnel;
- during the 1st and 2nd experiment (in the Emilia tunnel), where the smoke was low, the first group of people made a decision to evacuate, on the direction of movement, on

Przepływ ewakuowanych osób jak i obserwacje zachowań uczestników eksperymentu prowadzono przy wykorzystaniu zestawu kamer. Ponadto z powodu bardzo słabej widoczności w pobliżu autokaru wykorzystano kamery termowizyjne. Dla precyzyjnego pomiaru czasu ewakuacji każdej jednostki organizatorzy wykorzystali technologię pomiarową ChronoTrack opartą na technologii UHF.

Podczas pierwszej z trzech prób eksperymentu uczestnicy nie otrzymali żadnej informacji na temat: przebiegu badania, zasad zachowania się, obecności dymu, infrastruktury tunelu. Sygnałem do rozpoczęcia ewakuacji było zaistnienie sytuacji analogicznej jak w przypadku rzeczywistego zdarzenia wybuchu pożaru: w tunelu pojawiło się zadymienie (zob. ryc. 4) oraz uruchomiona została procedura pożarowa (m.in. oświetlenie pożarowe, komunikaty głosowe i sygnał alarmowy). W ostatniej próbie, gdzie 40 z 90 uczestników otrzymało zadanie symulacji schorzenia, urazu lub zgonu, badano czas dojazdu straży pożarnej na miejsce zdarzenia oraz przebieg procesu segregacji poszkodowanych (zob. ryc. 5).

Obydwa eksperymenty prowadzono z wykorzystaniem nietoksycznego, zimnego dymu tak, aby warunki panujące podczas badań w możliwie jak największym stopniu odzwierciedlały warunki podczas pożaru. Ponadto, dla zapewnienia bezpieczeństwa uczestników, eksperyment przeprowadzono przy udziale straży pożarnej, policji oraz służb medycznych. Oczywiście na czas prowadzenia badań tunele zostały zamknięte dla ruchu pojazdów.

Przeprowadzone eksperymenty pozwoliły na zaobserwowanie szeregu interesujących zależności m.in.:

- prędkość poruszania się podczas ewakuacji zależy od poziomu zadymienia, doświadczenia związanego ze znajomością infrastruktury obiektu oraz nastawienia uczestników,
- proces podejmowania decyzji w trakcie ewakuacji różnił się w zależności od poziomu zadymienia w tunelu

- the choice of exit, etc. the rest followed it, while in the 3rd and 4th the decisions were made in small groups,
- the phenomenon of the formation of different types of groups of evacuating people depending on the level of smoke was observed – for example, during heavy smoke (experiment 3 and 4 in the Emilia tunnel), characteristic double-lines patterns were observed,
- participants reported feeling insecure or fearful under the influence of increasingly dense smoke,
- the pre-movement time, i.e. the time between the alarm signal and the start of the evacuation on the bus, was reduced in subsequent experiments with the same participants. Time was reduced from 37 s in experiment 1 to 5 s and 3 s in experiments 3 and 4 (in the Emilia tunnel), respectively,
- a learning effect was observed during the experiments, as evidenced by shorter evacuation times from the main tunnel in subsequent experiments (48 s in experiment 1 vs 16–18 s in 2, 3 and 4, in the Emilia tunnel).

Such research findings allow for better understanding of the behaviour of the participants in accidents and fires in road tunnels. This knowledge can be used to create better models of behaviour of accident and fire participants in tunnels and improve tunnel infrastructure. It is worth mentioning that the real-scale research carried out played a unique educational role, which was verified during the aforementioned surveys. Some respondents (12.7%) took part in one of the two evacuation experiments described above. The study results clearly show that there is a significant statistical difference in the number of correct answers between those who took part in the experiment and respondents without such experience.

A detailed course of the evacuation experiment in the Emilia tunnel in Laliki, together with the research results, is included in the scientific study [6].

Summary

This material highlights the level of safety knowledge and hazard awareness in road tunnels among a large group of the respondents [6]. Based on the results of the survey, it can be concluded that there is a need to increase the level of safety in tunnels, not only through the use of various modern systems in these facilities but also by raising public awareness of the tunnel infrastructure itself, the situations that can happen in it and the appropriate response to them. Taking into account the availability of existing information in this field, it would be advisable to develop a comprehensive general education programme with a broad “impact” range, without dedication to a specific facility, but conveying in a general way the principles of safe use of road tunnels. The programme should include information and rules on

- podczas 1. i 2. eksperymentu (w tunelu Emilia), gdzie zadymienie było niewielkie, pierwsza grupa osób podjęła decyzję o ewakuacji, kierunku ruchu, wyborze wyjścia, itp. – reszta podążała za nią, z kolei w trakcie 3. i 4. testu decyzje były podejmowane w małych grupach,
- zaobserwowano zjawisko formowania się różnych rodzajów grup ewakuujących się osób w zależności od poziomu zadymienia – np. podczas dużego zadymienia (eksperyment 3. i 4. w tunelu Emilia) zaobserwowano charakterystyczne wzory podwójnych linii (ang. *characteristic double-lines patterns*),
- uczestnicy zgłaszali poczucie niepewności lub strachu pod wpływem coraz gęstszego dymu,
- czas pomiędzy sygnałem alarmowym a rozpoczęciem ewakuacji (ang. *pre-movement time*) w autobusie ulegał skróceniu w kolejnych eksperymentach z tymi samymi uczestnikami. Czas został skrócony z 37 s do 5 s w eksperymencie 1. i odpowiednio do 3 s w eksperymentach 3. i 4. (w tunelu Emilia),
- podczas eksperymentów zaobserwowano efekt uczenia się; świadczą o tym m.in. krótsze czasy ewakuacji z głównego tunelu w kolejnych eksperymentach (48 s w eksperymencie 1. oraz 16–18 s w eksperymentach 2., 3. i 4. w tunelu Emilia).

Wyniki takich badań pozwalają na lepsze zrozumienie zachowań uczestników wypadków i pożarów w tunelach drogowych. Wiedza ta może zostać wykorzystana do stworzenia doskonalszych modeli zachowania się uczestników wypadków i pożarów w tunelach, jak również poprawienia infrastruktury tunelu. Warto nadmienić, że przeprowadzone badania w skali rzeczywistej odegrały niezwykle rolę edukacyjną, co zostało zweryfikowane podczas wspomnianych badań ankietowych. Część respondentów (12,7%) brało udział w jednym z dwóch wyżej opisanych eksperymentów ewakuacji. Wyniki badania wyraźnie wskazują, że istnieje istotna różnica statystyczna w ilości poprawnych odpowiedzi pomiędzy osobami, które brały udział w eksperymencie, a ankietowanymi bez takiego doświadczenia.

Szczegółowy przebieg eksperymentu ewakuacji w tunelu Emilia w Lalikach wraz z wynikami badań zawarto w artykule [6].

Podsumowanie

W niniejszym materiale zwrócono uwagę na poziom wiedzy w zakresie bezpieczeństwa i świadomość zagrożeń w tunelach drogowych wśród dużej grupy ankietowanych [6]. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań ankietowych można wnioskować, że istnieje potrzeba podnoszenia poziomu bezpieczeństwa w tunelach, nie tylko poprzez stosowanie różnych nowoczesnych systemów w tych obiektach, ale również poprzez podnoszenie świadomości społeczeństwa na temat samej infrastruktury tunelowej, sytuacji które mogą się w niej wydarzyć i odpowiedniej reakcji na nie. Biorąc pod uwagę dostępność istniejących informacji w tym zakresie, stwierdzić można, że celowym byłoby opracowanie kompleksowego, ogólnego programu edukacyjnego o szerokim zasięgu – przeznaczonego nie tylko dla konkretnego

the use of all tunnels in its scope. Regardless of the country, the length of the tunnel or its design parameters, a potential road tunnel user should be able to respond correctly to a specific incident.

It is also important to emphasise that the real-scale evacuation drills have a huge impact on increasing the level of safety in the analysed engineering facilities [9, 11–12]. People with such experience acquire the ability to appropriately react to potentially dangerous situations, are familiar with the infrastructure of the tunnel, which significantly speeds up the evacuation process by eliminating the delay in the start of the evacuation, so often observed during fires in tunnels (reaction time and decision to evacuate) [9, 13–14], very often excluding the chance to safely leave the endangered place (the most frequent cause of the loss of life).

It should be emphasized the importance of such research, the results of which can be widely used, e.g. for educational purposes, when designing the tunnel infrastructure, as well as during numerical modeling studies, where appropriately selected initial-boundary parameters resulting from real experiments allow a better reflection of reality by the numerical model.

Awareness, knowledge and skillful reaction to potentially dangerous situations among drivers will result in a high level of safety in road tunnels, as it is well known that prevention is much more effective (not only economically) than treating the consequences, often very tragic ones.

objektu i przekazującego w sposób ogólny zasady bezpiecznego użytkowania tuneli drogowych. Program w swoim zakresie powinien obejmować informacje i zasady dotyczące użytkowania wszystkich tuneli. Bez względu na kraj, długość tunelu czy też jego parametry konstrukcyjne potencjalny użytkownik tunelu drogowego powinien potrafić poprawnie zareagować na konkretne zdarzenie.

Należy również podkreślić ogromny wpływ ćwiczeń ewakuacyjnych przeprowadzanych w skali rzeczywistej na zwiększanie poziomu bezpieczeństwa w analizowanych obiektach inżynierskich [9, 11–12]. Osoby posiadające takie doświadczenie nabywają umiejętność reakcji na sytuacje potencjalnie niebezpieczne, znają infrastrukturę tunelu, co znacznie przyspiesza proces ewakuacji poprzez wyeliminowanie jakże często obserwowanej podczas pożarów w tunelach zwłoki w rozpoczęciu ewakuacji (czasu reakcji i podjęcia decyzji o ewakuacji) [9, 13–14], bardzo często wykluczającej szansę na bezpieczne opuszczenie zagrożonego miejsca (najczęstsza przyczyna utraty życia). Należy podkreślić istotność takich badań, których wyniki mogą być szeroko wykorzystane, np. w celach edukacyjnych, podczas projektowania infrastruktury tunelu, a także podczas badań modelowania numerycznego, gdzie odpowiednio dobrane parametry początkowo-brzegowe wynikające z eksperymentów rzeczywistych, pozwalają na lepsze odzwierciedlenie rzeczywistości przez model numeryczny.

Świadomość, wiedza i właściwa reakcja na sytuacje potencjalnie niebezpieczne wśród kierowców zaowocuje zapewnieniem wysokiego poziomu bezpieczeństwa w tunelach drogowych – powszechnie wiadomo, że prewencja jest znacznie bardziej opłacalna (nie tylko ekonomicznie), niż leczenie – często tragicznych – skutków.

Literature / Literatura

- [1] Caliendo C., De Guglielmo M.L., *Accident Rates in Road Tunnels and Social Cost Evaluation*, „Procodia – Social and Behavioral Sciences” 2012, 53, 166–177, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.870>.
- [2] Fera M., Macchiaroli R., *Use of analytic hierarchy process and fire dynamics simulator to assess the fire protection systems in a tunnel on fire*, „International Journal of Risk Assessment and Management” 2010, 14, 504–529, <https://doi.org/10.1504/IJRAM.2010.037087>.
- [3] Voeltzel A., Dix A., *A comparative analysis of the Mont-Blanc, Tauern and Gotthard tunnel fires*, „Routes/Roads” 2004, 324, 18–34.
- [4] Rudin-Brown C.M., Edquist J., Lenné M.G., *Effects of driving experience and sensation-seeking on drivers' adaptation to road environment complexity*, „Safety Science” 2014, 62, 121–129, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.08.012>.
- [5] *Fire Accidents in the World's Road Tunnels* [dok. elektr.], http://www.lotsberg.net/artiklar/brann/en_tab.htm, [dostęp: 12.01.2022].
- [6] Schmidt-Polończyk N., Wąs J., Porzycki J., *What Is the Knowledge of Evacuation Procedures in Road Tunnels? Survey Results of Users in Poland*, „Buildings” 2021, 11(4), 146, <https://doi.org/10.3390/buildings11040146>.
- [7] Directive 2004/54/Ec of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the trans-European road network.
- [8] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 63, poz. 735 z późn. zm.).
- [9] Porzycki J., Schmidt-Polończyk N., Wąs J., *Pedestrian behavior during evacuation from road tunnel in smoke condition*

- *Empirical results*, „PLOS ONE” 2018, 13(8), 1–20, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201732>.
- [10] Seike M., Kawabata N., Hasegawa M., *Evacuation speed in full-scale darkened tunnel filled with smoke*, „Fire Safety Journal” 2017, 91, 901–907, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.04.034>.
- [11] Nilsson D., Frantzich H., Ronchi E., Fridolf K., Walter A.L., Modig H., *Integrating evacuation research in large infrastructure tunnel projects – Experiences from the Stockholm Bypass Project*, „Fire Safety Journal” 2017, 97, 119–125, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.07.001>.
- [12] Ronchi E., Fridolf K., Frantzich H., Nilsson D., Walter A.L., Modig H., *A tunnel evacuation experiment on movement speed and exit choice in smoke*, „Fire Safety Journal” 2017, 97, 126–136, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.06.002>.
- [13] Schmidt-Polończyk N., Burtan Z., Liszka P., *Simulation of the Evacuation of People in a Road Tunnel in the Event of Fire – Case Study*, „Archives of Mining Sciences” 2021, 61(1), 13–28, <https://doi.org/10.24425/ams.2021.136689>.
- [14] PIARC, *Lessons Learned From Recent Tunnel Fires*. France, PIARC Committee on Road Tunnels Operation (C3.3), 2006.

NATALIA SCHMIDT-POŁOŃCZYK, PH.D. – doctor of technical sciences at the Faculty of Civil Engineering and Resource Management, the AGH University of Science and Technology in Kraków, academic tutor and senior inspector for occupational health and safety. In 2016 she defended her doctoral dissertation entitled *An assessment of the possibility of using longitudinal ventilation systems in long road tunnels*. The author's areas of interest include: safety in road tunnels, i.a. ventilation and evacuation in fire conditions.

DR NATALIA SCHMIDT-POŁOŃCZYK – doktor nauk technicznych, adiunkt na Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, wykładowca akademicki, trener interpersonalny i starszy inspektor w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy. W 2016 roku obroniła rozprawę doktorską pt. *Ocena możliwości stosowania systemu wentylacji wzdłużnej w długich tunelach drogowych*. Obszarem zainteresowań autorki są zagadnienia bezpieczeństwa w tunelach drogowych, w tym wentylacji i ewakuacji w warunkach pożaru.



CNBOP-PIB

TWÓJ PARTNER W
BEZPIECZEŃSTWIE

SZKOLENIA CNBOP-PIB



**szkolenia dla rzeczoznawców
ds. zabezpieczeń ppoż.**



**szkolenia dla projektantów,
instalatorów i konserwatorów**



**szkolenia dotyczące wyrobów
stosowanych w ochronie ppoż.**

GWARANTUJEMY

- ✓ wysoki poziom merytoryczny
- ✓ zróżnicowany stopień zaawansowania
– dostosowany do wiedzy i umiejętności kursantów
- ✓ optymalny dobór zagadnień
- ✓ wykwalifikowaną kadrę wykładowców

OFERUJEMY

- ✓ aktualną wiedzę i praktyczne
umiejętności w wybranym obszarze
- ✓ uznawany na rynku certyfikat lub zaświadczenie
- ✓ ćwiczenia projektowe

WYKAZ SZKOLEŃ

- 01** | Szkolenie dla rzeczoznawców do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych
- 02** | Szkolenie dla projektantów systemów wentylacji pożarowej w obiektach budowlanych
- 03** | Szkolenie dla projektantów, instalatorów i konserwatorów dźwiękowych systemów ostrzegawczych
- 04** | Szkolenie: Przegląd i konserwacja systemów wentylacji pożarowej w obiektach budowlanych
- 05** | Szkolenie: Zagrożenia pożarowe związane z użytkowaniem instalacji elektrycznych. Wymagania w zakresie zasilania w warunkach pożaru
- 06** | Szkolenie dla konserwatorów systemów sygnalizacji pożarowej
- 07** | Szkolenie dla konserwatorów podręcznego sprzętu gaśniczego
- 08** | Szkolenie dla projektantów, instalatorów i konserwatorów systemów sygnalizacji pożarowej
- 09** | Szkolenie: Stałe urządzenia gaśnicze tryskaczowe w ochronie przeciwpożarowej
- 10** | Szkolenie: Instrukcja bezpieczeństwa pożarowego. Praktyczne wskazówki opracowania dokumentu z przykładami
- 11** | Szkolenie: Dyrektywa ATEX. Ocena ryzyka związanego z możliwością wystąpienia atmosfer wybuchowych – podejście praktyczne
- 12** | Szkolenie: Przeciwożarowy wyłącznik prądu „PWP”
- 13** | Szkolenie z zakresu ochrony ppoż. dotyczące drzwi i innych zamknięć przeciwpożarowych. Dobór, montaż, przegląd i konserwacja
- 14** | Szkolenie: Planowanie i organizacja ewakuacji ludzi z budynków
- 15** | Szkolenie dla konserwatorów hydrantów zewnętrznych i wewnętrznych
- 16** | Szkolenie: Oddymianie grawitacyjne
- 17** | Szkolenie: Stałe urządzenia gaśnicze gazowe w ochronie przeciwpożarowej
- 18** | Oświetlenie awaryjne – projektowanie, instalacja i konserwacja
- 19** | Warsztat tematyczny z zakresu „Wytucznych CNBOP-PIB W-0007:2020 Integracja Systemów Bezpieczeństwa Pożarowego Obiektów Budowlanych”
- 20** | Szkolenie Inspektorów Ochrony Przeciwożarowej

PEŁNA OFERTA ORAZ TERMINARZ SZKOLEŃ NA STRONIE WWW.CNBOP.PL

Zapytania w sprawie szkoleń prosimy kierować na adres e-mail: ds@cnbop.pl lub tel. (+48) 22 76 93 221, 391, 368

Jarosław Tępiński^{a)}, Wojciech Klapsa^{a)}, Krzysztof Cygańczuk^{a)}, Piotr Lesiak^{a)}, Michał Wojciech Lewak^{b)}

^{a)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

^{b)} *Warsaw University of Technology, Faculty of Chemical and Process Engineering / Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej*

* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: jtepinski@cnbop.pl*

Testing of Large Scale Pool Fire of Technical Ethanol

Badania pożaru powierzchniowego etanolu technicznego w dużej skali

ABSTRACT

Aim: The aim of this article is to determine the characteristics of a pool fire, including the temperatures and thermal radiation densities caused by it. Mappings of pool fires occurring in actual emergency events were conducted by performing large-scale polygon tests.

Project and methods: Experimental study of pool fire of technical ethanol was carried out on a specially built test stand in the training area of the Training Centre in Pionki of the Regional Headquarters of the State Fire Service in Warsaw. The pool fire test stand consisted of a test tray, with a test chamber with the diameter of 300 cm, founded on a reinforced concrete slab. Using a developed measurement system with data acquisition that included measurement sensors mounted at defined locations relative to the fire, temperatures and thermal radiation densities were measured at various distances/locations relative to the fire. Metrological data such as air temperature, atmospheric pressure, humidity, wind direction and speed were monitored and recorded using the weather station. The height of the fire flame was measured by comparing it to racks set up nearby with marked scales of specific lengths.

Results: A polygon stand that was built to study pool fires, equipped with a temperature and thermal radiation density measuring system with measuring sensors distributed in defined locations, is discussed. A study of a pool fire resulting from the combustion of dehydrated, fully contaminated ethanol was conducted. The study measured temperatures, thermal radiation densities, and flame heights. The average and maximum values of temperatures and thermal radiation densities during the steady-state combustion stage (i.e., phase II of the fire) were determined.

Conclusions: Based on the presented results of temperature and thermal radiation density measurements at various distances/locations relative to the pool fire site, there was a significant effect of wind direction and speed on these values. Higher temperature and heat radiation density were recorded at the sensors on the leeward side than on the windward side. As the wind speed decreased, there was an increase in the temperature values recorded on the thermocouples located above the centre of the bottom of the tray test chamber due to the flame, which, when not blown away, was allowed to rise vertically upward and fully sweep the temperature sensors.

Keywords: pool fire, field tests, technical ethanol, temperature, thermal radiation

Type of article: original scientific article

Received: 07.03.2022; Reviewed: 11.04.2022; Accepted: 11.04.2022;

Authors' ORCID ID's: J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795; W. Klapsa – 0000-0002-6481-587X; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880; P. Lesiak – 0000-0001-8465-2169; M.W. Lewak – 0000-0001-9012-8347;

Percentage contribution: J. Tępiński – 50%; W. Klapsa – 20%; K. Cygańczuk – 10%; P. Lesiak – 10%; M.W. Lewak – 10%;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 96–109, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.5>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest określenie charakterystyki pożaru powierzchniowego, w tym temperatur i gęstości promieniowań cieplnych przez niego wywoływanych. Odwzorowania pożarów powierzchniowych mających miejsce w rzeczywistych zdarzeniach awaryjnych przeprowadzono poprzez wykonanie poligonowych badań w dużej skali.

Projekt i metody: Badanie doświadczalne pożaru powierzchniowego etanolu technicznego zrealizowano na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku badawczym na terenie poligonu Ośrodka Szkolenia w Pionkach Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie. W skład stanowiska do badania pożarów powierzchniowych wchodziła taca badawcza, o średnicy komory badawczej wynoszącej 300 cm, posadowiona na płycie żelbetowej. Przy pomocy opracowanego układu pomiarowego z akwizycją danych, w skład którego wchodziły czujniki pomiarowe zamontowane w zdefiniowanych lokalizacjach względem pożaru, dokonano pomiarów temperatur i gęstości promieniowań cieplnych w różnych odległościach/lokalizacjach względem miejsca pożaru. Za pomocą stacji pogodowej monitorowano i rejestrowano dane metrologiczne, takie jak temperatura powietrza,

ciśnienie atmosferyczne, wilgotność, kierunek i prędkość wiatru. Pomiaru wysokości płomienia pożaru dokonano przez jego porównanie z ustawionymi w pobliżu stojakami z zaznaczonymi podziałkami o określonych długościach.

Wyniki: Omówiono poligonowe stanowisko, które zostało zbudowane do badania pożarów powierzchniowych, wyposażone w układ pomiarowy temperatur i gęstości promieniowań ciepłych z czujnikami pomiarowymi rozmieszczonymi w zdefiniowanych lokalizacjach. Przeprowadzono badania pożaru powierzchniowego powstałego w wyniku spalania etanolu odwodnionego, całkowicie skażonego. W ramach badań dokonano pomiarów temperatur, gęstości promieniowań ciepłych oraz wysokości płomienia. Wyznaczono średnie i maksymalne wartości temperatur i gęstości promieniowań ciepłych w etapie ustalonego spalania (tzn. II faza pożaru).

Wnioski: Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów temperatur i gęstości promieniowań ciepłych w różnych odległościach/lokalizacjach względem miejsca pożaru powierzchniowego, odnotowano znaczący wpływ kierunku i prędkości wiatru na te wartości. Wyższą temperaturę i gęstość promieniowań ciepłych rejestrowano na czujnikach po stronie zawietrznej niż po stronie nawietrznej. Na skutek spadku prędkości wiatru następował wzrost wartości temperatur rejestrowanych na termoparach umieszczonych nad środkiem dna komory badawczej tacy, co było spowodowane przez płomień, który niezdmuchiwany, mógł unosić się pionowo do góry i w pełni omiać czujniki temperatury.

Słowa kluczowe: pożar powierzchniowy, badania poligonowe, etanol techniczny, temperatura, promieniowanie ciepłe

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 07.03.2022; **Zrecenzowany:** 11.04.2022; **Zaakceptowany:** 11.04.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795; W. Klapsa – 0000-0002-6481-587X; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880; P. Lesiak – 0000-0001-8465-2169; M.W. Lewak – 0000-0001-9012-8347;

Procentowy wkład merytoryczny: J. Tępiński – 50%; W. Klapsa – 20%; K. Cygańczuk – 10%; P. Lesiak – 10%, M.W. Lewak – 10%;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 96–109, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.5>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

Fire is an uncontrolled combustion process taking place outside the place intended for this purpose. It is characterized by the presence of harmful factors, such as: flame, rise of temperature, smoke, toxic products of combustion. The most common type of fire in the industry is a pool fire. It is formed by the ignition of released flammable vapours from the surface of a spill formed on a solid substrate as a result of a leakage of a flammable substance [1–2]. A flammable substance is a constant supply of flammable vapours, formed by heat delivered to the surface of the liquid from the flame [1–2]. The main hazards caused by a pool fire are temperature rise, thermal radiation and toxic gaseous products emitted as smoke. Depending on the fire situation (e.g. the area of the spillway), the intensity of these factors will vary, and high temperature and thermal radiation are the main factors that threaten living organisms, including the rescuers [3].

Over the years, various experimental studies have been carried out on the problem of the pool fires [1, 4–6], most often with the aim of developing or verifying mathematical models to estimate the consequences of failure. Experimental studies were carried out at different scales – from small laboratory to large field scale. A detailed understanding of the phenomenon of liquid combustion in spills has allowed the development of effective methods for estimating its effects, enabling the correct assessment of the risk of an accident associated with it. Based on the results obtained from the field tests, the researchers also verified already existing mathematical models describing the flame characteristics [7–8]. This allowed to determine their level of accuracy or validity in the light of an increasing number of results from experimental studies.

As part of the project entitled “Programme for the evaluation of the risk of accidents in industrial facilities posing a hazard

Wprowadzenie

Pożar to niekontrolowany proces spalania zachodzący poza miejscem do tego celu przeznaczonym, charakteryzujący się występowaniem czynników szkodliwych, takich jak: płomień, wzrost temperatury, dym, toksyczne produkty spalania. Najczęściej występującym w przemyśle rodzajem pożaru jest pożar powierzchniowy. Powstaje on w wyniku zapłonu uwalnianych par palnych z powierzchni rozlewiska, utworzonego na podłożu stałym w wyniku wycieku substancji palnej [1–2]. Substancja palna stanowi stały dopływ par palnych, powstających w wyniku ciepła dostarczanego do powierzchni cieczy od płomienia [1–2]. Głównymi zagrożeniami powodowanymi przez pożar powierzchniowy jest wzrost temperatury, promieniowanie ciepłe oraz wydobywające się w postaci dymu toksyczne produkty gazowe. W zależności od sytuacji pożarowej (np. powierzchni rozlewiska) intensywność oddziaływania tych czynników będzie różna, a wysoka temperatura i promieniowanie ciepłe to główne czynniki zagrażające organizmom żywym, w tym ratownikom [3].

Na przestrzeni wielu lat prowadzone były różne badania eksperymentalne nad problematyką pożarów powierzchniowych [1, 4–6], najczęściej w celu opracowania lub weryfikacji modeli matematycznych służących do szacowania skutków awarii. Badania doświadczalne prowadzono w różnej skali – od małej laboratoryjnej do dużej poligonowej. Szczegółowe poznanie zjawiska spalania cieczy w rozlewiskach pozwoliło na opracowanie efektywnych metod szacowania jego skutków, umożliwiających prawidłową ocenę ryzyka awarii z nim związanej. Na podstawie wyników otrzymywanych z badań poligonowych, badacze dokonywali również weryfikacji już istniejących modeli matematycznych opisujących charakterystykę płomienia [7–8]. Pozwoliło to na określenie poziomu ich dokładności lub aktualności w świetle przybywającej liczby wyników z badań eksperymentalnych.

outside their premises” [9–10] acronim EVARIS (Evaluation of Risk), implemented in the area of defence and national security, financed by the National Centre for Research and Development (agreement No. DOB-BIO7/09/03/2015), large-scale experimental studies of pool fires were carried out. They were performed on a purpose-built test stand located on the training ground of the Training Centre in Pionki of the Regional Headquarters of the State Fire Service in Warsaw. The aim of the experimental study was to carry out verification and validation of the IT programme RAT-if (Risk Assessment Toolbox AT Hazardous Industrial Facilities Posing Threat Outside their Area) [9–10], which is the main output of the EVARIS project for carrying out a comprehensive risk assessment of accidents at industrial facilities posing threats outside their area. The final version of the RAT-if programme will provide comprehensive support for the officers of the State Fire Service and the authorities of the Environmental Protection Inspectorate in the process of issuing opinions on the conditions of development around industrial establishments, including in the vicinity of establishments with an increased or high risk of a major industrial accident.

The results of the research presented in this article, allowed to determine the characteristics of pool fire, including temperatures and thermal radiation density caused by it. The study used technical ethanol, which has a wide range of applications in domestic and industrial use and is a highly flammable liquid that poses great risks to human life and health, among other things. The presented research extends the literature on large-scale technical ethanol pool fire experiments and advances the knowledge of the hazards and effects caused by pool fires occurring in real emergency incidents.

Field test stand for pool fires

The pool fire test stand (see Figure 1) consisted of, among other things, a test tray with supporting elements, which was founded on a reinforced concrete slab. The slab was made in such a way as to protect the soil, ground water and underground water from the negative effects of combustion products and extinguishing water during the test. A technical drawing of the test tray, with a test chamber with the diameter of 300 cm, is shown in Figure 2. The tray was made of materials resistant to testing factors, including heat radiation and temperature shocks. Water was used to cool the tray, which was placed in a ring-shaped chamber located around the test chamber.

W ramach projektu pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem” [9–10] akronim EVARIS (ang. *Evaluation of Risk*), realizowanego w zakresie obronności i bezpieczeństwa państwa, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (umowa nr DOB-BIO7/09/03/2015), przeprowadzono poligonowe badania doświadczalne pożarów powierzchniowych w dużej skali. Wykonano je na specjalnie do tego celu zbudowanym poligonowym stanowisku badawczym zlokalizowanym na terenie poligonu Ośrodka Szkolenia w Pionkach Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie. Celem badań doświadczalnych było przeprowadzenie weryfikacji i walidacji programu informatycznego RAT-if (ang. *Risk Assessment Toolbox AT Hazardous Industrial Facilities Posing Threat Outside their Area*) [9–10], będącego głównym efektem projektu EVARIS, służącego do przeprowadzenia kompleksowej oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem. Finalna wersja programu RAT-if zapewni kompleksowe wsparcie dla funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej i organów Inspekcji Ochrony Środowiska w procesie opiniowania warunków zabudowy wokół zakładów przemysłowych, w tym w sąsiedztwie zakładów o zwiększonym lub dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej.

Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań pozwoliły na określenie charakterystyki pożaru powierzchniowego, w tym temperatur i gęstości promieniowań cieplnych przez niego wywoływanych. W badaniach wykorzystano etanol techniczny, znajdujący szeroki zakres zastosowań w użytku domowym i przemysłowym, będący wysoce łatwopalną cieczą stwarzającą duże zagrożenia m.in. dla życia i zdrowia ludzi. Zaprezentowane badania rozszerzają literaturę dotyczącą eksperymentów w zakresie pożarów powierzchniowych etanolu technicznego w dużej skali i pogłębiają wiedzę z zakresu zagrożeń oraz skutków powodowanych przez pożary powierzchniowe mające miejsce w rzeczywistych zdarzeniach awaryjnych.

Poligonowe stanowisko do badania pożarów powierzchniowych

W skład stanowiska do badania pożarów powierzchniowych (zob. ryc. 1) wchodziła m.in. taca badawcza wraz z elementami wsporczymi, którą posadowiono na płycie żelbetowej. Płytę wykonano w taki sposób, aby podczas badania zapewniała ochronę gruntu, wód gruntowych i podziemnych przed negatywnym oddziaływaniem produktów spalania oraz wód gaśniczych. Rysunek techniczny tacy badawczej, o średnicy komory badawczej wynoszącej 300 cm, przedstawiono na rycinie 2. Tacę wykonano z materiałów odpornych na czynniki badawcze, w tym promieniowanie cieplne oraz szoki temperaturowe. Do chłodzenia tacy wykorzystano wodę, którą umieszczono w komorze o kształcie pierścienia znajdującej się wokół komory badawczej.



Figure 1. Pool fire test stand
Rycina 1. Stanowisko do badania pożarów powierzchniowych
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

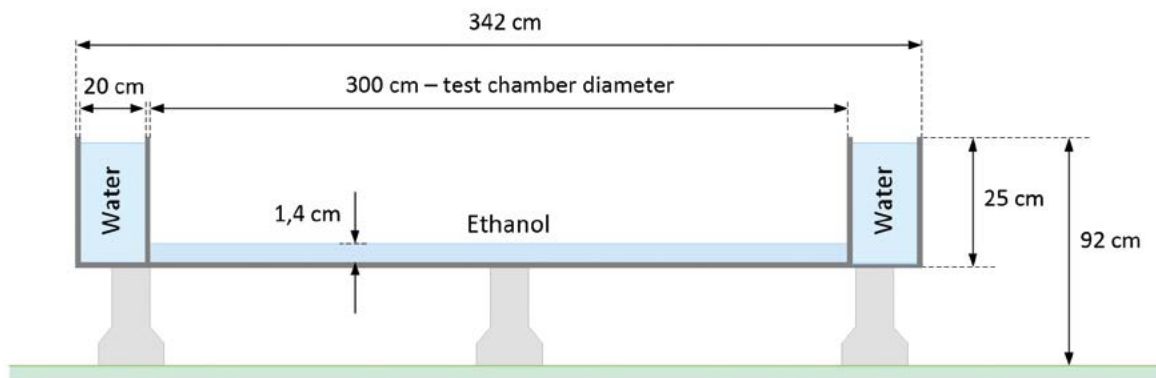


Figure 2. Technical drawing of a test tray
Rycina 2. Rysunek techniczny tacy badawczej
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

As part of the study of a pool fire resulting from the combustion of technical ethanol, measurements of temperature, thermal radiation density and flame height were assumed. The arrangement of the temperature and heat radiation density sensors on the test stand is shown in Figure 3. The thermocouples T4–T15 (see Figure 3) were aligned to provide a distance dependence of temperature values and facilitate comparison with computational models.

W ramach badań pożaru powierzchniowego, powstałego w wyniku spalania etanolu technicznego, założono przeprowadzenie pomiarów temperatur, gęstości promieniowań cieplnych oraz wysokości płomienia. Sposób rozmieszczenia czujników temperatury i gęstości promieniowania cieplnego na stanowisku badawczym przedstawiono na rycinie 3. Termopary T4–T15 (zob. ryc. 3) ustawiono w jednej linii, co dało możliwość uzyskania zależności wartości temperatury od odległości i ułatwiło porównanie z modelami obliczeniowymi.

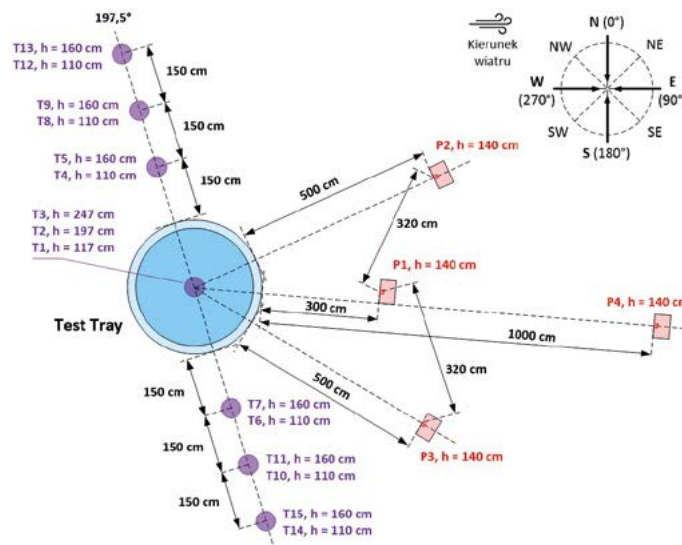


Figure 3. Technical drawing of the arrangement of temperature and thermal radiation density sensors on the test stand; T – thermocouple, P – thermal radiation density sensor

Rycina 3. Rysunek techniczny rozmieszczenia czujników temperatury i gęstości promieniowania ciepłego na stanowisku badawczym; T – termopara, P – czujnik gęstości promieniowania ciepłego

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The temperature measuring system consisted of 15 thermocouples (12 type K and 3 type N class 1 according to PN-EN 60584-2), National Instruments controller type cDAQ 9174 equipped with NI 9214 input module with TB-9214 connection block [11], portable computer with SignalExpress software. Temperature values were recorded by the measuring system at a frequency of 0.5 Hz. To measure the temperatures above the test chamber of the tray, a heat-resistant steel stand (see Figure 4) was used, to which three N-type thermocouples were mounted, at heights: 50 cm, 130 cm and 180 cm above the centre of the tray bottom. The temperature sensors and 12 K-type thermocouples were mounted at the heights of 110 cm and 160 cm above the ground surface, using six heat-resistant steel stands (see Figure 5).

Układ pomiarowy temperatury składał się z 15 termopar (12 typu K i 3 typu N klasy 1 wg PN-EN 60584-2), kontrolera National Instruments typu cDAQ 9174 wyposażonego w moduł wejść NI 9214 z blokiem połączeniowym TB-9214 [11], przenośnego komputera z oprogramowaniem SignalExpress. Wartości temperatur były rejestrowane przez układ pomiarowy z częstotliwością 0,5 Hz. Do pomiaru temperatur nad komorą badawczą tacy wykorzystano stojak (zob. ryc. 4) ze stali żaroodpornej, do którego zamontowano trzy termopary typu N, na wysokościach: 50 cm, 130 cm i 180 cm nad środkiem dna tacy. Czujniki temperatury i 12 termopar typu K zamontowano na wysokościach 110 cm i 160 cm nad powierzchnią ziemi, przy wykorzystaniu sześciu stojaków (zob. ryc. 5) ze stali żaroodpornej.

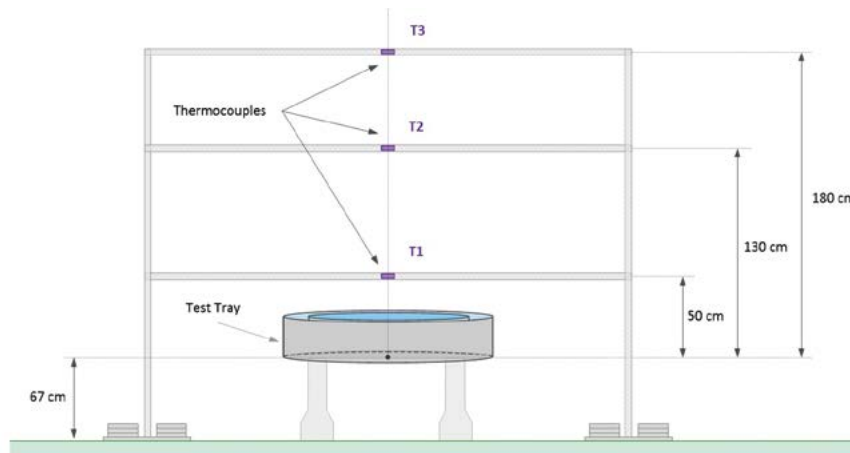


Figure 4. Heat-resistant steel stand for mounting thermocouples N-type

Rycina 4. Stojak ze stali żaroodpornej do montażu termopar typu N

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

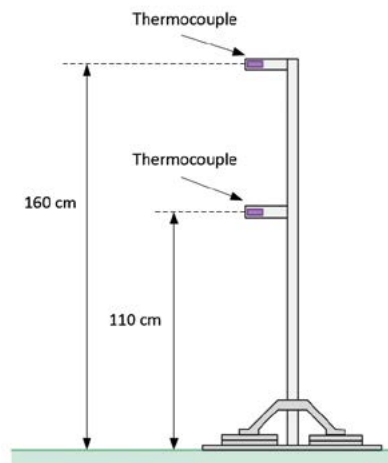


Figure 5. Heat-resistant steel stand for mounting thermocouples K-type
Rycina 5. Stojak ze stali żaroodpornej do montażu termopar typu K

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The thermal radiation measurement system consisted of 4 Schmidt-Boelter thermal radiation density sensors model SBG01 [12], a DATAQ DI-2008 data acquisition module [13] and a portable computer with WINdaq software. The operating principle of the Schmidt-Boelter SBG01 thermal radiation density sensor is based on the change in voltage produced by the amount of energy absorbed on the sensitive element [12]. The measuring system ensured the recording of values of the thermal radiation density at a frequency of 2 Hz. Dedicated closed water cooling systems were used to cool the SBG01 thermal radiation density sensors, which include submersible pumps to provide the required water pressure and flow, and 20 dm³ coolant tanks. Construction schematic of a closed water cooling system for radiation density sensors is shown in Figure 6.

W skład układu pomiarowego promieniowań cieplnych wchodziły 4 czujniki gęstości promieniowania cieplnego typu Schmidt-Boelter model SBG01 [12], moduł akwizycji danych DATAQ DI-2008 [13] oraz przenośny komputer wraz z oprogramowaniem WINdaq. Zasada działania czujnika gęstości promieniowania cieplnego Schmidt-Boelter SBG01 opiera się na zmianie napięcia wytwarzanego w skutek ilości zaabsorbowanej energii na elemencie czułym [12]. Układ pomiarowy zapewniał rejestrowanie wartości gęstości promieniowań cieplnych z częstotliwością 2 Hz. W celu chłodzenia czujników gęstości promieniowania cieplnego SBG01 wykorzystano dedykowane zamknięte wodne układy chłodzące, w skład których wchodzi m.in. pompy zanurzeniowe, zapewniające wymagane ciśnienie i przepływ wody oraz zbiorniki na ciecz chłodzącą o pojemności 20 dm³. Schemat konstrukcyjny zamkniętego wodnego układu chłodzenia czujników gęstości promieniowania przedstawiono na rycinie 6.

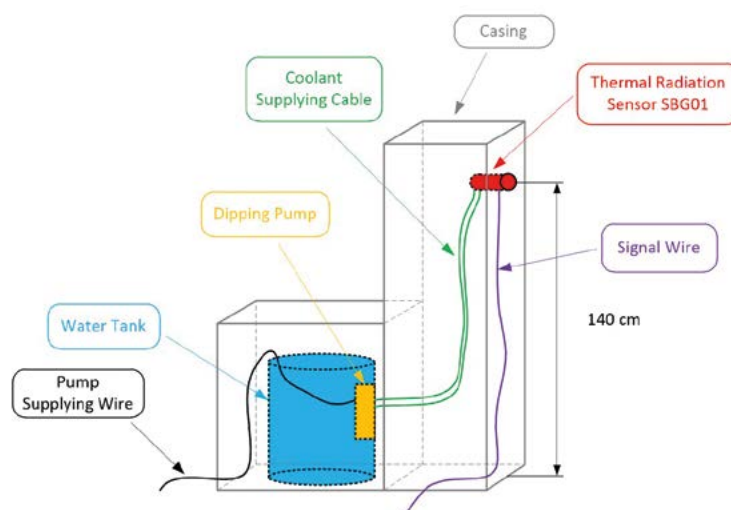


Figure 6. Thermal radiation density sensor with a water cooling system
Rycina 6. Czujnik gęstości promieniowania cieplnego z układem chłodzenia wodą

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Pool fire testing of technical ethanol

EU dehydrated fully denatured ethanol (ESOLL) (hereafter referred to as technical ethanol) was used in the study, the chemical composition of which is shown in Table 1.

Table 1. Specification of the mixture
Tabela 1. Specyfikacja mieszaniny

Chemical composition / Skład chemiczny	Units / Jednostki	Limits / Tolerancje
Ethanol dehydrated / Etanol odwodniony	% m/m	max. 98.0
Isopropanol / Izopropanol	% m/m	min. 1.0
Methyl ethyl ketone / Metyloetyloketon	% m/m	min. 1.0
Denatonium benzoate / Denatonium benzoate	% m/m	min. 0.001

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

The field test stand prepared for pool fire testing of technical ethanol is shown in Figure 7. Temperature and thermal radiation density were measured using a developed measuring system with data acquisition, which included measuring sensors mounted in the defined locations relative to the fire (see Figure 3).

Badania pożaru powierzchniowego etanolu technicznego

W badaniu wykorzystano etanol (ESOLL) odwodniony całkowicie skażony metodą EU (zwany dalej etanolem technicznym), którego skład chemiczny przedstawiono w tabeli 1.

Poligonowe stanowisko badawcze przygotowane do badań pożaru powierzchniowego etanolu technicznego przedstawiono na rycinie 7. Pomiarów temperatur i gęstości promieniowań cieplnych dokonano przy pomocy opracowanego układu pomiarowego z akwizycją danych, w skład którego wchodziły czujniki pomiarowe zamontowane w zdefiniowanych lokalizacjach względem pożaru (zob. ryc. 3).

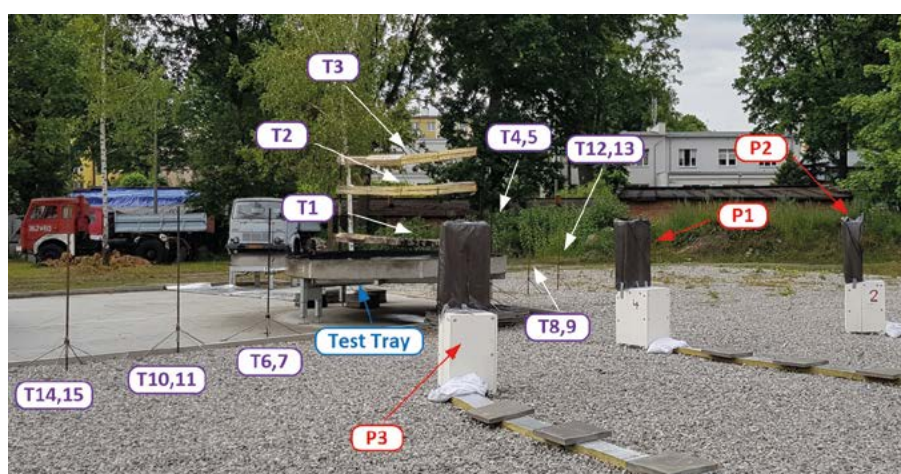


Figure 7. Pool fire test stand prepared for testing: T – thermocouple, P – thermal radiation density sensor
Rycina 7. Stanowisko do badania pożarów powierzchniowych przygotowane do badań: T – termopara, P – czujniki gęstości promieniowania cieplnego

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Metrological data such as air temperature, atmospheric pressure, humidity, wind direction and speed were monitored and recorded using the weather station. During the tests, changes in wind speed at 106 s, 138 s and 168 s and wind direction at 106 s

Za pomocą stacji pogodowej monitorowano i rejestrowano dane metrologiczne, takie jak temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność, kierunek i prędkość wiatru. W trakcie badań zarejestrowano zmiany prędkości wiatru w 106 s, 138 s

and 138 s were recorded (see Table 2). For further considerations, the wind direction is taken as the direction from which the wind is blowing. The wind diagram (wind programme, wind rose) is shown in Figure 3.

Table 2. Metrological conditions during field tests

Tabela 2. Warunki metrologiczne podczas badań poligonowych

Temperature / Temperatura		22°C
Air pressure / Ciśnienie powietrza		1017.6 hPa
Humidity / Wilgotność		56%
Wind speed / Prędkość wiatru	Time: / Czas: (0 s. 106 s)	0.4 m/s
	Time: / Czas: (106 s. 138 s)	0.9 m/s
	Time: / Czas: (138 s. 168 s)	0.1 m/s
	Time: / Czas: (168 s. 360 s)	0.4 m/s
Wind direction / Kierunek wiatru	Time: / Czas: (0 s. 106 s)	WNW – 292.5°
	Time: / Czas: (106 s. 138 s)	NNW – 337.5°
	Time: / Czas: (138 s. 360 s)	W – 270°

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The size of the pool fire flame, determined from the average reading of the video recording from 26 s to 210 s of the test, was 286 cm. The height was estimated by comparing the height of the flame with racks set up nearby with marked graduations of specific lengths. Figure 8 shows a photograph of the site with the height measurement plotted scale, which was taken during the survey.

Rozmiar płomienia pożaru powierzchniowego, wyznaczony ze średniej odczytów z zapisu wideo od 26 s do 210 s badania, wyniósł 286 cm. Oszacowania wysokości dokonano przez porównanie wysokości płomienia z ustawionymi w pobliżu stojakami z zaznaczonymi podziałkami o określonych długościach. Na rycinie 8 przedstawiono zdjęcie stanowiska z naniesioną skalą pomiarową wysokości, które wykonano w trakcie realizacji badania.

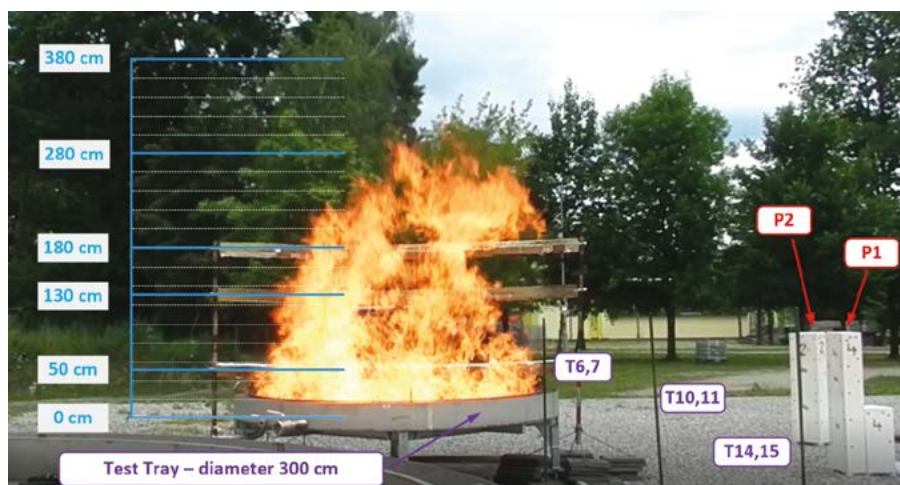


Figure 8. Pool fire test stand during the test

Rycina 8. Stanowisko do badania pożarów powierzchniowych w trakcie realizacji badań

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The results of the measurements of instantaneous temperature values and thermal radiation densities carried out during the field fire test are shown in Figures 9–13. The mean and maximum values of the temperatures and heat radiation densities recorded on the measuring sensors are shown in Figure 14. The mean values were determined as time averages of the readings of the instantaneous values during the steady burning stage of the fire (i.e. phase II of the fire), the duration of which was assumed to be between 26 s and 210 s (see Figures 9–13). The time interval over which the average values were determined does not take into account phase I of the fire – from ignition to maximum fire energy/efficiency – and phase III of the fire, i.e. fire extinction. In the course of the test, a significant effect of wind on the values of the recorded temperatures and heat radiation densities on the sensors was observed. Deflecting the flame to the leeward side caused the flame to approach thermocouples T6, T7, T10, T11, T14, T15 and to move away from thermocouples T4, T5, T8, T9, T12 and T13. The results of the recorded temperature values and thermal radiation densities (see Figures 9–13) are higher on sensors placed closer to the leeward side than on sensors placed closer to the windward side. For example, the mean temperature values at thermocouples T7 and T6 were 71.0°C and 52.8°C, respectively, while those at thermocouples T5 and T4 were 41.4°C and 37.8°C (see Figure 14).

During the test, between 106 s and 138 s, the highest wind speed of 0.9 m/s was recorded, which blew from a north-north-westerly direction (NNW, 337.5°). The impact of the northwest wind, caused the flame to deflect directly in a straight line onto thermocouples T6, T7, T10, T11, T14 and T15, resulting in an increase in the temperature values recorded on them (see Figures 10–12). For example, thermocouples T6 and T7 recorded an increase in the temperature values from 72.7°C and 61.0°C to 161.3°C and 69.3°C, respectively. At the same time, thermocouples mounted on the opposite side of the test tray indicated slight decreases in temperature values.

At the lowest wind speed prevailing during the test, 0.1 m/s, there was an increase in the temperature values recorded at thermocouples T1, T2 and T3 (see Figure 9). This was caused by a flame that, when not blown out, could rise vertically upwards and fully sweep the temperature sensors located above the centre of the bottom of the tray test chamber.

During the experiment, the thermal radiation generated by the flame, which is one of the most important heat transport mechanisms in the fire environment, was also recorded [14]. The set up heat radiation density sensors monitored the immediate zone of influence, where the emitted heat could lead to changes in the fire situation and endanger people. The maximum values that were recorded (see Figure 13) on sensors P1 and P3 can cause pain after 15–20 s, burns after 30 s [14]. Analysing the graph, also in this case, a strong influence of the wind direction on the magnitude of the recorded thermal radiation density is noticeable. The second aspect affecting this value is the distance itself from the surface of the burning liquid. For methanol combustion, a distance of 10 m or more, for fires with a spill area diameter of up to 3 m, may be considered safe. The radiation density values during the experiment at the P4 sensor location did not exceed 1 kW/m².

Wyniki pomiarów chwilowych wartości temperatur i gęstości promieniowań cieplnych, przeprowadzonych w trakcie poligonowego badania pożaru, przedstawiono na rycinach 9–13. Wartości średnie i maksymalne temperatur oraz gęstości promieniowań cieplnych, zarejestrowanych na czujnikach pomiarowych, przedstawiono na rycinie 14. Wartości średnie wyznaczono jako średnie w czasie z odczytu wartości chwilowych w etapie ustalonego spalania pożaru (tzn. w II fazie pożaru), którego czas trwania przyjęto od 26 s do 210 s (zob. ryc. 9–13). Przedział czasu, w którym dokonano wyznaczenia wartości średnich, nie uwzględnia I fazy pożaru – od zapłonu do osiągnięcia maksymalnej energii/wydajności pożaru – oraz fazy III pożaru, czyli wygaszania pożaru. W trakcie badań zaobserwowano znaczący wpływ wiatru na wartości rejestrowanych temperatur oraz gęstości promieniowań cieplnych na czujnikach. Odchylenie płomienia w kierunku zawietrznej powodowało, że płomień zbliżał się do termopar T6, T7, T10, T11, T14, T15, a oddalał się od termopar T4, T5, T8, T9, T12 i T13. Wyniki zarejestrowanych wartości temperatur i gęstości promieniowań cieplnych (zob. ryc. 9–13) są wyższe na czujnikach umieszczonych bliżej strony zawietrznej niż na czujnikach umieszczonych bliżej strony nawietrznej. Przykładowo, wartości średnie temperatur na termoparach T7 i T6 wynosiły odpowiednio 71,0°C i 52,8°C, podczas gdy na termoparach T5 i T4 wynosiły 41,4°C i 37,8°C (zob. ryc. 14).

W trakcie badania, pomiędzy 106 s a 138 s zarejestrowano najwyższą, wynoszącą 0,9 m/s, wartość prędkości wiatru, który wiał z kierunku północno-północno-zachodniego (NNW, 337,5°). Oddziaływanie północno-zachodniego wiatru, powodowało odchylenie płomienia bezpośrednio w linii prostej na termopary T6, T7, T10, T11, T14 i T15, w wyniku czego nastąpił wzrost wartości temperatur na nich rejestrowanych (zob. ryc. 10–12). Przykładowo, na termoparach T6 i T7 zarejestrowano wzrost wartości temperatur odpowiednio z 72,7°C i 61,0°C do 161,3°C i 69,3°C. W tym samym czasie termopary zamontowane po przeciwnej stronie tacy badawczej wskazały niewielkie spadki wartości temperatur.

Przy najniższej prędkości wiatru panującej podczas badania, wynoszącej 0,1 m/s, nastąpił wzrost wartości temperatur rejestrowanych na termoparach T1, T2 i T3 (zob. ryc. 9). Było to spowodowane przez płomień, który niezdmuchiwany, mógł unosić się pionowo do góry i w pełni omiatać czujniki temperatury umieszczone nad środkiem dna komory badawczej tacy.

W trakcie eksperymentu dokonano rejestracji promieniowania cieplnego generowanego przez płomień, które jest jednym z ważniejszych mechanizmów transportu ciepła w środowisku pożaru [14]. Rozstawione czujniki gęstości promieniowania cieplnego monitorowały bezpośrednią strefę oddziaływania, w której wydzielające się ciepło może doprowadzić do zmian w sytuacji pożaru i zagrozić ludziom. Maksymalne wartości jakie rejestrowano (zob. ryc. 13) na czujnikach P1 i P3 mogą powodować ból po 15–20 s, oparzenia – po 30 s [14]. Analizując wykres, również i w tym przypadku zauważalny jest silny wpływ kierunku wiatru na wielkość rejestrowanej gęstości promieniowania cieplnego. Drugim aspektem wpływającym na tę wartość jest sama odległość od powierzchni spalanej cieczy. W przypadku spalania się metanolu odległość wynosząca 10 m i więcej, dla pożarów o średnicy powierzchni rozlewiska do 3 m, może być uznana za bezpieczną. Wartości gęstości promieniowania w czasie eksperymentu w miejscu ustawienia czujnika P4 nie przekraczały 1 kW/m².

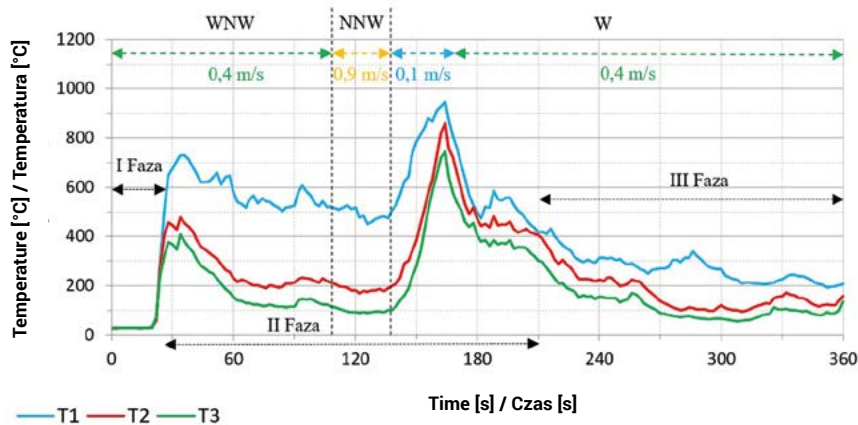


Figure 9. Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T1, T2 and T3 located above the bottom of the test tray
Rycina 9. Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T1, T2 i T3 umieszczone nad dnem tacy badawczej

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

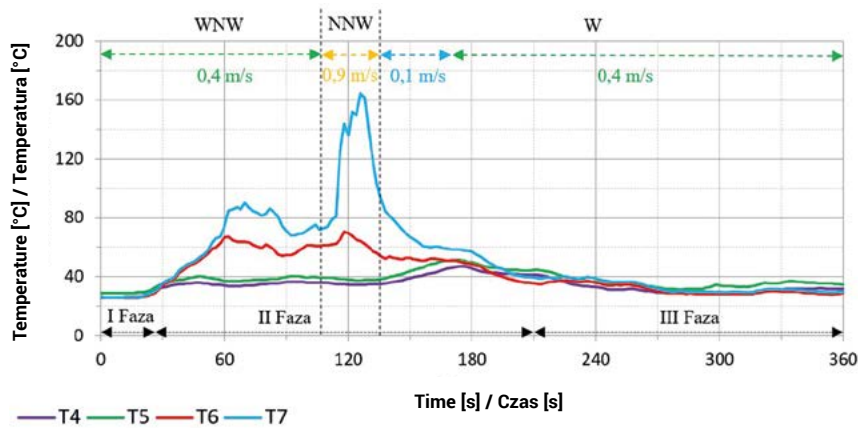


Figure 10. Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T4, T5, T6 and T7

Rycina 10. Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T4, T5, T6 i T7

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

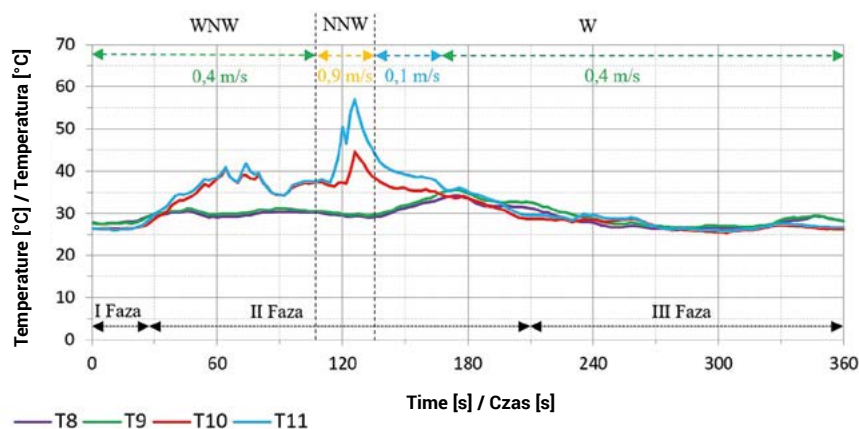


Figure 11. Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T8, T9, T10 and T11

Rycina 11. Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T8, T9, T10 i T11

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

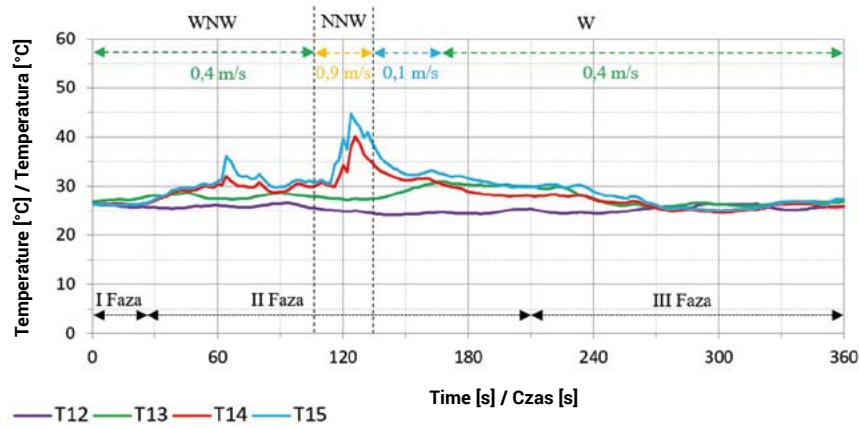


Figure 12. Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T12, T13, T14 and T15
Rycina 12. Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T12, T13, T14 i T15
Source / Źródło: Own elaboration. / Opracowanie własne.

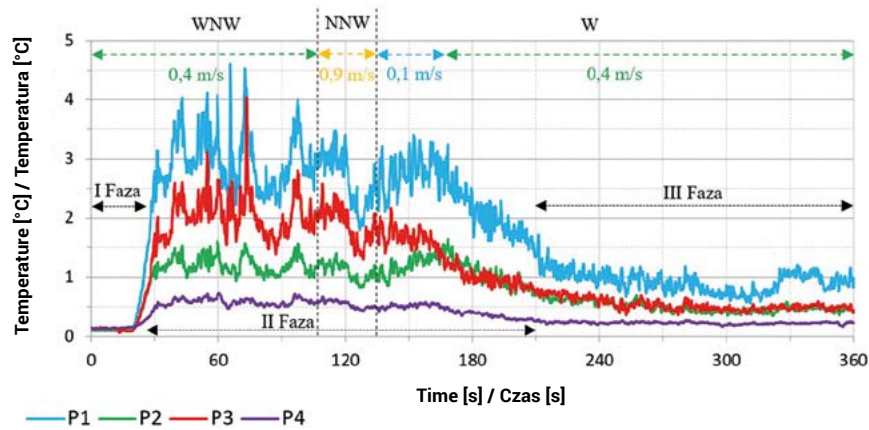


Figure 13. Graph of changes in the value of thermal radiation density as a function of time, indicated by sensors P1, P2, P3 and P4
Rycina 13. Wykres zmian wartości gęstości promieniowań ciepłych w funkcji czasu, wskazywanych przez czujniki P1, P2, P3 i P4
Source / Źródło: Own elaboration. / Opracowanie własne.

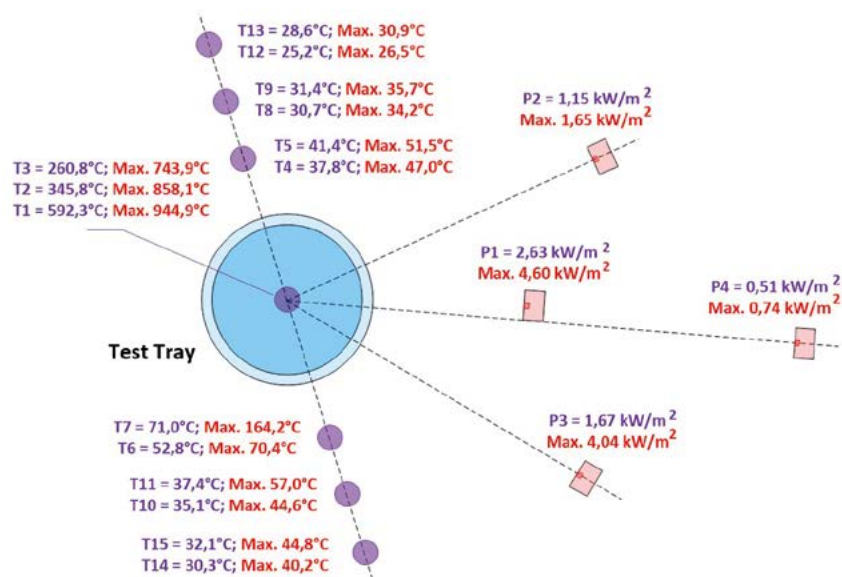


Figure 14. Average and maximum values of temperatures and thermal radiation density registered during the test
Rycina 14. Wartości średnie i maksymalne temperatur i gęstości promieniowań ciepłych zarejestrowane podczas badania
Source / Źródło: Own elaboration. / Opracowanie własne.

Conclusion

Some of the most common fires are pool fires, which are characterised by high temperatures and associated high thermal radiation. In order to determine the temperatures thermal radiation densities caused by a pool fire, polygon tests were carried out. During the tests, temperatures and thermal radiation densities were measured at various distances/locations relative to the pool fire site of technical ethanol using a developed measuring system that included measuring sensors mounted at defined locations. During the tests, a significant effect of the wind on the recorded values was observed. Higher values of temperature and heat radiation density were recorded at the sensors on the leeward side than on the windward side. The decrease in wind speed caused an increase in the temperature values recorded on the thermocouples located above the centre of the bottom of the tray test chamber, which was caused by the flame that, when not blown away, could rise vertically upwards and fully sweep the temperature sensors. Therefore, an important aspect of rescue and firefighting operations is to approach the fire from the windward side. At the same time, it has been demonstrated that it is quite safe to stay within 10 m of methanol spill fires with diameters up to 3 m, while undertaking firefighting activities from a distance of less than 10 m requires the use of personal protective equipment.

The test results presented in this article have allowed to determine the characteristics of a pool fire. The large-scale research contributes to a better knowledge of the hazards and effects caused by the pool fires in real emergency events.

This publication has been prepared under the project number DOB-BI07/09/03/2015 entitled "Programme for the evaluation of the risk of accidents in industrial facilities posing a hazard outside their premises" funded by the National Centre for Research and Development.

Podsumowanie

Jednymi z najczęściej występujących pożarów są pożary powierzchniowe, które cechują się wysoką temperaturą i związanym z nią wysokim promieniowaniem cieplnym. W celu określenia temperatur i gęstości promieniowań cieplnych wywoływanych przez pożar powierzchniowy, przeprowadzono badania poligonowe. Podczas wykonywania badań przy pomocy opracowanego układu pomiarowego, w skład którego wchodziły czujniki pomiarowe zamontowane w zdefiniowanych miejscach, dokonano pomiarów temperatur i gęstości promieniowań cieplnych w różnych odległościach/lokalizacjach względem miejsca pożaru powierzchniowego etanolu technicznego. W trakcie testów zaobserwowano znaczący wpływ wiatru na wartości rejestrowanych wielkości. Wyższe wartości temperatur i gęstości promieniowań cieplnych rejestrowano na czujnikach po stronie zawietrznej niż po stronie nawietrznej. Spadek prędkości wiatru powodował wzrost wartości temperatur rejestrowanych na termoparach umieszczonych nad środkiem dna komory badawczej tacy, co było spowodowane przez płomień, który niezdmuchiwany, mógł unosić się pionowo do góry i w pełni omiatać czujniki temperatury. Dlatego ważnym aspektem działań ratowniczych i gaśniczych jest podchodzenie do pożaru od strony nawietrznej. Jednocześnie wykazano, że przebywanie w odległości 10 m od pożarów rozlewisk metanolu o średnicach do 3 m jest dość bezpieczne, natomiast podejmowanie działań gaśniczych z odległości mniejszych niż 10 m wymaga użycia indywidualnych środków zabezpieczających.

Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań pozwoliły na określenie charakterystyki pożaru powierzchniowego. Badania przeprowadzone w dużej skali przyczyniają się do pogłębienia wiedzy z zakresu zagrożeń oraz skutków powodowanych przez pożary powierzchniowe mające miejsce w rzeczywistych zdarzeniach awaryjnych.

Publikacja została opracowana w ramach projektu nr DOB-BI07/09/03/2015 pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Literature / Literatura

- [1] Tępiński J., Połec B., Klapsa W., Lesiak P., *Badania pożarów powierzchniowych i strumieniowych w dużej skali*, [w:] *Badania na rzecz poprawy bezpieczeństwa w zakładach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem*, J. Tępiński, B. Połec (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2020, 45–67.
- [2] <https://pse-safety.com/podstawowe-rodzaje-pozarow/> [dostęp: 2 marca 2022].
- [3] Klapsa W., Suchecki S., Bąk D., Dziechciarz A., *Czynniki narażenia podczas pożarów*, [w:] *Czerwona Księga Pożarów Tom I*, P. Guzowski, D. Wróblewski, D. Małozieć (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, 275–292.
- [4] Blanchat T., Figueroa V., *Large-scale open pool experimental data and analysis for fire model validation and development*, "Fire Safety Science" 2008, 9, 105–115, <https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.9-105>.
- [5] Zhen C., Xiaolin W., *Analysis for combustion properties of crude oil pool fire*, "Procedia Engineering" 2014, 84, 514–523, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.463>.
- [6] Hamins A., Klassen M. S., Kashiwagi T., *Heat feedback to the fuel surface in pool fires*, "Combustion Science and Technology" 1994, 97, 37–62, <https://doi.org/10.1080/00102209408935367>.

- [7] Bubbico R., Dusserre G., Mazzarotta B., *Calculation of the flame size from burning liquid pools*, "Chemical Engineering Transactions" 2016, 53, 67–72, <https://doi.org/10.3303/CET1653012>.
- [8] Munoz M., Arnaldos J., Casal J., Planas E., *Analysis of the geometric and radiative characteristics of hydrocarbon pool fires*, "Combustion and Flame" 2004, 139, 263–277, <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2004.09.001>.
- [9] Tępiński J., Wawrzyńczak A., Siess G., Cygańczuk K., *Program informatyczny do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych*, „Przemysł Chemiczny” 2021, 4, 356–361, <https://doi.org/10.15199/62.2021.4.8>.
- [10] Połeć B., Tępiński J., *Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych – założenia projektu systemu a praktyczne zastosowanie*, [w:] *Metody i narzędzia wspomagające proces oceny ryzyka awarii w zakładach przemysłowych*, B. Połeć, J. Tępiński (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2019, 147–164, <https://doi.org/10.17381/2019.2>.
- [11] <https://www.ni.com/pdf/manuals/372838e.pdf> [dostęp: 2 marca 2022].
- [12] https://www.hukseflux.com/uploads/product-documents/SBG01_manual_v2023_0.pdf [dostęp: 2 marca 2022].
- [13] <https://www.dataq.com/resources/pdfs/manuals/di-2008-usb-voltage-thermocouple-daq.pdf> [dostęp: 2 marca 2022].
- [14] Klapsa W., Lesiak P., Tępiński J., Połeć B., *Pomiary promienowania cieplnego i temperatury pożarów rozlewisk cieczy oraz pożarów strumieniowych – założenia koncepcyjne do badań w dużej skali*, [w:] *Badania na rzecz poprawy bezpieczeństwa w zakładach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem*, J. Tępiński, B. Połeć (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2020, 13–44, <https://doi.org/10.17381/2020.1>.

JAROSŁAW TĘPIŃSKI, PH.D. ENG. – graduated from the Faculty of Electrical Engineering of the Warsaw University of Technology with a specialization in Automation and Computer Engineering. In 2016, at the same faculty, he obtained a doctoral degree in technical sciences. Currently, he is an assistant professor at the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in Józefów and a head of a research and scientific project entitled “A program for assessing the risk of accidents in industrial facilities posing a threat outside their premises”. Specialty – electrical engineering, automation and technical fire protection systems.

JUNIOR BRIG. WOJCIECH KLAPSA, M.SC. ENG. – a graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw and the Military University of Technology in Warsaw, Faculty of Chemistry. Currently, he serves at Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in the Laboratory of Combustion Processes and Explosions as a manager. Author or co-author of articles on fire safety and flammable properties of building materials. At CNBOP-PIB, he deals with the subject of technical expertise of buildings, court opinions in the field of determining the causes of fires and research in the field of reaction to fire of construction products, as well as determining the explosive parameters of flammable substances. A speaker at national and international conferences, as well as a lecturer during exercises, workshops and training during training courses and other course.

COL. RET. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK, PH.D. ENG. – he completed his master’s studies at the University of Szczecin and doctoral studies at the War Art Academy in Warsaw, as well as postgraduate studies in foreign service at the National Defense Academy, data protection and information security at the Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw and crisis management at NATO Defense College (Rome) and NATO School (Oberammergau). In 2004–2008 he was a liaison officer of the NATO Office (NLO) in Kyiv, in 2008–2010 he was a consul at the Consulate General of the Republic of Poland in Lviv. He is an assistant professor at the Department of Studies and Scientific Projects at CNBOP-PIB in Józefów. Specialty – environmental engineering, safety science.

DR INŻ. JAROSŁAW TĘPIŃSKI – w 2008 r. ukończył studia o specjalności Automatyka i Inżynieria Komputerowa na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Na tym samym wydziale w 2016 r. uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych. Obecnie jest adiunktem w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie oraz kierownikiem projektu badawczo-naukowego pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem”. Specjalność – elektrotechnika, automatyka oraz techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych.

MŁ. BRYG. MGR INŻ. WOJCIECH KLAPSA – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie i Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie Wydziału Chemii. Obecnie pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości na stanowisku Kierownika. Autor lub współautor artykułów o tematyce bezpieczeństwa pożarowego oraz właściwości palnych materiałów budowlanych. W CNBOP-PIB zajmuje się tematyką ekspertyz technicznych budynków, opinii sądowych w zakresie ustalania przyczyn pożarów oraz badaniami w zakresie reakcji na ogień wyrobów budowlanych, a także wyznaczaniem parametrów wybuchowych substancji palnych. Prelegent na konferencjach krajowych i zagranicznych, a także wykładowca podczas ćwiczeń oraz warsztatów i treningów na szkoleniach i kursach.

PŁK REZ. DR INŻ. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK – ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie Szczecińskim oraz studia doktoranckie w Akademii Sztuki Wojennej w Warszawie, a także studia podyplomowe z zakresu służby zagranicznej w Akademii Obrony Narodowej, ochrony danych i bezpieczeństwa informacji na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie oraz zarządzania kryzysowego w NATO Defence College (Rzym) i NATO School (Oberammergau). W latach 2004–2008 był oficerem łącznikowym Biura NATO (NLO) w Kijowie, z kolei w latach 2008–2010 był konsulem w Konsulacie Generalnym RP we Lwowie. Jest adiunktem w Dziale Prac Studialnych i Projektów Naukowych w CNBOP-PIB w Józefowie. Specjalność – inżynieria środowiska, nauki o bezpieczeństwie. Przedstawiciel

Representative of the Technical Committee No. 176 for Military Technology and Supply in the Polish Committee for Standardization.

JUNIOR BRIG. PIOTR LESIAK, M.SC. ENG. – he graduated from the Main School of Fire Service in Warsaw in 2002. A graduate of engineering studies in Chemistry at the Military University of Technology, he completed his post-graduate studies in Business Process Safety at the Lodz University of Technology. He works at the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in Józefów as a Deputy Manager at the Laboratory of Combustion Processes and Explosions.

MICHAŁ WOJCIECH LEWAK, PH.D. ENG. – in 2005, he began doctoral studies at the Faculty of Chemical and Process Engineering of the Warsaw University of Technology. In 2011, he obtained a doctorate with honors, specializing in chemical engineering. Since 2011, he has been a research and teaching worker at the Warsaw University of Technology. He works as a lecturer at the Division of Kinetics and Process Thermodynamics at the Faculty of Chemical and Process Engineering. He deals with mathematical modeling of mass, heat and energy transport phenomena in physicochemical systems with particular emphasis on methods related to computational fluid mechanics. In addition, he deals with process safety issues in chemical reactors, mathematical modeling related to jet fire and contamination spreading.

Komitetu Technicznego nr 176 ds. Techniki Wojskowej i Zaopatrzenia w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

ML. BRYG. MGR INŻ. PIOTR LESIAK – w 2002 r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Absolwent studiów inżynierskich na kierunku chemia w Wojskowej Akademii Technicznej oraz studiów podyplomowych Bezpieczeństwo Procesów Przemysłowych na Politechnice Łódzkiej. Pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej PIB w Józefowie na stanowisku Zastępcy Kierownika w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości.

DR. INŻ. MICHAŁ LEWAK – W roku 2005 rozpoczął studia doktorskie na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej. W roku 2011 uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora specjalność inżynieria chemiczna. Od 2011 roku jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Politechniki Warszawskiej. Pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Kinetyki i Termodynamiki Procesowej na Wydziale Inżynierii chemicznej i Procesowej. Zajmuje się modelowaniem matematycznym zjawisk transportu masy, ciepła i energii w układach fizykochemicznych. Ze szczególnym uwzględnieniem metod związanych z obliczeniową mechaniką płynów. Ponadto zajmuje się problemami bezpieczeństwa procesowego w reaktorach chemicznych, modelowaniem matematycznym związanym z pożarem strumieniowym i rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń.

Andrzej Puka^{a)}, Krzysztof Cygańczuk^{b)*}

^{a)} Chamber of Tax Administration in Kraków, National Tax Administration / Izba Administracji Skarbowej w Krakowie, Krajowa Administracja Skarbowa

^{b)} Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowozarowej – Państwowy Instytut Badawczy

* Corresponding author / Autor korespondencyjny: kcyganczuk@cnbop.pl

Chemical Safety of Poland and the European Union and the Activities of the National Tax Administration

Bezpieczeństwo chemiczne Polski i Unii Europejskiej a działalność Krajowej Administracji Skarbowej

ABSTRACT

Aim: This article attempts to present the issues related to the strengthening of chemical, ecological and environmental safety as an essential component of the safety of citizens and the activities of public authorities, on the example of the activities of the National Tax Administration.

Introduction: Currently, over 100 thou. chemical products are used in production and consumption. Therefore, ensuring chemical safety is a priority, taking into account the fact that further civilization development determines maintaining this number at a similar or higher level, which enables greater mobility of societies, as well as providing food for a mass growing population. We encounter illegal activities involving the use of chemicals almost every day, which is an increasing threat to international security and peace in the world, further escalating hybrid threats. Chemical safety is essential for ecological safety, it guarantees the necessary cleanliness of the environment, and moreover, it is inextricably linked with the health safety of the societies. Ensuring chemical safety and compliance with the environmental protection standards is one of the objectives of the National Tax Administration, which translates directly into the protection of Poland's borders against environmental, chemical and general international security threats.

Methodology: The work includes a synthetic review of basic literature based on guidelines, regulations and directives, both national and European. The current achievements in the area of chemical safety applied in national bodies and the implementation of EU legal acts for the security of Poland were summarized.

Conclusions: Based on the analysis and synthesis of the literature review, the effectiveness of the activities of customs and tax authorities in Poland and the European Union in ensuring chemical and environmental safety was assessed. The role of Poland as a border country exposed to smuggling from the eastern direction deserves special attention.

Keywords: chemical safety, National Tax Administration (KAS), REACH, CLP, PIC

Type of article: review article

Received: 04.02.2022; Reviewed: 20.02.2022; Accepted: 22.02.2022;

Authors' ORCID IDs: A. Puka – 0000-0002-5641-3395; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 110–128, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.6>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: W ramach niniejszego artykułu podjęto próbę przybliżenia kwestii związanych z wzmocnieniem bezpieczeństwa chemicznego i ekologicznego, a także środowiskowego jako niezbędnego składnika bezpieczeństwa obywateli i działalności organów publicznych na przykładzie działalności Krajowej Administracji Skarbowej.

Wprowadzenie: Obecnie w produkcji i konsumpcji wykorzystywanych jest ponad 100 tys. produktów chemicznych. W związku z tym zagwarantowanie bezpieczeństwa chemicznego jest priorytetem, biorąc pod uwagę fakt, że dalszy rozwój cywilizacyjny determinuje utrzymanie tej liczby na podobnym lub wyższym poziomie, co umożliwi większą mobilność społeczeństw, a także zapewnienie wyżywienia rosnącej masowo liczby ludności. Niemal codziennie spotykamy się z nielegalną działalnością z użyciem substancji chemicznych, która stanowi coraz większy czynnik zagrożenia dla bezpieczeństwa międzynarodowego i pokoju na świecie, dodatkowo eskalując zagrożenia hybrydowe. Bezpieczeństwo chemiczne jest istotne dla bezpieczeństwa ekologicznego, gwarantuje niezbędną czystość środowiska, a ponadto jest ono nierozdzielnie związane z bezpieczeństwem zdrowotnym społeczeństw. Zapewnienie

bezpieczeństwa chemicznego i przestrzegania norm ochrony środowiska jest jednym z celów Krajowej Administracji Skarbowej, co przekłada się bezpośrednio na ochronę granic Polski przed zagrożeniami ekologicznymi, chemicznymi oraz związanymi z ogólnym bezpieczeństwem międzynarodowym.

Metodologia: W pracy dokonano syntetycznego przeglądu podstawowej literatury w oparciu o wytyczne, rozporządzenia oraz dyrektywy zarówno krajowe, jak i Unii Europejskiej. Podsumowano dotychczasowe osiągnięcia w obszarze bezpieczeństwa chemicznego zastosowane w organach państwowych oraz implementacji aktów prawnych UE na rzecz bezpieczeństwa Polski. Do analizy wykorzystano scenariusze ćwiczeń, na podstawie których opisano efekty praktycznych działań, które zostały wprowadzone w życie w postaci skuteczniejszej koordynacji działań na szczeblach kierowania struktur celno-skarbowych zarówno krajowych, jak i zagranicznych podmiotów.

Wnioski: Na podstawie analizy oraz syntezy przeglądu literatury dokonano oceny skuteczności działalności organów celno-skarbowych w Polsce oraz Unii Europejskiej w zapewnieniu bezpieczeństwa chemicznego i środowiskowego. Na szczególną uwagę zasługuje rola Polski jako kraju granicznego narażonego na przemyt z kierunku wschodniego.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo chemiczne, Krajowa Administracja Skarbowa (KAS), REACH, CLP, PIC

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 04.02.2022; **Zrecenzowany:** 20.02.2022; **Zaakceptowany:** 22.02.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: A. Puka – 0000-0002-5641-3395; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 110–128, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.6>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

National Tax Administration are authorities that enforce the provisions of REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) [1] and CLP (Classification, Labelling, Packaging) [2] and cooperate with other entities to enforce the obligations arising from these regulations at the borders of the European Union and within it as effectively and efficiently as possible. The Customs and Fiscal Service is a constant and uniformed formation within the National Tax Administration (KAS), created as a result of a merger of tax, customs and fiscal control administrations. The role of the Customs and Tax Service officers is, among others, careful enforcement of the rules to ensure that goods entering the European Union comply with both its rules and national rules. Therefore, chemical products are controlled as non-tariff-restricted goods and are commercial policy measures.

Commercial policy measures are established as part of the common policy, expressed in the form of Community legislation on the import and export of goods. These are surveillance or security measures, quantitative restrictions or limits, and import or export bans. Trade policy measures are also referred to as non-tariff tools, which include, among others, import licenses, while non-tariff tools are understood as technical, quality, sanitary and other standards introduced by the European Union to ensure safe use of the appropriate quality of the so-called healthy goods.

The protective activities of the National Tax Administration include:

- enforcing laws that protect the environment, health and ensure safety,
- checking the legality of exports of sensitive technologies that may be used in the production of nuclear or chemical weapons,
- fighting counterfeit goods and piracy – in the interests of safety and health, and to protect the jobs of those

Wstęp

Organy Krajowej Administracji Skarbowej to organy egzekwujące przepisy REACH (ang. *Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals*) [1] i CLP (ang. *Classification, Labelling, Packaging*) [2] oraz współpracujące z innymi podmiotami w celu wyegzekwowania obowiązków wynikających z tych rozporządzeń na granicach Unii Europejskiej i wewnątrz niej w jak najbardziej skuteczny i wydajny sposób. Służba Celno-Skarbowa jest wyodrębnioną w ramach Krajowej Administracji Skarbowej (KAS) jednolitą i umundurowaną formacją, powstałą w wyniku połączenia administracji podatkowej, celnej i kontroli skarbowej. Rolą funkcjonariuszy Służby Celno-Skarbowej jest m.in. staranne egzekwowanie zasad, aby towary wprowadzane na obszar Unii Europejskiej były zgodne zarówno z jej przepisami, jak i przepisami krajowymi. Produkty chemiczne kontrolowane są zatem jako towary podlegające ograniczeniom pozataryfowym i należą do środków polityki handlowej.

Środki polityki handlowej to środki ustanowione jako część wspólnej polityki, przedstawione w formie przepisów wspólnotowych dotyczących przywozu i wywozu towarów. Są to środki dozoru lub ochrony, ograniczenia bądź limity ilościowe oraz zakazy przywozu lub wywozu. Środki polityki handlowej określane są także jako narzędzia pozataryfowe, do których można zaliczyć m.in. licencje importowe, natomiast narzędzia pozataryfowe rozumiane są jako wprowadzone przez Unię Europejską normy i standardy techniczne, jakościowe, wymagania sanitarne i inne dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania odpowiedniej jakości tzw. zdrowych towarów.

Działania ochronne Krajowej Administracji Skarbowej obejmują m.in.:

- egzekwowanie przepisów, które chronią środowisko, zdrowie oraz zapewniają bezpieczeństwo,
- sprawdzanie legalności eksportu szczególnie chronionych technologii, które mogą zostać wykorzystane do produkcji broni jądrowej lub chemicznej,

- employed by legitimate manufacturers,
- supporting other authorities in the fight against drug and firearms smuggling in the fight against organized crime and terrorism.

- zwalczanie towarów podrobionych i piractwa – w interesie bezpieczeństwa i zdrowia oraz ochrony miejsc pracy tych, którzy są zatrudniani przez legalnych producentów,
- wspieranie innych organów w zwalczaniu przemytu narkotyków i broni palnej w ramach walki z przestępczością zorganizowaną i terroryzmem.

The role of the Customs and Tax Service in the control of chemicals

There is a wide variety of goods in the work of the National Tax Administration, and their identification and proper approach to them require specific and specialist knowledge. In EU Member States, customs administrations make every effort to properly train their officials and employees. Maintaining an appropriate and high level of expert knowledge in various areas is a great challenge for officers and employees of the Customs and Tax Service. During the control of chemical products, the safety measures required for hazardous chemical products must be applied. When customs controls require detailed scientific or chemical expertise, the analysis of goods is carried out by laboratories established in the area of combating economic crime or in the customs and border division.

Pursuant to the Ordinance of the Minister of Development and Finance of 27 December 2017 on the establishment of laboratories of the organizational units of the National Tax Administration, their organization and scope of operation [3], laboratories were established in the area of combating economic crime or in the customs and border division:

- Masovian Customs and Tax Office in Warsaw,
- Lublin Customs and Tax Office in Biała Podlaska,
- Podlasie Customs and Tax Office in Białystok,
- Pomeranian Customs and Tax Office in Gdynia,
- Podkarpackie Customs and Tax Office in Przemyśl.

In addition, officers were equipped with mobile laboratories to test the quality of fuels. The laboratory is equipped with specialized devices and analysers that allow for screening analyses of crude oil, biofuels and biocomponents. The purpose of these tests is the initial and quick assessment of the properties (parameters) of the products. The use of a mobile laboratory enables officers to detect substandard fuels and fuels from illegal sources anywhere in the country.

Procedure for chemicals introduced into the territory of the European Union

Chemicals and derivative products imported to the European Union are checked and controlled at various stages of transport. The course of this process takes into account the information available to KAS authorities. Due to this, it is possible to carry out border control at various points in the customs and tax zone

Rola Służby Celno-Skarbowej w kontroli chemikaliów

W pracy Krajowej Administracji Skarbowej występuje duże zróżnicowanie towarów, a ich identyfikacja oraz właściwe podejście do nich wymagają szczególnej i specjalistycznej wiedzy. W państwach członkowskich UE administracje celne dokładają wszelkich starań, aby w sposób właściwy przeszkolić swoich funkcjonariuszy i pracowników. Utrzymywanie właściwego i wysokiego poziomu wiedzy eksperckiej w różnych obszarach jest dla funkcjonariuszy i pracowników Służby Celno-Skarbowej dużym wyzwaniem. W trakcie kontroli produktów chemicznych muszą być zastosowane środki bezpieczeństwa wymagane dla niebezpiecznych produktów chemicznych. W przypadku, gdy kontrole celne wymagają szczególowej ekspertyzy naukowej lub chemicznej, analizę towarów przeprowadzają laboratoria utworzone w pionie zwalczania przestępczości ekonomicznej albo w pionie celno-granicznym.

Zgodnie z zarządzeniem Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 27 grudnia 2017 r. w sprawie utworzenia laboratoriów jednostek organizacyjnych Krajowej Administracji Skarbowej, ich organizacji i zakresu działania [3], utworzono laboratoria w pionie zwalczania przestępczości ekonomicznej lub w pionie celno-granicznym:

- Mazowieckiego Urzędu Celno-Skarbowego w Warszawie,
- Lubelskiego Urzędu Celno-Skarbowego w Białej Podlaskiej,
- Podlaskiego Urzędu Celno-Skarbowego w Białymstoku,
- Pomorskiego Urzędu Celno-Skarbowego w Gdyni,
- Podkarpackiego Urzędu Celno-Skarbowego w Przemyślu.

Ponadto funkcjonariusze zostali wyekwipowani w laboratoria mobilne do badania jakości paliw. Laboratorium jest wyposażone w specjalistyczne urządzenia i analizatory, które pozwalają dokonać przesiewowych analiz ropy naftowej, biopaliw i biokomponentów. Celem tych badań jest wstępna i szybka ocena właściwości (parametrów) produktów. Użytkowanie mobilnego laboratorium umożliwia funkcjonariuszom wykrywanie w dowolnych miejscach kraju paliw niespełniających norm oraz pochodzących z nielegalnych źródeł.

Tryb postępowania dla chemikaliów wprowadzanych na terytorium Unii Europejskiej

Chemikalia i wyroby pochodne, które są przywożone do krajów Unii Europejskiej, podlegają sprawdzeniu i kontroli na różnych etapach transportu. Przebieg tego procesu uwzględnia informacje dostępne organom KAS. Dzięki temu możliwe jest przeprowadzenie kontroli granicznej w różnych punktach strefy

(sea and air ports, road and pedestrian crossings). In order for the control of goods entering the territory of the Union to be effective and expeditious, the customs authorities require certain information to be sent in good time in order to assess the risk level. Upon delivery of goods to the territory of the European Union, customs authorities require very precise and complete information in the customs declaration. This allows risk to be assessed in advance and checks to be carried out when necessary.

Customs inspection tasks for chemicals

Pursuant to art. 2 sec. 1 point 14 of the Act on the National Tax Administration [4], the tasks of KAS include: identifying, detecting and combating crimes and offenses related to the violation of provisions on goods, the trade of which is banned or limited under Polish law, European Union law or international agreements, as well as the prevention of these crimes and offenses and the prosecution of their perpetrators, if they have been disclosed by the Customs and Tax Service. The REACH regulation does not explicitly specify the obligations of KAS bodies. The Prior Informed Consent Regulation [5] (PIC, Regulation (EU) 649/2012 of 4 July 2012 on the export and import of hazardous chemicals) governing the import and export of certain hazardous chemicals places obligations on companies wishing to export these chemicals to non-EU countries. Article 18 (1) of that regulation provides that KAS authorities are responsible for controlling imports and exports of chemicals listed in annex I to that regulation.

These chemicals belong to one or more of the three chemical groups listed in parts 1, 2 and 3 respectively of annex I mentioned above. Depending on the assigned group, they are subject to the following procedures:

- export notifications (chemicals listed in part 1),
- PIC notifications and export notifications (chemicals listed in part 2),
- International PIC (Rotterdam Convention Prior Informed Consent Procedure) and Export Notifications (chemicals listed in part 3).

In art. 29 sec. 5 of the Act of 25 February 2011 on chemical substances and their mixtures [6], it is indicated that KAS authorities supervise compliance with the provisions regarding:

1. Export and import of dangerous chemicals as defined in regulation no. 649/2012 [5]. The regulation entered into force on 1 March 2014. From that date, the European Chemicals Agency (ECHA) is responsible for the administrative and technical tasks related to the new regulation and is expected to provide scientific and technical guidance to industry, designated national authorities from the EU and third countries, as well as the European Commission. EPIC is an IT tool established and maintained by ECHA to ensure that the requirements of the PIC Regulation are met using IT systems. There are three independent ePIC interfaces: for industrial users, for authorities (ECHA, designated national authorities and the European

celno-skarbowej (porty morskie i lotnicze, przejścia drogowe i piesze). Aby kontrola towarów wprowadzanych na terytorium Unii była skuteczna i sprawna, organy celne wymagają przesłania pewnych informacji odpowiednio wcześniej w celu oceny poziomu ryzyka. W momencie dostarczenia towarów na teren Unii Europejskiej, organy celne wymagają bardzo precyzyjnych i kompletnych informacji w zgłoszeniu celnym. Pozwala to na ocenę ryzyka z wyprzedzeniem i przeprowadzenie kontroli, gdy jest ona niezbędna.

Zadania kontrolne organów celnych dotyczące chemikaliów

Zgodnie z art. 2 ust. 1 pkt 14 ustawy o Krajowej Administracji Skarbowej [4] do zadań KAS należy: rozpoznawanie, wykrywanie i zwalczanie przestępstw i wykroczeń związanych z naruszeniem przepisów dotyczących towarów, którymi obrót podlega zakazom lub ograniczeniom na mocy przepisów prawa polskiego, przepisów prawa Unii Europejskiej lub umów międzynarodowych, a także zapobieganie tym przestępstwom i wykroczeniom oraz ściganie ich sprawców, jeżeli zostały ujawnione przez Służbę Celno-Skarbową. W rozporządzeniu REACH nie zostały wskazane wprost obowiązki organów KAS. Rozporządzenie w sprawie zgody po uprzednim poinformowaniu [5] (PIC, rozporządzenie (UE) 649/2012 z dnia 4 lipca 2012 r. dotyczące wywozu i przywozu niebezpiecznych chemikaliów) regulujące import i eksport określonych niebezpiecznych chemikaliów nakłada obowiązki na przedsiębiorstwa, które chciałyby dokonać eksportu tych chemikaliów do państw nienależących do UE. Art. 18 ust.1 tego rozporządzenia stanowi, że organy KAS są odpowiedzialne za kontrolowanie przywozu i wywozu chemikaliów wymienionych w załączniku I do tego rozporządzenia.

Chemikalia te należą do jednej lub więcej z trzech grup chemikaliów wymienionych odpowiednio w częściach 1, 2, 3 ww. załącznika I. W zależności od przypisanej grupy podlegają one następującym procedurom:

- powiadomienia o wywozie (chemikalia wymienione w części 1),
- powiadomienia PIC oraz powiadomienia o wywozie (chemikalia wymienione w części 2),
- międzynarodowa PIC (procedura zgody po uprzednim poinformowaniu przewidziana przez Konwencję Rotterdamską) oraz powiadomienia o wywozie (chemikalia wymienione w części 3).

W art. 29 ust. 5 ustawy z dnia 25.02.2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach [6] wskazano natomiast, że organy KAS sprawują nadzór w zakresie przestrzegania przepisów dotyczących:

1. Wywozu i przywozu niebezpiecznych chemikaliów, określonych w rozporządzeniu nr 649/2012 [5]. Rozporządzenie weszło w życie w dniu 1 marca 2014 r. Od tego dnia Europejska Agencja Chemikaliów (ECHA) odpowiada za administracyjne i techniczne zadania związane z nowym rozporządzeniem i ma przekazywać naukowe i techniczne wytyczne dla przemysłu, wyznaczonych organów

Commission) and for customs. The system enables the secure exchange of information between industrial users, authorities and customs.

2. A substance, mixture or article, the import of which is prohibited or which are subject to import restrictions, in accordance with the regulations issued on the basis of art. 26 of the Act [6]. Restrictions apply to the import /placing on the market of hazardous substances, dangerous mixtures, substances or mixtures that pose an unjustified risk to human health or the environment, or when it results from international agreements (art. 26 sec. 1). One of such agreements prohibiting the marketing (import) or use of matches containing white (yellow) phosphorus in the territory of the Republic of Poland was formulated in the international convention prohibiting the use of white (yellow) phosphorus in the production of matches, signed in Bern on 26 September 1906 [7]. The above Act [6] also refers to the method of applying restrictions, taking into account their purpose, for the cases specified in annex XVII to the regulation no. 1907/2006 (art. 26 sec. 2), e.g. restrictions on the placing on the market of substances or mixtures containing carbonates and sulphates lead, ammonium nitrates and paint strippers containing dichloromethane.
3. Import of a substance, mixture or article specified in Title VII of the regulation no. 1907/2006 (authorization procedure – applies to the placing on the market of substances listed in annex XIV of the regulation no. 1907/2006 mentioned above).
4. Import of a substance, mixture or article listed in annex XVII to regulation no. 1907/2006. The customs authorities shall notify the competent state sanitary inspector of the cases of importing of substances, mixtures or articles which raise doubts of the customs authority as to the compliance by the importers with the conditions specified in this annex.

In addition, the supervision of customs services covers the export of chemicals or articles listed in annex V of the PIC Regulation [5], the use of which is completely prohibited in the EU and their export is prohibited. Currently, annex V includes soaps containing mercury and 18 chemicals or chemical groups listed in the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) in accordance with its provisions [8]. Future decisions under the Stockholm Convention could lead to more chemicals and articles being included in annex V.

krajowych z UE i państw trzecich oraz Komisji Europejskiej. Aplikacja ePIC jest narzędziem informatycznym ustanowionym i prowadzonym przez ECHA w celu zapewnienia realizacji wymogów wynikających z rozporządzenia PIC przy użyciu systemów informatycznych. Istnieją trzy niezależne interfejsy ePIC: dla użytkowników przemysłowych, dla organów (ECHA, wyznaczone organy krajowe i Komisja Europejska) oraz dla służb celnych. System umożliwia bezpieczną wymianę informacji między użytkownikami przemysłowymi, organami i służbami celnymi.

2. Substancje, mieszaniny lub wyroby, których import jest zakazany lub które podlegają ograniczeniom w imporcie, zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 26 ustawy [6]. Ograniczenia dotyczą importu/wprowadzania do obrotu substancji niebezpiecznych, mieszanin niebezpiecznych, substancji lub mieszanin stwarzających zagrożenie, które generują nieuzasadnione ryzyko dla zdrowia człowieka lub środowiska, lub gdy wynika to z porozumień międzynarodowych (art. 26 ust.1). Jedno z takich porozumień dotyczące zakazu wprowadzania do obrotu (importu) lub stosowania zapalek zawierających biały (żółty) fosfor na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej zostało sformułowane w konwencji międzynarodowej o zakazie używania białego (żółtego) fosforu przy wyrobie zapalek, podpisanej w Bernie dnia 26 września 1906 r. [7]. Powyższa ustawa [6] odnosi się również do sposobu stosowania ograniczeń z uwzględnieniem ich celu dla przypadków określonych w załączniku XVII do rozporządzenia nr 1907/2006 (art. 26 ust. 2) np. ograniczeń dotyczących wprowadzania do obrotu substancji lub mieszanin zawierających węglany i siarczany ołowiu, azotany amonu i produktów do usuwania farb zawierających dichlorometan.
3. Importu substancji, mieszaniny lub wyrobu, określonych w tytule VII rozporządzenia nr 1907/2006 (procedura zezwoleń – dotyczy wprowadzania do obrotu substancji wymienionych w załączniku XIV ww. rozporządzenia nr 1907/2006).
4. Importu substancji, mieszaniny lub wyrobu wymienionego w załączniku XVII do rozporządzenia nr 1907/2006. O przypadkach importu substancji, mieszanin lub wyrobów, które budzą wątpliwości organu celnego co do przestrzegania przez importerów warunków określonych w tym załączniku, organy celne informują właściwego państwowego inspektora sanitarnego.

Dodatkowo, nadzór służb celnych obejmuje wywóz chemikaliów lub wyrobów wymienionych w załączniku V rozporządzenia PIC [5], których stosowanie jest całkowicie zabronione w UE i ich wywóz jest zakazany. Obecnie załącznik V obejmuje mydła zawierające rtęć oraz 18 chemikaliów lub grup chemikaliów wymienionych w Konwencji Sztokholmskiej w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) zgodnie z zawartymi w niej przepisami [8]. Przyszłe decyzje podejmowane na podstawie Konwencji Sztokholmskiej mogą doprowadzić do włączenia większej ilości chemikaliów i wyrobów do załącznika V.

Table 1. List of substances subject to an export ban
Tabela 1. Lista substancji, których dotyczy zakaz wywozu

Aldrin / Aldryna
Chlordane / Chlordan
Chlorodecone / Chlorodekon
Dieldrin / Dieldryna
DDT (1,1,1-trichloro-2,2-bis (4-chlorophenyl) ethane / DDT (1,1,1-trichloro-2,2-bis (4-chlorofenyl) etan
Endrin / Endryna
Heptabromodiphenyl ether C 12 H 3 Br 7 O / Eter heptabromodifenylu C 12 H 3 Br 7 O
Heptachlor / Heptachlor
Hexabromobiphenyl / Heksabromobifenyl
Hexabromodiphenyl ether C 12 H 4 Br 6 O / Eter heksabromodifenylu C 12 H 4 Br 6 O
Hexachlorobenzene / Heksachlorobenzen
Hexachlorocyclohexane, including lindane / Heksachlorocykloheksan, łącznie z lindanem
Mirex / Mirex
Pentabromodiphenyl ether C 12 H 5 Br 5 O / Eter pentabromodifenylu C 12 H 5 Br 5 O
Pentachlorobenzene / Pentachlorobenzen
Polychlorinated biphenyls (PCBs) / Polichlorowane bifenylo (PCB)
Tetrabromodiphenyl ether C 12 H 6 Br 4 O / Eter tetrabromodifenylu C 12 H 6 Br 4 O
Toxaphene (camphechlor) / Toksafen (kamfechlor)

Source: European Union, DG Taxud – Directorate-General for Taxation and Customs Union.
Źródło: Unia Europejska DG Taxud – Dyrekcja Generalna ds. Podatków i Unii Celnej.

Among the chemicals and products subject to the export ban, the following can also be mentioned:

- toilet soaps containing mercury,
- mercury compounds with the exception of compounds exported for research, medical or analytical purposes: cinnabar ore, mercury (I) chloride (Hg₂Cl₂, CAS No. 10112-91-1), mercury (II) oxide (HgO, CAS No. 21908-53-2); CN code 2852 00 00,
- metallic mercury and mixtures of metallic mercury with other substances, including mercury alloys, with a mercury concentration of at least 95% by weight CAS No 7439-97-6 CN code 2805 40.

It should also be remembered that the ban on the export of metallic mercury and its compounds mentioned above was also included in regulation (EU) 2017/852 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2017 on mercury and repealing regulation (EC) No. 1102/2008 [9]. This regulation is the result of signing by the EU of the Minamata Convention on Mercury, which took place in Kumamoto on 10 October 2013. According to art. 3 sec. 4 of this regulation, the mixing of metallic mercury with other substances solely for the purpose of exporting metallic mercury is prohibited from 15 March 2011.

Wśród chemikaliów i wyrobów objętych zakazem wywozu możemy jeszcze wymienić:

- mydła toaletowe zawierające rtęć,
- związki rtęci z wyjątkiem związków wywożonych w celach badawczo-naukowych, medycznych lub analitycznych: ruda cynobru, chlorek rtęci (I) (Hg₂Cl₂, nr CAS 10112-91-1), tlenek rtęci (II) (HgO, nr CAS 21908-53-2); kod CN 2852 00 00,
- rtęć metaliczna i mieszaniny rtęci metalicznej z innymi substancjami, w tym stopy rtęci, o stężeniu rtęci co najmniej 95% wagowo nr CAS 7439-97-6 kod CN 2805 40.

Należy też pamiętać, że ww. zakaz wywozu rtęci metalicznej i jej związków został także ujęty w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/852 z dnia 17 maja 2017 r. w sprawie rtęci oraz uchylającym rozporządzenie (WE) nr 1102/2008 [9]. Rozporządzenie to jest wynikiem podpisania przez UE Konwencji z Minamaty w sprawie rtęci, sporządzonej w Kumamoto 10 października 2013. Zgodnie z art. 3 ust. 4 tego rozporządzenia mieszanie rtęci metalicznej z innymi substancjami wyłącznie w celu wywozu rtęci metalicznej jest zabronione od dnia 15 marca 2011 r.

Obligations of customs authorities when chemicals are exported

Member States are required to designate, for example, customs authorities to control imports and exports of chemicals listed in annex I. These authorities, together with the Commission, should coordinate their enforcement activities with regard to the exporters, while Member States are required to submit periodic reports on such activities. In art. 29 sec. 55 of the Act of 25 February 2011 on chemical substances and mixtures [6], it was indicated that KAS authorities supervise compliance with the provisions concerning, among others, the export of dangerous chemicals as defined in the PIC regulation no. 689/2008 (repealed by regulation no. 649/2012). KAS authorities are therefore responsible for controlling exports of chemicals in accordance with art. 18 sec. 1 of the PIC regulation no. 649/2012.

Exporters are required to include a relevant reference identification number (RIN) in their customs declarations in relation to the export notifications, import decisions and explicit consents received, as well as export exemptions for the mentioned chemicals. This information must be entered in box 44 of the customs declaration for the export procedure. The ePIC interface is used to verify the RIN reference number, which provides officers with the necessary information to fulfil their duties. They can conduct ad hoc queries (based on the combination of RIN and importing countries) and check that an export is allowed at a given time by searching other relevant information about the export. The identification code entered in box 44 of the customs declaration that confirms the RIN requirement is code Y915. Where the code Y915 appears in box 44, it should be accompanied by the RIN reference number. Therefore, field 44 should contain Y915.

A special administrative procedure known as a “special RIN request” has also been prepared to facilitate certain exports. Moreover, it is also used for the export of items covered by the exemption provided for in art. 2 clause 3 of regulation no. 649/2012, i.e. substances listed in annex I or annex V and exported for research and analytical purposes in quantities not exceeding 10 kg. Under the “special RIN request” procedure, the exporter first checks that art. 2 clause 3 of regulation no. 649/2012 applies to exports. If so, the exporter requests a special RIN from the designated national authority of export (Chemicals Bureau). If art. 2 clause 3 of regulation no. 649/2012 applies, the designated national authority of export approves the application and activates RIN, which should be used by the exporter in the customs declaration.

Identification of chemicals at the EU border

Taking goods out of the customs territory of the European Union is possible after completing the customs formalities. They

Obowiązki organów celnych w przypadku wywozu chemikaliów

Państwa członkowskie mają obowiązek wyznaczyć organy np. celne do celów kontroli przywozu i wywozu chemikaliów wymienionych w załączniku I. Organy te wraz z Komisją powinny koordynować swoje działania wykonawcze w odniesieniu do eksporterów, natomiast państwa członkowskie mają obowiązek składania okresowych sprawozdań dotyczących tego rodzaju działań. W art. 29 ust. 55 ustawy z dnia 25.02.2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach [6] wskazano, że organy KAS sprawują nadzór w zakresie przestrzegania przepisów dotyczących m.in. wywozu niebezpiecznych chemikaliów określonych w rozporządzeniu PIC nr 689/2008 (uchylone rozporządzeniem nr 649/2012). Organy KAS są więc odpowiedzialne za kontrolowanie wywozu chemikaliów zgodnie z art. 18 ust. 1 rozporządzenia PIC nr 649/2012.

Eksporterzy mają obowiązek zamieścić odpowiedni identyfikacyjny numer referencyjny (ang. *reference identification number*, RIN) w swoich zgłoszeniach celnych w odniesieniu do powiadomień o wywozie, decyzji w sprawie przywozu oraz otrzymanych wyraźnych zgód, jak również zwolnień w zakresie wywozu wymienionych chemikaliów. Informacje te należy wpisać w polu 44 zgłoszenia celnego do procedury wywozu. Do weryfikacji numeru referencyjnego RIN służy funkcjonariuszom interfejs ePIC, który zapewnia im niezbędne informacje służące wypełnianiu ich obowiązków. Mogą oni przeprowadzać kwerendy doraźne (w oparciu o skojarzenie RIN i państwa przywozu) oraz sprawdzać, czy w danym czasie wywóz jest dozwolony, wyszukując inne stosowne informacje dotyczące wywozu. Kod identyfikacyjny umieszczony w polu 44 zgłoszenia celnego, który potwierdza wymóg dotyczący RIN to kod Y915. Jeżeli w polu 44 SAD umieszczony jest kod Y915, powinien być do niego numer referencyjny dołączony RIN. W związku z powyższym w polu 44 powinien znajdować się Y915.

Została również opracowana specjalna procedura administracyjna znana pod nazwą „wniosek o specjalny RIN”, która została ustanowiona w celu ułatwienia niektórych wywozów. Ponadto jest ona wykorzystywana również w odniesieniu do wywozu przedmiotów objętych zwolnieniem określonym w art. 2 ust. 3 rozporządzenia nr 649/2012, tj. substancji wymienionych w załączniku I lub załączniku V i wywożonych do celów badawczych i analitycznych w ilościach nieprzekraczających 10 kg. W ramach procedury „wniosku o specjalny RIN” eksporter sprawdza w pierwszej kolejności, czy art. 2 ust. 3 rozporządzenia nr 649/2012 ma zastosowanie do wywozu. Jeżeli tak, eksporter zwraca się z wnioskiem o specjalny RIN do wyznaczonego organu krajowego wywozu (Biuro ds. Substancji Chemicznych). Jeżeli art. 2 ust. 3 rozporządzenia nr 649/2012 ma zastosowanie, wyznaczony organ krajowy wywozu zatwierdza wniosek i aktywuje RIN, który powinien być użyty przez eksportera w zgłoszeniu celnym.

Identyfikacja chemikaliów na granicy UE

Wyprowadzanie towarów poza obszar celny Unii Europejskiej możliwe jest po dokonaniu formalności celnych. Są one

are initiated by the lodging of a customs declaration for export or a re-export declaration for non-Union goods. However, bringing goods into the customs territory of the European Union is possible after completing the customs formalities. They are initiated by the lodging of a customs declaration for release for free circulation or by the submission of another document required for the import of goods.

Transit is a customs procedure that allows carriers to transport goods across borders or territories without paying fees (customs duties, excise duty, VAT and other charges) that are normally due when goods are brought into that territory.

Customs formalities related to the transit of goods are initiated by the lodging of a customs declaration for the transit procedure.

Accurate identification of the declared goods is necessary, as it affects not only the correct calculation of customs duties. Substance identification is a process for determining the identity of a substance which may trigger the possible application of bans or restrictions. The description should be the normal sales description, but it must be precise enough to enable the goods to be immediately unequivocally identified and classified according to the CN of the customs tariff. The CN nomenclature is a development of the world's harmonized commodity description and coding system, known as the harmonized system (HS). The common customs tariff is a combination of the CN goods classification system and the customs duty rates for each class of goods, valid throughout the EU. On the other hand, the development of this tariff is the Integrated Tariff of the European Communities E (French: *TARif Intégré Communautaire*, TARIC) – a database linking customs tariffs and all measures that must be applied by entities importing or exporting goods. Polish national data (VAT and excise duty) and some domestic non-tariff measures not integrated in the TARIC database are available in the national tariff browser at ext-iszta4.mf.gov.pl (customs tariff service) and on PUESC electronic treasury and customs services platform.

However, practice shows that a commercial description of a product does not allow for full identification of the goods, which in case of chemicals may be a cause of hazards. The CUS number is a simple identifier for searching the ECICS European Customs Inventory of Chemical Substances database and for communicating with the customs service. It is issued by the European Commission (DG Taxation and Customs Union).

Prohibitions and restrictions integrated in the TARIC system (linked to certain codes and / or countries of origin of destination) that require a document, certificate or permit are usually transposed into the national customs systems to perform specific actions, e.g. if the CN code for the goods and a country of origin/destination for these goods have been entered in boxes 33 and 34, it triggers the need to enter a code of the document(s) used in box 44. Otherwise, the system will not allow the declaration to be finalized.

inicjowane złożeniem zgłoszenia celnego do procedury wywozu lub zgłoszenia do powrotnego wywozu w przypadku towarów nieunionijnych. Natomiast wprowadzanie towarów na obszar celny Unii Europejskiej możliwe jest po dokonaniu formalności celnych. Są one inicjowane złożeniem zgłoszenia celnego do procedury dopuszczenia do obrotu lub złożeniem innego dokumentu wymaganego przy przywozie towarów.

Tranzyt jest procedurą celną pozwalającą przewoźnikom na przewóz towarów przez granice lub terytoria bez konieczności uiszczenia opłat (należności celnych, podatku akcyzowego, podatku VAT i innych opłat), które są z zasady należne przy wprowadzaniu towarów na to terytorium.

Formalności celne związane z tranzytem towarów inicjowane są złożeniem zgłoszenia celnego do procedury tranzytu.

Dokładna identyfikacja zgłaszanych towarów jest konieczna, gdyż wpływa nie tylko na właściwe obliczenie należności celnych. Identyfikacja substancji jest procesem służącym określeniu tożsamości substancji, co może spowodować ewentualne zastosowanie zakazów lub ograniczeń. Opis powinien być zwykłym opisem handlowym, jednak musi być wystarczająco dokładny, żeby umożliwić natychmiastową jednoznaczną identyfikację i klasyfikację towarów zgodnie ze scaloną nomenklaturą CN z taryfy celnej. Nomenklatura CN jest rozwinięciem światowego zharmonizowanego systemu oznaczania i kodowania towarów, znanego jako system zharmonizowany (ang. *harmonized system*, HS). Połączeniem systemu klasyfikacji towarów w CN oraz stawek celnych dla każdej klasy towarów, obowiązujących na całym obszarze UE, jest wspólna taryfa celna. Natomiast rozwinięciem tej taryfy jest Zintegrowana Taryfa Wspólnot Europejskich E (fr. *TARif Intégré Communautaire*, TARIC) – baza danych łącząca taryfy celne i wszystkie środki, które muszą być zastosowane przez podmioty zajmujące się przywozem lub wywozem towarów. Polskie dane narodowe (podatki VAT i akcyza) oraz niektóre krajowe środki pozataryfowe niezintegrowane w bazie TARIC dostępne są w krajowej przeglądarce taryfowej na ext-iszta4.mf.gov.pl (serwis taryfy celnej) oraz na platformie elektronicznych usług skarbowo-celnych PUESC.

Praktyka wykazuje jednak, że opis handlowy produktu nie pozwala na pełną identyfikację towaru, co w przypadku chemikaliów może być przyczyną występowania zagrożeń. W celu udoskonalenia identyfikacji produktów chemicznych Komisja rozważa wprowadzenie do zgłoszeń celnych identyfikatora chemicznego – numerów CAS i CUS. Numer CUS to prosty identyfikator służący do przeszukiwania bazy danych Europejskiego Spisu Celnego Substancji Chemicznych ECICS oraz do komunikacji ze służbą celną. Nadawany jest przez Komisję Europejską (DG ds. Podatków i Unii Celnej).

Zakazy i ograniczenia zintegrowane w systemie TARIC (połączone z pewnymi kodami i/lub krajami pochodzenia przeznaczenia), które wymagają dokumentu, certyfikatu lub zezwolenia, są zwykle transponowane do krajowych systemów celnych w celu wykonywania określonych działań, np. jeśli kod CN dla danych towarów i kraj pochodzenia/przeznaczenia dla tych towarów wprowadzone zostały w polach 33 i 34, uruchamia to konieczność wprowadzenia kodu stosowanego dokumentu/ów w polu 44. W przeciwnym razie system nie zezwoli na sfinalizowanie zgłoszenia.

TARIC tool

The Integrated Tariff of the European Communities (TARIC) is run by the Directorate General for Taxation and Customs Union. It contains legal provisions of all European Union Member States related to customs tariffs for industrial and agricultural products. They are helpful for entrepreneurs both in importing and exporting goods. By integrating and coding these measures, TARIC has automated customs clearance and ensures that the measures are applied uniformly by all Member States. It also gives all economic operators a clear picture of the measures that need to be taken when goods are exported or imported. It should be noted that not all non-fiscal requirements, e.g. provisions of directives, are integrated into the TARIC database. Therefore, in order to achieve a fully operational database, Member States have to include data related to the national provisions transposing the directive.

ISZTAR 4 tool

The Information System of the Integrated Customs Tariff ISZTAR 4 is a tariff browser maintained by the Department of Customs of the Ministry of Finance. It provides detailed information on foreign trade to the customs and tax administration and to anyone interested in this subject. The browser displays both EU data from the TARIC system, as well as Polish national data (VAT and excise duty) and some domestic non-tariff measures not integrated in the TARIC database. The browser also provides a tariff calculator, which allows all external users to make variant calculations via a web-service (calculation of possible variants based on incomplete data – the website will perform calculations for all possible measures, with information about the conditions of their use).

ECICS tool

The European Customs Inventory of Chemical Substances (ECICS) is an information tool managed by the Directorate-General of the European Commission (DG) for Taxation and Customs Union, which, among other things, allows the unambiguous identification of chemical substances. The database is more and more officially used by customs authorities and laboratories, business entities trading in all chemical substances, and therefore its scope is constantly expanding.

With ECICS, users can:

- perform unambiguous and easy identification of chemicals,
- make a correct and quick classification of chemical substances in the Combined Nomenclature of the European Community (eight-digit CN codes),
- use nomenclature in all EU languages (e.g. for regulatory purposes).

Narzędzie TARIC

Zintegrowanej Taryfy Wspólnot Europejskich (TARIC), prowadzony jest przez Dyрекcję Generalną ds. Podatków i Unii Celnej. Zawiera w sobie przepisy prawne wszystkich państw członkowskich Unii Europejskiej, związane z taryfami celnymi dla produktów przemysłowych i rolnych. Są one pomocne przedsiębiorcom zarówno przy imporcie, jak i eksporcie towarów. Dzięki zintegrowaniu i zakodowaniu tych środków, TARIC dysponuje wspomagającą automatyczną odprawą celną oraz zapewnia jednolite stosowanie środków przez wszystkie państwa członkowskie. Daje również wszystkim podmiotom gospodarczym jasny obraz środków, które muszą zostać przedsięwzięte przy wywozie lub przywozie towarów. Należy zauważyć, że w bazie danych TARIC nie zintegrowano wszystkich wymogów niefiskalnych, np. przepisów dyrektywy. W związku z tym, aby osiągnąć w pełni operatywną bazę danych, państwa członkowskie muszą włączyć do niej dane związane z krajowymi przepisami transponującymi przepisy dyrektywy.

Narzędzie ISZTAR 4

Informacyjny System Zintegrowanej Taryfy Celnej ISZTAR 4 to przeglądarka taryfowa utrzymywana przez Departament Cel Ministerstwa Finansów. Umożliwia dostarczenie szczegółowych informacji dotyczących obrotu towarowego z zagranicą administracji celno-skarbowej oraz wszystkim zainteresowanym tą tematyką. W przeglądarce są prezentowane zarówno dane unijne pochodzące z systemu TARIC, jak i polskie dane narodowe (podatki VAT i akcyza) oraz niektóre krajowe środki pozataryfowe niezintegrowane w bazie TARIC. Przeglądarka udostępnia również kalkulator taryfowy, który za pomocą web-serwisu pozwala wszystkim użytkownikom zewnętrznym dokonać obliczeń wariantowych (kalkulacja możliwych wariantów w oparciu o niepełne dane – serwis dokona obliczeń dla wszystkich możliwych do użycia środków, z informacją o warunkach ich stosowania).

Narzędzie ECICS

Europejski Spis Celný Substancji Chemicznych (ang. *European Customs Inventory of Chemical Substances*, ECICS) jest narzędziem informacji zarządzanym przez Dyрекcję Generalną Komisji Europejskiej (DG) ds. Podatków i Unii Celnej, który m.in. pozwala na jednoznaczny identyfikację substancji chemicznych. Baza coraz częściej stosowana jest oficjalnie przez organy i laboratoria celne, podmioty gospodarcze zajmujące się handlem wszystkich substancji chemicznych, w związku z czym jej zasięg stale się rozszerza.

Za pomocą ECICS użytkownicy mogą:

- przeprowadzić jednoznaczny i łatwy identyfikację substancji chemicznych,
- dokonać prawidłowej i szybkiej klasyfikacji substancji chemicznych w nomenklaturze scalonej Wspólnoty Europejskiej (ośmiocyfrowe kody CN),
- korzystać z nazewnictwa we wszystkich językach UE (np. na potrzeby regulacji).

Products are identified by a chemical number assigned by the US Chemical Abstracts Service (CAS). This numbering is used to identify chemical products worldwide. In the near future, other numbers will also apply, such as EC or UN. The database was first developed in 1974 by a group of European laboratories. Access to it is free of charge. The ECICS database mainly contains the names of pure chemicals. However, due to the fact that it is officially used more and more often by customs authorities and laboratories as well as economic entities trading in all chemical substances, its scope is constantly expanding. ECICS currently includes over 35 thou. items.

The ECICS database includes:

- all pesticides and other plant protection products listed by the International Organization for Standardization under ISO 1750,
- all International non-proprietary names (INN) assigned to medicines by the World Health Organization,
- INN and INNMs salts and esters,
- pharmaceutical intermediates, i.e. compounds used in the manufacturing of drugs,
- narcotic drugs and psychotropic substances with their precursors,
- ozone-depleting substances,
- toxic chemicals controlled under the Chemical Weapons Convention,
- chemicals subject to international control and the PIC procedure before use,
- other chemical components whose marketing is restricted,
- colour indexes of paints and pigments included in the Colour Index International.

ECICS is regularly updated by the Directorate General of the European Commission (DG) for Taxation and Customs Union, in cooperation with the representatives of the Member States in the Customs Code Committee – Tariff and Statistical Nomenclature (agricultural and chemical sectors).

Main areas of cooperation between Customs and REACH/CLP enforcement authorities

In November 2009, the Chemicals Supervision Cooperation Forum was established. The agreement, which includes inspections and authorities supervising compliance with regulations on chemicals in Poland, was signed by:

- Chief Sanitary Inspector,
- Chief Sanitary Inspector of the Ministry of Interior and Administration,
- Chief Labour Inspector,
- President of the Office of Competition and Consumer Protection,
- Chief Inspector of Environmental Protection,
- Head of the Customs Service,
- Inspector for Chemical Substances and Preparations.

Produkty są identyfikowane przez numer substancji chemicznej przypisany przez amerykańską organizację Chemical Abstracts Service (CAS). Numeracja ta jest stosowana w celu identyfikacji produktów chemicznych na całym świecie. W niedalekiej przyszłości zastosowanie będą miały również inne numery, np. WE czy UN. Baza danych po raz pierwszy została opracowana w 1974 r. przez grupę europejskich laboratoriów. Dostęp do niej jest darmowy. Baza danych ECICS zawiera głównie nazwy czystych chemikaliów. Jednakże w związku z tym, iż coraz częściej jest ona stosowana oficjalnie przez organy i laboratoria celne oraz podmioty gospodarcze zajmujące się handlem wszystkich substancji chemicznych, jej zasięg jest stale rozszerzany. ECICS obecnie zawiera ponad 35 tys. pozycji.

W bazie ECICS znajdują się:

- wszystkie pestycydy i pozostałe środki ochrony roślin, wymienione przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną w ramach ISO 1750,
- wszystkie międzynarodowe nazwy niezastrzeżone (INN) przypisane do leków przez Światową Organizację Zdrowia,
- sole i estry INN oraz INNMs,
- półprodukty farmaceutyczne, tj. związki stosowane do produkcji leków,
- środki odurzające i substancje psychotropowe wraz z ich prekursorami,
- substancje zubożające warstwę ozonową,
- toksyczne chemikalia podlegające kontroli na podstawie konwencji o broni chemicznej,
- chemikalia podlegające międzynarodowej kontroli i procedurze PIC przed ich zastosowaniem,
- inne składniki chemiczne, których obrót podlega ograniczeniom,
- indeksy kolorów farb i pigmentów zawarte w Międzynarodowym Indeksie Barw (ang. *Colour Index International*).

ECICS jest regularnie aktualizowany przez Dyрекcyję Generalną Komisji Europejskiej (DG) ds. Podatków i Unii Celnej, przy współpracy z przedstawicielami państw członkowskich w Komitecie Kodeksu Celnego – nomenklatury taryfowej i statystycznej (sektor rolny i chemiczny).

Główne obszary współpracy pomiędzy służbami celnymi a organami odpowiedzialnymi za egzekwowanie przepisów REACH/CLP

W listopadzie 2009 r. powołane zostało Forum Współpracy w zakresie nadzoru nad chemikaliami. Porozumienie, które obejmuje inspekcje i urzędy sprawujące nadzór nad przestrzeganiem przepisów dotyczących chemikaliów w Polsce zostało podpisane przez:

- Głównego Inspektora Sanitarnego,
- Głównego Inspektora Sanitarnego MSWiA,
- Głównego Inspektora Pracy,
- Prezesa Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów,
- Głównego Inspektora Ochrony Środowiska,
- Szefa Służby Celnej,
- Inspektora do Spraw Substancji i Preparatów Chemicznych.

Rolą Forum Współpracy jest zapewnienie sprawnego nadzoru nad podmiotami prowadzącymi działalność w zakresie

The role of the Cooperation Forum is to ensure efficient supervision of entities operating in the area of production, marketing and use of substances and mixtures. The specific tasks include:

- implementation and coordination of European joint chemical surveillance initiatives,
- information exchange on good practice in REACH enforcement,
- exchange of information on substances, preparations and products posing a direct threat to human health and life,
- exchange of experiences in the area of working methods and chemicals supervision tools,
- exchanging information on national programs on chemicals surveillance.

In addition, three different areas of cooperation between the Customs Service and the authorities mentioned above were defined.

The difference between KAS control and supervision

KAS authorities may carry out checks (documents, physical, laboratory analyses) they deem necessary to ensure the correct application of customs and other regulations governing import, export, transit, transfer and use by end users of goods flowing between the customs territory of the European Union and third countries. KAS authorities also exercise detailed supervision over goods entering the EU. Customs can therefore inform other authorities (e.g. REACH/CLP enforcement authorities) when certain goods of interest are imported. REACH/CLP enforcement authorities can then check REACH/CLP requirements for such goods and take appropriate action before or after the goods are released for free circulation by customs (i.e. no longer under surveillance Customs Service, but will be introduced to the internal EU market). The goods under supervision, as well as detailed arrangements for the exchange of information, are established in close cooperation between KAS authorities and REACH/CLP authorities, e.g. the Sanitary Inspection.

KAS authorities have access to a large number of statistical data that, if requested by another competent authority, can be used to generate and transmit statistical information on the import and/or export of goods. The table below provides an overview of these three different areas of cooperation and indicates possible interactions between customs and REACH/CLP.

produkcji, obrotu oraz stosowania substancji i mieszanin. Do zadań szczegółowych należą:

- realizacja i koordynacja europejskich wspólnych inicjatyw dotyczących nadzoru nad chemikaliami,
- wymiana informacji w zakresie dobrej praktyki w egzekwowaniu przepisów REACH,
- wymiana informacji na temat substancji i preparatów oraz wyrobów stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka,
- wymiana doświadczeń w zakresie metod pracy i narzędzi nadzoru nad chemikaliami,
- wymiana informacji na temat krajowych programów dotyczący nadzoru nad chemikaliami.

Ponadto, określono trzy różne obszary współpracy pomiędzy Służbą Celną a ww. organami.

Różnica między kontrolą a nadzorem KAS

Organy KAS mogą przeprowadzać kontrole (dokumentów, fizyczne, analizy laboratoryjne), które uważają za konieczne dla zapewnienia prawidłowego stosowania przepisów celnych i innych regulujących przywóz, wywóz, tranzyt, transfer i wykorzystanie przez użytkowników końcowych towarów przepływających pomiędzy obszarem celnym Unii Europejskiej a krajami trzecimi. Organy KAS sprawują też szczegółowy nadzór nad towarami wprowadzanymi na terytorium UE. Służba Celna ma więc możliwość informowania innych organów (np. organów odpowiedzialnych za egzekwowanie przepisów REACH/CLP), kiedy przywożone są pewne interesujące ich towary. Organy odpowiedzialne za egzekwowanie rozporządzeń REACH/CLP mogą następnie sprawdzić wymagania wynikające z przepisów REACH/CLP wobec takich towarów i podjąć stosowne działania zanim lub po tym, jak towary te zostaną dopuszczone przez organy celne do swobodnego obrotu (tj. nie będą już pozostawały pod nadzorem Służby Celnej, lecz zostaną wprowadzone na wewnętrzny rynek UE). Towary pozostające pod nadzorem, jak również szczegółowe uzgodnienia względem wymiany informacji są ustalone w ścisłej współpracy pomiędzy organami KAS a organami REACH/CLP np. Inspekcją Sanitarną.

Organy KAS mają dostęp do wielu danych statystycznych, które na życzenie innego właściwego organu mogą zostać wykorzystane do generowania i przekazywania informacji statystycznych dotyczących przywozu i/lub wywozu towarów. Poniższa tabela prezentuje przegląd tych trzech różnych obszarów współpracy i wskazuje na możliwe interakcje między organami celnymi a REACH/CLP.

Table 2. Areas of cooperation between customs and REACH/CLP
Tabela 2. Obszary współpracy między organami celnymi a REACH/CLP

	Action / Działanie	Customs authorities / Organy celne		REACH/CLP ¹ authorities / Organy REACH/CLP ¹
1.	Control / Kontrola	a. They can inspect certain goods for their compliance with REACH/CLP regulations / Mogą kontrolować pewne towary pod kątem ich zgodności z przepisami REACH/CLP	->	b. Informed about inspections carried out by KAS authorities / Poinformowane o kontrolach przeprowadzanych przez organy KAS
			←	Development of risk criteria ² / Opracowanie kryteriów ryzyka ²
2.	Supervision ³ / Nadzór ³	a. Goods were brought to the EU and presented to KAS authorities / Towar został przywieziony do UE i przedstawiony organom KAS	->	b. Informed about the arrival of goods (if applicable). They carry out checks / Poinformowane o przywiezieniu danego towaru (jeśli dotyczy). Przeprowadzają kontrole
		d. Declaration for release for free circulation / Zgłoszenie do dopuszczenia do swobodnego obrotu	->	e. Informed about the application / Poinformowane o zgłoszeniu
		Selection of goods to be left under supervision / Wybór towarów do pozostawienia pod nadzorem	←	f. Operation after release for free circulation / Działanie po dopuszczeniu do swobodnego obrotu
			->	Selection of goods to be left under supervision / Wybór towarów do pozostawienia pod nadzorem
			←	Development of risk criteria ² / Opracowanie kryteriów ryzyka ²
3.	Statistics / Statystyki	a. Generation of statistical data on the import of goods / Generowanie danych statystycznych dotyczących przywozu towarów	->	b. Verification of data / Weryfikacja danych
			←	Development of risk criteria ² / Opracowanie kryteriów ryzyka ²

← Direction of information flow / Kierunek przepływu informacji

¹ REACH/CLP enforcement bodies or any other designated authorities. The authorities may be different for each area of activity / Organy odpowiedzialne za egzekwowanie przepisów REACH/CLP lub jakiegokolwiek inne wyznaczone organy. Organy mogą być różne dla każdego obszaru działań.

² Customs controls are based on risk assessment. Therefore, the actions of the customs authorities largely depend on risk criteria (i.e. the likelihood that a given good does not comply with a certain requirement). REACH/CLP authorities should contribute to the development of customs risk criteria in close cooperation with the customs authorities. The risk criteria should be periodically reviewed and based on the experience gained to take into account the current situation / Kontrole celne opierają się o ocenę ryzyka. Z tego względu działania organów celnych zależą w dużej mierze od kryteriów ryzyka (tj. prawdopodobieństwa, że dany towar jest niezgodny z określonym wymogiem). Organy REACH/CLP powinny mieć swój wkład w opracowywanie kryteriów ryzyka celnego w ścisłej współpracy z organami celnymi. Kryteria ryzyka powinny być okresowo weryfikowane i czerpać ze zdobytych doświadczeń, żeby uwzględniały aktualną sytuację.

³ Letters (a, b, c) in the authorities column indicate the possible sequence of action / Litery (a, b, c) w rubryce organów informują o możliwej kolejności działania.

Source: European Union, DG Taxud – Directorate-General for Taxation and Customs Union.
 Źródło: Unia Europejska DG Taxud – Dyrekcja Generalna ds. Podatków i Unii Celnej.

Chemicals as goods of strategic importance

Trade of goods of strategic importance is carried out in accordance with the provisions of regulation (EU) 2021/821 of the European Parliament and of the Council of 20 May 2021 establishing a Union system for the control of exports, brokering, technical

Chemikalia jako towary o znaczeniu strategicznym

Obrót towarami o znaczeniu strategicznym jest realizowany zgodnie z przepisami rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/821 z dnia 20 maja 2021 r. ustanawiające unijny system kontroli wywozu, pośrednictwa, pomocy technicznej,

assistance, transit and transfer of dual-use goods [10]. It replaced Council Regulation (EC) No 428/2009 of 5 May 2009 (EU Journal of Laws 2009 L134/1 as amended), which has already been updated several times to take into account new technological challenges, including those related to cybersecurity and human rights.

Goods of strategic importance, in accordance with the provisions of the Act of 29 November 2000 on foreign trade in goods, technologies and services of strategic importance for the security of the country, as well as for the maintenance of international peace and security [11], include armaments and dual-use goods.

Dual-use goods are chemicals described in annex 1 to the regulation (EU) 2021/821 of the European Parliament and of the Council [10]. Chemicals may also be military equipment specified in the regulation of the Minister of Entrepreneurship and Technology on the military list [12], for which a permit is required.

The declaration of goods of strategic importance for placing them under the customs procedure may be made only at the customs offices listed in the annex to the regulation of the Minister of Finance on customs offices, where export, import or transit of goods of strategic importance may be performed [13].

The condition for trading is to have or use an appropriate permit. The types of permits have been established in the provisions of national and EU law and they include:

- individual and global permits issued at the request of the interested entrepreneur by the national trade control authority – the minister responsible for economy,
- national general permits, issued in the form of a regulation of the minister competent for the economy. The entrepreneur may use the permits mentioned above, if it meets the conditions set out in such a regulation,
- EU general permits, issued in the form of a regulation of the European Parliament and of the Council, if the conditions set out in such a regulation are met.

Special trade in chemicals within the scope regulated by the Act of 13 June 2019 on the performance of economic activity in the field of production and trade in explosives, weapons, ammunition and products and technology for military or police purposes may also be subject to the control of the required concessions [14].

Import and export bans also apply to chemicals listed in regulation 2019/125 on trade in certain goods that could be used for capital punishment, torture or other cruel, inhuman or degrading treatment or punishment [15].

tranzytu i transferu produktów podwójnego zastosowania [10]. Zastąpiło ono rozporządzenie Rady (WE) nr 428/2009 z dnia 5 maja 2009 r. (Dz. U. UE 2009 r. L134/1 z późn. zm.), które było już kilka razy aktualizowane, aby uwzględnić nowe wyzwania technologiczne, w tym związane z bezpieczeństwem cybernetycznym i prawami człowieka.

Towary o znaczeniu strategicznym, zgodnie z zapisami ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. o obrocie z zagranicą towarami, technologiami i usługami o znaczeniu strategicznym dla bezpieczeństwa państwa, a także dla utrzymania międzynarodowego pokoju i bezpieczeństwa [11], to uzbrojenie i produkty podwójnego zastosowania.

Produktami podwójnego zastosowania są chemikalia opisane w Załączniku 1 do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/821 [10]. Chemikalia mogą też być uzbrojeniem określonym w Rozporządzeniu Ministra Przedsiębiorczości i Technologii w sprawie wykazu uzbrojenia [12], na obrót którym jest wymagane zezwolenie.

Zgłoszenie towaru o znaczeniu strategicznym o objęcie go procedurą celną może być dokonywane wyłącznie w urzędach celnych wymienionych w załączniku do rozporządzenia Ministra Finansów w sprawie urzędów celnych, w których może być dokonywany eksport, import lub tranzyt towarów o znaczeniu strategicznym [13].

Warunkiem realizacji obrotu jest posiadanie lub możliwość korzystania z odpowiedniego zezwolenia. Rodzaje zezwoleń zostały ustanowione w przepisach prawa krajowego i unijnego i obejmują:

- zezwolenia indywidualne i zezwolenia globalne wydawane na wniosek zainteresowanego przedsiębiorcy przez krajowy organ kontroli obrotu – ministra właściwego do spraw gospodarki,
- krajowe zezwolenia generalne, wydawane w formie rozporządzenia ministra właściwego ds. gospodarki. Przedsiębiorca może korzystać z ww. zezwoleń, jeśli spełnia warunki określone w takim rozporządzeniu,
- unijne zezwolenia generalne, wydawane w formie rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady, jeśli spełnione są warunki określone w takim rozporządzeniu.

Kontroli wymaganych koncesji może też podlegać obrót specjalny chemikaliów w zakresie regulowanym ustawą z dnia 13 czerwca 2019 r. o wykonywaniu działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią, amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym [14].

Zakazami przywozu i wywozu objęte są też substancje chemiczne wymienione w rozporządzeniu 2019/125 w sprawie handlu niektórymi towarami, które mogłyby być użyte do wykonywania kary śmierci, tortur lub innego okrutnego, nieludzkiego lub poniżającego traktowania albo karania [15].

Facilitating trade and proper standards of security and protection against threats

The development of the global economy forces the market to trade in goods quickly, without unnecessary delays between continents. Facilitating trade is a prime focus of the customs.

Ułatwianie obrotu handlowego a właściwe standardy bezpieczeństwa i ochrony przed zagrożeniami

Rozwój globalnej ekonomii wymusza na rynku sytuację, w której obrót towarami musi odbywać się szybko, bez niepotrzebnych opóźnień pomiędzy kontynentami. Ułatwienia w handlu

This entails simplification and harmonization of international procedures while maintaining the effectiveness of controls. The authorized economic operator (AEO), simplified procedures, and electronic customs are important elements of trade facilitation.

In Poland, on 1 January 2008, the provisions enabling the functioning of the institution of an authorized economic operator (AEO) entered into force. From that date, economic operators interested in obtaining the AEO status may apply to the customs authorities for an AEO certificate, and after obtaining it, benefit from the facilities related to customs security and safety controls and/or the simplifications provided for by the customs regulations.

There are also simplified procedures that allow facilitating the activities necessary to place goods under customs procedures by informing about the operations related to the customs declaration.

In terms of implementing electronic customs services, the e-Customs program was created in Poland, designed as a comprehensive and interconnected package of legislative, organizational, financial and technical undertakings. Currently, the Platform for Electronic Tax and Customs Services (PUESC) is in operation, which is a single access point to the e-services of the National Tax Administration in the area of handling and controlling trade of goods with third countries and trade in excise goods.

Unfortunately, the economic development of Poland as an EU member is largely dependent on the international trade. Due to this situation, like other EU countries, Poland is exposed to threats to security and protection related to this trade. Effective management of the risks related to the movement of goods along the international supply chain is essential in this regard and is an essential element in facilitating legitimate trade and protecting the financial and economic interests of the EU and its Member States.

In October 2010, the Yemen¹ incident revealed weaknesses in the safety standards and procedures applicable to air cargo both in the EU and internationally. Following this incident, a discussion arose, during which attention was drawn to the need for a broader review of procedures and safety requirements for all modes of transport. There are key challenges that need to be addressed and cannot be addressed effectively at the level of the Member States. Therefore, they require action at the EU level to complement and reinforce national efforts.

The amendment to the EU Customs Code by Regulation (EC) No. 648/2005 [16], already introduced in 2005, provided the legal basis for the development of a common framework for risk management of the supply chain. This amendment and the related implementing rules introduced far-reaching changes affecting both customs and traders. These common frameworks include: identification and control of high-risk movements of goods, using common risk criteria, participation of AEO in a customs and trade partnership to safeguard and facilitate legitimate trade, and a security risk analysis prior to the arrival and

są głównym celem organów celnych. Pociąga to za sobą uproszczenia i harmonizację międzynarodowych procedur przy zachowaniu efektywności kontroli. Upoważniony przedsiębiorca (ang. *authorised economic operator*, AEO), procedury uproszczone, elektroniczne cło są ważnymi elementami ułatwienia handlu.

W Polsce z dniem 1 stycznia 2008 r. weszły w życie przepisy umożliwiające funkcjonowanie instytucji upoważnionego przedsiębiorcy (AEO). Z tą datą przedsiębiorcy zainteresowani uzyskaniem statusu AEO mogą składać do organów celnych wnioski o wydanie świadectwa AEO, a po jego uzyskaniu korzystać z ułatwień odnoszących się do kontroli celnej dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony i/lub z uproszczeń przewidzianych w ramach przepisów celnych.

Funkcjonują też procedury uproszczone pozwalające na ułatwienie czynności niezbędnych do objęcia towarów procedurami celnymi, poprzez odformalizowanie czynności związanych z dokonaniem zgłoszenia celnego.

W sprawie wdrożenia usług elektronicznego cła powstał w Polsce program e-Cło zaprojektowany jako kompleksowy i wzajemnie powiązany pakiet przedsięwzięć legislacyjnych, organizacyjnych, finansowych i technicznych. Obecnie funkcjonuje Platforma Usług Elektronicznych Skarbowo-Celnych (PUESC), która stanowi pojedynczy punkt dostępu do e-usług Krajowej Administracji Skarbowej w obszarze obsługi i kontroli obrotu towarowego z państwami trzecimi i obrotu wyrobami akcyzowymi.

Niestety rozwój gospodarczy Polski jako członka UE jest w znacznym stopniu uzależniony od handlu międzynarodowego. Sytuacja ta powoduje, że tak jak inne kraje UE, Polska jest narażona na zagrożenia dla bezpieczeństwa i ochrony związane z tym handlem. Skuteczne zarządzanie ryzykiem związanym z przemieszczaniem towarów znajdujących się w międzynarodowym łańcuchu dostaw ma zasadnicze znaczenie w tym zakresie oraz stanowi istotny element ułatwiania legalnego handlu oraz ochrony finansowych i gospodarczych interesów UE i jej państw członkowskich.

W październiku 2010 r. w wyniku incydentu, jaki miał miejsce w Jemenie¹, ujawniona została słabość w zakresie norm bezpieczeństwa i procedur mających zastosowanie do ładunków lotniczych zarówno w UE, jak i na świecie. W następstwie tego incydentu wywiązała się dyskusja, w trakcie której zwrócono uwagę na konieczność dokonania szerszego przeglądu procedur oraz wymogów bezpieczeństwa dla wszystkich rodzajów transportu. Istnieją kluczowe wyzwania, z którymi należy się zmierzyć i którym nie można skutecznie sprostać na poziomie państwa członkowskiego. Dlatego wymagają one działania na szczeblu UE, aby uzupełnić i wzmocnić wysiłki podejmowane na szczeblu krajowym.

Wprowadzona już w 2005 r. poprawka do Kodeksu celnego UE rozporządzeniem (WE) nr 648/2005 [16] stworzyła podstawę prawną do opracowania wspólnych ram zarządzania ryzykiem łańcucha dostaw. Poprawka ta oraz związane z nią przepisy wykonawcze wprowadziły daleko idące zmiany mające wpływ zarówno

¹ On 29 October 2010, two parcels containing explosives were found at airports in England and Dubai from Yemen, destined for synagogues in Chicago, USA.

¹ 29 października 2010 roku na lotniskach w Anglii i Dubaju znaleziono 2 nadane z Jemenu paczki zawierające materiały wybuchowe, przeznaczone dla synagog w Chicago w USA.

departure of goods based on information provided electronically by traders before the arrival or departure of goods into/out of the EU.

However, the Yemeni incident clearly indicated a few key points that should be taken into account when developing a future EU security policy on the supply chain. These include time constraints of risk mitigation measures, simultaneous involvement of several Member States in a single transaction, their interdependence, interinstitutional and international dimension of the problem, and the key importance of the international trade system and supply chain for industry and trade parties. The interconnection of these elements indicates the need for an active and integrated multi-stakeholder approach to risk management. One of the main conclusions of the Yemeni incident is also the need for more structured and systematic cooperation and coordination between customs authorities – in particular in situations where risks can be better dealt with at the EU level.

Effective risk management also depends on close international cooperation, both bilateral and multilateral. Close cooperation with trading partners will increase knowledge and the amount of provided information. It will also make it possible for international dissemination of knowledge on risk management methods and techniques.

na organy celne, jak i podmioty zajmujące się handlem. Te wspólne ramy obejmują: identyfikację i kontrolę przemieszczania towarów wysokiego ryzyka, przy zastosowaniu wspólnych kryteriów ryzyka, udział upoważnionych przedsiębiorców (AEO) w partnerstwie celno-handlowym w celu zabezpieczenia i ułatwienia legalnego handlu oraz analizę ryzyka bezpieczeństwa przed przybyciem i wyprawieniem towarów, przeprowadzoną na podstawie informacji przekazanych drogą elektroniczną przez przedsiębiorstwa handlowe przed przybyciem lub wyprawieniem towarów do/z UE.

Incydent jemeński jednak w bardzo wyraźny sposób wskazał na kilka kluczowych punktów, które należy wziąć pod uwagę przy opracowywaniu przyszłej polityki UE w zakresie bezpieczeństwa łańcucha dostaw. Należą do nich ograniczenia czasowe warunkujące środki ograniczania ryzyka, równoczesne zaangażowanie w pojedynczą transakcję kilku państw członkowskich, ich współzależność, międzyinstytucjonalny i międzynarodowy wymiar problemu oraz kluczowe znaczenie systemu międzynarodowej wymiany handlowej i łańcucha dostaw dla przemysłu i stron tej wymiany. Wzajemne powiązanie tych elementów wskazuje na potrzebę aktywnego i zintegrowanego podejścia do zarządzania ryzykiem z udziałem wielu podmiotów. Jednym z głównych wniosków wynikających z incydentu jemeńskiego jest także potrzeba bardziej zorganizowanej i systematycznej współpracy oraz koordynacji między organami celnymi – w szczególności w sytuacjach, gdy ryzyku można lepiej przeciwdziałać na poziomie UE.

Skuteczne zarządzanie ryzykiem zależy także od ścisłej współpracy międzynarodowej, zarówno dwustronnej, jak i wielostronnej. Ścisła współpraca z partnerami handlowymi przyczyni się do poszerzenia wiedzy i zwiększy ilość informacji. Umożliwi ona również rozpowszechnianie na poziomie międzynarodowym wiedzy na temat metod i technik zarządzania ryzykiem.

Single Window Platform – another innovative KAS tool

Single Window is a platform that:

- is a tool for electronic exchange of data and documents in the process of handling trade in goods with third countries between customers, inspections carrying out checks on goods before placing them on the market and KAS authorities,
- facilitates cooperation between state administration and business,
- accelerates and simplifies the flow of information and documents related to the turnover of goods between business and administration,
- ensures that information and documents are submitted by the customer once and are used by institutions involved in handling the goods,
- benefits all involved parties,
- reduces the cost and time of handling goods due to the coordination (by KAS) of joint inspections carried out by the services at one time and place (One Stop Shop).

For trading, the Single Window platform means lower costs, faster check-in times, increased transparency, which leads to

Platforma Single Window – kolejne innowacyjne narzędzie KAS

Single Window to platforma, która:

- stanowi narzędzie do elektronicznej wymiany danych i dokumentów w procesie obsługi obrotu towarowego z krajami trzecimi pomiędzy klientami, inspekcjami wykonującymi kontrolę towaru przed wprowadzeniem do obrotu oraz organami KAS,
- ułatwia współpracę pomiędzy administracją państwową a biznesem,
- przyspiesza i upraszcza przepływ informacji i dokumentów związanych z obrotem towarowym między biznesem a administracją,
- zapewnia, że informacje i dokumenty składane są przez klienta raz i są wykorzystywane przez zaangażowane w obsługę towaru instytucje,
- przynosi korzyści wszystkim zaangażowanym stronom,
- zmniejsza koszt i czas obsługi towarów dzięki koordynacji przez KAS wspólnych kontroli prowadzonych przez służby w jednym czasie i miejscu (One Stop Shop).

Dla handlu platforma Single Window oznacza zmniejszenie kosztów, skrócenie czasu odpraw, zwiększenie przejrzystości, co

more predictable application of trading regulations. Single Window allows governments to deploy resources more efficiently, increase security, especially through the use of automated risk management techniques, and better compliance of entities with applicable regulations. Single Window has already been introduced, among others, by some countries, e.g. Singapore with ASEAN countries (Association of Southeast Asian Nations) and Germany.

Singapore has implemented the TradeNet system which is the result of cooperation between national services and the private sector. The system supports the collection of customs duties, presents trade statistics and contributes to the fight against customs crime. The project is also being implemented in ASEAN countries through the creation of a single entry point for data and information, uniform data and information processing, and uniform decision making on admission and clearance. Previously, all participating countries are expected to successfully implement national Single Window (NSW) systems. The Port Community System (PCS) based on the DAKOSY system operates in the port of Hamburg, thanks to which the Single Window platform is used, while the circulation of paper documents has been completely abandoned.

Since 2016, the Port of Gdynia has been working on the optimization, automation and control system for transport processes, i.e. the Port Community System (PCS). As part of the cooperation between the National Tax Administration and the Polish PCS, pilot activities were started at the Container Terminal in Gdańsk, the Container Base and the Bulgarian Coastal Insurance. PCS will also introduce DB Port Szczecin container terminal. As the first part of the implementation of the Single Window service at KAS, the service "obtain border documents concerning fishery" was made available, prepared in cooperation with the Main Sea Fisheries Inspectorate (GIRM) and the Ministry of Agriculture and Rural Development (MRiRW). Further services will be implemented in 2022.

KAS is the author of an exercise of the National Contamination Detection and Alerting System under the code name "Patrol-18"

From 16 to 18 October 2018, exercises of the National Contamination Detection and Alerting System under the code name "Patrol-18" took place in Poland. Approximately 3 thousand people participated in them: soldiers, officers of the Police, State Fire Service, Customs and Tax Service, Border Guard and employees dealing with the issues on crisis management. 250 entities were involved in the exercise, including the following ministries: national defence, internal affairs and administration, health, environment, maritime economy, agriculture, finance, and 16 voivodships crisis management centres.

The verification of the functioning of the National Contamination Detection and Alerting System (KWSiA) is a cyclical undertaking resulting from the regulation of the Council of Ministers of 7 January 2013 on contamination detection and notification systems and the competence of authorities in these cases [17]. As part of the "Patrol-18", there was also an episode in the Małopolskie Voivodship. It was based on a case prepared by KAS of detecting a shipment of packaging contaminated with remains of

proceeds to a more predictable application of provisions regarding trade. Single Window allows governments to deploy resources more efficiently, increase security, especially through the use of automated risk management techniques, and better compliance of entities with applicable regulations. Single Window has already been introduced, among others, by some countries, e.g. Singapore with ASEAN countries (Association of Southeast Asian Nations – Stowarzyszenie Narodów Azji Południowo-Wschodniej) and Germany.

Singapore has implemented the TradeNet system which is the result of cooperation between national services and the private sector. The system supports the collection of customs duties, presents trade statistics and contributes to the fight against customs crime. The project is also being implemented in ASEAN countries through the creation of a single entry point for data and information, uniform data and information processing, and uniform decision making on admission and clearance. Previously, all participating countries are expected to successfully implement national Single Window (NSW) systems. The Port Community System (PCS) based on the DAKOSY system operates in the port of Hamburg, thanks to which the Single Window platform is used, while the circulation of paper documents has been completely abandoned.

Since 2016, the Port of Gdynia has been working on the optimization, automation and control system for transport processes, i.e. the Port Community System (PCS). As part of the cooperation between the National Tax Administration and the Polish PCS, pilot activities were started at the Container Terminal in Gdańsk, the Container Base and the Bulgarian Coastal Insurance. PCS will also introduce DB Port Szczecin container terminal. As the first part of the implementation of the Single Window service at KAS, the service "obtain border documents concerning fishery" was made available, prepared in cooperation with the Main Sea Fisheries Inspectorate (GIRM) and the Ministry of Agriculture and Rural Development (MRiRW). Further services will be implemented in 2022.

KAS is the author of an exercise of the National Contamination Detection and Alerting System under the code name "Patrol-18"

From 16 to 18 October 2018, exercises of the National Contamination Detection and Alerting System under the code name "Patrol-18" took place in Poland. Approximately 3 thousand people participated in them: soldiers, officers of the Police, State Fire Service, Customs and Tax Service, Border Guard and employees dealing with the issues on crisis management. 250 entities were involved in the exercise, including the following ministries: national defence, internal affairs and administration, health, environment, maritime economy, agriculture, finance, and 16 voivodships crisis management centres.

The verification of the functioning of the National Contamination Detection and Alerting System (KWSiA) is a cyclical undertaking resulting from the regulation of the Council of Ministers of 7 January 2013 on contamination detection and notification systems and the competence of authorities in these cases [17]. As part of the "Patrol-18", there was also an episode in the Małopolskie Voivodship. It was based on a case prepared by KAS of detecting a shipment of packaging contaminated with remains of

an unknown chemical substance and was supervised by the Ministry of Finance in cooperation with the Małopolska Voivodship Office in Kraków (Department of Safety and Crisis Management).

Officers of the Customs and Tax Service and representatives of services subordinate to the Małopolska Voivode, including the Police and the State Fire Service, participated in the exercise, which took place as part of the nationwide exercise "Patrol-18" in Kraków. The aim of the exercises was to verify in practice how the services (including KAS) and procedures in the area of public safety operate in terms of cooperation, information exchange and coordination of activities between individual services. They consisted of detecting a shipment containing an unknown chemical substance and liquidation of the resulting threats. Exercises "Patrol-18" integrated the Customs and Treasury Service with rescue services and institutions within the National Contamination Detection and Alerting System, involved in the removal of terrorist and chemical-environmental events. The project described above indicated the necessity to practically check the flow of information between the command levels of the powiat – city – voivodship and country, which allowed for full coordination at all levels of command.

Exercise "Granica 2019"

On 30 May 2019, in a village of Wojkowa in the Muszyna commune, international, comprehensive and multi-level civil defence exercises with elements of crisis and anti-terrorist management called "Granica 2019" took place. The scenario prepared by KAS concerned an episode during which a group of people illegally crossed the border and entered Poland and hid in the cargo area of a truck. These people were in possession of radioactive materials. A special explosive has been detected in the cargo area of the vehicle. Practical exercises being part of "Granica 2019" aimed at the consistent activities of services, inspections, guards and other entities with the Provincial Civil Defence Formations from Małopolska and concerned planning, preparation and actual action in a situation of increasing the country's defence readiness during a crisis. An additional aim of the exercises was to check and improve the cooperation of national civil defence, civil protection and crisis management structures with foreign rescue entities from Slovakia and Ukraine.

Conclusion

Security as a strategic goal of the activities of modern countries should take into account ensuring a stable existence and sustainable development, understood as a balance between economic, social and environmental goals. This means, among others, providing people with access to clean air, drinking water, food products and other consumer goods, and the use of safe chemicals.

Ensuring chemical safety is a special requirement in the category of use in production and consumption of over 100 thousand chemical products. They are necessary for the continuous progress of civilization, expanding the mobility of societies and

i był nadzorowany przez Ministerstwo Finansów przy współpracy z Małopolskim Urzędem Wojewódzkim w Krakowie (Wydział Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego).

W ćwiczeniu, które odbyło się w ramach ogólnopolskich ćwiczeń „Patrol-18” na terenie Krakowa, uczestniczyli funkcjonariusze Służby Celno-Skarbowej oraz przedstawiciele służb podległych Województwu Małopolskiemu, między innymi Policji i Państwowej Straży Pożarnej. Celem ćwiczeń było sprawdzenie w praktyce, jak działają służby (w tym KAS) i procedury w zakresie bezpieczeństwa publicznego dotyczące współdziałania, wymiany informacji oraz koordynacji działań pomiędzy poszczególnymi służbami. Polegały one na wykryciu przewozu przesyłki zawierającej nieznaną substancję chemiczną i likwidacji wynikających z tego faktu zagrożeń. Ćwiczenia „Patrol-18” zintegrowały Służbę Celno-Skarbową z służbami ratowniczymi i instytucjami w ramach Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania, zaangażowanymi w usuwanie zdarzeń o charakterze terrorystycznym oraz chemiczno-ekologicznym. Powyższe przedsięwzięcie wskazało konieczność praktycznego sprawdzenia przepływu informacji pomiędzy szczeblami dowodzenia powiatu – miasta – województwa i kraju, co pozwoliło na pełną koordynację na wszystkich szczeblach dowodzenia.

Ćwiczenie „Granica 2019”

30 maja 2019 r. w miejscowości Wojkowa w gminie Muszyna odbyły się międzynarodowe, kompleksowe i wieloszczeblowe ćwiczenia obrony cywilnej z elementami zarządzania kryzysowego i antyterrorystycznego pod nazwą „Granica 2019”. Scenariusz przygotowany przez KAS dotyczył epizodu, podczas którego grupa osób nielegalnie przekroczyła granicę i przedostała się na teren Polski oraz ukryła się w przestrzeni ładunkowej samochodu ciężarowego. Osoby te były w posiadaniu materiału promieniotwórczego. W części ładunkowej pojazdu wykryto specjalny materiał wybuchowy. Ćwiczenia praktyczne „Granica 2019” miały na celu spójne działania służb, inspekcji, straży oraz innych podmiotów z Wojewódzkimi Formacjami Obrony Cywilnej z Małopolski i dotyczyły planowania, przygotowania oraz faktycznego działania w sytuacji podwyższania gotowości obronnej państwa w czasie kryzysu. Dodatkowym celem ćwiczeń było sprawdzenie oraz doskonalenie współpracy krajowych struktur obrony cywilnej, ochrony ludności i zarządzania kryzysowego z zagranicznymi podmiotami ratowniczymi ze Słowacji i Ukrainy.

Podsumowanie

Bezpieczeństwo jako strategiczny cel działalności współczesnych państw powinno uwzględniać zapewnienie społeczności zamieszkującej ich terytoria stabilną egzystencję i zrównoważony rozwój, rozumiany jako równowaga pomiędzy celami ekonomicznymi, społecznymi i ekologicznymi. Oznacza to m.in. zapewnienie ludności dostępu do czystego powietrza, wody pitnej, produktów spożywczych i innych dóbr konsumpcyjnych oraz korzystania z bezpiecznych substancji chemicznych.

Zapewnienie bezpieczeństwa chemicznego jest szczególnym wymogiem w kategorii wykorzystywania w produkcji i konsumpcji

feeding the rapidly growing number of people. On the other hand, however, they may cause the risk of industrial accidents and catastrophes, for example due to a rapidly progressing decapitalization of infrastructure, e.g. production and transport.

In addition, illegal activity involving chemicals may pose an increasing threat to international security and world peace, further aggravating hybrid threats. The real threats of cyber attacks on industrial chemical installations, chemicals during their transport and the place of storage are increasing. This requires effective preventive action to ensure that internet connections are not used as an instrument for the illegal use of chemicals.

Chemical safety is also the main reason for implementing activities in the area of ecological safety, ensuring high environmental quality standards and health safety resulting directly from this activity. The guarantee of chemical safety and wide application of environmental protection standards seem to be the dominant factors in conducting research and scientific activities. However, the fundamental challenge is to ensure that in the area of the development of science and research that support a wide spectrum of chemical achievements, society and state authorities are aware of ecological and chemical threats.

ponad 100 tys. produktów chemicznych. Są one konieczne dla ciągłego postępu cywilizacyjnego, poszerzania mobilności społeczeństw i wyżywienia gwałtownie rosnącej liczby ludności. Jednak z drugiej strony mogą powodować ryzyko wypadków przemysłowych i katastrof, choćby w związku z szybko postępującą dekapitalizacją infrastruktury m.in. produkcyjnej i transportowej.

Ponadto bezprawna aktywność z użyciem substancji chemicznych może stanowić coraz większe zagrożenie dla bezpieczeństwa międzynarodowego i pokoju na świecie, zwiększając dodatkowo zagrożenia hybrydowe. Nasilają się realne zagrożenia cyberatakami na przemysłowe instalacje chemiczne, środki chemiczne w trakcie ich transportu oraz miejsce składowania. Wymaga to podjęcia skutecznych działań prewencyjnych, aby łącza internetowe nie były wykorzystywane jako instrument do nielegalnego użycia substancji chemicznych.

Bezpieczeństwo chemiczne jest także zasadniczym powodem do realizacji działań w obszarze bezpieczeństwa ekologicznego, zapewniającym wysokie standardy jakości środowiska oraz wynikającego bezpośrednio z tej działalności bezpieczeństwa zdrowotnego. Gwarancja bezpieczeństwa chemicznego i szerokie stosowanie norm ochrony środowiska wydaje się dominującym czynnikiem prowadzenia działalności badawczej i naukowej. Fundamentalnym wyzwaniem jest natomiast zapewnienie, aby w obszarze rozwoju nauki i badań, które wspierają szerokie spektrum zdobyczy chemii, społeczeństwo i władze państwowe były świadome zagrożeń ekologicznych i chemicznych.

Literature / Literatura

- [1] Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie (EWG) 793/93/WE i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywę Komisji 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE (Dz.U. UE.06.396.1 ze zm.).
- [2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniającego i uchylającego dyrektywę 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniającego rozporządzenie nr 1907/2006 (Dz. Urz. UE L 353 z 31.12.2008, ze zm.).
- [3] Zarządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 27 grudnia 2017 r. w sprawie utworzenia laboratoriów jednostek organizacyjnych Krajowej Administracji Skarbowej, ich organizacji i zakresu działania.
- [4] Ustawa z dnia 16 listopada 2016 r. o Krajowej Administracji Skarbowej (tj. Dz. U. 2021r., poz. 422 ze zm.).
- [5] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 649/2012 z dnia 4 lipca 2012 r. dotyczące wywozu i przywozu niebezpiecznych chemikaliów (OJ L 201, 27.7.2012, 60–106).
- [6] Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (tj. Dz. U. 2020 r., poz. 2289 ze zm.).
- [7] Konwencja międzynarodowa o zakazie używania białego (żółtego) fosforu przy wyrobie zapalek, podpisana w Bernie dnia 26 września 1906 r. (Dz. U. 1922 r. Nr 19, poz. 159).
- [8] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=LEGISSUM%3AI21279> [dostęp: 26.01.2022].
- [9] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/852 z dnia 17 maja 2017 r. w sprawie rtęci oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1102/2008 (OJ L 137, 24.5.2017, 1–21).
- [10] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/821 z dnia 20 maja 2021 r. ustanawiające unijny system kontroli wywozu, pośrednictwa, pomocy technicznej, tranzytu i transferu produktów podwójnego zastosowania (OJ L 206, 11.6.2021, 1–461).
- [11] Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. o obrocie z zagranicą towarami, technologiami i usługami o znaczeniu strategicznym dla bezpieczeństwa państwa, a także dla utrzymania międzynarodowego pokoju i bezpieczeństwa (Dz. U. 2000 Nr 119, poz. 1250).
- [12] Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Technologii z dnia 24 czerwca 2019 r. w sprawie wykazu uzbrojenia, na obrót którym jest wymagane zezwolenie (Dz. U. 2019, poz. 1360).

- [13] Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 25 czerwca 2013 r. w sprawie urzędów celnych, w których może być dokonywany wywóz, przywóz i tranzyt towarów o znaczeniu strategicznym (Dz. U. 2013, poz. 754).
- [14] Ustawa z dnia 13 czerwca 2019 r. o wykonywaniu działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią, amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym (Dz. U. 2019, poz. 1214).
- [15] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/125 z dnia 16 stycznia 2019 r. w sprawie handlu niektórymi towarami, które mogłyby być użyte do wykonywania kary śmierci, tortur lub innego okrutnego, niehumanitarnego lub poniżającego traktowania albo karania (OJ L 30, 31.1.2019, 1–57).
- [16] Rozporządzenie (WE) nr 648/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 kwietnia 2005 r. zmieniające rozporządzenie Rady (EWG) nr 2913/92 ustanawiające Wspólnotowy Kodeks Celny (OJ L 117, 4.5.2005, 13–19).
- [17] Rozporządzenie Rady Ministrów z 7 stycznia 2013 roku w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach (Dz. U. 2013, poz. 96).
- [18] Strona internetowa Biura do spraw Substancji Chemicznych <https://www.gov.pl/web/chemikalia/biuro-do-spraw-substancji-chemicznych> [dostęp: 26.01.2022].
- [19] Strona internetowa Europejskiej Agencji Chemikaliów ECHA <https://echa.europa.eu/pl/> [dostęp: 14.01.2022].
- [20] Strona internetowa Zintegrowanej Taryfy Wspólnot Europejskich TARIC [dostęp: 26.01.2022].
- [21] https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/taric/taric_consultation.jsp?Lang=pl [dostęp: 14.01.2022].
- [22] Strona internetowa Systemu Zintegrowanej Taryfy Celnej ISZTAR, https://ext-iszstar4.mf.gov.pl/taryfa_celna/ [dostęp: 26.01.2022].
- [23] Strona internetowa Europejskiego Spisu Celnego Substancji Chemicznych ECICS, https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/ecics/chemicalsubstance_consultation.jsp?Lang=en [dostęp: 14.01.2022].
- [24] Strona internetowa Ministerstwa Finansów, <https://www.gov.pl/web/finanse> [dostęp: 14.01.2022].
- [25] Strona internetowa – Platforma Usług Elektronicznych Skarbowo-Celnych (PUESC), <https://puesc.gov.pl/> [dostęp: 16.01.2022].
- [26] Strona internetowa programu E-cło, <https://www.e-clo.gov.pl/program> [dostęp: 16.01.2022].
- [27] Serwis Ministerstwa Finansów podatki.gov.pl, <https://www.podatki.gov.pl/> [dostęp: 14.01.2022].
- [28] <https://gazetakrakowska.pl/cwiczenia-patrol-18-w-krakowie-groznaznieznana-substancjazdjecia/ga/13596050/zd/31778886> [dostęp: 27.01.2022].
- [29] <https://gazetakrakowska.pl/cwiczenia-obrony-cywilnej-granica-2019-w-strugach-deszczuzdjecia/ga/c1-14170937/zd/36234089> [dostęp: 27.01.2022].

ANDRZEJ PUKA, M.SC. ENG. – a graduate of the AGH University of Science and Technology in Kraków. Coordinator for strategic goods and environmental protection in the Customs Service and currently in the National Revenue Administration (KAS). Innovation Spokesman (SC). Trainer of KAS, of Customs Service and mutual teaching in the area of chemical safety. Author of scenarios for the exercise of the National Contamination Detection and Alerting System under the code name “Patrol-18” and the international, comprehensive and multi-level civil defense exercise with elements of crisis and anti-terrorist management called “Granica 2019”. Lecturer, co-organizer of international trainings, cooperates with many authorities in the area of environmental crime prosecution, counteracting the proliferation of BMR and preventing the smuggling of radioactive materials.

COL. RET. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK, PH.D. ENG. – he completed his master’s studies at the University of Szczecin and doctoral studies at the War Art Academy in Warsaw, as well as postgraduate studies in foreign service at the National Defense Academy, data protection and information security at the Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw and crisis management at NATO Defense College (Rome) and NATO School (Oberammergau). In 2004–2008 he was a liaison officer of the NATO Office (NLO) in Kyiv, in 2008–2010 he was a consul at the Consulate General of the Republic of Poland in Lviv. He is an assistant professor at the Department of Studies and Scientific Projects at CNBOP-PIB in Józefów. Specialty – environmental engineering, safety science. Representative of the Technical Committee No. 176 for Military Technology and Supply in the Polish Committee for Standardization.

MGR INŻ. ANDRZEJ PUKA – absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Koordynator do spraw towarów strategicznych i ochrony środowiska w Służbie Celnej, a obecnie w Krajowej Administracji Skarbowej (KAS). Rzecznik Innowacji (SC). Trener KAS, Służby Celnej oraz nauczania wzajemnego w zakresie bezpieczeństwa chemicznego. Autor scenariuszy do ćwiczenia Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania pod kryptonimem „Patrol-18” oraz międzynarodowego, kompleksowego i wieloszczeblowego ćwiczenia obrony cywilnej z elementami zarządzania kryzysowego i antyterrorystycznego pod nazwą „Granica 2019”. Wykładowca, współorganizator międzynarodowych treningów i szkoleń, współpracuje z wieloma organami w zakresie ścigania przestępczości środowiskowej, przeciwdziałaniu proliferacji BMR oraz zapobieganiu przemytowi materiałów radioaktywnych.

PLK REZ. DR INŻ. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK – ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie Szczecińskim oraz studia doktoranckie w Akademii Sztuki Wojennej w Warszawie, a także studia podyplomowe z zakresu służby zagranicznej w Akademii Obrony Narodowej, ochrony danych i bezpieczeństwa informacji na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie oraz zarządzania kryzysowego w NATO Defence College (Rzym) i NATO School (Oberammergau). W latach 2004–2008 był oficerem łącznikowym Biura NATO (NLO) w Kijowie, z kolei w latach 2008–2010 był konsulem w Konsulacie Generalnym RP we Lwowie. Jest adiunktem w Dziale Prac Studialnych i Projektów Naukowych w CNBOP-PIB w Józefowie. Specjalność – inżynieria środowiska, nauki o bezpieczeństwie. Przedstawiciel Komitetu Technicznego nr 176 ds. Techniki Wojskowej i Zaopatrzenia w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.



**NOWOŚĆ
WYDAWNICZA
CNBOP-PIB!**

Ocena ryzyka pożarowego w INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH. Określenie koncepcji bezpieczeństwa w celu minimalizacji ryzyka

Tłumaczenie i redakcja
Jan Kielin



Wyczekiwana od lat pozycja na temat zagrożeń związanych z instalacjami fotowoltaicznymi!

DLA KOGO?

Dla PROJEKTANTÓW, WYKONAWCÓW, INSTALATORÓW, UŻYTKOWNIKÓW,
SERWISANTÓW INSTALACJI PV ORAZ STRAŻAKÓW-RATOWNIKÓW

W darmowej e-publikacji m.in.:

- ▶ zagrożenia związane z PV (na poszczególnych etapach życia wyrobu)
- ▶ metody kontroli jakości i normy odnoszące się do PV
- ▶ odbiór techniczny instalacji, eksploatacja
- ▶ zagrożenia dla służb ratowniczych w czasie działań ratowniczo-gaśniczych:
zachowanie się instalacji podczas pożaru, możliwe scenariusze
- ▶ łuk elektryczny: uwarunkowania fizyczne i problematyka DC
- ▶ szkody wywołane pożarem instalacji PV
- ▶ optymalizacja pod kątem bezpieczeństwa produktu i systemów,
środki mające na celu zwiększenie bezpieczeństwa ratowników

Publikacja dostępna jest do bezpłatnego pobrania za pośrednictwem strony internetowej
CNBOP-PIB: <https://www.cnbop.pl/pl/wydawnictwa/ksiazki>

Marian Gwóźdź^{a)*}, Michał Marcinowski^{b)}

^{a)} University of Bielsko Biala / Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku Białej

^{b)} Aluprof S.A.

* Corresponding author / Autor korespondencyjny: magwozd@ad.ath.bielsko.pl

Fire Resistance of Aluminum-Glass Partitions with a Parallel Structure of Intumescent Layers

Odporność ogniowa przegród aluminiowo-szklanych o strukturze równoległej warstw pęczniejących

ABSTRACT

Aim: The aim of the article is to verify the fire resistance of aluminum-glass construction partitions with a parallel structure. The paper presents the results of tests in a fire chamber of a selected partition, a leading national manufacturer of aluminum-glass systems. The results of the fire tests were used to validate a simple parallel model of the reliability of non-renewable systems.

Introduction: Fire-retardant properties of partitions made of glass and aluminum profiles determine their ability to stop the spread of fire by closing the fire in separate zones. Fire resistance of such partitions is measured according to various criteria, in particular the requirements concern: stability *R* (glass does not break), tightness *E*, radiation limitation *W* and insulation *I*. The tightness requirement *E* means that the partition effectively protects the fire compartment against flames, smoke and hot gases. The insulating postulate *I* means that the average temperature of glass and the profiles on the surface of the partition on the protected side does not exceed the contractual value during the nominal duration of the fire. The measure of fire resistance of a partition is time *t*, expressed in minutes, in which the structure of an aluminum-glass partition meets one or more of the criteria listed.

Methodology: The experimental database consists of the results of routine fire resistance tests of system building partitions obtained in the certification process of selected facade systems. Interpretation of the obtained results of laboratory tests was based on simple models of reliability of non-renewable systems.

Conclusions: The graphs of average temperature increase on the outer surface of the tested glass are the same in each case in terms of quality and quantity. Up to about 70% of the nominal fire resistance, the temperature increase is linear, followed by a non-linear phase according to a concave curve. The course of the temperature-rise curves on the outer surface of aluminum profiles is qualitatively different. The graphs are non-linear, convex from the beginning of heating, with the inflection point reached after about 20 minutes of the test. The obtained results may indicate that the multi-chamber structure of aluminum profiles does not ensure a parallel reliability structure, because the object has a quasi-parallel structure. The presented results of the temperature-rise curves and their reliability interpretation require confirmation in further laboratory tests of aluminum-glass partitions with a different structure of panes and profiles.

Keywords: glass, partitions, laboratory tests, fire resistance, reliability

Type of article: case study

Received: 14.02.2022; Reviewed: 16.02.2022; Accepted: 02.03.2022;

Authors' ORCID IDs: M. Gwóźdź – 0000-0002-9762-4279; M. Marcinowski – 0000-0003-0258-8541;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 130–140, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.7>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest weryfikacja eksperymentalna odporności ogniowej przegród budowlanych aluminiowo-szklanych o strukturze równoległej. W pracy przedstawiono wyniki badań w komorze ogniowej na przykładzie przegrody wiodącego krajowego producenta systemów aluminiowo-szklanych. Wyniki testów ogniowych wykorzystano do walidacji prostego modelu równoległego niezawodności systemów nieodnawialnych.

Wprowadzenie: Właściwości ognioochronne wykonanych ze szkła i profili aluminiowych przegród budowlanych określają ich zdolność do zatrzymania rozprzestrzeniania się ognia poprzez zamknięcie pożaru w wydzielonych strefach. Odporność ogniowa takich przegród jest mierzona wg różnych kryteriów. W szczególności wymagania dotyczą: stabilności *R* (szkło nie pęka), szczelności *E*, ograniczenia promieniowania *W* i izolacyjności *I*. Postulat szczelności *E* oznacza, że przegroda skutecznie chroni strefę wydzielenia pożarowego przed płomieniami, dymem i gorącymi gazami. Z kolei postulat izolacyjności *I* świadczy o tym, że średnia temperatura szyby i profili na powierzchni przegrody po stronie chronionej nie przekracza umownej wartości w nominalnym

czasie trwania pożaru. Miarą odporności ogniowej przegrody jest czas t wyrażony w minutach, w którym konstrukcja przegrody aluminiowo-szklanej spełnia jedno lub kilka z wymienionych kryteriów.

Metodologia: Bazę danych doświadczalnych stanowią wyniki rutynowych badań odporności ogniowej systemowych przegród budowlanych otrzymane w procesie certyfikacji wybranych systemów fasadowych. Interpretację wyników badań laboratoryjnych oparto na prostych modelach niezawodności systemów nieodnawialnych.

Wnioski: Wykresy przyrostu temperatury średniej na zewnętrznej powierzchni badanych szyb są w każdym wypadku jakościowo i ilościowo takie same. Do momentu osiągnięcia około 70% nominalnej ogniochronności przyrost temperatury jest liniowy, po czym następuje faza nieliniowa wg krzywej wklęsłej. Jakościowo inny jest przebieg krzywych przyrostu temperatury na zewnętrznej powierzchni profili aluminiowych. Wykresy są od początku nagrzewania nieliniowe, wypukłe, z punktem przegięcia osiągniętym już po około 20 minutach testu. Otrzymane rezultaty mogą wskazywać, że wielokomorowość profili aluminiowych nie zapewnia struktury niezawodnościowej równoległej, ponieważ obiekt ma strukturę quasi-równoległą. Przedstawione wyniki krzywych przyrostu temperatury i ich interpretacja niezawodnościowa wymagają potwierdzenia w dalszych badaniach laboratoryjnych przegród aluminiowo-szklanych o innej konstrukcji szyb i profili.

Słowa kluczowe: niezawodność, testy laboratoryjne, szkło, odporność ogniowa, przegrody

Typ artykułu: studium przypadku

Przyjęty: 14.02.2022; **Zrecenzowany:** 16.02.2022; **Zaakceptowany:** 02.03.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: M. Gwóźdź – 0000-0002-9762-4279; M. Marcinkowski – 0000-0003-0258-8541;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 130–140, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.7>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

The article describes fire tests of the selected MB-118 EI 120 system partition, carried out by an accredited testing laboratory [1] at the request of Aluprof S.A. as part of documenting relevant technical approvals. In the above-mentioned laboratory tests, fire tests of the model partition were carried out in a furnace generating a temperature according to ISO standard fire curve:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad (1)$$

where:

Θ_g – gas temperature in a fire chamber [°C],

t – heating time [min].

In the article, the testing was limited to partitions made of fire-resistant multilayer laminated glass, meeting the postulate of a simple model with parallel elements [2]. Considered in the theory of reliability, the simplest object that cannot be renewed, e.g. fire-resistant glass, is characterized by two mutually exclusive random states: the state of efficiency in which it meets the EI requirements and the state of inoperability when it does not meet the requirements. Efficiency is synonymous with fitness and disability is synonymous with unfitness. The time t which elapses from the moment the fire ignites until the last fireproof layer in the glass partition is damaged, is the time of correct operation of the analyzed object. Time t is a random variable with a probability distribution depending on the insulating properties of the partition and the fire intensity and the set of E, I, W . When modeling reliability $Q(t)$ of an aluminum-glass partition, it can be assumed that at the beginning of the fire the object is fit, i.e. $Q(t=0) = 1$, and the fire operation conditions of the partition are established.

Wprowadzenie

W artykule opisano badania ogniowe przegrody systemowej MB-118 EI 120, przeprowadzone przez akredytowane laboratoria badawcze [1] na zlecenie Aluprof S.A. w ramach dokumentowania odpowiednich aprobat technicznych. W przywołanych badaniach laboratoryjnych testy ogniowe modelowej przegrody przeprowadzono w piecu wytwarzającym temperaturę wg krzywej pożaru standardowego ISO:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad (1)$$

gdzie:

Θ_g – temperatura gazu w komorze ogniowej [°C],

t – czas ogrzewania [min].

W artykule ograniczono badania do przegród wykonanych z szyb ogniochronnych wielowarstwowych laminowanych, spełniających postulat prostego modelu o elementach równoległych [2]. Rozpatrywany w teorii niezawodności najprostszy, niepodlegający odnowie obiekt, np. szyba ogniochronna, charakteryzuje się dwoma wzajemnie wykluczającymi się stanami losowymi: stanem sprawności, w którym spełnia postawione wymagania EI i stanem niesprawności, gdy nie spełnia wymagań. Synonimem sprawności jest zdatność, a niesprawności – niezdatność. Czas t , jaki upływa od chwili rozgorzenia ognia aż do chwili uszkodzenia ostatniej warstwy ogniochronnej w przegrodzie szklanej, jest czasem poprawnej pracy analizowanego obiektu. Czas t jest zmienną losową o rozkładzie prawdopodobieństwa zależnym od właściwości izolacyjnych przegrody oraz od intensywności pożaru i ustalonego zbioru cech zdatności E, I, W . Modelując niezawodność $Q(t)$ przegrody aluminiowo-szklanej można założyć, że na początku pożaru obiekt jest zdatny, czyli $Q(t=0) = 1$, a warunki eksploatacji pożarowej przegrody są

The basic characteristic of the partition reliability is the reliability function $Q(t)$, also called the survival function. It describes the deterioration of the partition reliability with the passage of time of fire exposure and at the same time presents the probability of the serviceability of an unrepairable object, at least up to a fixed moment of time t , counting from the flashover time:

$$Q(t) = P\{T \geq t\} = 1 - P\{T < t\} = 1 - F(t) \quad (2)$$

Reliability $Q_r(t) = Q_r$ of an object with a parallel structure, in case when the failures of each of the n components are mutually independent failures, it is given by the formula:

$$Q_r = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_i) \quad (3)$$

In the special case of a homogeneous object $Q_i = Q$ from the formula (3) we get:

$$Q_r = 1 - (1 - Q)^n \quad (4)$$

From the transformation of the formula (4), it is possible to determine the requirements of the minimum reliability Q of individual homogeneous elements, e.g. fireproof layers (in a shaft) for a given standardized reliability of the entire object Q_r :

$$Q = 1 - \sqrt[n]{1 - Q_r} \quad (5)$$

Taking, for example, the reliability of the entire system at level $Q_r = 0.95$ (characteristic value in the standards for designing building structures), we obtain from formula (5): for $n = 1$ – reliability of the insulation layer $Q = 0.95$, for $n = 2$ – single layer reliability $Q = 0.776$, and for $n = 15$ layers – layer reliability $Q = 0.181$. Formulas (2–5) can be used for the analytical interpretation of the following thesis: Multilayer fire-resistant glass panes are an element of the parallel reliability system in a partition consisting of glass and aluminum profiles, and the entire partition under fire conditions is described by a mixed series-parallel model with non-renewable elements.

Laboratory tests of fire resistance of the MB-118 EI 120 system partition

The results of fire resistance tests [1] of a model of a glazed partition wall with dimensions of 3004 x 3752 mm, made of aluminum profiles of the Aluprof MB-118 EI system are shown in Figure 1. The diagram shows the location of the measuring thermocouples. The wall model was made and assembled by the research team of Aluprof S.A. The partition was divided into six fields (five glazed and one non-transparent), with the dimensions listed in Table 1. Five chamber-aluminum profiles with a construction width of 118 mm made of AW 6060 and AW 6063 alloys were used. Profile chamber (see Figure 2) filled with insulation inserts made of F-type plasterboards, which were to ensure fire resistance EI 120 minutes. In case of glazing, meeting fire resistance

ustalone. Podstawową charakterystyką niezawodności przegrody jest funkcja niezawodności $Q(t)$ nazywana także funkcją przetrwania. Opisuje ona obniżanie się niezawodności przegrody i zwiększenie z upływem czasu ekspozycji pożarowej. Równocześnie przedstawia ona prawdopodobieństwo zdatności obiektu nienaprawialnego, co najmniej do ustalonej chwili czasu t , licząc od chwili rozgorzenia:

$$Q(t) = P\{T \geq t\} = 1 - P\{T < t\} = 1 - F(t) \quad (2)$$

W sytuacji gdy uszkodzenia każdego z n elementów składowych są uszkodzeniami wzajemnie niezależnymi, wówczas niezawodność $Q_r(t) = Q_r$ obiektu o strukturze równoległej wyrażona jest wzorem:

$$Q_r = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_i) \quad (3)$$

W szczególnym przypadku obiektu jednorodnego $Q_i = Q$ ze wzoru (3) otrzymujemy:

$$Q_r = 1 - (1 - Q)^n \quad (4)$$

Z przekształcenia wzoru (4) można wyznaczyć wymagania minimalnej niezawodności Q pojedynczych elementów jednorodnych, np. warstw ogniochronnych w szybie dla zadanej znormalizowanej niezawodności całego obiektu Q_r :

$$Q = 1 - \sqrt[n]{1 - Q_r} \quad (5)$$

Przyjmując dla przykładu niezawodność całego układu na poziomie $Q_r = 0,95$ (wartość charakterystyczna w normach projektowania konstrukcji budowlanych), ze wzoru (5) otrzymujemy: dla $n = 1$ – niezawodność warstwy izolacyjnej $Q = 0,95$, dla $n = 2$ – niezawodność pojedynczej warstwy $Q = 0,776$, a dla $n = 15$ warstw – niezawodność warstwy $Q = 0,181$. Wzory (2–5) mogą być wykorzystane do analitycznej interpretacji następującej tezy: szyby ogniochronne wielowarstwowe stanowią w przegrodzie złożonej z szyb i profili aluminiowych element układu niezawodnościowego równoległego, a całą przegrodę w warunkach pożaru opisuje model mieszany szeregowo-równoległy o nieodnawialnych elementach.

Badania laboratoryjne odporności ogniowej przegrody systemowej MB-118 EI 120

Na rycinie 1 przedstawiono wyniki badań odporności ogniowej [1] modelu przeszklonej ściany działowej o wymiarach 3004 x 3752 mm, wykonanej z profili aluminiowych systemu Aluprof MB-118 EI. Na schemacie podano lokalizację termoelementów pomiarowych. Model ściany został wykonany i zmontowany przez zespół badawczy Aluprof S.A. Przegrodę podzielono na sześć pól (pięć przeszklonych i jedno pole nieprzezierne) o wymiarach zestawionych w tabeli 1. Zastosowano profile aluminiowe pięciokomorowe, o szerokości konstrukcyjnej 118 mm ze stopów AW 6060 i AW 6063. Komory profili (zob. ryc. 2) wypełniono wkładami izolacyjnymi z płyt gipsowo-kartonowych typu F, które miały zapewnić odporność ogniową

condition required the use of laminated glass composed of 15 layers.

EI 120 minut. W wypadku przeszkleń spełnienie warunku ogniochronności wymagało zastosowania szyb laminowanych złożonych z 15 warstw.



- thermocouples for average (maximum) temperature measurement / termoelementy do pomiaru temperatury średniej (maksymalnej)
- thermocouples for maximum temperature measurement / termoelementy do pomiaru temperatury maksymalnej
- ▼ place of measuring the deformation / miejsce pomiaru deformacji

Figure 1. Diagram of a partition and arrangement of measuring thermocouples
Rycina 1. Schemat przegrody i plan rozmieszczenia termoelementów pomiarowych

Source: Technical report [1].

Źródło: Raport techniczny [1].

Table 1. Designations and dimensions of the sample element fields

Tabela 1. Oznaczenia i wymiary pól elementu próbnego

Lp.	Glass designation / Oznaczenie szyb	Panel dimensions [mm] / Wymiary pola [mm]	Filling / Wypełnienie
1	1	668 x 1068	
2	2	668 x 1068	
3	3	1420 x 1068	
4	4	1400 x 2500	
5	5	1420 x 1436	4x F-type plasterboard, 15 mm thick each, 1mm steel sheet on both sides / 4x płyta gipsowo-kartonowa typu F o grubości 15 mm każda, obustronnie blacha stalowa 1mm
6	6	1420 x 1000	Glass Pyrostop, type 120-10 / Szyba Pyrostop, typ 120-10

Source: Technical report [1].

Źródło: Raport techniczny [1].

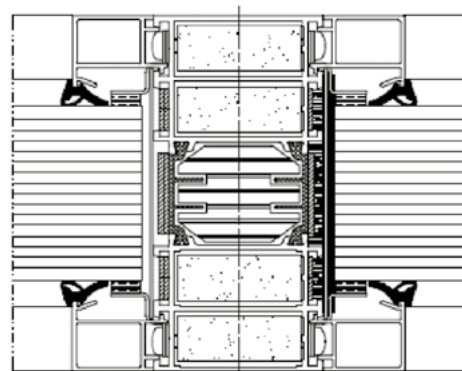


Figure 2. A fragment of an aluminum-glass partition: cross-section through a five-chamber MB-118 profile and Pilkington Pyrostop type 120-10 laminated glass panes

Rycina 2. Fragment przegrody aluminiowo-szklanej: przekrój przez profil pięciokomorowy MB-118 i szyby laminowane Pilkington Pyrostop typ 120-10

Source: Technical report [1].

Źródło: Raport techniczny [1].

The conditions under which the fire resistance test was carried out were recorded, in particular the ambient temperature was $t_o = 14.7^\circ\text{C}$ and the relative air humidity in the laboratory 32.8%. The temperature in the furnace during the heating of the partition was measured with 16 plate thermometers, and the results of these measurements are shown in Figure 3 which indicate good compliance of the heated air temperature in the furnace with the standard curve according to the formula (1). In Figure 3 the lower curve describes the lowest temperature, the upper temperature, and the intermediate one is the ISO curve (1). The partition during heating was under constant supervision, and the most important changes and damages noticed during the heating test are summarized in Table 2.

Podczas badania określono warunki, w jakich przeprowadzono próbę ognioodporności, a w szczególności temperaturę otoczenia $t_o = 14.7^\circ\text{C}$ i wilgotność względną powietrza w laboratorium wynoszącą 32,8%. Temperatura w piecu w trakcie ogrzewania przegrody była mierzona za pomocą 16 termometrów płytkowych, a wyniki tych pomiarów pokazano na rycinie 3. Wskazują one na dobrą zgodność temperatury ogrzewanego powietrza w piecu z krzywą standardową wg wzoru (1). Na rycinie 3 dolna krzywa opisuje temperatury najniższe, z kolei górna najwyższe, a pośrednia to krzywa ISO (1). Przegroda w trakcie ogrzewania była pod stałym nadzorem, a najważniejsze zmiany i uszkodzenia zauważone w trakcie próby ogrzewania zestawiono w tabeli 2.

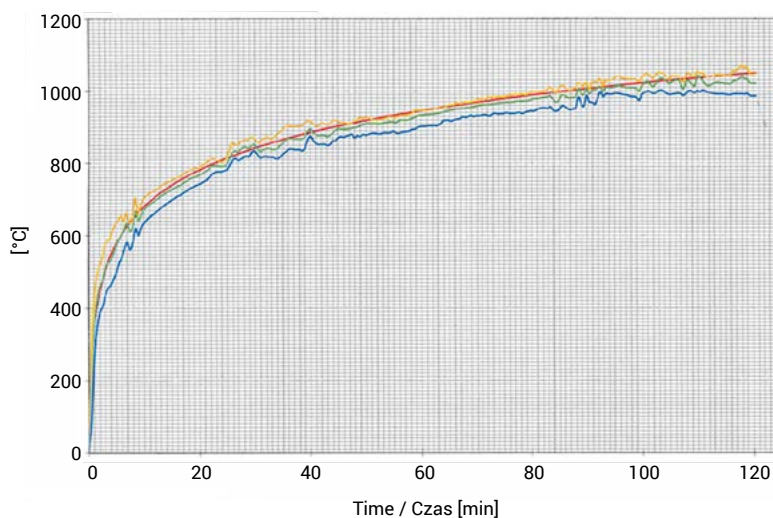


Figure 3. Diagrams of partition heating temperature
Rycina 3. Wykresy temperatury nagrzewania przegrody
Source: Technical report [1].
Źródło: Raport techniczny [1].

The experimental mean temperature rise curves on the outer surfaces of the glass panes during the test were similar in all fields, therefore in Figure 4 representative results are shown as recorded on the largest glass pane (pane no. 4 according to Figure 1). The lower curve (blue) describes the measurements of the mean temperature of the thermocouple no. 7, the other curves correspond to the measurements from the thermocouples numbers 5, 6, 8 and 9.

Doświadczalne krzywe przyrostu temperatury średniej na zewnętrznych powierzchniach szyb w czasie testu były we wszystkich polach podobne, dlatego na rycinie 4 pokazano jako reprezentatywne rezultaty zarejestrowane na największej szybie (szyba nr 4 na ryc. 1.). Krzywa dolna (kolor niebieski) obrazuje pomiary temperatury średniej termoelementu (nr 7), pozostałe krzywe odpowiadają pomiarom z termoelementów (numery 5, 6, 8 i 9).

Table 2. Description of damage during the fire resistance test of the partition
Tabela 2. Opis uszkodzeń w trakcie próby ognioodporności przegrody

Time / Czas	Type of damage / Rodzaj uszkodzenia
1' 0"	The internal panes of fields 2, 3, 4 and 6 break as indicated in Table 1 / Pękają wewnętrzne szyby pól 2, 3, 4 i 6 wg oznaczeń z tablicy 1
1' 30"	Windows start to turn white / Szyby zaczynają bieleć
2' 15"	Smoke in the upper corner of glass pane no. 4 (field marked in bold) / Dym w górnym narożu szyby nr 4 (pole oznaczone czcionką wytłuszczoną)
2' 40"	Glass 1, 2, 3 and 6 white, glass 4 green / Szyby nr 1, 2, 3 i 6 białe, szyba nr 4 zielona
3' 40"	Smoke in the lower corner of glass no. 3 / Dym w dolnym narożu szyby nr 3
5' 30"	Yellow stains appeared on all panes / Na wszystkich szybach wystąpiły żółte plamy
9' 0"	Smoke at individual corners of all panes / Dym w pojedynczych narożach wszystkich szyb
20'	Thermocouple 2 comes off (at 32' 25" thermocouple 11 comes off) / Odkleja się termoelement nr 2 (w 32' 25" odkleja się termoelement nr 11)
65' 40"	The seal in the glass 6 comes out, the seal in the glass 3 came out in 18' / Wysuwa się uszczelka w szybie nr 6, w 18' wysunęła się uszczelka w szybie nr 3
80' 17"	All panes white with brown spots / Na wszystkich szybach białych pojawiły się brązowe plamy
83'	In shaft 4, the gel layer breaks off and flows into the furnace / W szybie nr 4 warstwa żelu odspaja się i wpada do środka pieca
91' 12"	Glass no. 4 turns white (glass no. 6 in 94', glass no. 1 and no. 3 in 97') / Szyba nr 4 bieleje (szyba nr 6 bieleje w 94', a szyby nr 1 i nr 3 w 97')
95' 10"	In shaft no. 3, the gel layer detaches and flows into the furnace / W szybie nr 3 warstwa żelu odspaja się i wpada do środka pieca
114'	Smoke is released through cracks in shaft no. 4 / W szybie nr 4 przez spękania w szybie wydostaje się dym
120'	Glass no. 4 strongly cracked and bent towards the inside of the furnace; end of test 121' / Szyba nr 4 mocno spękana i wygięta do wnętrza pieca; koniec badania 121'

Source: Technical report [1].
 Źródło: Raport techniczny [1].

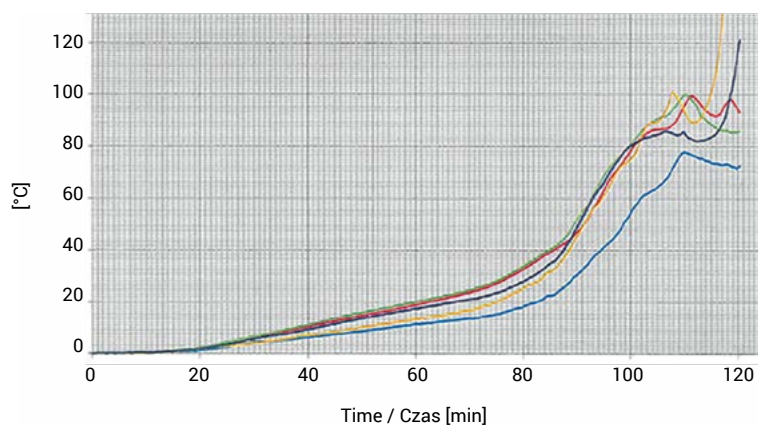


Figure 4. Graphs of the mean temperature increase at measurement points on the outer surface of the glass pane no. 4 (1400 x 2500 mm)
Rycina 4. Wykresy przyrostu temperatury średniej w punktach pomiarowych na zewnętrznej powierzchni szyby nr 4 (1400 x 2500 mm)

Source: Technical report [1].
 Źródło: Raport techniczny [1].

The results of the measurements of the temperature rise on the outer surfaces of the aluminum profiles were similar for all installed thermocouples. In Figure 5 exemplary results obtained in the measuring points (22) – green curve, (25) – blue curve and (26) – yellow curve are shown. These are qualitatively different curves than those shown for the panes in Figure 4, because they are characterized by a clear inflection point after about 1/6 of the heating time (concave curves were recorded for the panes). The curve shown in Figure 5 deviates from this regularity in red because it describes the increase in the maximum temperature on glass no. 4 at the measuring point (20).

Rezultaty pomiarów przyrostu temperatury na zewnętrznych powierzchniach profili aluminiowych były dla wszystkich zainstalowanych termoelementów podobne. Na rycinie 5 pokazano przykładowe wyniki uzyskane w punktach pomiarowych (22) – krzywa zielona, (25) – krzywa niebieska i (26) – krzywa żółta. Są to krzywe jakościowo inne niż krzywe dla szyb pokazane na rycinie 4, ponieważ charakteryzują się wyraźnym punktem przegięcia po ok. 1/6 czasu ogrzewania (dla szyb zarejestrowano krzywe wklęsłe). Krzywa koloru czerwonego pokazana na rycinie 5 odbiega od tej prawidłowości, ponieważ opisuje przyrost temperatury maksymalnej na szybie nr 4 w punkcie pomiarowym (20).

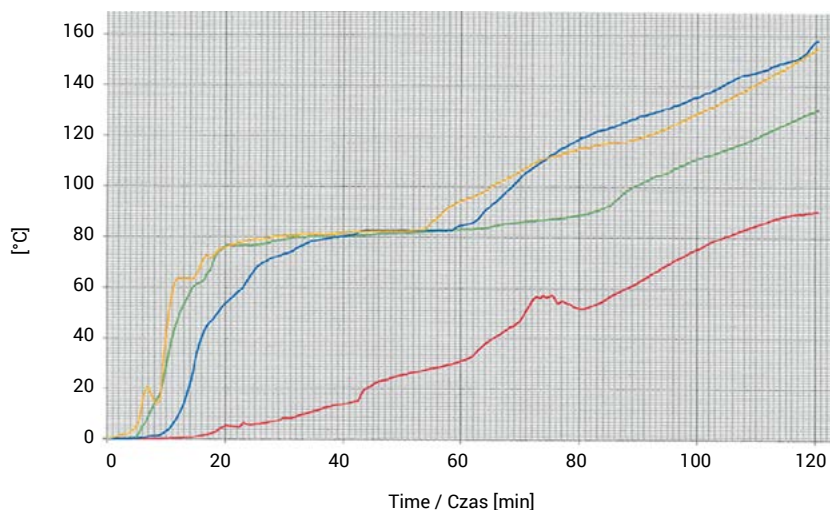


Figure 5. Graphs of temperature rise on the outer surface of the profiles (three upper curves) and glass no. 4 (lower curve)
Rycina 5. Wykresy przyrostu temperatury na zewnętrznej powierzchni profili (trzy krzywe górne) i szyby nr 4 (krzywa dolna)
Source: Technical report [1].
Źródło: Raport techniczny [1].

During the heating of the partition, horizontal displacements were recorded in five selected points on the profiles (see Figure 1, points A, C and E) and shafts (see Figure 1, points D and E). The measured displacements are summarized in Table 3, in which the + sign indicates the bend towards the inside of the furnace. The displacements of + 76 mm and + 78 mm at points B and C should be assessed as significant as they are clearly visible to the naked eye. The lack of symmetry of displacements at points B and D is the result of different construction of both fields (point B is located on the laminated glass, and point D on the non-transparent surface).

W trakcie ogrzewania przegrody rejestrowano przemieszczenia poziome w pięciu wybranych punktach na profilach (zob. ryc. 1, punkty A, C i E) i sztybach (zob. ryc. 1, punkty D i E). Punkty pomiarowe przemieszczeń zestawiono w tabeli 3, w której znak + oznacza wygięcie do wnętrza pieca. Przemieszczenia + 76 mm i + 78 mm w punktach B i C należy ocenić jako znaczne, ponieważ są one wyraźnie widoczne gołym okiem. Brak symetrii przemieszczeń w punktach B i D jest rezultatem odmiennej konstrukcji obu pól (punkt B zlokalizowano na szybie laminowanej, a punkt D na powierzchni nieprzezierny).

Table 3. Values of horizontal displacements at partition measurement points
Tabela 3. Wartości przemieszczeń poziomych w punktach pomiarowych przegrody

Time <i>t</i> / Czas <i>t</i> [min]	Measurement points as shown in the diagram in Figure 1 / Punkty pomiarowe wg schematu na rycinie 1				
	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]
0	0	0	0	0	0
20	+ 28	+ 31	+ 33	+ 21	+ 2
40	+ 26	+ 21	+ 19	+ 12	0
60	+ 25	+ 26	+ 25	+ 13	0
80	+ 26	+ 45	+ 51	+ 26	+ 3
100	+ 24	+ 61	+ 61	+ 27	+ 2
110	+ 24	+ 62	+ 67	+ 30	+ 3
120	+ 26	+ 76	+ 78	+ 35	+ 3

Source: Technical report [1].
 Źródło: Raport techniczny [1].

View of the partition from the outside after the heating test is completed (121' of test) shown in Figure 6.

Widok przegrody od strony zewnętrznej po zakończonej próbie ogrzewania (121' testu) pokazano na rycinie 6.

Summary

The standard requirements [3–4] for fire resistance mean that the following conditions are met in the heating test of the tested partition:

- the glazing will not break under its own weight,
- there is no leakage of the partition and no penetration of fire or smoke to the outside,
- the glazing must ensure an effective fire shut-off throughout the test, i.e. outside the tested partition, no ignition or ignition of a cotton swab may occur,
- the temperature increase at the end of the test on the unheated side of the glass must not exceed 140°C on average, and only locally it may reach 180°C,
- the temperature rise at the end of the test on the unheated side of the aluminum profiles must not exceed 180°C.

Podsumowanie

Próba ogrzewania badanej przegrody opiera się na wymaganiach określonych w normach [3–4] w zakresie nierozprzestrzeniania się ognia i ognioodporności. W badaniu muszą być spełnione następujące warunki:

- przeszklenie nie ulegnie pęknięciu pod własnym ciężarem,
- nie dojdzie do nieszczelności przegrody i przenikania ognia lub dymu na zewnątrz,
- przeszklenie przez cały czas próby musi zapewniać skuteczne odcięcie ognia, tzn. na zewnątrz badanej przegrody nie może dojść do zapalenia lub zażarzenia próbnego wacika z bawełny,
- przyrost temperatury pod koniec próby na nieogrzewanej stronie szyby nie może przekroczyć średniej temperatury wynoszącej 140°C, a tylko lokalnie może osiągnąć ona max. 180°C,
- przyrost temperatury pod koniec próby na nieogrzewanej stronie profili aluminiowych nie może przekroczyć 180°C.



Figure 6. View of the partition from the outside after the heating test is completed
Rycina 6. Widok przegrody od strony zewnętrznej po zakończonej próbie ogrzewania

Source: Technical report [1].
Źródło: Raport techniczny [1].

The laboratory test results shown in Figures 4 and 5 prove that the tested partition meets the standard criteria of the nominal fire resistance EI 120 minutes in terms of temperature rise. The technical report [1] shows that also the other fire resistance criteria of this partition were met. Fire-resistant laminated glass according to Figure 2, composed of several repetitive gel layers, is a simple, non-renewable, parallel-structured reliability system. At a temperature of 120°C, the gel layers expand to form a hard, opaque layer that provides temporary protection against fire. A similar model of reliability seems to describe five-chamber aluminum profiles filled with thermal insulation (see Figure 2). Analysis of the temperature-rise curves according to Figures 4 and 5, however, does not confirm the model analogies for laminated glass and aluminum profiles. The graphs of the mean temperature increase on the outer surface of the glass pane no. 4, as well as on the other tested glass panes according to the report [1], are in each case the same in terms of quality and quantity. Up to approx. 80 minutes of heating (70% of nominal fire protection), the temperature increase is linear, followed by a non-linear phase according to a concave curve.

The course of the temperature-rise curves on the outer surface of aluminum profiles is different in terms of quality (see Figure 5 – the top three curves). The analyzed graphs are non-linear, convex from the beginning of the heating, with the inflection point reached after about 20 minutes of the test. The obtained results may indicate that the multi-chamber structure of aluminum profiles does not ensure a parallel reliability structure, see formulas (1)–(5), because such an object has a quasi-parallel structure.

Such an interpretation seems to be additionally confirmed by the almost linear graph of the increase in the maximum temperature on the glass pane 4 (see the lower curve drawn in red in Figure 5). The graph is characteristic for fire-resistant glass with a parallel structure of intumescent layers.

Wyniki badań laboratoryjnych pokazane na rycinach 4 i 5 dowodzą, że badana przegroda spełnia określone w normach kryteria nominalnej odporności ogniowej EI 120 minut w zakresie przyrostu temperatury. Raport techniczny [1] wskazuje, że także pozostałe kryteria ognioodporności tej przegrody zostały spełnione. Szyba laminowana ogniochronna przedstawiona na rycinie 2, złożona z kilku powtarzalnych warstw żelu, jest prostym, nieodnawialnym systemem niezawodnościowym o strukturze równoległej. W temperaturze 120°C warstwy żelu ekspandują, tworząc twardą, nieprzezroczystą powłokę stanowiącą czasowe zabezpieczenie przed pożarem. Podobny model niezawodności wydaje się opisywać pięciokomorowe profile aluminiowe wypełnione izolacją termiczną (zob. ryc. 2). Analiza krzywych przyrostu temperatury (zob. ryc. 4 i 5) nie potwierdza jednak analogii modelowych dla szyb laminowanych i profili aluminiowych. Wykresy przyrostu temperatury średniej na zewnętrznej powierzchni szyby nr 4, a także na pozostałych badanych szybach wg raportu [1], są w każdym wypadku jakościowo i ilościowo takie same. Do ok. 80 minuty ogrzewania (70% nominalnej ogniochronności) przyrost temperatury jest liniowy, po czym następuje faza nieliniowa wg krzywej wklęsłej.

Jakościowo inny jest przebieg krzywych przyrostu temperatury na zewnętrznej powierzchni profili aluminiowych (zob. ryc. 5 – trzy górne krzywe). Analizowane wykresy są od początku nagrzewania nieliniowe, wypukłe, z punktem przegięcia osiągniętym już po ok. 20 minutach testu. Otrzymane rezultaty mogą wskazywać, że wielokomorowość profili aluminiowych nie zapewnia struktury niezawodnościowej równoległej, zob. wzory (1)–(5), ponieważ obiekt taki ma strukturę quasi-równoległą.

Taką interpretację wydaje się dodatkowo potwierdzać niemal liniowy wykres przyrostu temperatury maksymalnej na szybie nr 4 (dolna krzywa narysowana na ryc. 5 kolorem czerwonym). Wykres ten jest charakterystyczny dla szyb ogniochronnych, o równoległej strukturze warstw pęczniących.

Conclusions

Due to the standardized nature of laboratory tests, reviews and contributions devoted to the subject of fire resistance of aluminum-glass partitions are available in the national literature, for example [5–8]. The publications that provide the results of fire resistance tests for other system partitions are particularly important. This is the nature of works [9–10] in which there are diagrams of temperature increases on the outer surfaces of the glass panes and profiles. The results on the aluminum profiles in these studies are consistent with those presented in Figure 5. It should be added, however, that the aforementioned tests [9–10] concerned partitions with a nominal fire resistance of EI 30, i.e. lower than the partition discussed in the article.

Temperature-rise curves and their reliability interpretation presented in Figures 4 and 5 require confirmation in further laboratory tests of aluminum-glass partitions of a different design. The testing should cover both partitions with a parallel structure, but with different nominal fire resistance (EI 60, EI 90, EI 180), as well as partitions made of glass with a single-chamber fire-resistant structure (alternative to laminated glass – single-chamber glazing with a thicker layer of gel). Many years of research conducted in the European Union countries have resulted in developing a technical document CEN / TC 250 N 1060 [11], drafted as part of the work of the European Committee for Standardization on the second edition of the Eurocodes (see also document [12]). This edition includes recommendations for the above-mentioned design of glass structures, in particular the development of a separate design standard, containing modern procedures for the design of glass structures.

The article presented above is a national contribution to the research on the reliability analysis of partitions with aluminum-glass structure, similarly to the previous works of the authors [13–14].

Literature / Literatura

- [1] Zespół Laboratoriów Badawczych akredytowany przez PCA, Raport techniczny nr LPP02-01036/11/R50N: Ściana działowa z profili aluminiowych, przeszklona, systemu ALUPROF MB-118EI; szkło Pyrostop 120-10. Warszawa 2011.
- [2] Gwóźdź M., *Fire reliability of system aluminum glass partitions*, „Archives of Civil Engineering” 2021, Vol. LXVII, Issue 4, 193–206, <https://doi.org/10.24425/ace.2021.131494>.
- [3] PN-EN 1364-1:2015 Badanie odporności ogniowej elementów nienośnych.
- [4] PN-EN 13501-2:2016+A1 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej.
- [5] Klinowski K., Sulik P., Sędkak B., *Badania i klasyfikacja*

Wnioski

Z uwagi na znormalizowany charakter testów laboratoryjnych, prace przeglądowe i przyczynki poświęcone tematyce odporności ogniowej przegród aluminiowo-szklanych są dostępne w literaturze krajowej [5–8]. Szczególnie istotne są publikacje, w których podano wyniki badań odporności ogniowej innych przegród systemowych. Taki charakter mają prace [9–10], w których zamieszczono wykresy przyrostów temperatury na zewnętrznych powierzchniach szyb i profili. Wyniki na profilach aluminiowych są w tych pracach zbieżne z przedstawionymi na rycinie 5. Należy jednak dodać, że przywołane badania [9–10] dotyczyły przegród o nominalnej odporności ogniowej EI 30, czyli niższej niż przegroda omawiana w artykule.

Przedstawione na rycinach 4 i 5 krzywe przyrostu temperatury i ich interpretacja niezawodnościowa wymagają potwierdzenia w dalszych badaniach laboratoryjnych przegród aluminiowo-szklanych o innej konstrukcji. Badaniami należałoby objąć zarówno przegrody o strukturze równoległej, jednak o zróżnicowanej nominalnej ogniochronności (EI 60, EI 90, EI 180), jak i przegrody uformowane z szyb o konstrukcji ogniochronnej jednokomorowej (alternatywna wobec szyb laminowanych – konstrukcja szyb jednokomorowych z grubszą warstwą żelu).

Wieloletnie badania naukowe prowadzone w krajach Unii Europejskiej zostały zwieńczone dokumentem technicznym CEN/TC 250 N 1060 [11], zredagowanym w ramach prac Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego nad drugą edycją Eurokodów (zob. także dokument [12]). W edycji tego dokumentu przewidziano rekomendacje związane z projektowaniem konstrukcji szklanych, a w szczególności opracowaniem odrębnej normy projektowania, zawierającej nowoczesne procedury w zakresie projektowania konstrukcji budowlanych szklanych.

Przedstawiony wyżej artykuł stanowi przyczynek krajowy do badań w zakresie analizy niezawodności przegród o konstrukcji aluminiowo-szklanej, podobnie jak wcześniejsze prace autorów [13–14].

- systemów pionowych przegród przeszklonych o określonej klasie odporności ogniowej*, SFT, Vol 42 Issue 2, 2016, pp. 135–140, <https://doi.org/10.12845/bitp.42.2.2016.14>.
- [6] Laskowska Z., Borowy A., *Rozszerzone zastosowanie wyników badań odporności ogniowej ścian działowych przeszklonych wg PN-EN 15254-4*, „Materiały Budowlane” 2012, nr 7(479), 62–64.
- [7] Klinowski J., Sędkak B., Sulik P., *Izolacyjność ogniowa aluminiowo-szklanych ścian osłonowych w zależności od sposobu wypełnienia profilu szkieletu konstrukcyjnego*, „Izolacje” 2015, R. 20, nr 2, 48–53.
- [8] Sulik P., Sędkak B., *Odporność ogniowa pionowych przegród przeszklonych. Część 1*, „Świat Szkła” 2015, nr 7–8, 37–43, *Część 2*, „Świat Szkła” 2015, nr 9, 31–35.

- [9] Podawca K., Przywózki M., *Analiza przyrostu temperatury przeszklonych przegród pionowych wewnętrznych, narażonych na działanie ognia*, SFT, Vol. 55 Issue 1, 2020, pp. 16–300, <https://doi.org/10.12845/sft.55.1.2020.2>.
- [10] Sulik P., Sędkak B., *Wybrane aspekty oceny odporności ogniowej przeszklonych elementów oddzielenia przeciwpożarowego*, „Journal of Civil Engineering Environment and Architecture” 2017, T. XXXIV, Z. 64 (3/I/17), 17–19, <https://doi.org/10.7062/rb.2017.1400>.
- [11] Feldmann M., Kasper R. i in., Document CEN/TC 250 N 1060: Guidance for European structural design of glass components. JRC and Policy Reports, 2014.
- [12] Document CNR-DT 210/2013.: Guide for the design. Construction and control of buildings with structural glass elements. National Research Council of Italy 2013.
- [13] Gwóźdź M., *Formulae for buckling load bearing capacity of glass structure elements*, „Archives of Civil Engineering” 2020, Vol. LXVI, Issue 2, 2020, 353–368, <https://doi.org/10.24425/ace.2020.131814>.
- [14] Gwóźdź M., Woźniczka P., *New static analysis methods for plates made of monolithic and laminated glass*, „Archives of Civil Engineering” 2020, Vol. LXVI, Issue 4, 593–609, <https://doi.org/10.24425/ace.2020.135239>.

MARIAN GWÓŹDŹ, PROF., PH.D. ENG. – graduate, researcher and lecturer at the Faculty of Civil Engineering of the Cracow University of Technology in the years 1973–2019. From 2019, employed at the University of Technology and Humanities in Bielsko-Biała. His scientific achievements include over 100 scientific papers, including 10 monographs on the reliability, load-bearing capacity and stability of steel, aluminum and aluminum-glass structures. His engineering achievements include over 150 opinions, technical expertise and detailed designs, mainly large cubature buildings with a steel structure.

MICHAŁ MARCINOWSKI, M.SC. ENG. – product manager at Aluprof S.A. Associated with the company for several years, currently involved in product development, previously in designing, consulting and conducting conferences for manufacturers, architects and designers of window, door and facade systems.

PROF. DR HAB. INŻ. MARIAN GWÓŹDŹ – absolwent i pracownik naukowo-dydaktyczny Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej w latach 1973–2019. Od roku 2019 zatrudniony na Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. Dorobek naukowy obejmuje przeszło 100 prac naukowych, w tym 10 monografii z zakresu niezawodności, nośności i stateczności konstrukcji stalowych, aluminiowych i aluminiowo-szklanych. Dorobek inżynierski to ponad 150 opinii, ekspertyz technicznych i projektów wykonawczych, głównie dużych budynków kubaturowych o konstrukcji stalowej.

MGR INŻ. MICHAŁ MARCINOWSKI – menedżer produktu w firmie Aluprof S.A. Związany z firmą od kilku lat, aktualnie zaangażowany w rozwój produktów, wcześniej w projektowanie, doradztwo oraz prowadzenie konferencji dla producentów, architektów i projektantów systemów okiennno-drzwiowych i fasadowych.

Ocena zgodności wyrobów prowadzona przez CNBOP-PIB

KRAJOWE OCENY TECHNICZNE DLA WYROBÓW BUDOWLANYCH

- ✓ nieobjętych zakresem przedmiotowym polskiej normy wyrobu lub europejską oceną techniczną
- ✓ jeżeli w odniesieniu do co najmniej jednej zasadniczej charakterystyki wyrobu metoda oceny przewidziana w polskiej normie nie jest właściwa
- ✓ jeżeli polska norma nie przewiduje metody oceny w odniesieniu do co najmniej jednej zasadniczej charakterystyki wyrobu

EUROPEJSKIE OCENY TECHNICZNE

- ✓ dla wyrobów, dla których nie wydano norm zharmonizowanych (hEN)

OPINIE TECHNICZNE

- ✓ dla wyrobów, dla których właściwości techniczne i użytkowe nie podlegają obowiązkowej ocenie lub właściwości przewyższają poziom wymagań zasadniczych

TESTOWANIE WYROBÓW INNOWACYJNYCH

- ✓ ocena przydatności do stosowania w działaniach ratowniczo-gaśniczych wyrobów nieobjętych obowiązkiem uzyskania dopuszczenia do użytkowania
- ✓ po przeprowadzeniu testowania wyrobu z wynikiem pozytywnym producent otrzymuje:
 - rekomendację do stosowania w ochronie przeciwpożarowej, albo
 - opinię przydatności do stosowania w ochronie przeciwpożarowej

Zapytania w sprawie oceny zgodności prosimy kierować do Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB. Zakład Ocen Technicznych posiada upoważnienie do pełnienia funkcji jednostki oceny technicznej (JOT) oraz współpracuje z funkcjonariuszami PSP w procesach testowania wyrobów innowacyjnych.

KONTAKT

Zakład Ocen Technicznych CNBOP-PIB
ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów
tel. +48 22 769 32 92, e-mail: dot@cnbop.pl

Paweł Janik^{a)*}

^{a)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

^{*} *Corresponding author / Autor korespondencyjny: pjanik@cnbop.pl*

Methodology of Threat Assessment of Municipalities and Districts

Metodyka oceny zagrożenia gmin i powiatów

ABSTRACT

Aim: The aim of the article is to discuss theoretical and practical aspects of the emergence and use of the method of assessment of threat occurring in areas of particular municipalities and districts in the activities of organizational units of the State Fire Service. One of the reasons for returning to this topic is the modification of the method finalized last year, in order to include within it another factor of fire danger, which are non-forest terrestrial ecosystems. Moreover, updates in this area have been made to allow those who have not previously had the opportunity to learn about the subject matter.

Introduction: Last year, a new regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 17 September 2021 on the detailed organization of the national rescue and firefighting system (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2021 poz. 1737) came into force. In relation to the content of the previously existing regulation, it has changed the methodology on how to assess the risks that may occur on the area of the district and the province, in which the analysis is subject to risk factors occurring respectively in the areas of individual municipalities, making their subsequent aggregation at the level of the districts. Taking into account the fact that it has been ten years since the original inclusion of this tool in the regulations on the functioning of the national rescue and firefighting system (KSRG), it is considered a good moment to share with the readers some of the author's reflections on both theoretical and practical aspects of its creation and application in the activities of organizational units of the State Fire Service.

Methodology: The paper uses the results of the author's own work in creating the aforementioned hazard assessment method, based on the theoretical foundation of hazard analysis and risk assessment. Fire experience was also used, including data analysis of incidents that occurred.

Conclusions: As a result of the carried out work, a method of assessment of hazards occurring in individual municipalities and districts was created, implemented in 2011, used for the preparation and annual update of district and provincial rescue plans. In practice, its results are directly applicable in the process of determining standards of additional equipment for district and city fire stations of the State Fire Service, requirements for the organization of specialized rescue groups and methodology of building a plan for the network of volunteer fire departments to be included in the national and rescue firefighting system. Ten years of using this method and its recent extension with a new risk factor are the reasons to formulate the thesis that it has been positively verified in terms of practical usefulness of its results. There is also a possibility of its further improvement, e.g. in the context of introducing additional tools that could increase the quality of the obtained results, e.g. enabling its stronger connection with currently available geospatial databases.

Keywords: threat assessment, threat levels, national rescue and firefighting system, State Fire Service

Type of article: review article

Received: 03.03.2022; Reviewed: 29.03.2022; Accepted: 29.03.2022;

Author's ORCID ID: P. Janik – 0000-0003-4498-7575;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 142–156, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.8>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest omówienie teoretycznych oraz praktycznych aspektów powstania oraz wykorzystywania w działalności jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej metody oceny zagrożenia występującego na obszarach poszczególnych gmin i powiatów. Jedną z przesłanek powrócenia do tej tematyki jest sfinalizowana w ubiegłym roku modyfikacja wspomnianej metody pod kątem uwzględnienia w jej ramach kolejnego czynnika zagrożenia pożarowego, jakim są nieleśne ekosystemy lądowe. Ponadto aktualizacji w tym zakresie dokonano z myślą o umożliwieniu zapoznania się z przedmiotową problematyką osobom, które nie miały wcześniej ku temu okazji.

Wprowadzenie: W ubiegłym roku weszło w życie nowe rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2021 poz. 1737). W stosunku do treści wcześniej obowiązującego rozporządzenia, znowelizowano w nim metodykę w zakresie sposobu oceny zagrożeń mogących wystąpić na obszarze powiatu i województwa, w ramach której analizie poddaje się czynniki zagrożenia występujące odpowiednio na obszarach poszczególnych gmin, dokonując później ich agregacji na poziomie powiatów. Biorąc pod uwagę fakt, iż nastąpiło to po upływie równo dziesięciu lat od pierwotnego zawarcia przedmiotowego narzędzia w przepisach

dotyczących funkcjonowania KSRG uznano, iż jest to dobry moment na podzielenie się z czytelnikami kilkoma autorskimi refleksjami dotyczącymi zarówno teoretycznych, jak i praktycznych aspektów jego powstania oraz stosowania w działalności jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej.

Metodologia: W pracy wykorzystano wyniki własnych prac autora w zakresie tworzenia wspomnianej powyżej metody oceny zagrożenia, opartych na podbudowie teoretycznej z zakresu analizy zagrożeń oraz oceny ryzyka. Wykorzystano również doświadczenia pożarnicze, w tym analizy danych z zaistniałych zdarzeń.

Wnioski: W wyniku przeprowadzonych prac powstała, wdrożona w 2011 r., metoda oceny zagrożeń występujących w poszczególnych gminach i powiatach, wykorzystywana na potrzeby przygotowania i corocznej aktualizacji powiatowych i wojewódzkich planów ratowniczych. W praktyce jej wyniki mają bezpośrednie zastosowanie m.in. w procesie określania standardów dodatkowego wyposażenia komend powiatowych i miejskich Państwowej Straży Pożarnej, wymagań w zakresie organizacji grup ratownictwa specjalistycznego oraz metodyki budowy planu sieci jednostek Ochotniczych Straży Pożarnych przewidzianych do włączenia do krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego. Dziesięcioletni okres stosowania tej metody oraz dokonana w ostatnim czasie w zakresie jej rozbudowy o nowy czynnik zagrożenia, stanowią przesłankę do sformułowania tezy, iż przeszła ona pozytywną weryfikację w aspekcie praktycznej przydatności jej wyników. Istnieje również możliwość jej dalszego doskonalenia, m.in. w kontekście wprowadzenia dodatkowych narzędzi, które mogłyby podnieść jakość uzyskiwanych wyników, np. umożliwiających jej silniejsze powiązanie z dostępnymi obecnie bazami danych geoprzestrzennych.

Słowa kluczowe: ocena zagrożeń, stopnie zagrożenia, krajowy system ratowniczo-gaśniczy, Państwowa Straż Pożarna

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 03.03.2022; **Zrecenzowany:** 29.03.2022; **Zaakceptowany:** 29.03.2022;

Identyfikator ORCID autora: P. Janik – 0000-0003-4498-7575;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 142–156, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.8>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

In September 2021, a new regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration on the detailed organization of the national rescue and firefighting system (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2021 poz. 1737) [1] entered into force. Among other things, it revised the methodology on how to assess threats that may occur in the county and district. Taking into account the fact that it has been ten years since the original inclusion of this tool in the regulations on the functioning of the national rescue and firefighting system (KSRG), it is considered a good moment to share with the readers some of the author's reflections on theoretical and practical aspects of its creation and use in the activities of organizational units of the State Fire Service.

The obligation to prepare a threat analysis, which is one of the basis for creating district and provincial rescue plans, already existed earlier. However, until the publication of the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 18 February 2011 on detailed rules for the organization of the national rescue and firefighting system (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2011 Nr 46, poz. 239) [2], the guidelines for its scope were formulated only in general terms. Previous legislation in this area was formulated on the basis of the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 29 December 1999 on detailed rules for the organization of the national rescue and firefighting system. Particularly noteworthy is the provision of §5 sec. 1 point 1 of this regulation, which stipulated that the development of the aforementioned plans is preceded by an "analysis of the hazards existing in a given area, taking into account the density of population, geographical and topographic conditions, state of infrastructure and hazards from neighbouring areas, including areas covered by

Wstęp

We wrześniu 2021 r. weszło w życie nowe rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2021 poz. 1737) [1]. W jego ramach dokonano między innymi nowelizacji metodyki w zakresie sposobu oceny zagrożeń mogących wystąpić na obszarze powiatu i województwa. Biorąc pod uwagę fakt, iż nastąpiło to po upływie równo dziesięciu lat od pierwotnego zawarcia przedmiotowego narzędzia w przepisach dotyczących funkcjonowania KSRG uznano, iż jest to dobry moment na podzielenie się z czytelnikami kilkoma autorskimi refleksjami dotyczącymi zarówno teoretycznych, jak i praktycznych aspektów jego powstania oraz stosowania w działalności jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej.

Obowiązek sporządzania analizy zagrożeń, będącej jedną z podstaw tworzenia powiatowych i wojewódzkich planów ratowniczych, istniał już wcześniej. Niemniej do czasu opublikowania rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2011 Nr 46, poz. 239) [2], wytyczne co do jej zakresu były sformułowane jedynie w sposób ogólny. Poprzednie prawodawstwo w tym zakresie sformułowane było na podstawie rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego. Na szczególną uwagę zasługuje zapis §5 ust.1 pkt 1 tego rozporządzenia, z którego wynikało, że opracowanie wspomnianych wcześniej planów poprzedza się „analizą zagrożeń występujących na danym obszarze, przy uwzględnieniu gęstości zaludnienia, warunków geograficzno-topograficznych, stanu infrastruktury oraz zagrożeń z obszarów sąsiadujących,

mining law, military training areas, coastal waters and areas of the neighbouring countries” [3].

With such vague guidelines, the analyses prepared at that time were characterized by great diversity, and the obtained results were often difficult to compare. Consequently, their practical usefulness in the context of use for operational planning was also limited.

Recognizing these shortcomings, within the framework of the amendment of the regulations mentioned above concerning the functioning of KSRG, an attempt has been made to create a method of assessment of the threats mentioned above, which would allow to identify them in a more precise and systematized way as well as to assess the potential that accompanies the occurrence of each of them. As a result of the analysis of the palette of approaches to the issue of threat assessment, or, more broadly, risk assessment [4–6] characterized in literature, taking into account the specificity of the expected use of the results of the assessment in question, it was decided to propose a method in the form of an index [7]. Within its framework, firefighting experience was used, both in the area of control and reconnaissance, as well as operational and rescue activities. Therefore, in this case we can also speak of a method based on a deterministic approach to the analysed and evaluated phenomena.

The work began with the identification of the most important threat factors that affect, among others, the needs for equipment and issues of appropriate operational and tactical preparation of fire protection units. It was then proposed to define qualitative-quantitative criteria that would allow their quantification and grading. As a result, the process originally evaluated sixteen (now seventeen) of these risk factors: fifteen that relate explicitly to population, certain types of facilities or sites, and their characteristics; and one that provides an opportunity to consider the degree of risk from other risk factors not explicitly identified that are specific to the evaluated area. As mentioned in the introduction, the analytical works of several years were finalized in 2011, in the content of annex no. 1 to the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 18 February 2011 on detailed principles of organization of the national rescue and firefighting system (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2011 Nr 46, poz. 239) [2].

The details of the mentioned methodology are discussed below. Also presented are examples of practical application of its results for the needs of the national rescue and firefighting system, both in relation to the organizational units of the State Fire Service and Volunteer Fire Brigades.

Degrees of threats

At the outset, it is assumed that in this method the magnitude of the threat will be expressed on a five-point scale using the following ranks:

- Z_I – very low threat,
- Z_{II} – low threat,

w tym terenów objętych prawem górnictwem, poligonów, wód przybrzeżnych oraz terenów państw ościennych” [3].

Przy tak nieostrych wytycznych tworzone wówczas analizy cechowała duża różnorodność, a uzyskiwane wyniki nierzadko były trudne do porównania. W konsekwencji ich praktyczna przydatność w kontekście wykorzystania na potrzeby planowania operacyjnego także była ograniczona.

Dostrzegając te mankamenty, w ramach nowelizacji przywołanych przepisów dotyczących funkcjonowania KSRG, podjęto próbę stworzenia metody oceny wspomnianych zagrożeń, która pozwalałaby na bardziej precyzyjną i usystematyzowaną ich identyfikację oraz ocenę potencjału, jaki towarzyszy występowaniu każdego z nich. W wyniku analizy palety scharakteryzowanych w literaturze przedmiotu metod podejścia do kwestii oceny zagrożeń, czy – szerzej – oceny ryzyka [4–6], uwzględniając specyfikę przewidywanego sposobu wykorzystania wyników omawianej oceny, zdecydowano się na zaproponowanie metody w formie indeksowej [7]. W jej ramach wykorzystane zostały doświadczenia pożarnicze, zarówno z obszaru działań kontrolno-rozpoznawczych, jak i operacyjno-ratowniczych. W związku z powyższym, w tym przypadku można również mówić o metodzie opartej na deterministycznym podejściu do analizowanych i ocenianych zjawisk.

Prace rozpoczęto od wyodrębnienia najistotniejszych czynników zagrożenia, które wpływają między innymi na potrzeby sprzętowe oraz kwestie właściwego przygotowania operacyjno-taktycznego jednostek ochrony przeciwpożarowej. Następnie zaproponowano określenie kryteriów jakościowo-ilościowych, które pozwoliłyby na ich kwantyfikację i stopniowanie. W efekcie, w ramach omawianego procesu, pierwotnie ocenie poddawane było szesnaście (a obecnie siedemnaście) wspomnianych czynników zagrożenia: piętnaście odnoszących się wprost, czy to do liczby mieszkańców, określonych rodzajów obiektów, czy też terenów i ich charakterystyki oraz jednego, dającego możliwość uwzględnienia stopnia zagrożenia pochodzącego od innych, niewskazanych wprost czynników zagrożenia, specyficznych dla danego ocenianego obszaru. Przedmiotowe, kilkuletnie prace analityczne, jak wspomniano już na wstępie, sfinalizowano w 2011 r., w treści załącznika nr 1 do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2011 Nr 46, poz. 239) [2].

Poniżej omówiono szczegóły dotyczące wspomnianej metodyki. Przedstawiono również przykłady praktycznego zastosowania jej wyników na potrzeby organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, zarówno w odniesieniu do jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej, jak i Ochotniczych Straży Pożarnych.

Stopnie zagrożenia

Na wstępie przyjęto, iż w ramach niniejszej metody wielkość zagrożenia będzie wyrażana w pięciostopniowej skali, za pomocą następujących stopni:

- Z_I – bardzo małe zagrożenie,
- Z_{II} – małe zagrożenie,

Z_{III} – medium threat,
 Z_{IV} – high threat,
 Z_V – very high threat.

Z_{III} – średnie zagrożenie,
 Z_{IV} – duże zagrożenie,
 Z_V – bardzo duże zagrożenie.

Spreadsheets

The key findings in terms of the degrees of threat listed above are formulated in spreadsheets dedicated for this purpose, relating to the areas of individual municipalities and districts. For large cities, it is possible to produce sheets separately for each of the neighbourhoods.

As far as the structure of the basic sheet, which refers to the threats occurring in a municipality or a city neighbourhood, its columns list the threat criteria (factors), while the rows include the degrees of threat mentioned above. Each of the resulting cells of the sheet has been provided with indications that are intended to make it easier for the person assessing a given factor to qualify it for one of the threat levels in question. For instance, in terms of the criterion of the number of inhabitants of the municipality, clearly outlined quantitative thresholds were adopted in the various degrees of threat:

Z_I – below 10 thousand,
 Z_{II} – 10–20 thousand,
 Z_{III} – 20–50 thousand,
 Z_{IV} – 20–100 thousand,
 Z_V – above 100 thousand.

A slightly different approach was taken in terms of building height. In this case, the qualification of a municipality for a particular degree of threat is made on the basis of more qualitative guidance that provides only generally defined quantitative guidelines:

Z_I – low-rise buildings only,
 Z_{II} – predominance of low-rise buildings, single cases of medium-rise buildings,
 Z_{III} – significant number of mid-rise buildings, no high or high-rise buildings,
 Z_{IV} – large number of medium-high buildings, single cases of high buildings, no high-rise buildings,
 Z_V – large number of high buildings and or presence of high-rise buildings.

Obviously, when using terms related to the mentioned height of buildings, formal definitions included in technical and construction regulations were used [8].

Since the framework of this article does not allow for a full list of the guidelines in question, I would refer interested readers to reading annex no. 1 to the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 2021 mentioned in the introduction. However, a full catalogue of threat factors being evaluated will be presented later in the article when the district spreadsheet is presented.

During the discussion of the final form of the spreadsheet for the municipality area, the inaccuracy of some of the indications, illustrated among others in the second cited example, was pointed out as its shortcoming. However, it was finally agreed that in order to ensure the universality and relative simplicity of

Arkusze kalkulacyjne

Kluczowe ustalenia w zakresie wyszczególnionych powyżej stopni zagrożenia formułowane są w dedykowanych temu celowi arkuszach kalkulacyjnych, odnoszących się do terenów poszczególnych gmin oraz powiatów. W przypadku dużych miast istnieje możliwość sporządzania arkuszy odrębnie dla każdej z dzielnic.

Jeśli chodzi o konstrukcję podstawowego arkusza, odnoszącego się do zagrożeń występujących na terenie gminy bądź dzielnicy miasta, w jego kolumnie wymieniono kolejno kryteria (czynniki) zagrożenia, zaś w wierszach ujęto przywołane powyżej stopnie zagrożenia. Każdą z powstałych w ten sposób komórek arkusza opatrzone wskazówkami, których celem jest ułatwienie osobie dokonującej oceny danego czynnika, jego zakwalifikowania do jednego z przedmiotowych stopni zagrożenia. Na przykład w zakresie kryterium liczby mieszkańców gminy, w poszczególnych stopniach zagrożenia przyjęto wyraźnie zarysowane progi ilościowe:

Z_I – poniżej 10 tysięcy,
 Z_{II} – 10–20 tysięcy,
 Z_{III} – 20–50 tysięcy,
 Z_{IV} – 20–100 tysięcy,
 Z_V – powyżej 100 tysięcy.

Nieco inaczej postąpiono w kontekście wysokości budynków. W tym przypadku kwalifikacji danej gminy do określonego stopnia zagrożenia dokonuje się w oparciu o wskazówkę o charakterze bardziej jakościowym, które zawierają jedynie ogólnie określone wytyczne ilościowe:

Z_I – wyłącznie budynki niskie,
 Z_{II} – przewaga budynków niskich, pojedyncze przypadki budynków średniowysokich,
 Z_{III} – znaczna liczba budynków średniowysokich, brak budynków wysokich lub wysokościowych,
 Z_{IV} – duża liczba budynków średniowysokich, pojedyncze przypadki budynków wysokich, brak budynków wysokościowych,
 Z_V – duża liczba budynków wysokich i/lub występowanie budynków wysokościowych.

Oczywiście używając pojęć dotyczących wspomnianej wysokości budynków, posłużono się definicjami formalnymi zawartymi w przepisach techniczno-budowlanych [8].

Ponieważ ramy niniejszego artykułu nie pozwalają na przytoczenie pełnej listy przedmiotowych wskazówek, zainteresowanych czytelników odsyłam do lektury załącznika nr 1 do wspomnianego na wstępie rozporządzenia MSWiA z 2021 r. Natomiast pełny katalog poddawanych ocenie czynników zagrożenia będzie przedstawiony w dalszej części artykułu, przy okazji prezentacji arkusza kalkulacyjnego dla terenu powiatu.

W trakcie dyskusji nad ostatecznym kształtem arkusza kalkulacyjnego dla obszaru gminy, jako jego mankament wskazywano zilustrowaną m.in. w drugim z przytoczonych przykładów, niedokładność niektórych wskazówek. Jednak ostatecznie zgodzono

threat assessment according to this method, as well as the possibility of its practical application without the need for complex tools, the guidelines in question should be left unchanged.

At the same time, the text of the regulations indicates that the classification to the threat level is made not only on the basis of the criteria indicated in the sheet, but also taking into account local conditions, including the number and size of events corresponding to the individual threat factors. This leaves a certain amount of discretion to the evaluators, given that the determinations in question will be made primarily by experienced firefighters from district and city fire stations of the State Fire Department. These people will be able to make the final classification of a given factor into a specific level of threat also using the experience mentioned above, on the basis of the so-called professional judgement, known from the already cited literature on the subject. Practice has confirmed that said judgment has played and continues to play an important positive role in the process under consideration.

At this point it should be noted that in case of ensuring the criterion of comparability of the assessments made, discussing their results during staff meetings at the level of provincial HQs of the PSP turned out to be a good practice. During the deliberations, if it was noted that there was too much disparity in a given assessment compared to assessments in other districts, it was usually adjusted by consensus, in consultation with the author.

The form and content of a spreadsheet for a district is shown in Table 1.

Filling out the worksheet above results in the aggregation of findings made therein for individual municipalities (city neighbourhoods) within the county. For this purpose, the individual boxes indicate the number of qualified municipalities for a given threat level in terms of individual criteria (factors).

As already mentioned, the spreadsheets prepared for individual municipalities and districts are a key component of the methodology presented in this paper. It can be stated that the information collected in them constitutes a kind of a set of meta-data, which can be later and are in practice used for the purposes of various detailed (partial) analyses. As mentioned in the introduction, examples of such application will be discussed later in this paper.

Threat criteria (factors)

While creating a catalogue of threat factors that will be subject to analysis and evaluation, an attempt was made to include those that significantly affect the needs for operational and technical preparedness of KSRG units. Therefore, in this catalogue, in addition to issues relating to the number of residents, there are also objects and areas whose construction, purpose and method of use makes it necessary to ensure readiness to take specialized actions related to combating the effects of fires, including fires in residential buildings, public buildings, factories and forest

się, że chcąc zapewnić uniwersalność i względną prostotę oceny zagrożeń według omawianej metody, a także możliwość praktycznej jej aplikacji bez konieczności stosowania skomplikowanych narzędzi, należy pozostawić przedmiotowe wskazówki w niezmienionym kształcie.

W treści przepisów zaznaczono jednocześnie, iż klasyfikacji do stopnia zagrożenia dokonuje się nie tylko w oparciu o wskazane w arkuszu kryteria, ale także z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań, w tym liczby i wielkości zdarzeń odpowiadających poszczególnym czynnikom zagrożenia. W ten sposób pozostawiono osobom oceniającym pewien zakres swobody, biorąc pod uwagę fakt, że przedmiotowe ustalenia będą realizowane w głównej mierze przez doświadczonych strażaków z komend powiatowych i miejskich Państwowej Straży Pożarnej. Osoby te będą w stanie dokonać ostatecznej kwalifikacji danego czynnika do określonego stopnia zagrożenia także z wykorzystaniem wspomnianego doświadczenia, na zasadzie znanego z przywołanej już wcześniej literatury przedmiotu, tzw. osądu eksperckiego (ang. *professional judgement*). Praktyka potwierdziła, że wspomniany osąd odegrał i odgrywa nadal istotną, pozytywną rolę w rozpatrywanym procesie.

W tym miejscu należy zauważyć, że w kontekście zapewnienia kryterium porównywalności dokonywanych ocen, w praktyce sprawdziło się omawianie w formie otwartej dyskusji ich wyników na naradach służbowych, prowadzonych na poziomie komend wojewódzkich PSP. Jeśli w trakcie narady zauważono zbyt duże dysproporcje w danej ocenie na tle ocen w innych powiatach, zwykle na zasadzie konsensusu, w uzgodnieniu z autorem, dokonywano jej korekty.

Formę i zawartość arkusza kalkulacyjnego dla terenu powiatu przedstawiono w tabeli 1.

Wypełnienie powyższego arkusza skutkuje agregacją ustaleń w nim dokonanych dla poszczególnych gmin (dzielnic miast) z terenu danego powiatu. W tym celu w poszczególnych rubrykach wskazuje się liczbę gmin zakwalifikowanych w zakresie poszczególnych kryteriów (czynników) zagrożenia do danego stopnia zagrożenia.

Jak już wspomniano, arkusze kalkulacyjne sporządzane dla poszczególnych gmin oraz powiatów stanowią kluczowy element przedstawianej w niniejszym artykule metodyki. Można stwierdzić, iż zebrane w nich informacje stanowią swego rodzaju zbiór metadanych, które mogą być i są później wykorzystywane w praktyce na potrzeby różnorodnych analiz szczegółowych (cząstkowych). Jak nadmieniono już na wstępie, przykłady takiego zastosowania będą omówione w dalszej części niniejszego opracowania.

Kryteria (czynniki) zagrożenia

Tworząc katalog czynników zagrożenia, które będą podlegały analizie i ocenie, starano się uwzględnić te z nich, które istotnie oddziałują na potrzeby w zakresie przygotowania operacyjnego i technicznego jednostek KSRG. W związku z tym, w przedmiotowym katalogu, oprócz kwestii dotyczących liczby mieszkańców, znalazły się także obiekty i tereny, których konstrukcja, przeznaczenie i sposób użytkowania powoduje konieczność zapewnienia gotowości do podejmowania specjalistycznych działań związanych ze zwalczaniem skutków

Table 1. Summary spreadsheet for a district
Tabela 1. Zbiorczy arkusz kalkulacyjny dla powiatu

No. / Lp.	Threat criterion (factor) / Kryterium (czynnik zagrożenia)	Number of municipalities in which a given criterion has been assigned to a given threat level / Liczba gmin, w których dane kryterium zostało przyporządkowane do danego stopnia zagrożenia				
		Z _I	Z _{II}	Z _{III}	Z _{IV}	Z _V
1	2	3	4	5	6	7
1	Number of inhabitants of the municipality / Liczba mieszkańców gminy	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	Type of housing / Rodzaj zabudowy	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	Flammability of building structures / Palność konstrukcji budynków	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	Height of buildings / Wysokość budynków	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	Category of human threat / Kategoria zagrożenia ludzi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	Industrial plants, including warehouses, river and seaports / Zakłady przemysłowe, w tym magazynowe oraz porty rzeczne i morskie	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	Pipelines for transport of crude oil and petroleum products and gas pipelines / Rurociągi do transportu ropy naftowej i produktów naftowych oraz gazociągi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	Roads / Drogi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	Railroads / Linie kolejowe	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	Road transport of hazardous materials / Transport drogowy materiałów niebezpiecznych	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11	Railroad transport of hazardous materials / Transport kolejowy materiałów niebezpiecznych	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
12	Watercourses and hydrotechnical structures (danger of flooding) / Cieki wodne i budowle hydrotechniczne (zagrożenie powodziowe)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
13	Watercourses and reservoirs (danger of drowning) / Cieki i zbiorniki wodne (zagrożenie utonięciami)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14	Threat of forest fires / Zagrożenie pożarami lasów	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15	Non-forest terrestrial ecosystems of particular fire threat / Stwarzające szczególne zagrożenie pożarowe nieleśne ekosystemy lądowe	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16	Airports, airport operating areas and heliports / Lotniska, rejony operacyjne lotnisk oraz lądowiska dla śmigłowców	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
17	Other threats / Pozostałe zagrożenia	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Source: Own elaboration based on annex no. 1 to the regulation [1].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie załącznika nr 1 rozporządzenia [1].

complexes, as well as activities in high-altitude, chemical, technical or water rescue. At the same time, despite the closure of the catalogue in question, conditioned, among others, by calculation needs related to the determination of accident indicators discussed in the further part of the article, it was emphasized that the construction of the method under consideration allows for its extension by other factors. According to the author, it is satisfactory that this opportunity has been taken advantage of twice. This first occurred as early as the original legislative process, finalized in 2011, when, at the request of one of the ministries, the threat of helipads was included in the sheet. The second case is the 2021 amendment mentioned in the introduction. It included a spreadsheet on “non-forest terrestrial ecosystems posing a particular fire threat”, following, among other things, the experience gained during the rescue operations associated with extinguishing a very large fire in the Biebrza National Park, specifying the following qualification guidance:

- Z_I – complexes with an area up to 50 ha,
- Z_{II} – complexes with an area from 50 to 100 ha,
- Z_{III} – complexes with an area from 100 to 300 ha,
- Z_{IV} – complexes with an area from 300 to 1000 ha,
- Z_V – complexes with an area of over 1000 ha.

As a consequence of the above changes, a total of 17 threat factors are included in the current spreadsheet (see Table 1).

Threat indicators and accident threat rates of municipalities and districts

In the preceding paragraphs, the essential part of the considered methodology of threat assessment of municipalities and districts was discussed, i.e. the threat factors under assessment and the way of grading their potential. On the other hand, this part of the article will introduce the uncomplicated calculation part, which enables to determine the accidental degrees of threat of municipalities and districts.

The first of the relationships included in the analysed method and the cited regulation of the Ministry of Internal Affairs and Administration is the equation resulting in the determination of the accident threat rate of a municipality:

$$H_P = \sum_{i=1}^V N_i / L_{Bi} \quad (1)$$

The individual components of the above equation mean:

- H_G – municipal threat index,
- n_i – the number of threat criteria (factors) that have been classified into the i -th threat level,
- L_{Bi} – the base number (weight) for the i -th threat level.

The index determined based on the above equation is derived from the weighted average resulting from the degrees of threat into which each threat factor was classified in the municipality.

pożarów, w tym pożarów budynków mieszkalnych, obiektów użyteczności publicznej, zakładów produkcyjnych oraz kompleksów leśnych, a także czynności w ramach ratownictwa wysokościowego, chemicznego, technicznego czy wodnego. Jednocześnie, pomimo zamknięcia przedmiotowego katalogu, uwarunkowanego m.in. potrzebami kalkulacyjnymi związanymi z ustaleniem omówionych w dalszej części artykułu wskaźników wypadkowych podkreślano, że konstrukcja rozpatrywanej metody pozwala na jej rozbudowę o kolejne czynniki. Zdaniem autora zadowalające jest, że z tej możliwości skorzystano już dwukrotnie. Po raz pierwszy miało to miejsce już na etapie pierwotnego procesu legislacyjnego, sfinalizowanego w 2011 r., kiedy na wniosek jednego z ministerstw w arkuszu uwzględniono zagrożenie związane z występowaniem łądowisk dla śmigłowców. Drugi z przypadków to nadmieniona na wstępie nowelizacja z 2021 r. W jej ramach, m.in. w następstwie doświadczeń zdobytych w trakcie działań ratowniczych związanych z gaszeniem bardzo dużego pożaru w Biebrzańskim Parku Narodowym, w arkuszu kalkulacyjnym ujęto „stwarzające szczególne zagrożenie pożarowe nieleśne ekosystemy łądowe”, określając następujące wskazówki kwalifikacyjne:

- Z_I – kompleksy o powierzchni do 50 ha,
- Z_{II} – kompleksy o powierzchni od 50 do 100 ha,
- Z_{III} – kompleksy o powierzchni od 100 do 300 ha,
- Z_{IV} – kompleksy o powierzchni od 300 do 1000 ha,
- Z_V – kompleksy o powierzchni ponad 1000 ha.

W konsekwencji powyższych zmian, w aktualnie obowiązującym arkuszu ujętych jest łącznie 17 czynników zagrożenia (zob. tab. 1).

Wskaźniki zagrożenia oraz wypadkowe stopnie zagrożenia gmin i powiatów

W poprzednich akapitach dokonano omówienia zasadniczej części rozpatrywanej metodyki oceny zagrożenia gmin i powiatów, tj. poddawanych ocenie czynników zagrożenia oraz sposobu stopniowania ich potencjału. Natomiast w tej części artykułu przybliżona zostanie nieskomplikowana część kalkulacyjna, umożliwiająca określanie wypadkowych stopni zagrożenia gmin i powiatów.

Pierwszą z zależności ujętych w analizowanej metodzie i cytowanym rozporządzeniu MSWiA jest równanie, w wyniku którego ustala się wypadkowy wskaźnik zagrożenia gminy:

$$H_P = \sum_{i=1}^V N_i / L_{Bi} \quad (1)$$

Poszczególne składowe powyższego równania oznaczają:

- H_G – wskaźnik zagrożenia gminy,
- n_i – liczbę kryteriów (czynników) zagrożenia, które zostały zakwalifikowane do i -tego stopnia zagrożenia,
- L_{Bi} – liczbę bazową (wagę) dla i -tego stopnia zagrożenia.

Ustalony w oparciu o powyższe równanie wskaźnik jest pochodną średniej ważonej wynikającej ze stopni zagrożenia, do których zakwalifikowano poszczególne czynniki zagrożenia na terenie danej gminy.

In terms of severity (see Table 2), a simple relationship was assumed that it is inversely proportional to the magnitude of the threat. According to this principle, one threat factor classified for instance as Z_V is balanced by five factors classified as Z_I .

W zakresie wagi (zob. tab. 2) przyjęto prostą zależność, iż jest ona odwrotnie proporcjonalna do wielkości stopnia zagrożenia. Według tej zasady jeden czynnik zagrożenia zakwalifikowany np. do stopnia Z_V jest równoważony przez pięć czynników zakwalifikowanych do stopnia Z_I .

Table 2. Values of base number (weight) L_{Bi}
Tabela 2. Wartości liczby bazowej (wagi) L_{Bi}

Degree of threat / Stopień zagrożenia	Value of base number L_{Bi} / Wartość liczby bazowej L_{Bi}
Z_I	$L_{Bi} = 5$
Z_{II}	$L_{Bi} = 4$
Z_{III}	$L_{Bi} = 3$
Z_{IV}	$L_{Bi} = 2$
Z_V	$L_{Bi} = 1$

Source: Own elaboration based on annex no. 1 to the regulation [1].
Źródło: Opracowanie własne na podstawie załącznika nr 1 rozporządzenia [1].

The H_G determined in this manner is then the basis for determining the municipality's accident threat rate (from Z_{IG} to Z_{VG}). This is done using the data presented in Table 3.

Określony w powyższy sposób wskaźnik H_G jest następnie podstawą do ustalenia wypadkowego stopnia zagrożenia gminy (od Z_{IG} do Z_{VG}). Dokonuje się tego z wykorzystaniem danych przedstawionych w tabeli 3.

Table 3. Accidental degree of danger of the municipality
Tabela 3. Wypadkowy stopień zagrożenia gminy

The municipality's threat level (accidental) / Stopień zagrożenia gminy (wypadkowy)	Ranges of values of the H_G threat index of a municipality / Przedziały wartości wskaźnika zagrożenia gminy H_G
Z_{IG}	3.4–3.83
Z_{IIG}	3.83–4.96
Z_{IIIG}	4.96–7.08
Z_{IVG}	7.08–12.75
Z_{VG}	12.75–17

Source: Own elaboration based on annex no. 1 to the regulation [1].
Źródło: Opracowanie własne na podstawie załącznika nr 1 rozporządzenia [1].

The ranges of values of a specific threat index, which later determine the accidental threat level of the district, were defined proportionally between the minimum value (which may occur in case of qualifying all threat factors to the Z_I level) and the maximum (which may occur in case of qualifying all threat factors to

Przedziały wartości określonego wskaźnika zagrożenia, które determinują później ustalenie wypadkowego stopnia zagrożenia gminy, określono proporcjonalnie pomiędzy wartością minimalną (mogącą wystąpić w przypadku kwalifikacji wszystkich czynników zagrożenia do stopnia Z_I), a maksymalną (mogącą

the Z_v level), concentrating their resources (except in the cases of the aforementioned values: minimum and maximum) around points corresponding to the values that the H_G index would adopt if all threat factors were classified according to the degree of threat Z_{IP} , Z_{IIP} and Z_{IV} .

The accident threat rate for the district is determined in a similar manner. In this case, the relationship determining the H_p district threat rate is determined by:

$$H_p = \sum_{i=1}^V N_i / L_{Bi} \cdot L_G \quad (2)$$

The individual components mean:

H_p – district threat index,

N_i – the number of threat criteria (factors) that were classified to the i -th degree of threat in all municipalities in the district,

L_{Bi} – the base number (weight) for the i -th threat level,

L_G – the number of municipalities in the district.

The accident threat rate of a district is determined according to the value of the district threat index, as shown in Table 4.

wystąpić w przypadku kwalifikacji wszystkich czynników zagrożenia do stopnia Z_v), koncentrując ich środki (poza przypadkami wspomnianych już wcześniej wartości: minimalnej i maksymalnej) wokół punktów odpowiadających wartościom, które przyjmowałyby wskaźnik H_G w przypadku kwalifikacji wszystkich czynników zagrożenia odpowiednio do stopni zagrożenia Z_{IP} , Z_{IIP} oraz Z_{IV} .

W podobny sposób ustala się wypadkowy stopień zagrożenia dla powiatu. W tym przypadku zależność określająca wskaźnik zagrożenia powiatu H_p określa się na podstawie:

$$H_p = \sum_{i=1}^V N_i / L_{Bi} \cdot L_G \quad (2)$$

Poszczególne elementy składowe oznaczają:

H_p – wskaźnik zagrożenia powiatu,

N_i – liczbę kryteriów (czynników) zagrożenia, które zostały zakwalifikowane, do i -tego stopnia zagrożenia we wszystkich gminach w powiecie,

L_{Bi} – liczbę bazową (wagę) dla i -tego stopnia zagrożenia,

L_G – liczbę gmin w powiecie.

Wypadkowy stopień zagrożenia powiatu ustala się w zależności od wartości wskaźnika zagrożenia powiatu, zgodnie z zasadami przedstawionymi w tabeli 4.

Table 4. Accidental degree of danger of the district

Tabela 4. Wypadkowy stopień zagrożenia powiatu

Degree of threat to the district / Stopień zagrożenia powiatu	Ranges of values of H_p district threat index / Przedziały wartości wskaźnika zagrożenia powiatu H_p
Z_{IP}	3.4–3.83
Z_{IIP}	3.83–4.96
Z_{IIIP}	4.96–7.08
Z_{IVP}	7.08–12.75
Z_{VP}	12.75–17

Source: Own elaboration based on annex no. 1 to the regulation [1].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie załącznika nr 1 rozporządzenia [1].

As is not difficult to see, the ranges of the values of the district's threat index contained in the above Table are, for obvious reasons, identical to the ranges indicated in Table 3, relating to the municipality's threat index.

Jak nietrudno zauważyć, zawarte w powyższej tabeli przedziały wartości wskaźnika zagrożenia powiatu, z oczywistych względów, są identyczne z przedziałami wskazanymi w tabeli 3, odnoszącej się do wskaźnika zagrożenia gminy.

Presentation of results

Annex no. 1 to the regulation of the Ministry of Internal Affairs and Administration [2], which has been mentioned many times, also defines the way of presenting the results of the evaluation mentioned above in the district and voivodeship rescue plans. One of them is a graphic form, which boils down to the preparation of administrative maps of districts with the marked degree

Prezentacja wyników

Przywoływany już niejednokrotnie załącznik nr 1 do rozporządzenia MSWiA [2] określa również sposób prezentacji wyników omówionej powyżej oceny w powiatowych i wojewódzkich planach ratowniczych. Jednym z nich jest forma graficzna, sprowadzająca się do sporządzania odpowiednio map administracyjnych powiatów z zaznaczonymi stopniami zagrożenia gmin oraz

of threat to municipalities and administrative maps of provinces with the marked degree of threat to individual districts. The manner of the aforementioned threat rating on district maps is shown in Figure 1. In case of maps of voivodeships, the way of marking is analogous.

map administracyjnych województw z zaznaczonymi stopniami zagrożenia poszczególnych powiatów. Sposób wspomnianego zaznaczania stopnia zagrożenia na mapach powiatów przedstawiono na rycinie 1. W przypadku map województw sposób zaznaczania jest analogiczny.

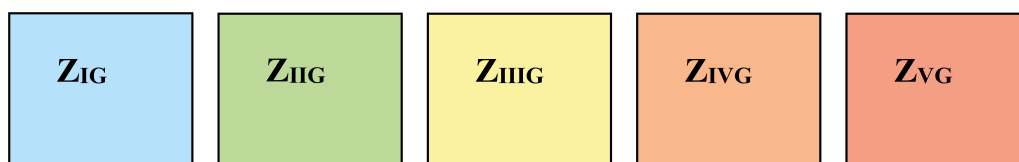


Figure 1. Method of marking the threat level of the municipality on the district map
Rycina 1. Sposób zaznaczania stopnia zagrożenia gminy na mapie powiatu

Source: Own elaboration based on annex no. 1 to the regulation [1].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie załącznika nr 1 rozporządzenia [1].

Application of the results of the threat assessment of municipalities and districts

The use of analytical findings characterized above would not be complete if limited to the form of graphical presentation of their results on maps that are annexes to district and provincial rescue plans. In fact, the practical usefulness of the data collected as a result of the discussed method is reflected at the level of in-depth analyses, which are used to develop various technical and organizational solutions to improve the functioning of KSRG. The following are selected examples in the subject.

One of the forms of practical application of the results of the threat assessment of municipalities and districts are the arrangements for the establishment of a standard of minimum additional equipment of district (city) PSP headquarters. They are presented in §2 sec. 2 and annex no. 2 to the regulation of the Minister of Internal Affairs of 21 November 2014 on detailed rules of equipment of organizational units of the State Fire Service (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2014 poz. 1793) [9].

The said standard takes into account six types of threats:

- fire in residential and public buildings (P1),
- fire in industrial plants, fuel depots, gas-ports and in the transport of dangerous goods (P2),
- fire in forests (P3),
- chemical (Ch),
- flood (Rpow),
- related to technical disasters in road and rail traffic (RT1).

In each of the groups mentioned above, the considered standard of additional equipment (within the scope of providing additional fire vehicles, fire pumps, water-foam cannons, contaminated water pumps, jump-ropes, protective clothing, foam agent reserves and others) is differentiated depending on the so-called normative (symbols NII and NII). One of the bases for setting the normative is the just discussed threat assessment.

Aplikacja wyników oceny zagrożenia gmin i powiatów

Wykorzystanie scharakteryzowanych powyżej ustaleń analitycznych nie byłoby pełne, gdyby poprzestać jedynie na formie graficznej prezentacji ich wyników na mapach stanowiących załącznik do powiatowych i wojewódzkich planów ratowniczych. W rzeczywistości praktyczna użyteczność danych zgromadzonych w wyniku omówionej metody znajduje swoje odzwierciedlenie na poziomie pogłębionych analiz, służących wypracowaniu różnorodnych rozwiązań technicznych i organizacyjnych w celu doskonalenia funkcjonowania KSRG. Poniżej przedstawiono wybrane przykłady w przedmiotowym zakresie.

Jedną z form praktycznej aplikacji wyników oceny zagrożenia gmin i powiatów są ustalenia dotyczące ustanowienia standardu minimalnego dodatkowego wyposażenia komend powiatowych (miejskich) PSP. Zmaterializowano je w §2 ust. 2 oraz załączniku nr 2 do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 listopada 2014 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2014 poz. 1793) [9].

Wspomniany standard uwzględnia sześć rodzajów zagrożeń:

- pożarowe w obiektach mieszkalnych i obiektach użyteczności publicznej (P1),
- pożarowe w zakładach przemysłowych, bazach paliw, gazoportach i w transporcie towarów niebezpiecznych (P2),
- pożarowe w lasach (P3),
- chemiczne (Ch),
- powodziowe (Rpow),
- dotyczące katastrof technicznych w ruchu drogowym i kolejowym (RT1).

W każdej z wymienionych grup rozpatrywany standard wyposażenia dodatkowego (w zakresie zapewnienia dodatkowych pojazdów pożarniczych, pomp pożarniczych, działek wodno-pianowych,

To be more precise, the normative level (from NI to NIII) is determined on the basis of the 5 x 5 matrix, where on one axis the degrees of the threat of the district are mapped (from Z_1 to Z_v) according to the threat criteria (factors) determining the specific needs for a given type of rescue.

In this case, each type of threat is assigned an appropriate degree of that threat, which is the resultant (calculated using equations constructed on the same principles as discussed above), taking into account in turn the following criteria (factors) of the threat in question:

- P1 – number of residents, type of housing, flammability of building construction, building height and the category of threat to human life,
- P2 – industrial plants, including warehouses and river and seaports,
- P3 – threat of forest fires,
- Ch – industrial plants, including storage facilities and river and seaports, as well as pipelines for the transport of crude oil and petroleum products and gas pipelines,
- Rpow – watercourses and hydrotechnical structures (threat of flooding),
- RT1 – roads, railroads, transport of dangerous goods by road and transport of dangerous goods by rail.

In turn, the second axis of the matrix reflects the data on the number of events with a division into five levels (from SI to SV), determined in relation to the multiplicity of the national average intervention of the KSRG units in a given (corresponding to a specific type of threat) group of events – fires in a given group or groups of objects or local threats (chemical-ecological, technical, flood, etc.). On the basis of a detailed analysis of the statistical database concerning the mentioned interventions of PSP from the period of ten years, the following thresholds were assumed, which are the basis for assigning a given district to a specific S level:

- SI – from 0 to 0.4 of the national average,
- SII – from 0.4 and 0.8 of the national average,
- SIII – from 0.8 to 1.6 of the national average,
- SIV – from 1.6 to 3.2 of the national average,
- SV – above 3.2 of the national average.

A hypothetical example of the matrix in question is shown in Figure 2.

pomp do wody zanieczyszczonej, skokochronów, ubrań ochronnych, zapasu środka pianotwórczego i innych) jest różnicowany w zależności od tzw. normatywu (symbole NIII i NII). Jedną z podstaw ustalania normatywu jest właśnie omawiana ocena zagrożenia.

Precyzując, poziom normatywu (od NI do NIII) ustala się w oparciu o macierz 5 x 5, gdzie na jednej osi odwzorowuje się stopnie zagrożenia powiatu (od Z_1 do Z_v) według kryteriów (czynników) zagrożenia determinujących określone potrzeby w zakresie danego rodzaju ratownictwa.

W tym przypadku poszczególnym rodzajom zagrożenia przyporządkowuje się odpowiednie stopnie tego zagrożenia, będące wypadkową (obliczaną z wykorzystaniem równań skonstruowanych na tych samych zasadach jak omówione powyżej), uwzględniając kolejno następujące kryteria (czynniki) przedmiotowego zagrożenia:

- P1 – liczba mieszkańców, rodzaj zabudowy, palność konstrukcji budynków, wysokość budynków oraz kategoria zagrożenia życia ludzi,
- P2 – zakłady przemysłowe, w tym magazynowe oraz porty rzeczne i morskie,
- P3 – zagrożenie pożarami lasów,
- Ch – zakłady przemysłowe, w tym magazynowe oraz porty rzeczne i morskie, a także rurociągi do transportu ropy naftowej i produktów naftowych oraz gazociągi,
- Rpow – ciekły wodny i budowle hydrotechniczne (zagrożenie powodziowe),
- RT1 – drogi, linie kolejowe, transport drogowy towarów niebezpiecznych oraz transport kolejowy towarów niebezpiecznych.

Z kolei na drugiej osi przedmiotowej macierzy odzwierciedla się dane dotyczące liczby zdarzeń z podziałem na pięć poziomów (od SI do SV), wyznaczanych w odniesieniu do krotności średniej krajowej interwencji jednostek KSRG w danej (odpowiadającej określonymu rodzajowi zagrożenia) grupie przedmiotowych zdarzeń – pożarów w danej grupie lub grupach obiektów bądź miejscowych zagrożeń (chemiczno-ekologicznych, technicznych, powodziowych itd.). Na podstawie szczegółowej analizy bazy danych statystycznych, dotyczących wspomnianych interwencji PSP z okresu dziesięciu lat, przyjęto następujące progi, będące podstawą przypisania danego powiatu do określonego poziomu S:

- SI – od 0 do 0,4 średniej krajowej,
- SII – od 0,4 do 0,8 średniej krajowej,
- SIII – od 0,8 do 1,6 średniej krajowej,
- SIV – od 1,6 do 3,2 średniej krajowej,
- SV – powyżej 3,2 średniej krajowej.

Hipotetyczny przykład omawianej macierzy przedstawiono na rycinie 2.

THREAT LEVEL / STOPIEŃ ZAGROŻENIA

	Z _I	Z _{II}	Z _{III}	Z _{IV}	Z _V
SV	X	X	N II	N III Rpow.	N III
SIV	X	N II	N II RT1.	N II	N III
SIII	N I	N I P1	N I	N II P3, P4	N II
SII	N I	N I	N I Ch	N II	X
SI	N I	N I	N I	X	X

NUMBER OF EVENTS / LICZBA ZDARZEŃ

LEGEND / LEGENDA:

N I–N III – equipment normative / normatywy wyposażenia

X – areas of improbable combinations and degrees of threat and number of events / obszary nieprawdopodobnych kombinacji zagrożenia i liczby zdarzeń

P1, P2, P3, Ch, Rpow., RT1 – types of threat / rodzaje zagrożenia

Figure 2. Equipment matrix
Rycina 2. Matryca wyposażenia

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

As a result of the findings, if in a given district a given type of threat is found in the area of NII normative (blue fields) or NIII normative (red fields), it means the necessity to provide appropriate, additional equipment in accordance with the provisions of the previously quoted annex no. 2 to the regulation of the Ministry of Internal Affairs and Administration [9]. For threats that fall within the matrix fields provided for NI normative (green fields), command equipment established within the minimum (basic) equipment standard set forth in annex no. 1 of this regulation is provided to combat their effects.

The analytical mechanism discussed above is also used for the organization of specialized rescue groups (chemical, technical, water-diving, high altitude, etc.) within KRSG. Confirmation of this fact, although without indicating the details, can be found in the content of documents available on the website of the Headquarters of the State Fire Service defining the principles of the said organization [10]. In each of these documents, containing among others details concerning categorization of particular groups, criteria of their dislocation, standards of equipment, times of achieving operational readiness, etc., it is also mentioned that organization of a particular type of rescue should

Jeśli w wyniku dokonanych ustaleń, w określonym powiecie dany rodzaj zagrożenia znajdzie się w obszarze normatywu NII (pola niebieskie) lub NIII (pola czerwone), oznacza to konieczność zapewnienia odpowiedniego, dodatkowego wyposażenia zgodnie z postanowieniami cytowanego wcześniej załącznika nr 2 do rozporządzenia MSWiA [9]. W przypadku zagrożeń mieszczących się w polach matrycy przewidzianych dla normatywu NI (pola zielone), do walki z ich skutkami przewidziane jest wyposażenie komend ustalone w ramach minimalnego (podstawowego) standardu wyposażenia, określonego w załączniku nr 1 do przedmiotowego rozporządzenia.

Omówiony powyżej mechanizm analityczny wykorzystywany jest również na potrzeby organizacji w ramach KRSG grup ratownictwa specjalistycznego (chemicznego, technicznego, wodno-nurkowego, wysokościowego itd.). Potwierdzenie tego faktu, chociaż bez wskazywania szczegółów, można znaleźć w treści dostępnych na stronie internetowej Komendy Głównej PSP dokumentów określających zasady wspomnianej organizacji [10]. W każdym z tych dokumentów, zawierających m.in. detale dotyczące kategoryzacji poszczególnych grup, kryteria ich dyslokacji, standardy wyposażenia, czasy osiągnięcia gotowości operacyjnej itd., nadmienia się,

be preceded by an analysis of threats and operational security in the protected area, referred to in the current regulation of the Ministry of Internal Affairs and Administration on detailed organization of KSRG. One more example of practical use of the presented methodology of threat assessment is its application in the process of building a plan of a network of volunteer fire departments, planned to be included into the national rescue and firefighting system [11]. In this case, as one of the main bases influencing the findings on the level of operational security of the municipality (the final, resulting calculation variable, on the basis of which recommendations are formulated for the inclusion of volunteer fire departments in KSRG) is the resultant degree of threat to the municipality. The mentioned degree is determined based on the matrix shown in Figure 3.

In this application, as was the case in the examples discussed earlier, the five degrees of hazard derived from the number of events are reflected on one axis of the matrix, while the other axis also reflects the five degrees determined by the threat assessment methodology which is under consideration. In this case, however, the administrative unit of reference is only the area of the municipality.

że organizacja danego rodzaju ratownictwa powinna być poprzedzona analizą zagrożeń i zabezpieczenia operacyjnego w obszarze chronionym, o których mowa w obowiązującym rozporządzeniu MSWiA w sprawie szczegółowej organizacji KSRG.

Jeszcze jednym przykładem praktycznego wykorzystania prezentowanej metodyki oceny zagrożenia jest jej aplikacja w procesie budowy planu sieci jednostek Ochotniczych Straży Pożarnych, przewidzianych do włączenia do krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [11]. W tym przypadku jako jedną z głównych podstaw wpływających na ustalenia w zakresie poziomu zabezpieczenia operacyjnego gminy (końcowa, wynikowa zmienna obliczeniowa, na podstawie której formułuje się rekomendacje w zakresie włączania OSP do KSRG) jest wypadkowy stopień zagrożenia gminy. Wspomniany stopień określa się w oparciu o matrycę, przedstawioną na rycinie 3.

W przedmiotowym zastosowaniu, podobnie jak miało to miejsce w omówionych wcześniej przykładach, na jednej osi matrycy odzwierciedla się pięć stopni zagrożenia będących pochodną liczby zdarzeń, zaś na drugiej również pięć stopni ustalanych w oparciu o rozpatrywaną metodykę oceny zagrożeń. Jednak w tym przypadku jednostką administracyjną stanowiącą punkt odniesienia jest wyłącznie teren danej gminy.

		Degree of threat to the municipality – statistics of incidents (SZG-S) / Stopień zagrożenia gminy – statystyka zdarzeń (SZG-S)				
		1	2	3	4	5
Degree of threat to the municipality – methodology of KSRG regulation / Stopień zagrożenia gminy – metodyka rozporządzenia KSRG (SZG-P)	1	WSZG I				
	2		WSZG II			
	3			WSZG III		
	4				WSZG IV	
	5					WSZG V

LEGEND / LEGENDA:

WSZG I	Very low level of threat to the municipality / Bardzo niski stopień zagrożenia gminy
WSZG II	Low level of threat to the municipality / Niski stopień zagrożenia gminy
WSZG III	Average level of threat to the municipality / Średni stopień zagrożenia gminy
WSZG IV	High level of threat to the municipality / Wysoki stopień zagrożenia gminy
WSZG V	Very high level of threat to the municipality / Bardzo wysoki stopień zagrożenia gminy

Figure 3. Matrix for determining the accident threat level of the municipality
Rycina 3. Matryca określania wypadkowego stopnia zagrożenia gminy

Source: Own elaboration based on data from the Headquarters of the State Fire Service.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych KG PSP.

Summary

The Ten-year period of practical use of the methodology of assessment of threats characterized above occurring in the areas of individual municipalities (districts of cities) and districts for the functioning of the national rescue and firefighting system allows to formulate a thesis, that in this case we can talk about a positive verification of the assumptions, which were adopted at the stage of creating the concept of this methodology and its initial implementation in force. From this perspective, taking into account the lack of conclusions from the end users as to the need of introducing essential corrections in the area mentioned above, we can talk about a kind of validation of the obtained results. This resolved initial concerns – not least of all those of the author – as to the adequacy of the guidelines set out within its framework for determining the classification of individual risk factors to the appropriate degrees of that risk or the apparatus allowing for the determination of accident degrees in relation to the actual scale of the threat.

In this context, the support given to the author by many experts both at the stage of creating the concept of the method and later works related to its pilot implementation proved invaluable. I hereby extend my heartfelt thanks for this support.

The circumstance that undoubtedly significantly affects the reliability of the obtained results is also the decision to introduce at the stage of partial analysis, additional criteria related to the number of events that occurred in the area, requiring the intervention of rescue and firefighting units. Although, as mentioned earlier, the comments to the methodology in question indicate the need to subject to analysis the number of events that have occurred, it is only by specifying the criteria in this regard on one of the axes of the matrices used in the examples of sub-analyses discussed above that a uniform consideration of their impact is guaranteed. This provided both an assessment of the threat potential and that part of it that materialized in the form of occurring contingencies.

Of course, despite the positive experience of years of actual use of the results of the threat assessment discussed above, it would be a mistake to fall into an uncritical state of complacency. Therefore, all informal postulates concerning the need to develop the presented methodology in the direction of introducing additional tools that could improve the quality of the obtained results, such as those suggesting its stronger connection with the currently available geospatial databases, are still being analyzed with full attention. If the postulates mentioned above take on a more expressive shape, those who make them can count on the full support of the author of this methodology, as was the case with the implementation of the proposal discussed in this article concerning the inclusion of another threat factor related to the fire hazard of non-forest terrestrial ecosystems.

Podsumowanie

Dziesięcioletni okres praktycznego wykorzystywania scharakteryzowanej powyżej metodyki oceny zagrożeń występujących na obszarach poszczególnych gmin (dzielnicy miast) oraz powiatów na potrzeby funkcjonowania krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego pozwala na sformułowanie tezy, iż w tym przypadku możemy mówić o pozytywnej weryfikacji założeń, jakie przyjęto na etapie tworzenia koncepcji tej metodyki i jej pierwotnego wdrożenia w życie. Z tej perspektywy, biorąc pod uwagę również dotychczasowy brak formułowania przez użytkowników końcowych wniosków, co do potrzeby wprowadzania zasadniczych korekt w powyższym obszarze, można mówić o dokonaniu się swego rodzaju walidacji uzyskanych wyników. Rozwiąło to początkowe obawy – nie tylko autora – co do adekwatności określonych w jej ramach wskazówek determinujących kwalifikację poszczególnych czynników zagrożenia do odpowiednich stopni tego zagrożenia czy aparatu pozwalającego na wyznaczenie stopni wypadkowych w odniesieniu do rzeczywistej skali zagrożenia.

W tym kontekście bezcenne okazało się udzielone autorowi przez wielu ekspertów wsparcie zarówno na etapie tworzenia koncepcji metody, jak i późniejszych prac związanych z pilotażowym jej wdrażaniem. Niniejszym za to wsparcie serdecznie dziękuję.

Okolicznością, która bez wątpienia znacząco wpływa na wiarygodność uzyskiwanych wyników, jest także podjęcie decyzji o wprowadzeniu na etapie analiz cząstkowych, dodatkowych kryteriów związanych z liczbą zdarzeń zaistniałych na danym obszarze, wymagających interwencji jednostek ratowniczo-gaśniczych. Choć, jak wspomniano już wcześniej, w komentarzach do przedmiotowej metodyki wskazano na potrzebę poddania pod analizę liczby zaistniałych zdarzeń, to dopiero sprecyzowanie kryteriów w tym zakresie na jednej z osi macryc stosowanych w omówionych przykładach analiz cząstkowych, daje gwarancję jednolitego uwzględnienia ich wpływu. W ten sposób zapewniono zarówno ocenę potencjału zagrożenia, jak i tej jego części, która zmateriałizowała się w postaci zaistniałych zdarzeń losowych.

Oczywiście pomimo pozytywnych doświadczeń związanych z wieloletnim, rzeczywistym wykorzystywaniem wyników omówionej powyżej oceny zagrożeń, błędem byłoby popadanie w bezkrytyczny stan samozadowolenia. Stąd nadal z pełną uwagą analizowane są wszelkie pojawiające się nieformalne postulatory odnośnie potrzeby rozwoju przedstawionej metodyki w kierunku wprowadzenia dodatkowych narzędzi, które mogłyby podnieść jakość uzyskiwanych wyników, jak chociażby te sugerujące jej silniejsze powiązanie z dostępnymi obecnie bazami danych geoprzestrzennych. Jeśli wspomniane postulatory nabiorą bardziej wyrazistych kształtów, osoby je zgłaszające mogą liczyć – tak jak to miało miejsce w przypadku wdrożenia omówionego w niniejszym artykule wniosku dotyczącego uwzględnienia kolejnego czynnika zagrożenia związanego z zagrożeniem pożarowym nieleśnych ekosystemów lądowych – na pełne wsparcie ze strony autora niniejszej metodyki.

Literature / Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2021 poz. 1737).
- [2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2011 Nr 46, poz. 239).
- [3] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 1999 Nr 111, poz. 1311, z późn. zm.).
- [4] Wróblewski D., *Zarządzanie ryzykiem. Przegląd wybranych metodyk*, CNBOP-PIB, Józefów 2018.
- [5] Markowski A.S., *Bezpieczeństwo procesów przemysłowych*, Politechnika Łódzka, Łódź 2017.
- [6] Abgarowicz G., *Pamięć przyszłości. Analiza ryzyka dla zarządzania kryzysowego*, CNBOP-PIB, Józefów 2015.
- [7] Janik P., *Metoda oceny zagrożenia gminy i powiatu*, „Przeгляд Pożarniczy” 2006, 2, 14–16.
- [8] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019 poz. 1065, z późn. zm.).
- [9] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 listopada 2014 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2014 poz. 1793).
- [10] Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym, Warszawa 2021, s. 10–11, <https://www.gov.pl/web/kgpsp/wykaz-wazniejszych-zasad-obowiazujacych-w-ksrg> [dostęp: 10.03.2022].
- [11] Metodyka budowy planu sieci jednostek Ochotniczych Straży Pożarnych przewidzianych do włączenia do krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, Warszawa, listopad 2020, s. 13–15, <https://www.gov.pl/web/kgpsp/metodyka-budowy-planu-sieci-jednostek-ochotniczych-strazy-pozarnych-planowanych-do-wlaczenia-do-krajowego-systemu-ratowniczo-gasniczego> [dostęp: 10.03.2022].

SENIOR BRIG. PAWEŁ JANIK, PH.D. ENG. – he completed his master’s studies at the Main School of Fire Service in Warsaw and doctoral studies at the Poznań University of Economics (now Poznań University of Economics), as well as post-graduate studies in IT at the Lodz University of Technology and crisis management at the Central School of the Fire Service. Since 2018, he has been the director of CNBOP-PIB. Specialty: safety science.

ST. BRYG. DR INŻ. PAWEŁ JANIK – ukończył studia magisterskie w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz studia doktoranckie w Akademii Ekonomicznej w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu), a także studia podyplomowe z zakresu informatyki na Politechnice Łódzkiej oraz zarządzania kryzysowego w SGSP. Od 2018 r. jest dyrektorem CNBOP-PIB. Specjalność: nauki o bezpieczeństwie.

Ocena zgodności wyrobów prowadzona przez CNBOP-PIB

DOPUSZCZENIA WYROBÓW SŁUŻĄCYCH DO OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ

- ✓ zgodnie z wymaganiami techniczno-użytkowymi zawartymi w rozporządzeniu MSWiA

KRAJOWA OCENA I WERYFIKACJA STAŁOŚCI WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH WYROBÓW BUDOWLANYCH

- ✓ zgodnie z wymaganiami Polskich Norm i krajowych ocen technicznych

OCENA I WERYFIKACJA STAŁOŚCI WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH WYROBÓW BUDOWLANYCH

- ✓ zgodnie z wymaganiami norm zharmonizowanych z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady nr 305/2011

CERTYFIKACJA ZGODNOŚCI WYROBÓW SŁUŻĄCYCH DO OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ

- ✓ zgodnie z wymaganiami norm lub kryteriów technicznych CNBOP-PIB

DOBROWOLNA OCENA ZGODNOŚCI WYROBÓW PRZEZNACZONYCH NA RYNEK ZJEDNOCZONYCH EMIRATÓW ARABSKICH

- ✓ zgodnie z uznaniem udzielonym przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych Zjednoczonych Emiratów Arabskich – Kwatera Główna Obrony Cywilnej. Działalność ta prowadzona jest poza zakresem akredytacji PCA.

Jednostka Certyfikująca posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (nr AC 063),
autoryzację właściwych ministrów oraz notyfikację w Unii Europejskiej (nr 1438).

Zapytania w sprawie oceny zgodności prosimy kierować do Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB.

KONTAKT

Jednostka Certyfikująca CNBOP-PIB
ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, tel. +48 22 769 33 47, e-mail: jcw@cnbop.pl

Monika Wyszomirska^{a)*}

^{a)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

^{*} *Corresponding author / Autor korespondencyjny: mwyszomirska@cnbop.pl*

Basis of Functioning and Forms and Nature of Activity of Research Institutes

Podstawy funkcjonowania oraz formy i charakter działalności instytutów badawczych

ABSTRACT

Aim: The aim of the article is to discuss issues related to both the legal status and the location of research institutes in the economic and scientific space. The special nature of the activity of institutes consisting in the duality of public and commercial purposes causes that in doctrine and jurisprudence there are discussions and disputes as to the unambiguous definition of the nature of the activity of the institutes. This publication analyses and points to the public-commercial nature of the business. Regardless of the public mission and the possibility to receive subsidies from the state budget, the institutes are, after all, self-financing entities registered in the National Court Register, excluded from the catalogue of entities of the public finance sector. They cover their operating costs from the generated revenue and carry out their business activities as entrepreneurs, responsible for their own liabilities.

Introduction: The development of science is the foundation of technical and social progress and a source of dynamic economic growth. Without scientific and research activities, it is difficult to imagine the development of civilisation, which, in its present form of technological advancement, requires in-depth scientific knowledge. In the Polish system of higher education and science, one of the organisational and legal forms of conducting scientific and research activity are research institutes, which play a large role in stimulating the growth of innovation in the Polish economy, regardless of the category assigned to them by the legislator.

Methodology: The paper uses theoretical research methods, including an analysis of the provisions of the Act on Research Institutes, the Act on Higher Education and Science and the Act on Public Finance. The publication also reviews literature and common court judgments.

Conclusions: In the Polish system of higher education and science one of the organisational and legal forms of conducting scientific and research activity are research institutes, whose legal status and scope of activity is regulated by the Act of 30 April 2010 on Research Institutes (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2020 poz. 1383). This publication discusses the legal basis and forms of operation of research institutes, pointing to the public-commercial nature of their activities, which results from the legal status, scope of responsibility or financial independence of research institutes.

Keywords: research institute, state legal person, public finance sector, research and development, public and commercial activities

Type of article: review article

Received: 29.03.2022; Reviewed: 06.04.2022; Accepted: 11.04.2022;

Author's ORCID ID: M. Wyszomirska – 0000-0002-7780-2699;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 158–165, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.9>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest omówienie zagadnień związanych zarówno ze statusem prawnym, jak i umiejscowieniem instytutów badawczych w przestrzeni gospodarczej i naukowej. Szczególny charakter działalności instytutów polegający na dualizmie celów publicznych i komercyjnych sprawia, że w doktrynie i orzecznictwie trwają dyskusje i spory co do jednoznacznego określenia charakteru działania instytutów. Niniejsza publikacja analizuje i wskazuje na publiczno-komercyjny charakter działalności. Niezależnie bowiem od misji publicznej oraz możliwości otrzymania dotacji z budżetu państwa, instytuty są przeciw samofinansującymi się podmiotami zarejestrowanymi w KRS, wyłączonymi z katalogu jednostek sektora finansów publicznych. Pokrywają koszty działalności z uzyskiwanych przychodów i prowadzą działalność gospodarczą jako przedsiębiorcy, samodzielnie odpowiadając za zaciągnięte zobowiązania.

Wprowadzenie: Rozwój nauki jest fundamentem postępu technicznego i społecznego oraz źródłem dynamicznego wzrostu gospodarczego. Bez działalności naukowo-badawczej trudno wyobrazić sobie rozwój cywilizacji, która w obecnej formie zaawansowania technologicznego wymaga pogłębionej wiedzy naukowej. W polskim systemie szkolnictwa wyższego i nauki jedną z form organizacyjno-prawnych prowadzenia działalności naukowo-badawczej są instytuty badawcze, które odgrywają dużą rolę w stymulowaniu wzrostu innowacyjności polskiej gospodarki, niezależnie od kategorii nadanej im przez ustawodawcę.

Metodologia: W pracy wykorzystano teoretyczne metody badawcze, w tym analizę przepisów ustawy o instytutach badawczych, ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz ustawy o finansach publicznych. W publikacji dokonano również przeglądu literatury oraz wyroków sądów powszechnych.

Wnioski: W polskim systemie szkolnictwa wyższego i nauki jedną z form organizacyjno-prawnych prowadzenia działalności naukowo-badawczej są instytuty badawcze, których status prawny oraz zakres działalności reguluje ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych (Dz.U. 2020 poz. 1383). W niniejszej publikacji omówiono podstawy prawne oraz formy działania instytutów badawczych, wskazując na publiczno-komercyjny charakter ich działalności, który wynika ze statusu prawnego, zakresu odpowiedzialności czy też samodzielności finansowej instytutów badawczych.

Słowa kluczowe: instytut badawczy, państwowa osoba prawa, sektor finansów publicznych, badania naukowe i prace rozwojowe, działalność publiczna i komercyjna

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 29.03.2022; **Zrecenzowany:** 06.04.2022; **Zaakceptowany:** 11.04.2022;

Identyfikator ORCID autora: M. Wyszomirska – 0000-0002-7780-2699;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 158–165, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.9>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

The development of science is the foundation of technical and social progress and a source of dynamic economic growth. Without scientific and research activities, it is difficult to imagine the development of civilisation, which, in its present form of technological advancement, requires in-depth scientific knowledge. In the Polish system of higher education and science one of the organisational and legal forms of conducting scientific and research activity are research institutes, whose legal status and scope of activity is regulated by the Act of 30 April 2010 on Research Institutes (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2020 poz. 1383) [1]. It should be emphasised that all research institutes play a major role in stimulating the growth of innovation in the Polish economy, regardless of the category assigned to them by the legislator.

The aim of this publication is to discuss both the legal basis and forms of activities of research institutes, as well as to emphasise the diverse nature of their functioning, which, in each case supports Polish science and economy. This importance of institutes is aptly indicated by the Supreme Court in its judgment of 21 March 2019 (ref. II UK 555/17; OSNP 2019/12/148) [4], in which we read that “Polish scientific institutes are a factor supporting entrepreneurship by combining scientific research with practical, economic use of the research results”.

The importance of research institutes in the system of higher education and scientific activity

Research institutes are one of the cornerstones of the higher education system and scientific activity in Poland. In the preamble of the Act of 20 July 2018 – Law on Higher Education and Science (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2022 poz. 574) [2] we read, among others, that “research institutions carry out a mission of particular importance for the country and the nation: they make

Wprowadzenie

Rozwój nauki jest fundamentem postępu technicznego i społecznego oraz źródłem dynamicznego wzrostu gospodarczego. Bez działalności naukowo-badawczej trudno wyobrazić sobie rozwój cywilizacji, która w obecnej formie zaawansowania technologicznego wymaga pogłębionej wiedzy naukowej. W polskim systemie szkolnictwa wyższego i nauki jedną z form organizacyjno-prawnych prowadzenia działalności naukowo-badawczej są instytuty badawcze, których status prawny oraz zakres działalności reguluje ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych (Dz.U. 2020 poz. 1383) [1]. Należy podkreślić, że wszystkie instytuty badawcze odgrywają dużą rolę w stymulowaniu wzrostu innowacyjności polskiej gospodarki, niezależnie od kategorii nadanej im przez ustawodawcę.

Celem niniejszej publikacji jest omówienie zarówno podstaw prawnych oraz form działania instytutów badawczych, jak też podkreślenie zróżnicowanego charakteru ich działalności, która jednak w każdym przypadku wspiera polską naukę i gospodarkę. Na takie znaczenie instytutów wskazuje trafnie Sąd Najwyższy w wyroku z dnia 21 marca 2019 r. (sygn. akt II UK 555/17; OSNP 2019/12/148) [4], w którym czytamy, że „polskie instytuty naukowe są czynnikiem wspierającym przedsiębiorczość przez połączenie badań naukowych z praktycznym, gospodarczym wykorzystaniem rezultatów badań”.

Znaczenie instytutów badawczych w systemie szkolnictwa wyższego i działalności naukowej

Instytuty badawcze stanowią jeden z fundamentów systemu szkolnictwa wyższego oraz działalności naukowej w Polsce. W preambule ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574) [2] czytamy m.in., że „instytucje badawcze realizują misję o szczególnym znaczeniu dla państwa i narodu: wnoszą kluczowy wkład w innowacyjność

a key contribution to the innovation of the economy, contribute to the development of culture, co-shape moral standards applicable in public life". Therefore, the activities of research institutes are an important principle that creates civilisation through the transmission of knowledge and the development of science.

According to article 7 sec. 1 point 5 of the same Act [2], the system of higher education and science is constituted by research institutes operating on the basis of the Act on Research Institutes. In addition to the institutes mentioned above, the science system also consists of:

- universities,
- federations of higher education and science stakeholders,
- Polish Academy of Sciences (PAN) and scientific institutes of PAN,
- international scientific institutes established under separate acts,
- Łukasiewicz Centre and institutes operating within the Łukasiewicz Research Network [5],
- Polish Academy of Skills and
- other bodies carrying out mainly independent and continuous scientific activities.

All the entities mentioned above cooperate with each other in various scientific and R&D projects, both within consortia and in the form of clusters or, for example, platforms and technology parks.

Basis of operation and legal status of research institutes

The *de lege lata* status of research institutes is defined by the Act of 30 April 2010 on Research Institutes (Polish Journal of Laws: Dz.U. 2022 poz. 498) [1]. It regulates the organisational and legal status of research institutes, the scope of their activities, management principles, institute bodies, personnel and supervisory issues. It also introduces the possibility of privatisation and commercialisation of institutes and opening institutes up to cooperation with private capital.

According to the statutory definition, a research institute is a state organisational unit separated in legal, organisational, economic and financial terms, which conducts scientific research and development work aimed at their implementation and application in practice (article 1 sec. 1 of the Act). An institute may be set up if there is a need to carry out activities in a particular field and if the necessary qualified staff and research and laboratory equipment, information technology capacity and other necessary material and technical conditions are available. The establishment of an institute shall be based on a regulation of the Council of the Ministers issued upon the proposal of the minister competent for the planned activities of the institute, submitted after consultation with the minister for higher education and science. The regulation on the establishment of the institute defines the object and scope of the institute's activities, its name and seat, as well as its assets, including the legal title to the land and to the buildings and equipment permanently connected with them (article 5, sec. 1 and 2 of the Act). Due to the fact that the institutes are supervised by the competent ministers, they are often referred to as so-called departmental institutes.

gospodarki, przyczyniają się do rozwoju kultury, współkształtują standardy moralne obowiązujące w życiu publicznym". Działalność instytutów badawczych jest zatem istotnym pryncypium, które tworzy cywilizację poprzez przekazywanie wiedzy i rozwój nauki.

Zgodnie z art. 7 ust. 1 pkt 5 tejże ustawy [2] system szkolnictwa wyższego i nauki tworzą instytuty badawcze, działające na podstawie ustawy o instytutach badawczych. Oprócz wspomnianych wyżej instytutów, system nauki tworzą także:

- uczelnie,
- federacje podmiotów systemu szkolnictwa wyższego i nauki,
- Polska Akademia Nauk oraz instytuty naukowe PAN,
- międzynarodowe instytuty naukowe utworzone na podstawie odrębnych ustaw,
- Centrum Łukasiewicz i instytuty działające w ramach Sieci Badawczej Łukasiewicz [5],
- Polska Akademia Umiejętności oraz
- inne podmioty prowadzące głównie działalność naukową w sposób samodzielny i ciągły.

Wszystkie wymienione wyżej podmioty współpracują ze sobą w różnego rodzaju projektach naukowych i badawczo-rozwojowych zarówno w ramach konsorcjów, jak i w formie klastrów czy też np. platform i parków technologicznych.

Podstawy funkcjonowania oraz status prawny instytutów badawczych

Stan *de lege lata* instytutów badawczych określa ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych (Dz.U. 2022 poz. 498) [1]. Reguluje ona zarówno status organizacyjno-prawny instytutów badawczych, przedmiot działalności, zasady gospodarki, organy instytutu, kwestie pracownicze i nadzorcze, jak też wprowadza możliwość prywatyzacji i komercjalizacji instytutów oraz otwiera instytuty na współpracę z kapitałem prywatnym.

Zgodnie z definicją ustawową, instytut badawczy jest państwową jednostką organizacyjną wyodrębnioną pod względem prawnym, organizacyjnym i ekonomiczno-finansowym, która prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe ukierunkowane na ich wdrożenie i zastosowanie w praktyce (art. 1 ust. 1 ustawy). Instytut może zostać utworzony, jeżeli zaistnieje potrzeba prowadzenia działalności w danej dziedzinie oraz zostanie zapewniona niezbędna kadra o odpowiednich kwalifikacjach oraz aparatura badawcza, laboratoryjna, potencjał informatyczny i inne niezbędne warunki materialno-techniczne. Podstawą utworzenia instytutu jest rozporządzenie Rady Ministrów wydane na wniosek ministra właściwego ze względu na planowaną działalność instytutu, złożony po zasięgnięciu opinii ministra do spraw szkolnictwa wyższego i nauki. Rozporządzenie o utworzeniu instytutu określa przedmiot i zakres działania instytutu, jego nazwę i siedzibę oraz składniki majątkowe, w tym tytuł prawny do gruntów oraz budynków i urządzeń trwale z nimi związanych (art. 5 ust. 1 i 2 ustawy). Z uwagi na fakt, że nadzór nad instytutami sprawują właściwi ministrowie, są one często określane mianem tzw. instytutów resortowych.

In the Act on Research Institutes [1], the legislator has distinguished a special category of an institute. A research institute, being a state legal person, may be granted the status of a state research institute if there is a need to commission it to perform on a permanent basis tasks of particular importance for planning and implementation of the state policy, the performance of which is necessary to ensure defence and public security, the operation of the judiciary, the protection of national heritage, the development of education and culture, physical culture and sport and the improvement of the quality of life of the citizens (article 21 sec. 1 in conjunction with article 22 sec. 2 of the same Act) [6]. The status of a state research institute may be conferred on the institute at the request of the supervising minister, after consultation with the minister responsible for higher education and science and the minister of finance. In order to finance the implementation of the commissioned tasks, a state research institute shall receive from the state budget a specific subsidy in the amount specified in the budgetary act, whereby the amount of the subsidy shall be requested by the competent administrator of the budgetary part. As a side note, it should be added that the disposer of the budgetary part and the sources of funding are indicated in the Regulation of the Council of Ministers on granting the institute the status of a state research institute.

Irrespective of the type of activity or category held, each institute acquires legal personality upon entry in the National Court Register and may also be merged, transformed, reorganised and commercialised. The bodies of an institute are the director and the scientific council. The director's main competences include, among others, the establishment of the Institute's activity plans, the implementation of personnel policy, the management of property, the representation of the institute and the decision-making in all matters concerning the institute, except for those within the scope of the Scientific Council.

In turn, the scientific council, as a decision-making, initiating, opinion-forming and advisory body of the institute within the scope of its statutory activity and in matters of the development of scientific and research and technical staff, within the scope of its competences, among others:

- adopts its statutes,
- gives its opinion on the candidates for the post of the deputy director for scientific affairs, scientific secretary and the heads of the organisational units indicated in the organisational regulations and responsible for scientific research,
- approves the prospective directions of scientific, development and implementation activities,
- gives its opinion on the organisational regulations, the annual financial plan, the annual financial statements as well as the Institute's profit distribution and performs other tasks, the detailed scope of which has been defined by the legislator in article 29 sec. 2 of the Act on Research Institutes.

Also irrespective of the category of an institute, in both a research institute and a state research institute, the object and scope of the institute's activities shall be defined by the statutes, adopted by the scientific council and approved by the supervising minister, while the organisational structure shall be defined by the organisational regulations established by the director – after consultation with the scientific council and company trade union organisations.

W ustawie o instytutach badawczych [1] ustawodawca wyodrębnił szczególną kategorię instytutu. Instytut badawczy, będąc państwową osobą prawną, może otrzymać status państwowego instytutu badawczego, jeżeli zaistnieje potrzeba zlecenia mu do wykonywania w sposób ciągły zadań szczególnie ważnych dla planowania i realizacji polityki państwa, których wykonanie jest niezbędne dla zapewnienia obronności i bezpieczeństwa publicznego, działania wymiaru sprawiedliwości, ochrony dziedzictwa narodowego, rozwoju edukacji i kultury, kultury fizycznej i sportu oraz poprawy jakości życia obywateli (art. 21 ust. 1 w związku z art. 22 ust. 2 tejże ustawy) [6]. Status państwowego instytutu badawczego może być nadany instytutowi na wniosek ministra nadzorującego, po uzgodnieniu z ministrem właściwym do spraw szkolnictwa wyższego i nauki oraz ministrem finansów. Na sfinansowanie realizacji zleconych zadań państwowy instytut badawczy otrzymuje z budżetu państwa dotację celową w wysokości określonej w ustawie budżetowej, przy czym o wysokość dotacji wnioskuje właściwy dysponent części budżetowej. Na marginesie należy dodać, że dysponent części budżetowej oraz źródła finansowania są wskazani w rozporządzeniu Rady Ministrów w sprawie nadania instytutowi statusu państwowego instytutu badawczego.

Niezależnie od rodzaju działalności czy też posiadanej kategorii, każdy instytut nabywa osobowość prawną z chwilą wpisania do Krajowego Rejestru Sądowego, jak również może być łączony, przekształcany, reorganizowany i komercjalizowany. Organami instytutu jest dyrektor oraz rada naukowa. Do głównych kompetencji dyrektora należy m.in. ustalanie planów działalności instytutu, realizowanie polityki kadrowej, zarządzanie mieniem, reprezentowanie instytutu czy też podejmowanie decyzji we wszystkich sprawach dotyczących instytutu, z wyjątkiem spraw należących do zakresu działania rady naukowej.

Z kolei rada naukowa, jako organ stanowiący, inicjujący, opiniodawczy i doradczy instytutu w zakresie jego działalności statutowej oraz w sprawach rozwoju kadry naukowej i badawczo-technicznej, w ramach swoich kompetencji m.in.:

- uchwała statut,
- opiniuje kandydatów na stanowisko zastępcy dyrektora do spraw naukowych, sekretarza naukowego oraz kierowników komórek organizacyjnych wskazanych w regulaminie organizacyjnym, odpowiedzialnych za prowadzenie badań naukowych,
- zatwierdza perspektywiczne kierunki działalności naukowej, rozwojowej i wdrożeniowej,
- opiniuje regulamin organizacyjny, roczny plan finansowy, roczne sprawozdanie finansowe, jak również podział zysku instytutu oraz realizuje pozostałe zadania, których szczegółowy zakres został określony przez ustawodawcę w art. 29 ust. 2 ustawy o instytutach badawczych.

Również niezależnie od kategorii instytutu, zarówno w instytucie badawczym, jak i państwowym instytucie badawczym, przedmiot i zakres działania instytutu określa statut, uchwalony przez radę naukową i zatwierdzony przez ministra nadzorującego, zaś strukturę organizacyjną określa regulamin organizacyjny ustalony przez dyrektora – po zasięgnięciu opinii rady naukowej oraz zakładowych organizacji związkowych.

Financial management of the Institute

When discussing the legal status of research institutes, an important fact should be noted. Despite their status as state legal entities, the institutes remain outside the public finance sector. The exclusion of institutes in 2010 from the catalogue of entities of the public finance sector had significant consequences both in the area of financial management and widely understood economic independence. Institutes have become self-financing entities, operating in legal transactions in their own name and on their own account, covering the costs of day-to-day operations from revenues, the source of which may be sales of:

- the results of scientific research, development work and know-how related to these results,
- patents, protection rights and licences of inventions, utility models, topographies of semiconductor products and plant varieties which have been bred or discovered and developed,
- the implementation work, including author's supervision,
- the production of equipment and apparatus and other production or services.

In addition, it is worth mentioning that a research institute may also generate revenue from subsidies and grants received under the provisions of the Act – Law on Higher Education and Science and the Act on Public Finance [2], as well as from other sources. At the same time, it should be borne in mind that the total amount of grants awarded in subsequent years for the co-financing of investment implemented by the institute may amount to 100% of the planned value of the value of the investment (article 18 sec. 9 of the Act on Research Institutes).

As a self-financing entity, the research institute prepares an annual financial plan, which forms the basis for the management of funds obtained both from sales related to its economic activities and from funds derived from grants and subsidies. The annual financial plan covers own revenue, subsidies and costs, including salaries and contributions, property costs and interest payments on debt. The annual financial plan shall be established by the director of the institute after consulting the Scientific Council, and the financial statements shall be approved by the minister supervising the concerned research institute.

According to article 19 sec. 1 of the Act on Research Institutes [1], the institute obligatorily creates the following funds:

- statutory assets, which is the equivalent of the assets as of the date of the commencement of operation,
- reserve fund, which is created from no less than 8% of the net profit for the previous fiscal year,
- company social benefits fund, which is created according to the rules specified in the Act on Company Social Benefits Fund [7].

Optionally, a research institute may also create other funds, such as an own research fund created from the net profit of the previous fiscal year and a scholarship fund from the net profit of the previous fiscal year. An implementation fund may also be created, the source of financing of which will be the funds transferred to the institute on the basis of agreements by entrepreneurs implementing the results of scientific research or development works of the institute due to the achievement of measurable economic effects of the implementation.

Gospodarka finansowa instytutu

Omawiając status prawny instytutów badawczych, należy zwrócić uwagę na istotny fakt. Otóż, mimo statusu państwowej osoby prawnej, instytuty pozostają poza sektorem finansów publicznych. Wyłączenie instytutów w 2010 r. z katalogu jednostek sektora finansów publicznych spowodowało istotne skutki zarówno w sferze gospodarki finansowej, jak i szeroko rozumianej samodzielności gospodarczej. Instytuty stały się podmiotami samofinansującymi, działającymi w obrocie prawnym we własnym imieniu i na własny rachunek, pokrywającymi koszty bieżącej działalności z uzyskiwanych przychodów, których źródłem może być sprzedaż:

- wyników badań naukowych, prac rozwojowych oraz know-how związanego z tymi wynikami,
- patentów, praw ochronnych oraz licencji na stosowanie wynalazków, wzorów użytkowych, topografii układów scalonych oraz wyhodowanej albo odkrytej i wyprowadzonej odmiany rośliny,
- prac wdrożeniowych, w tym nadzoru autorskiego,
- produkcji urządzeń i aparatury oraz innej produkcji lub usług.

Ponadto warto wspomnieć, że instytut badawczy może również osiągać przychody z subwencji i dotacji otrzymanych na podstawie przepisów ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz ustawy o finansach publicznych [2], a także z innych źródeł. Jednocześnie należy pamiętać, że łączna kwota dotacji przyznanych w kolejnych latach na dofinansowanie inwestycji realizowanej przez instytut może wynosić do 100% planowanej wartości kosztorysowej inwestycji (art. 18 ust. 9 ustawy o instytutach badawczych).

Jako podmiot samofinansujący instytut badawczy opracowuje roczny plan finansowy, który stanowi podstawę gospodarowania środkami uzyskanymi zarówno ze sprzedaży związanej z prowadzoną działalnością gospodarczą, jak i ze środkami pochodzącymi z dotacji i subwencji. Roczny plan finansowy obejmuje przychody własne, dotacje oraz koszty, w tym wynagrodzenia i naliczane od nich składki, koszty majątkowe oraz płatności odsetkowe wynikające z zaciągniętych zobowiązań. Roczny plan finansowy ustala dyrektor instytutu po zasięgnięciu opinii rady naukowej, zaś sprawozdanie finansowe zatwierdza minister nadzorujący dany instytut badawczy.

Zgodnie z art. 19 ust. 1 ustawy o instytutach badawczych [1], instytut obligatorycznie tworzy następujące fundusze:

- statutowy, który stanowi równowartość majątku według stanu na dzień rozpoczęcia działalności,
- rezerwy, który tworzy się z nie mniej niż 8% zysku netto za poprzedni rok obrotowy,
- zakładowy fundusz świadczeń socjalnych, który tworzy się na zasadach określonych w ustawie o zakładowym funduszu świadczeń socjalnych [7].

Fakultatywnie instytut badawczy może również tworzyć inne fundusze, takie jak np. fundusz badań własnych – utworzony z zysku netto za poprzedni rok obrotowy oraz fundusz stypendialny – z zysku netto za poprzedni rok obrotowy. Może być także stworzony fundusz wdrożeń, którego źródłem finansowania będą środki przekazane instytutowi na podstawie umów przez przedsiębiorców wdrażających wyniki badań naukowych lub prac rozwojowych tego instytutu z tytułu osiągnięcia wymiernych efektów ekonomicznych wdrożenia.

Type and nature of the institutes' activities

Institutes established under the Act on Research Institutes [1] may conduct primary activities and secondary activities. Core activities include conducting scientific research and development, adapting the results of scientific research and development to the needs of practice, and implementing the results of scientific research and development [8].

In the light of article 2 sec. 2 of the Act on Research Institutes [1], in connection with its core activities, the institute may:

- disseminate the results of scientific research and development works,
- perform research and analysis as well as develop opinions and expertise in the scope of scientific research and development works [9],
- prepare assessments concerning the state and development of individual areas of science and technology, as well as sectors of the economy that use in the country the results of achievements of global science and technology,
- conduct standardization, certification and approval activities [10],
- maintain and develop databases related to the subject matter of the institute,
- conduct activities in the area of scientific, technical and economic information, inventiveness and protection of industrial and intellectual property, as well as supporting innovativeness of enterprises,
- in connection with the conducted scientific research and development works, manufacture apparatus, devices, materials and other products and conduct the validation of research methods, measurement methods and calibration of devices,
- conduct publishing activities related to the conducted research scientific research and development works.

Regardless of the tasks mentioned above, the institute may also provide education in doctoral school and postgraduate studies, which is related to the scientific research and development work conducted by the institute, as well as other forms of education under the rules set forth in the Law on Higher Education and Science [2]. In addition, a research institute may carry out activities "other" than those listed in article 2 sec. 1–3 of the same Act, provided that such activities are separated in financial and accounting terms from the activities specified in the Act.

The implementation by the Institute of the basic, additional and so-called "other" tasks does not exclude the Institute's operation within scientific and industrial centres. A prerequisite for the establishment of such a centre is the establishment of scientific and economic cooperation by at least one research institute and at least one economic sector unit. The centres may also include universities and scientific institutes of the Polish Academy of Sciences and foreign scientific institutions. Scientific and industrial centres operate on the basis of agreements concluded between the interested parties, and their main tasks include, among others, cooperation in the implementation of the results of the scientific and technical work of the centre,

Rodzaj i charakter działalności instytutów

Instytuty utworzone na podstawie ustawy o instytutach badawczych [1] mogą prowadzić działalność podstawową oraz działalność dodatkową. Do działalności podstawowej należy prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych, przystosowywanie wyników badań naukowych i prac rozwojowych do potrzeb praktyki oraz wdrażanie wyników badań naukowych i prac rozwojowych [8].

W świetle art. 2 ust. 2 ustawy o instytutach badawczych [1], w związku z prowadzoną działalnością podstawową instytut może:

- upowszechniać wyniki badań naukowych i prac rozwojowych,
- wykonywać badania i analizy oraz opracowywać opinie i ekspertyzy w zakresie prowadzonych badań naukowych i prac rozwojowych [9],
- opracowywać oceny dotyczące stanu i rozwoju poszczególnych dziedzin nauki i techniki oraz sektorów gospodarki, które wykorzystują w kraju wyniki osiągnięć światowej nauki i techniki,
- prowadzić działalność normalizacyjną, certyfikacyjną i aprobacyjną [10],
- prowadzić i rozwijać bazy danych związane z przedmiotem działania instytutu,
- prowadzić działalność w zakresie informacji naukowej, technicznej i ekonomicznej, wynalazczości oraz ochrony własności przemysłowej i intelektualnej, a także wspierającej innowacyjność przedsiębiorstw,
- w związku z prowadzonymi badaniami naukowymi i pracami rozwojowymi wytwarzać aparaturę, urządzenia, materiały i inne wyroby oraz prowadzić walidację metod badawczych, pomiarowych oraz kalibrację aparatury,
- prowadzić działalność wydawniczą związaną z prowadzonymi badaniami naukowymi i pracami rozwojowymi.

Niezależnie od wymienionych wyżej zadań instytut może także prowadzić kształcenie w szkole doktorskiej i na studiach podyplomowych, które jest związane z prowadzonymi przez instytut badaniami naukowymi i pracami rozwojowymi oraz inne formy kształcenia na zasadach określonych w ustawie – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce [2]. Ponadto instytut badawczy może prowadzić działalność „inną” niż aktywności wymienione w art. 2 ust. 1–3 tejże ustawy pod warunkiem, że działalność ta zostanie wyodrębniona pod względem finansowym i rachunkowym spod działalności określonej ustawą.

Realizowanie przez instytut zadań podstawowych, dodatkowych oraz tzw. „innych” nie wyłącza możliwości działania instytutu w ramach centrów naukowo-przemysłowych. Warunkiem utworzenia takiego centrum jest nawiązanie współpracy naukowo-gospodarczej przez co najmniej jeden instytut badawczy oraz co najmniej jedną jednostkę sektora gospodarczego. W skład centrów mogą wchodzić również uczelnie i instytuty naukowe Polskiej Akademii Nauk oraz zagraniczne instytucje naukowe. Centra naukowo-przemysłowe działają na podstawie umów zawartych pomiędzy zainteresowanymi podmiotami, a do ich głównych zadań należy m.in. współdziałanie w realizacji wdrożeń wyników prac naukowo-technicznych centrum, organizowanie wymiany pracowników i studentów pomiędzy instytutami i uczelniami a przedsiębiorcami,

organizing staff and student exchanges between institutes and universities and entrepreneurs, initiating and coordinating the participation of institutes, entrepreneurs and universities in international research programs or acquiring and handling international research projects, joint national research projects and those financed from the European funds.

Regardless of the type of statutory tasks and the category of the institute, all research institutes have a special character due to their functioning at the borderline of science and economy. On one hand, the activity of the institutes combines the pursuit of public goals by conducting scientific research that supports the state and the economy, and on the other hand, profit-oriented commercial activity, without which self-financing research institutes would not be able to sustain themselves. The legal status of research institutes has been repeatedly discussed in the doctrine and literature [11], and attempts have been made to unambiguously determine whether a research institute is an entrepreneur conducting business activity. Doubts about the status of an institute as an entrepreneur were clarified in the judgment of the Supreme Court of 21 March 2019 (ref. II UK 555/17; OSNP 2019/12/148) [4].

In the cited decision the Supreme Court stated that “the Act of 30 April 2010 on research institutes states in article 1 sec. 1 and 2, that a research institute is a state organizational unit, separated in legal, organizational, economic and financial terms, which conducts scientific research and development work aimed at their implementation and application in practice, hereinafter referred to as ‘institute’. The Institute acquires legal personality upon entry in the National Court Register. According to article 2 sec. 1, the basic activities of the institute include: conducting scientific research and development work, adapting the results of scientific research and development work to the needs of practice, implementing the results of scientific research and development work. However, pursuant to article 1 sec. 4, the Institute may engage in activities other than those listed in paragraphs 1 to 3. These activities shall be financially and accountably separate from the activities referred to in paragraphs 1–3. In the opinion of the Supreme Court, this “other activity” than that defined by the Act on the Research Institutes was economic activity (...). It should also be noted that in accordance with article 19 sec. 4 of the Act on Research Institutes, the Institute’s gross profit from the activities referred to in article 2 sec. 1–3 and net profit from the activities referred to in article 2 sec. 4 shall be allocated to the Institute’s core activity as defined in article 2 sec. 1”.

One must agree with the Supreme Court’s position in this regard. Irrespective of the arguments contained in the Supreme Court’s judgment, it is also worth noting that research institutes are subject to compulsory registration in the register of entrepreneurs and also conduct profit-making activity in an organized and continuous manner, e.g. by providing expert opinions for other entrepreneurs and state institutions (e.g. courts), as well as for the needs of the industry. Thus, by increasing the financial and organizational potential of the institute and enhancing innovation and competitiveness of other entrepreneurs, they act strictly as an entrepreneur, which in the case of research institutes combines public activity with profit-oriented commercial activity.

inicjowanie i koordynowanie udziału instytutów, przedsiębiorców i uczelni w międzynarodowych programach badawczych czy też pozyskiwanie i obsługa projektów badawczych międzynarodowych, wspólnych projektów badawczych krajowych i finansowanych z funduszy europejskich.

Niezależnie od rodzaju zadań statutowych oraz kategorii instytutu, wszystkie instytuty badawcze posiadają szczególny charakter z uwagi na ich funkcjonowanie na pograniczu nauki i gospodarki. Działalność instytutów łączy w sobie z jednej strony realizację celów publicznych poprzez prowadzenie badań naukowych wspierających państwo i gospodarkę, a z drugiej strony – działalność komercyjną nastawioną na zysk, bez którego samo-finansujące się instytuty badawcze nie byłyby w stanie się utrzymać. W doktrynie i piśmiennictwie niejednokrotnie omawiano status prawny instytutów badawczych [11] oraz podejmowano próby jednoznacznego określenia, czy instytut badawczy jest przedsiębiorcą prowadzącym działalność gospodarczą. Wątpliwości dotyczące statusu instytutu jako przedsiębiorcy zostały wyjaśnione w wyroku Sądu Najwyższego z dnia 21 marca 2019 r. (sygn. akt II UK 555/17; OSNP 2019/12/148) [4].

W przywołanym wyżej orzeczeniu SN stwierdził, że „ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych stanowi w art. 1 ust. 1 i 2, że instytutem badawczym jest państwowa jednostka organizacyjna, wyodrębniona pod względem prawnym, organizacyjnym i ekonomiczno-finansowym, która prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe ukierunkowane na ich wdrożenie i zastosowanie w praktyce, zwana dalej „instytutem”. Instytut nabywa osobowość prawną z chwilą wpisania do Krajowego Rejestru Sądowego. W myśl art. 2 ust. 1 do podstawowej działalności instytutu należą: prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych, przystosowywanie wyników badań naukowych i prac rozwojowych do potrzeb praktyki, wdrażanie wyników badań naukowych i prac rozwojowych. Natomiast stosownie do art. 1 ust. 4, instytut może prowadzić działalność inną niż wymieniona w ust. 1–3. Działalność ta jest wyodrębniona pod względem finansowym i rachunkowym z działalności, o której mowa w ust. 1–3. W ocenie Sądu Najwyższego, tą „inną działalnością” niż określoną ustawą o instytutach badawczych była działalność gospodarcza (...). Odnotować też należy, że w myśl art. 19 ust. 4 ustawy o instytutach badawczych, zysk brutto instytutu z działalności określonej w art. 2 ust. 1–3 oraz zysk netto z działalności określonej w art. 2 ust. 4 przeznacza się na działalność podstawową instytutu określoną w art. 2 ust. 1”.

Należy zgodzić się ze stanowiskiem Sądu Najwyższego w tym zakresie. Niezależnie od argumentów zawartych w wyroku SN warto zwrócić również uwagę na fakt, że instytuty badawcze podlegają obowiązkowi wpisowi do rejestru przedsiębiorców, a także w sposób zorganizowany i ciągły prowadzą działalność zarobkową poprzez np. wykonywanie ekspertyz dla innych przedsiębiorców oraz instytucji państw (np. sądów), a także na potrzeby przemysłu. Tym samym zwiększając potencjał finansowo-organizacyjny instytutu oraz potęgując innowacyjność oraz konkurencyjność innych przedsiębiorców, działają stricte jako przedsiębiorca, który w przypadku instytutów badawczych łączy działalność publiczną z działalnością komercyjną nastawioną na zysk.

The issues raised in this article are an attempt to bring closer the issues related to both the legal status and the location of research institutes in the economic and scientific space. The special nature of the activity of institutes consisting in the duality of public and commercial purposes causes that in doctrine and jurisprudence there are discussions and disputes as to the unambiguous definition of the nature of the activity of institutes. According to the author of this publication, a number of factors discussed in the article indicate the public-commercial nature of the activity with an indication of profit and profit-making purpose of the activity of the institutes. Regardless of the public mission and the possibility to receive subsidies from the state budget, the institutes are self-financing entities registered in the National Court Register, excluded from the catalogue of entities of the public finance sector. They cover their operating costs from the income they earn and conduct their business as entrepreneurs, being responsible for their own liabilities. This article begins a series devoted to this subject and the interpretation of the provisions of the Act on Research Institutes due to the specificity and complexity of the functioning of research institutes.

Kwestie poruszane w niniejszym artykule stanowią próbę przybliżenia zagadnień związanych zarówno ze statusem prawnym, jak i umiejscowieniem instytutów badawczych w przestrzeni gospodarczej i naukowej. Szczególny charakter działalności instytutów polegający na dualizmie celów publicznych i komercyjnych sprawia, że w doktrynie i orzecznictwie trwają dyskusje i spory co do jednoznacznego określenia charakteru działania instytutów. Zdaniem autorki niniejszej publikacji szereg czynników omówionych w artykule wskazuje na publiczno-komercyjny charakter działalności ze wskazaniem na zysk i cel zarobkowy działalności instytutów. Niezależnie bowiem od misji publicznej oraz możliwości otrzymania dotacji z budżetu państwa, instytuty są przecież samofinansującymi się podmiotami zarejestrowanymi w KRS, wyłączonymi z katalogu jednostek sektora finansów publicznych. Pokrywają koszty działalności z uzyskiwanych przychodów i prowadzą działalność gospodarczą jako przedsiębiorcy, samodzielnie odpowiadając za zaciągnięte zobowiązania. Specyfika i złożoność funkcjonowania instytutów badawczych sprawia, że niniejszy artykuł rozpoczyna cykl poświęcony tej tematyce oraz wykładni przepisów ustawy o instytutach badawczych.

Literature / Literatura

- [1] Ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych (Dz.U. 2020 r. poz. 1383).
- [2] Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 r. poz. 574).
- [3] Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (Dz.U. 2021 r. poz. 305).
- [4] Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 21 marca 2019 r. (sygn. akt II UK 555/17; OSNP 2019/12/148).
- [5] Ustawa z dnia 21 lutego 2019 r. o Sieci Badawczej Łukasiewicz (Dz.U. 2020 r. poz. 2098).
- [6] Dytko J., *Decyzja administracyjna jako forma sprawowania nadzoru nad uchwałami organów stanowiących instytutu badawczego*, „Studia Prawnicze KUL” 2018, 1 (73), 37–56, <https://doi.org/10.31743/sp.612>.
- [7] Ustawa z dnia 4 marca 1994 r. o zakładowym funduszu świadczeń socjalnych (Dz.U. z 2021 r. poz. 746 z późn. zm.)
- [8] Walasik M., *System działań upowszechniania innowacyjnych rozwiązań technologicznych zaimplementowany w instytucie naukowo-badawczym*, „Marketing i Rynek” 2014, 3, 433–452.
- [9] Ziemia J., *Przeprowadzanie dowodu z opinii instytutu naukowego lub naukowo-badawczego w procesie cywilnym – wybrane zagadnienia*, „Radca Prawny” 2005, 1.
- [10] Zboina J., *Badania i wdrożenia. Interdyscyplinarność badań bezpieczeństwa*, CNBOP-PIB, Józefów 2020.
- [11] Cilak M., *Instytuty badawcze jako forma działalności naukowej i gospodarczej państwa – problematyka pozycji i formy prawne*, „Prawo Budżetowe Państwa i Samorządu” 2015, 4 (3), 63–76, <https://doi.org/10.12775/PBPS.2015.028>.
- [12] B. Sojkin, *Zarządzanie produktem w usługach badawczych*, „Marketing instytucji naukowych i badawczych” 2010, 1(1), 109–114.
- [13] Raport z rekomendacjami dot. otwierania danych będących w posiadaniu instytutów badawczych, https://dane.gov.pl › raport_instytuty-badawcze [dostęp: 29.03.2022].

MONIKA WYSZOMIRSKA, PH.D. – PH.D. in law at the University of Warsaw, attorney-at-law, economist. She specializes in tax, financial, administrative and civil law, including among others research projects and development works as well as large IT projects. Author of 7 books on tax issues and over 250 press articles on substantive and procedural tax and administrative law. She has extensive experience in both drafting legal opinions and analyses, as well as representing parties before the Provincial and Supreme Administrative Court and common courts of all instances. She also appears before the Constitutional Tribunal in matters related to subsidies and taxes.

DR MONIKA WYSZOMIRSKA – doktor nauk prawnych Uniwersytetu Warszawskiego, radca prawny, ekonomista. Specjalizuje się w prawie podatkowym, finansowym, administracyjnym i cywilnym, w tym m.in. w zakresie projektów naukowych i prac rozwojowych oraz dużych projektów informatycznych. Autorka 7 książek o tematyce podatkowej oraz ponad 250 artykułów prasowych poruszających kwestie dotyczące materialnego oraz procesowego prawa podatkowego i administracyjnego. Posiada bogate doświadczenie zarówno w sporządzaniu opinii i analiz prawnych, jak i reprezentowaniu stron przed Wojewódzkim i Naczelny Sąd Administracyjny oraz sądami powszechnymi wszystkich instancji. Występuje również przed Trybunałem Konstytucyjnym w sprawach dotyczących dotacji oraz podatków.

Łukasz Roman^{a)}, Krzysztof Cygańczuk^{b)*}

^{a)} *The Academy of Justice/ Szkoła Wyższa Wymiaru Sprawiedliwości w Warszawie*

^{b)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: kcyganczuk@cnbop.pl*

Legal Dimension of the Protection of Critical Infrastructure – Selected Aspects

Prawny wymiar ochrony infrastruktury krytycznej – wybrane aspekty

ABSTRACT

Aim: As part of this article, an attempt was made to present the legislative process in Poland regarding critical infrastructure, for which valid is the Act of 26 April 2007 on crisis management, specifying, inter alia, authorities competent in crisis management and their tasks and principles of operation in this area as well as implementing acts issued on its basis. The introduced legal regulations define both the concept of critical infrastructure, its protection and activities related to the prevention of crisis situations, reacting in the event of their occurrence and preparation to take control over them, as well as removing their effects and recreating key resources.

Introduction: Regulations concerning the protection of critical infrastructure are included in legal acts covering various areas of the country's functioning, including telecommunications activities, production and trade in fuels and electricity, performance of defence tasks by entrepreneurs, creation of strategic reserves, powers of the minister competent for the State Treasury in some companies, protection of persons and the property. The protection of critical infrastructure is related to the *raison d'état*, which indicates the need to make special efforts to protect the country's key infrastructure. Therefore, it is reasonable to present selected legal elements needed to protect critical infrastructure, especially those issues that ensure the continuity of the operation of public administration bodies, which are to ensure the safety of the citizens.

Methodology: The article was prepared based on the analysis of the literature on the subject and the analysis of legal acts in the area of strengthening the concept of critical infrastructure, taking into account the current situation related to the pandemic and, consequently, the loss of some officers and employees. During the analysis of the conducted research, compact publications, acts of Polish law as well as guidelines and recommendations published on the websites of governmental institutions were used.

Conclusions: In the protection of critical infrastructure, there is a need to introduce legal regulations within the framework of cooperation between institutions. The preparation of effective activities in the area of critical infrastructure requires a comprehensive approach, including: physical, technical, personal, ICT, legal protection, as well as assistance from the government in the reconstruction of the damaged element. Each of the areas mentioned above is a complex set of activities requiring general and specialist knowledge, sometimes expert knowledge, extensive practical experience (using the so-called good practices), risk analysis skills, and risk prediction (profiling).

Keywords: act on crisis management, legal acts, crisis management, protection of critical infrastructure, identification

Type of article: review article

Received: 03.01.2022; **Reviewed:** 18.01.2022; **Accepted:** 25.01.2022;

Authors' ORCID IDs: Ł. Roman – 0000-0002-4159-3557; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 166–181, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.10>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: W ramach niniejszego artykułu podjęto próbę przybliżenia procesu legislacyjnego w Polsce dotyczącego infrastruktury krytycznej, dla której właściwa jest Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 roku o zarządzaniu kryzysowym określająca m.in. organy właściwe w sprawach zarządzania kryzysowego oraz ich zadania i zasady działania w tym obszarze oraz akty wykonawcze wydane na jej podstawie. Wprowadzone regulacje prawne określają zarówno pojęcie infrastruktury krytycznej, jej ochrony, jak i działań związanych z zapobieganiem sytuacjom kryzysowym, reagowaniem w przypadku ich wystąpienia i przygotowaniem do przejmowania nad nimi kontroli, a także usuwaniu ich skutków oraz odtwarzaniu kluczowych zasobów.

Wprowadzenie: Regulacje dotyczące ochrony infrastruktury krytycznej znajdują się w aktach prawnych obejmujących różne dziedziny funkcjonowania państwa, m.in. działalność telekomunikacyjną, wytwarzanie i obrót paliwami oraz energią elektryczną, wykonywanie zadań obronnych przez przedsiębiorców, tworzenie rezerw strategicznych, uprawnienia ministra właściwego do spraw Skarbu Państwa w niektórych spółkach, realizację ochrony

osób i mienia. Ochrona infrastruktury krytycznej w swoim przedmiocie związana jest z racją stanu, co wskazuje na konieczność podjęcia szczególnych starań w zakresie ochrony kluczowej infrastruktury państwa. W związku z powyższym zasadne jest przedstawienie wybranych elementów prawnych potrzebnych do ochrony infrastruktury krytycznej, zwłaszcza tych kwestii, które zapewniają ciągłość działania organów administracji publicznej, mających zapewnić bezpieczeństwo obywateli.

Metodologia: Artykuł został opracowany przy wykorzystaniu analizy literatury przedmiotu oraz analizy aktów prawnych w zakresie wzmocnienia pojęcia infrastruktury krytycznej, biorąc pod uwagę obecną sytuację związaną z pandemią i co za tym idzie – utratę części funkcjonariuszy i pracowników. Podczas analizy przeprowadzonych badań wykorzystano publikacje zwarte, akty prawa polskiego oraz wytyczne i zalecenia ogłoszone na stronach instytucji rządowych.

Wnioski: W ochronie infrastruktury krytycznej zachodzi potrzeba wprowadzenia regulacji prawnych w ramach współpracy między instytucjami. Przygotowanie efektywnych działań w zakresie infrastruktury krytycznej wymaga kompleksowego podejścia, obejmującego ochronę: fizyczną, techniczną, osobową, teleinformatyczną, prawną, a także pomoc strony rządowej w odbudowie zniszczonego (uszkodzonego) elementu. Każdy z wymienionych obszarów stanowi złożony kompleks działań wymagający wiedzy ogólnej oraz specjalistycznej, niekiedy eksperckiej, bogatego doświadczenia praktycznego (korzystania z tzw. dobrych praktyk), umiejętności analizy ryzyka, a także przewidywania (profilowania) zagrożeń.

Słowa kluczowe: ustawa o zarządzaniu kryzysowym, akty prawne, zarządzanie kryzysowe, ochrona infrastruktury krytycznej, identyfikacja

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 03.01.2022; **Zrecenzowany:** 18.01.2022; **Zaakceptowany:** 25.01.2022;

Identyfikator ORCID autorów: Ł. Roman – 0000-0002-4159-3557; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 166–181, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.10>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

As part of this article, an attempt was made to present the legislative process in Poland regarding critical infrastructure, for which valid is the Act of 26 April 2007 on crisis management [1] which specifies, inter alia, authorities competent in crisis management and their tasks and principles of operation in this area as well as implementing acts issued on its basis. The introduced legal regulations define both the concept of critical infrastructure, its protection, as well as activities related to the prevention of crisis situations, reacting in the event of their occurrence and preparation to take control over them, as well as removing their effects and recreating key resources [2].

Legal regulations referring to the protection of critical infrastructure have been included in many legal acts [1, 3–5], covering various areas of the functioning of the country. However, some legal acts do not refer directly to the critical infrastructure (CI), and the analysis of the used terms, including those related to the facilities, indicates their similar, and often even the same meaning [6]. In this subject, the following areas of activity are distinguished: telecommunications activities, production and trading of fuels and electricity, performing defence tasks by entrepreneurs, creating strategic reserves, powers of the minister competent for the State Treasury or protection of persons and property [7]. Therefore, it is reasonable to state that the formal and legal conditions for the protection of CI existed before the entry into force of the Act of 26 April 2007 on crisis management [1].

The term critical infrastructure refers primarily to national resources that are essential for the functioning of the state and its citizens. This concept defines physical objects, supply systems, technologies and information networks which, as a result of destruction, disruption or damage, become unavailable for

Wprowadzenie

W ramach niniejszego artykułu podjęto próbę przybliżenia procesu legislacyjnego w Polsce dotyczącego infrastruktury krytycznej, dla której właściwa jest ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 roku o zarządzaniu kryzysowym [1] określająca m.in. organy właściwe w sprawach zarządzania kryzysowego oraz ich zadania i zasady działania w tym obszarze oraz akty wykonawcze wydane na jej podstawie. Wprowadzone regulacje prawne określają zarówno pojęcie infrastruktury krytycznej, jej ochrony, jak i działań związanych z zapobieganiem sytuacjom kryzysowym, reagowaniem w przypadku ich wystąpienia i przygotowaniem do przejmowania nad nimi kontroli, a także usuwaniu ich skutków oraz odtwarzaniu kluczowych zasobów [2].

Regulacje prawne dotyczące ochrony infrastruktury krytycznej zostały umiejscowione w wielu aktach prawnych [1, 3–5], obejmujących różne dziedziny funkcjonowania państwa. Niektóre akty prawne nie odnoszą się jednak bezpośrednio do infrastruktury krytycznej (IK), a analiza używanych terminów, w tym dotyczących obiektów, wskazuje na ich zbliżone, a często wręcz tożsame znaczenie [6]. W tym przedmiocie wyodrębnia się takie obszary działalności jak: działalność telekomunikacyjną, wytwarzanie i obrót paliwami oraz energią elektryczną, wykonywanie zadań obronnych przez przedsiębiorców, tworzenie rezerw strategicznych, uprawnienia ministra właściwego do spraw Skarbu Państwa czy ochronę osób i mienia [7]. Zasadne jest zatem stwierdzenie, iż warunki formalno-prawne ochrony IK istniały jeszcze przed wejściem w życie ustawy z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym [1].

Termin infrastruktura krytyczna dotyczy przede wszystkim zasobów krajowych mających podstawowe znaczenie dla funkcjonowania państwa i jego obywateli. Pojęcie to określa obiekty fizyczne, systemy zaopatrzenia, technologie i sieci informatyczne,

a certain period of time, and thus may significantly affect the social or economic determinants of the society, as well as affect the ability to provide defence and national security. Critical infrastructure are real and cybernetic systems (and in these systems objects, devices or installations) necessary for the functioning of the economy and the country. It plays a key role in the functioning of the country and the life of its citizens. As a result of events caused by natural forces or resulting from human activities, critical infrastructure may be destroyed, damaged, and its operation may be disrupted, which may endanger the lives and property of the citizens. At the same time, such events negatively affect the economic development of the country.

Legal aspects of critical infrastructure

Pursuant to art. 3 of the Act on Crisis Management [1], the concept of critical infrastructure should be understood as linked systems and their functionally, key objects for the security of the country and its citizens and for ensuring the efficient functioning of public administration bodies, as well as institutions and entrepreneurs. The group of systems that may be part of this infrastructure is extensive and includes, among others: energy supply systems, transport systems, energy resources and fuels, as well as communication systems, IT networks, financial systems, food and water supply systems, systems for production, storage and use of chemical and radioactive substances, health protection and rescue systems as well as systems ensuring the continuity of public administration operations.

które w wyniku zniszczenia, zakłócenia lub uszkodzenia stają się niedostępne przez określony czas, a tym samym mogą znacząco uderzać w społeczne lub ekonomiczne determinanty społeczeństwa, a także wpływać na możliwości zapewnienia obrony i bezpieczeństwa narodowego. Infrastruktura krytyczna to rzeczywiste i cybernetyczne systemy (a w tych systemach obiekty, urządzenia bądź instalacje) niezbędne do funkcjonowania gospodarki i państwa. Pełni ona kluczową rolę w funkcjonowaniu państwa i życiu jego obywateli. W wyniku zdarzeń spowodowanych siłami natury lub będących konsekwencją działań człowieka, infrastruktura krytyczna może być zniszczona, uszkodzona, a jej działanie może ulec zakłóceniu, przez co zagrożone może być życie i mienie obywateli. Równocześnie tego typu wydarzenia negatywnie wpływają na rozwój gospodarczy państwa.

Prawne aspekty infrastruktury krytycznej

Zgodnie z art. 3 ustawy o zarządzaniu kryzysowym [1] przez pojęcie infrastruktury krytycznej należy rozumieć systemy oraz wchodzące w ich skład, powiązane ze sobą funkcjonalnie, obiekty kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców. Grupa systemów, które mogą wchodzić w skład tej infrastruktury jest rozbudowana i obejmuje, m.in. systemy zaopatrzenia w energię, transportowe, surowce energetyczne i paliwa, a także systemy łączności, sieci IT, systemy finansowe i zaopatrzenia w żywność oraz wodę, systemy produkcji i przechowywania oraz stosowania substancji chemicznych i promieniotwórczych, systemy ochrony zdrowia i ratownicze oraz zapewniające ciągłość działania administracji publicznej.

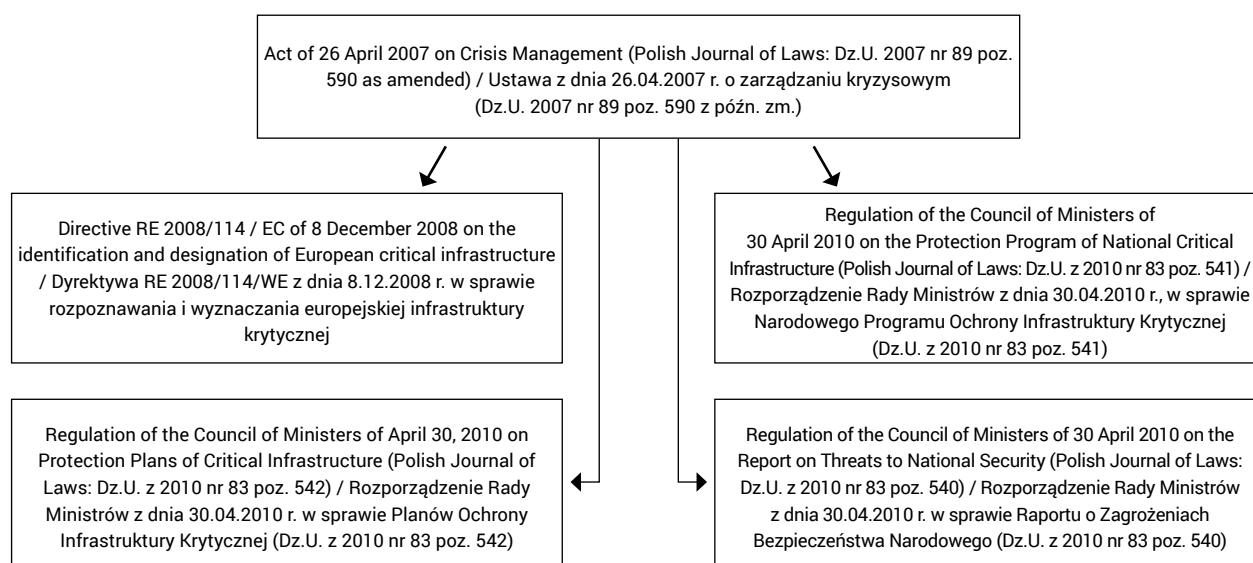


Figure 1. Basic legal acts on critical infrastructure
Rycina 1. Podstawowe akty prawne dotyczące infrastruktury krytycznej

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

The legal act in force in Poland, on the basis of which certain systems are designated to the group of European Critical Infrastructure (ECI), is the EU Council Directive on the identification and designation of ECI [9], establishing the procedure for defining ECI and the rules common to EU approaches to assessing the need to improve the protection of such infrastructure, in order to better protect the population and minimize potential economic and social losses. An important element here is the fact that these are systems whose disruption or destruction would have a significant impact on at least two EU Member States.

Taking into account the applicable legal acts, it can be stated that their scope regulates, among others, the following issues in the area of the functioning and protection of critical infrastructure:

- preparation of solutions in the event of destruction or disruption of the functioning of critical infrastructure, including assistance to the population in ensuring its survival conditions until the infrastructure is restored;
- development and maintenance of protection plans of the critical infrastructure, including resources necessary to perform the tasks included in them;
- ensuring the functioning of public administration in the event of a threat and the possibility of recreating the critical infrastructure;
- ensuring continuous monitoring of threats;
- procedures for implementing tasks related to the protection of critical infrastructure, including response in the event of destruction or disruption of its functioning, and priorities for its protection and recovery;
- risk management by identifying significant threats to critical infrastructure, including prioritization in responding to specific risks and identifying the forces and resources necessary to eliminate them;
- preparation and maintenance of an inventory of objects and systems that make up the critical infrastructure;
- variants of operation in the event of threats or disturbances in the functioning of critical infrastructure and its reconstruction,
- principles of cooperation of public administration with owners and independent and dependent owners of facilities, installations or devices of critical infrastructure in terms of its protection, including the principles of providing information.

In addition to the legal acts mentioned above, special attention has been paid to those elements of critical infrastructure that are important for ensuring the continuity of the country's functioning, regardless of the type of threats. Therefore, other documents have also been issued, which in their records indicate the dimension in question in the area of critical infrastructure. They are, among others:

1. Regulation No. 67 of the Prime Minister of 15 October 2014 on the organization and operation of the Crisis Management Government Team [10], specifying the procedure and form of convening meetings as well as the rules of service and tasks of the team.
2. Regulation of the Prime Minister of 11 April 2011 on the

Aktem prawnym obowiązującym w Polsce, na podstawie którego wyznacza się określone systemy do grona europejskiej infrastruktury krytycznej (EIK), jest Dyrektywa Rady UE w sprawie rozpoznawania i wyznaczania EIK [9], ustanawiająca procedurę definiowania EIK oraz zasady wspólnego dla UE podejścia do oceny potrzeb w zakresie poprawy ochrony takiej infrastruktury, w celu lepszej ochrony ludności i minimalizowania potencjalnych strat ekonomicznych i społecznych. Istotnym elementem jest tutaj fakt, że chodzi o takie systemy, których zakłócenie lub zniszczenie miałyby istotny wpływ na co najmniej dwa państwa członkowskie UE.

Biorąc pod uwagę obowiązujące akty prawne, można stwierdzić, że swoim zakresem regulują one m.in. następujące kwestie w obszarze funkcjonowania i ochrony infrastruktury krytycznej:

- przygotowanie rozwiązań na wypadek zniszczenia lub zakłócenia funkcjonowania infrastruktury krytycznej, w tym udzielanie pomocy ludności w zapewnieniu jej warunków przetrwania do momentu odtworzenia infrastruktury;
- opracowanie i utrzymywanie planów ochrony infrastruktury krytycznej, w tym zasobów niezbędnych do wykonywania zadań w nich ujętych;
- zapewnienie funkcjonowania administracji publicznej w sytuacji wystąpienia zagrożenia oraz możliwości odtworzenia infrastruktury krytycznej;
- zapewnienie ciągłego monitorowania zagrożeń;
- procedury realizacji zadań związanych z ochroną infrastruktury krytycznej, w tym reagowania w sytuacjach zniszczenia lub zakłócenia jej funkcjonowania oraz priorytety w zakresie jej ochrony oraz odtwarzania;
- zarządzanie ryzykiem poprzez wskazywanie istotnych zagrożeń dla infrastruktury krytycznej, w tym określanie priorytetów w reagowaniu na określone ryzyka i wskazanie sił oraz środków niezbędnych do ich wyeliminowania;
- przygotowywanie i utrzymywanie wykazu obiektów i systemów tworzących infrastrukturę krytyczną;
- warianty działania w sytuacji zagrożeń lub zakłócenia funkcjonowania infrastruktury krytycznej oraz jej odtwarzania,
- zasady współpracy administracji publicznej z właścicielami oraz posiadaczami samoistnymi i zależnymi obiektów, instalacji lub urządzeń infrastruktury krytycznej w zakresie jej ochrony, w tym zasady przekazywania informacji.

Poza wspomnianymi powyżej aktami prawnymi, szczególną uwagę zwrócono na te elementy infrastruktury krytycznej, które są istotne dla zapewnienia ciągłości funkcjonowania państwa, niezależnie od rodzaju występujących zagrożeń. Wobec tego zostały wydane również inne dokumenty, które w swoich zapisach wskazują na przedmiotowy wymiar w obszarze infrastruktury krytycznej. Są to m.in.:

1. Zarządzenie nr 67 Prezesa Rady Ministrów z dnia 15 października 2014 r. w sprawie organizacji i trybu pracy Rządowego Zespołu Zarządzania Kryzysowego [10], określające tryb i formę zwoływania posiedzeń oraz zasady obsługi i zadania zespołu.

organization and operation of the Government Centre for Security (RCB), specifying the structure and tasks of RCB [11],

3. Regulation of the Council of Ministers of 21 September 2018 amending the regulation on the determination of government administration bodies that will establish crisis management centres and the manner of their operation [12],
4. Act on the organization of tasks for national defence carried out by entrepreneurs [13], which allowed for creating a legal structure of an entrepreneur of special economic and defence importance, implementing tasks for the benefit of state defence (i.e. in the area of economic mobilization, militarization, operational planning, defence training) as well as under HN obligations),
5. Act on the protection of persons and property [14].

In the context of CI, the most important thing is that the Act mentioned above has distinguished the category of areas, facilities, devices and transports subject to mandatory protection, important for the defence, economic interest of the state, public safety and other important interests of the state (art. 5 sec. 2). The Act also indicated entities obliged to prepare lists of these installations (art. 5 sec. 3) and imposed on entities managing the installations the obligation to agree on their protection plans with the locally competent provincial police commander (art. 7 sec. 1). The Act on the protection of persons and property has distinguished in detail the elements of infrastructure of this importance (art. 5).

6. Act on aviation law [15].

The Act covers issues related to air navigation, airport ground infrastructure and aircraft. A separate chapter (art. 84–85) deals with rescue and fire protection of airports. Pursuant to art. 84, the airport operator is obliged, among others, to develop an action plan in an emergency, organize and ensure the functioning of the rescue and firefighting service equipped with specialized equipment, and maintain the necessary rescue and fire-fighting measures.

7. Act on rail transport [16].

The Act applies to railway infrastructure, part of which is part of the critical infrastructure. In this context, the Act also defines the principles of the management of railway infrastructure, by maintaining it in a condition ensuring safe railway traffic management (art. 5 sec. 1 point 3), as well as the manager's obligation to take action to eliminate the risk in a situation where the safety of railway traffic or the safety of passenger and goods transport is at risk (art. 5 sec. 5).

Moreover, for railway lines of national importance, the Act imposes on the Council of the Ministers the obligation to define their list by means of a regulation (art. 6 sec. 2). At the same time, the minister responsible for transport is obliged to define (in agreement with the minister of national defence) a list of railway lines of purely defensive importance (art. 6 sec. 3). The Act also contains provisions on the physical protection of the railway infrastructure. Art. 59 sec. 1 provides for the creation of railway security guards by one or more managers. Art. 60 sec. 1 of the Act specifies the tasks of this formation, indicating that it

2. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 11 kwietnia 2011 r. w sprawie organizacji i trybu działania Rządowego Centrum Bezpieczeństwa (RCB), określające strukturę i zadania RCB [11],
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 września 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie określenia organów administracji rządowej, które utworzą centra zarządzania kryzysowego, oraz sposobu ich funkcjonowania [12],
4. Ustawa o organizowaniu zadań na rzecz obronności państwa realizowanych przez przedsiębiorców [13], która pozwoliła na stworzenie konstrukcji prawnej przedsiębiorcy o szczególnym znaczeniu gospodarczo-obronnym, realizującego zadania na rzecz obronności państwa (tj. w zakresie mobilizacji gospodarki, militaryzacji, planowania operacyjnego, szkolenia obronnego, jak również wynikające z obowiązków państwa-gospodarza),
5. Ustawa o ochronie osób i mienia [14].

W kontekście IK najistotniejsze jest to, że w powyższej ustawie została wyodrębniona kategoria obszarów, obiektów, urządzeń i transportów podlegających obowiązkowej ochronie, ważnych dla obronności, interesu gospodarczego państwa, bezpieczeństwa publicznego i innych ważnych interesów państwa (art. 5 ust. 2). Ustawa wskazała również podmioty zobowiązane do sporządzania wykazów tych instalacji (art. 5 ust. 3) i nałożyła na podmioty zarządzające instalacjami obowiązek uzgadniania planów ich ochrony z właściwym miejscowo komendantem wojewódzkim policji (art. 7 ust. 1). Ustawa o ochronie osób i mienia wyodrębniła szczegółowo elementy infrastruktury o takim znaczeniu (art. 5).

6. Ustawa Prawo lotnicze [15].

Ustawa obejmuje zagadnienia dotyczące żeglugi powietrznej, naziemnej infrastruktury lotniskowej oraz statków powietrznych. Oddzielny rozdział (art. 84–85) dotyczy ratownictwa i ochrony przeciwpożarowej lotnisk. Zgodnie z art. 84, zarządzający lotniskiem zobowiązany jest m.in. do opracowania planu działania w sytuacji zagrożenia, zorganizowania i zapewniania funkcjonowania służby ratowniczo-gaśniczej wyposażonej w specjalistyczny sprzęt oraz utrzymywania niezbędnych środków ratowniczych i przeciwpożarowych.

7. Ustawa o transporcie kolejowym [16].

Ustawa odnosi się do infrastruktury kolejowej, której część wchodzi w skład infrastruktury krytycznej. W tym kontekście ustawa określa także zasady zarządzania infrastrukturą kolejową m.in. poprzez jej utrzymywanie w stanie zapewniającym bezpieczne prowadzenie ruchu kolejowego (art. 5 ust. 1 pkt 3), a także powstający po stronie zarządcy obowiązek podjęcia działań likwidujących zagrożenie w sytuacji, gdy zagrożone jest bezpieczeństwo ruchu kolejowego lub bezpieczeństwo przewozu osób i rzeczy (art. 5 ust. 5). Ponadto dla linii kolejowych o znaczeniu państwowym ustawa nakłada na Radę Ministrów obowiązek określenia ich wykazu w drodze rozporządzenia (art. 6 ust. 2). Jednocześnie minister właściwy w sprawach transportu zobowiązany jest do określenia (w porozumieniu z ministrem obrony narodowej) wykazu linii kolejowych o znaczeniu wyłącznie obronnym (art. 6 ust. 3). Ustawa zawiera także przepisy dotyczące fizycznej ochrony infrastruktury kolejowej. Art. 59 ust. 1 przewiduje tworzenie straży ochrony kolei przez

is, among others, responsible for the protection of human life or health, as well as property in the railway area, in trains and other railway vehicles.

8. Act on telecommunications law [17].

The Act regulates the principles of conducting business by providing telecommunications services. As a critical infrastructure protection tool, it is essential for many reasons. It defines a telecommunications undertaking, which in many cases allows to classify the installations, facilities and devices managed by it as part of the critical infrastructure telecommunications system (art. 2 point 27). In this context, operators are required to submit to the President of the Office of Electronic Communications (UKE) and make available to interested entities the technical specifications of the network termination points, radio interfaces and their changes, before the telecommunications services to be provided via these network termination points or radio interfaces become available to the users (art. 137 sec. 1). From the point of view of the protection of critical infrastructure, art. 178, 179 sec. 1 and 180f of the Act. Art. 178 sec. 1 indicates that “in the event of a particular threat”, the President of UKE may, by way of a decision, impose certain obligations on telecommunications undertakings, guided by the size of the threat and the need to limit its effects and the principle of minimizing the negative effects of the imposed obligations. In turn, art. 179 orders such entrepreneurs to perform tasks and obligations in the area of preparation and maintenance of the indicated network elements to ensure telecommunications for the needs of the national security management system, including state defence, implemented in accordance with the principles set out in plans, decisions and agreements concluded between these entrepreneurs and interested entities [7].

9. Act on water law [18].

The Act, comprehensively regulating the issues of water management, includes, among others, regulations concerning strict protection and supervision of specific areas, important for the supply of drinking water, i.e. an element of critical infrastructure. The Act provides for the possibility of establishing protection zones for water intakes and protection areas for inland water reservoirs (art. 51 points 1–2). In the former, there are orders, prohibitions and restrictions on the use of water and land, while the protection zone itself is divided into the area of direct and indirect protection (art. 52). In direct protection areas, it is forbidden to use the land for purposes not related to the operation of water intake (art. 53), while in indirect protection areas, restrictions may or may not apply to activities reducing the usefulness of the abstracted water or the catchment efficiency (art. 54). The above provisions create the possibility of additional protection of the critical infrastructure system related to water supply.

10. Act on strategic reserves [19].

The Act defines critical infrastructure in a similar way as in the Act on crisis management. Art. 3 of the Act indicates the essence of building strategic reserves – in this context, among others, a threat to the state security and defence, public safety and order, support for the implementation of tasks in the area of national security and defence, reconstruction of CI, mitigation of disruptions in the continuity of supplies serving the functioning of the economy and satisfying the basic needs of the citizens.

jednego lub kilku zarządców. Art. 60 ust. 1 ustawy precyzuje zadania tej formacji, wskazując, że jest ona m.in. odpowiedzialna za ochronę życia lub zdrowia ludzkiego, a także mienia na obszarze kolejowym, w pociągach i innych pojazdach kolejowych.

8. Ustawa Prawo telekomunikacyjne [17].

Ustawa reguluje zasady prowadzenia działalności polegającej na świadczeniu usług telekomunikacyjnych. Jako narzędzie ochrony infrastruktury krytycznej jest istotna z wielu względów. Definiuje przedsiębiorcę telekomunikacyjnego, co pozwala w wielu przypadkach kwalifikować zarządzane przez niego instalacje, obiekty i urządzenia jako wchodzące w skład systemu telekomunikacyjnego infrastruktury krytycznej (art. 2 pkt 27). W tym kontekście operatorzy są zobowiązani do przekazywania prezesowi Urzędu Komunikacji Elektronicznej (UKE) oraz udostępniania zainteresowanym podmiotom specyfikacji technicznych stosowanych zakończeń sieci, interfejsów radiowych i ich zmian, zanim usługi telekomunikacyjne, które mają być świadczone przy pomocy tych zakończeń sieci lub interfejsów radiowych, staną się dostępne dla użytkowników (art. 137 ust. 1). Z punktu widzenia ochrony infrastruktury krytycznej bardzo ważne są art. 178, 179 ust. 1 oraz 180f ustawy. Art. 178 ust. 1 wskazuje, że „w sytuacji wystąpienia szczególnego zagrożenia” prezes UKE może, w drodze decyzji, nałożyć na przedsiębiorców telekomunikacyjnych określone obowiązki, kierując się rozmiarem zagrożenia i potrzebą ograniczenia jego skutków oraz zasadą minimalizowania negatywnych skutków nałożonych obowiązków. Z kolei art. 179 nakazuje takim przedsiębiorcom wykonywanie zadań i obowiązków w zakresie przygotowania i utrzymywania wskazanych elementów sieci dla zapewnienia telekomunikacji na potrzeby systemu kierowania bezpieczeństwem narodowym, w tym obroną państwa, realizowanych na zasadach określonych w planach, decyzjach oraz umowach zawartych między tymi przedsiębiorcami a zainteresowanymi podmiotami [7].

9. Ustawa Prawo wodne [18].

Ustawa, regulując kompleksowo zagadnienia gospodarki wodnej, zawiera m.in. unormowania dotyczące ścisłej ochrony i nadzoru określonych obszarów, istotnych z punktu widzenia dostarczania wody pitnej, a więc elementu infrastruktury krytycznej. Przewiduje ona możliwość ustanowienia stref ochronnych ujęć wody oraz obszarów ochronnych zbiorników wód śródlądowych (art. 51 pkt 1–2). W tych pierwszych obowiązują nakazy, zakazy i ograniczenia dotyczące korzystania z wód oraz użytkowania gruntów, sama strefa ochronna dzieli się zaś na teren ochrony bezpośredniej i pośredniej (art. 52). Na terenach ochrony bezpośredniej zabronione jest użytkowanie gruntów w celach niezwiązanych z eksploatacją ujęcia wody (art. 53), natomiast na obszarach ochrony pośredniej ograniczenia mogą, choć nie muszą, dotyczyć działań powodujących zmniejszenie przydatności ujmowanej wody lub wydajności ujęcia (art. 54). Powyższe przepisy stwarzają możliwość dodatkowej ochrony systemu infrastruktury krytycznej dotyczącego zaopatrzenia w wodę.

10. Ustawa o rezerwach strategicznych [19].

Ustawa definiuje infrastrukturę krytyczną w sposób podobny jak w ustawie o zarządzaniu kryzysowym. W art. 3 ustawy wskazano istotę budowy rezerw strategicznych – w tym kontekście

11. Act of 18 March 2010 on the specific powers of the minister responsible for the State Treasury and their exercise in certain capital companies or capital groups operating in the electricity, crude oil and gaseous fuels sectors [20].

The above document replaced the Act of 3 June 2005 on the special rights of the State Treasury and their exercise in capital companies of significant importance for public order or public safety [21]. It refers to the protection of a CI sector – strictly speaking, to the energy and fuel supply system.

12. Regulation of the Council of Ministers of 24 June 2003 on objects of particular importance for national security and defence and on their special protection [22].

The regulation issued on the basis of the Act on the universal defence obligation specifies objects of particular importance for the national security and defence (§ 2). The extensive catalogue, containing nineteen categories, includes, among others facilities of formation and services (including the Police, the Agency of Internal Security and the State Fire Service), facilities related to the extraction of minerals, telecommunications, state reserve warehouses, water dams and hydrotechnical devices, power plants and electricity facilities, as well as facilities subordinate to or supervised by the minister of national defence. According to the Regulation, these facilities are subject to special protection (§ 5). They have also been divided into category I facilities (listed in points 1–9 § 2) and category II facilities (listed in points 10–19 § 2). The minister of national defence is responsible for determining the requirements for the preparation and implementation of special protection for category I facilities, while the minister responsible for internal affairs has the same obligation with regard to category II facilities. In fact, objects of both categories are largely critical infrastructure, which is another example of the fact that its protection was prepared and the decision which was carried out long before was made on its legal and structural separation and additional requirements for its protection, involving the need to prepare, among others, National Protection Program of Critical Infrastructure.

Apart from the aforementioned legal acts, mentioned should also be the Act of 27 March 2003 on spatial planning and development [29] and the Act of 4 September 2008 on the protection of shipping and seaports [30]. They are also related to the issues of critical infrastructure. The first requires that planning and spatial development take into account the needs of state defence and security (art. 1 sec. 2 point 8) [29], while the second regulates the issues of protection seaports and port facilities (art. 2 sec. 1) [30].

wymieniono m.in. zagrożenie dla bezpieczeństwa i obronności państwa, bezpieczeństwa i porządku publicznego, wsparcie realizacji zadań w zakresie bezpieczeństwa i obrony państwa, odtworzenie IK, złagodzenie zakłóceń w ciągłości dostaw służących funkcjonowaniu gospodarki i zaspokojeniu podstawowych potrzeb obywateli.

11. Ustawa z dnia 18 marca 2010 roku o szczególnych uprawnieniach ministra właściwego do spraw Skarbu Państwa oraz ich wykonywaniu w niektórych spółkach kapitałowych lub grupach kapitałowych prowadzących działalność w sektorach energii elektrycznej, ropy naftowej oraz paliw gazowych [20].

Powyższy dokument zastąpił ustawę z 3 czerwca 2005 r. o szczególnych uprawnieniach Skarbu Państwa oraz ich wykonywaniu w spółkach kapitałowych o istotnym znaczeniu dla porządku publicznego lub bezpieczeństwa publicznego [21]. Odnosi się ona do ochrony wycinka IK – ściśle mówiąc do systemu zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa.

12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 czerwca 2003 r. w sprawie obiektów szczególnie ważnych dla bezpieczeństwa i obronności państwa oraz ich szczególnej ochrony [22].

Rozporządzenie wydane na podstawie ustawy o powszechnym obowiązku obrony określa obiekty szczególnie ważne dla bezpieczeństwa i obronności państwa (§ 2). Obszerny katalog, zawierający dziewiętnaście kategorii, obejmuje m.in. obiekty formacji i służb (m.in. Policji, Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Państwowej Straży Pożarnej), obiekty związane z wydobywaniem kopaliny, telekomunikacyjne, magazyny rezerw państwowych, zapory wodne i urządzenia hydrotechniczne, elektrownie i obiekty elektroenergetyczne, a także obiekty podległe lub nadzorowane przez ministra obrony narodowej. W myśl rozporządzenia obiekty te podlegają szczególnej ochronie (§ 5). Zostały także podzielone na obiekty kategorii I (wymienione w pkt 1–9 § 2) oraz obiekty kategorii II (wymienione w pkt 10–19 § 2). Minister obrony narodowej odpowiada za określenie wymagań przygotowania i prowadzenia szczególnej ochrony obiektów kategorii I, minister właściwy do spraw wewnętrznych ma ten sam obowiązek w odniesieniu do obiektów kategorii II. Faktycznie obiekty obu kategorii stanowią w dużej części infrastrukturę krytyczną, co jest kolejnym przykładem tego, że jej ochrona była przygotowywana i prowadzona na długo, zanim podjęto decyzję o jej prawnym i strukturalnym wyodrębnieniu oraz dodatkowych wymogach jej ochrony, wiążących się z koniecznością przygotowania m.in. Narodowego Programu Ochrony Infrastruktury Krytycznej. Obok wspomnianych aktów prawnych należałoby wskazać również ustawę z 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [29] oraz ustawę z 4 września 2008 r. o ochronie żeglugi i portów morskich [30]. One również są związane z problematyką infrastruktury krytycznej. Pierwsza wymaga, aby w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym uwzględniano potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa (art. 1 ust. 2 pkt 8) [29], druga natomiast reguluje zagadnienia ochrony m.in. portów morskich i obiektów portowych (art. 2 ust. 1) [30].

The importance of critical infrastructure for national security

The Act of 26 April 2007 on Crisis Management introduced the concept of critical infrastructure into Polish legislation. According to it, critical infrastructure should be treated as systems and functionally interconnected objects, including construction objects, devices, installations, key services for the security of the country and its citizens, and to ensure the efficient functioning of public administration bodies, as well as institutions and entrepreneurs [1].

In the Republic of Poland, critical infrastructure includes 11 systems (facilities, devices) that are of key importance for the security of the country and its citizens and are used to ensure the efficient functioning of public administration bodies, as well as institutions and entrepreneurs. They are:

1. Energy, energy raw materials and fuel supply systems:
 - for the production, transmission and distribution of electricity (power industry),
 - for the production, transport and distribution of gaseous fuels,
 - for the production, transport and distribution of crude oil and petroleum products
 - for the production, transport and distribution of heat.
2. Communication systems for the transmission of information, including postal and telecommunications, as well as broadcasting and television.
3. ICT networks – a set of cooperating IT devices and software, ensuring processing and storage, as well as sending and receiving data via telecommunications networks using a terminal device appropriate for a given type of network.
4. Financial systems, i.e. all legal norms and a group of financial institutions whose task is to collect, divide and spend national money resources.
5. Food supply system – a branch of the economy which consists of producing means of production (e.g. fertilizers, feed) and services for agriculture, production and acquisition of food raw materials (in agriculture, fishing, forestry, hunting), purchase of food raw materials, their storage and transport, processing of food raw materials, trade in food products (food warehousing and storage, wholesale and retail trade, export and import) and food safety system covering all components of the food supply chain.
6. Water supply system (drinking water, sewage, surface water) – it consists of interconnected enterprises and devices collecting, upgrading, supplying and treating water for the population and the industry.
7. Health care system (pharmacies, hospitals, clinics) – a team of people and institutions whose task is to provide health care to the population. Its efficient functioning (along with the rescue system) is a guarantee of the citizens' rights enshrined in the Constitution.
8. Transport (roads, railways, airports, ports) – that is the

Znaczenie infrastruktury krytycznej dla bezpieczeństwa państwa

Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, wprowadziła do polskiego prawodawstwa pojęcie infrastruktury krytycznej. Według niej infrastrukturę krytyczną należy traktować jako systemy oraz wchodzące w ich skład powiązane ze sobą funkcjonalnie obiekty, w tym obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców [1].

W Rzeczypospolitej Polskiej w skład infrastruktury krytycznej wchodzi 11 systemów (obiekty, urządzenia), które mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służą zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców. Zaliczamy do nich:

1. Systemy zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa:
 - do produkcji, przesyłania i dystrybucji energii elektrycznej (energetyka),
 - do produkcji, transportu i dystrybucji paliw gazowych,
 - do produkcji, transportu i dystrybucji ropy naftowej i produktów ropopochodnych
 - do produkcji, transportu i dystrybucji ciepła.
2. Systemy łączności, zapewniające przekazywanie informacji, obejmujące pocztę oraz telekomunikację, jak również radiofonie i telewizję.
3. Sieci teleinformatyczne – zespół współpracujących ze sobą urządzeń informatycznych i oprogramowania, zapewniający przetwarzanie i przechowywanie, a także wysyłanie i odbieranie danych przez sieci telekomunikacyjne za pomocą właściwego, dla danego rodzaju sieci, urządzenia końcowego.
4. Systemy finansowe, czyli ogół norm prawnych oraz zespół instytucji finansowych, których zadaniem jest gromadzenie, dzielenie i wydatkowanie zasobów pieniężnych państwa.
5. System zaopatrzenia w żywność – dziedzina gospodarki, na którą składa się wytworzenie środków produkcyjnych (np. nawozy, pasze) i usług dla rolnictwa, produkcja i pozyskiwanie surowców żywnościowych (w rolnictwie, rybactwie, leśnictwie, łowiectwie), skup surowców żywnościowych, ich przechowywanie i transport, przetwórstwo surowców żywnościowych, obrót towarowy produktami żywnościowymi (magazynowanie i przechowywanie żywności, handel hurtowy i detaliczny, eksport i import) oraz system bezpieczeństwa żywności obejmujący wszystkie składowe łańcucha zaopatrzenia w żywność.
6. System zaopatrzenia w wodę (woda pitna, ścieki, wody powierzchniowe) – w jego skład wchodzi powiązane ze sobą przedsiębiorstwa i urządzenia pobierające, uszlachetniające, dostarczające i oczyszczające wodę dla ludności i przemysłu.

possibility of movement of people, goods (subject of transport) in space using appropriate means of transport.

9. Rescue systems – all organizational measures and undertakings carried out in order to save health and life, property and the environment which are in danger, as well as to predict, recognize and eliminate the consequences of the events.
10. Systems ensuring the actions of public administration, i.e. the implementation of the right of authority to perform tasks assigned by the legal order to the state and its organs or other entities performing authority functions.
11. Production systems, storage and use of chemical and radioactive substances (including pipelines of hazardous substances) [23].

The definition of the protection of critical infrastructure contained in the Act on Crisis Management (art. 3 point 3) states that: “Protection of critical infrastructure is all the activities aimed at ensuring the functionality, continuity and integrity of critical infrastructure in order to prevent threats, risks or weaknesses, and the limitation and neutralization of their effects and quick restoration of this infrastructure in the event of failures, attacks and other events that disrupt its proper functioning” [1].

From the cited definition it can be concluded that critical infrastructure plays a special role in ensuring the continuity of the functioning of the country, its organs, institutions, services and the exchange of information between them. The efficiency of critical infrastructure ensures a certain level and continuity of distribution of those services for which the country is responsible for. Its proper functioning also allows for the effective use of resources in the event of extraordinary events that disrupt the normal functioning of the country and its economy. The efficiency of a large part of resources considered as critical infrastructure also determines technological progress and economic development.

Critical infrastructure is crucial for the existence of the country and, within it, of an organized society. If its functioning is disrupted, the country and its institutions may lose all or part of their ability to perform their basic administrative and service functions, as well as to exercise effective control over their entire territory. Improper management of critical infrastructure undoubtedly prevents economic and social development and, in some cases, can even lead to the decay of social life. Therefore, it is worth remembering that critical infrastructure in Poland is not completely free from threats, and the society – from the consequences of its deliberate damage or failure. According to the scale and sources of threats, this infrastructure should be developed and protected using appropriate instruments. As in other countries, also in Poland modern and efficient critical infrastructure – regardless of emerging threats – is a decisive factor in the effectiveness of the functioning of the country. In extraordinary situations it also determines its survival [24]. The elements of critical infrastructure systems constitute a collection of classified information, which means that a specialized group of people with a certificate confirming access to classified information has the right to decide on their composition and functioning.

7. System ochrony zdrowia (apteki, szpitale, przychodnie) – zespół osób i instytucji mający za zadanie zapewnić opiekę zdrowotną ludności. Jego sprawne funkcjonowanie (wraz z systemem ratowniczym) jest gwarantem praw obywatela zapisanych w Konstytucji.
8. Systemy transportowe (drogi, kolej, lotniska, porty) – czyli możliwość przemieszczania się ludzi, ładunków (przedmiot transportu) w przestrzeni przy wykorzystaniu odpowiednich środków transportu.
9. Systemy ratownicze – ogół środków i przedsięwzięć organizacyjnych podejmowanych w celu ratowania zdrowia i życia, mienia i środowiska, znajdującym się w niebezpieczeństwie oraz przewidywania, rozpoznawania i likwidacji skutków zdarzeń.
10. Systemy zapewniające ciągłość działania administracji publicznej, czyli realizację prawa władczego wykonywania zadań przypisywanych przez porządek prawny państwu i jego organom lub innym podmiotom wykonującym funkcje władcze.
11. Systemy produkcji składowania, przechowywania i stosowania substancji chemicznych i promieniotwórczych (w tym rurociągi substancji niebezpiecznych) [23].

Ujęcie definicyjne ochrony infrastruktury krytycznej zawarte w ustawie o zarządzaniu kryzysowym (art. 3 pkt. 3) definiuje, że: „ochrona infrastruktury krytycznej to wszelkie działania zmierzające do zapewnienia funkcjonalności, ciągłości działań i integralności infrastruktury krytycznej w celu zapobiegania zagrożeniom, ryzykom lub słabym punktom oraz ograniczenia i neutralizacji ich skutków oraz szybkiego odtworzenia tej infrastruktury na wypadek awarii, ataków oraz innych zdarzeń zakłócających jej prawidłowe funkcjonowanie” [1].

Z przywołanej definicji wynika, że infrastruktura krytyczna odgrywa szczególną rolę w zapewnieniu ciągłości funkcjonowania państwa, jego organów, instytucji, służb oraz wymiany informacji między nimi. Sprawność infrastruktury krytycznej zapewnia określony poziom i ciągłość dystrybucji tych usług, za które odpowiada państwo. Jej właściwe funkcjonowanie pozwala także na efektywne wykorzystywanie posiadanych zasobów w razie nadzwyczajnych wydarzeń, zakłócających normalne funkcjonowanie państwa i jego gospodarki. Sprawność dużej części zasobów uznawanych za infrastrukturę krytyczną warunkuje także postęp technologiczny i rozwój gospodarczy.

Infrastruktura krytyczna ma kluczowe znaczenie dla istnienia państwa, a w jego ramach – zorganizowanego społeczeństwa. Jeżeli następuje zakłócenie w jej funkcjonowaniu, państwo i jego instytucje mogą utracić w całości lub części zdolność do wykonywania swoich podstawowych funkcji administracyjnych i usługowych, jak również do sprawowania rzeczywistej kontroli nad całym swoim terytorium. Niewłaściwe zarządzanie infrastrukturą krytyczną bez wątpienia uniemożliwia rozwój gospodarczy i społeczny, a w pewnych przypadkach może nawet doprowadzić do rozkładu życia społecznego. Wobec tego warto pamiętać, że infrastruktura krytyczna w Polsce nie jest w zupełności wolna od zagrożeń, a społeczeństwo – od skutków jej celowego uszkodzenia lub awarii. Stosownie do skali i źródeł zagrożeń, infrastruktura ta powinna być rozwijana i chroniona przy użyciu odpowiednich instrumentów. Podobnie jak

National Protection Program of Critical Infrastructure (NPOIK) – interpretation of regulations

National Protection Program of Critical Infrastructure [25] (NPOIK) was developed pursuant to art. 5b sec. 1 of the Act on Crisis Management [1] – it is a document the purpose of which is to create conditions for the improvement of the security of critical infrastructure. This program defines the rules for the protection of critical infrastructure and the cooperation of owners responsible for critical infrastructure with public administration. Critical infrastructure that is included in it has been included in the uniform list of objects, installations, devices and services included in critical infrastructure with a division into systems referred to in art. 5b sec. 7 point 1 of the Act on Crisis Management. NPOIK is not an operational program or a development program within the meaning of the Act of 6 December 2006 on the principles of development policy (Polish Journal of Laws: Dz. U. z 2014, poz. 1649, as amended) and it is complementary to the Security of the Development of the National Security Strategy System of the Republic of Poland 2022 and the National Security Strategy of the Republic of Poland. Taking into account Poland's membership in the European Union, the North Atlantic Treaty Organization, the Organization for Security and Cooperation in Europe and other international organizations, NCIPP also takes into account international agreements to which Poland is a party [25].

The aim of NPOIK is, above all, to create conditions for the improvement of the security of critical infrastructure. Together with other program documents, it contributes to the overriding goal – to increase the security of Poland.

Its implementation requires the achievement of a number of intermediate (operational) goals, which are [25]:

- gaining a certain level of awareness, knowledge and competence of all participants of the NPOIK in the field of the importance of CI for the efficient functioning of the state and the methods and methods of its protection,
- introducing a risk assessment methodology that takes into account a full range of threats, including a methodology for dealing with threats with a very low probability and catastrophic consequences,
- introducing a coordinated and risk-based approach to the implementation of tasks in the field of critical infrastructure protection,
- building a partnership between the participants of the protection process of critical infrastructure,

w innych państwach, także w Polsce nowoczesna i sprawna infrastruktura krytyczna – niezależnie od pojawiających się zagrożeń – jest czynnikiem decydującym o skuteczności funkcjonowania państwa. W sytuacjach nadzwyczajnych przesądza także de facto o jego przetrwaniu [24]. Elementy systemów infrastruktury krytycznej stanowią zbiór informacji niejawnych i to powoduje, że do decydowania o ich składzie i funkcjonowaniu ma uprawnienia wyspecjalizowana grupa osób, posiadająca certyfikat potwierdzający dostęp do informacji o charakterze niejawnym.

Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej (NPOIK) – interpretacja przepisów

Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej [25] (NPOIK) został opracowany na podstawie art. 5b ust. 1 ustawy o zarządzaniu kryzysowym [1] – to dokument, którego celem jest stworzenie warunków do poprawy bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej. Niniejszy program określa zasady ochrony infrastruktury krytycznej oraz współpracy właścicieli odpowiedzialnych za infrastrukturę krytyczną z administracją publiczną. Infrastruktura krytyczna, która jest nim objęta, została umieszczona w jednolitym wykazie obiektów, instalacji, urządzeń i usług wchodzących w skład infrastruktury krytycznej z podziałem na systemy, o którym mowa w art. 5b ust. 7 pkt 1 ustawy o zarządzaniu kryzysowym. NPOIK nie jest programem operacyjnym ani programem rozwoju w rozumieniu ustawy z dnia 6 grudnia 2006 r. o zasadach prowadzenia polityki rozwoju (Dz. U. z 2014, poz. 1649 z późn. zm.) i jest komplementarny w stosunku do Strategii rozwoju systemu bezpieczeństwa narodowego RP 2022 oraz Strategii Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej. Mając na uwadze fakt członkostwa Rzeczypospolitej Polskiej w Unii Europejskiej, Organizacji Traktatu Północnoatlantyckiego, Organizacji Bezpieczeństwa i Współpracy w Europie oraz innych organizacjach międzynarodowych, NPOIK uwzględnia również międzynarodowe porozumienia, których Polska jest stroną [25].

Celem NPOIK jest przede wszystkim stworzenie warunków do poprawy bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej. Wraz z innymi dokumentami programowymi składa się on na cel nadrzędny – podniesienie bezpieczeństwa Rzeczypospolitej Polskiej.

Jego realizacja wymaga osiągnięcia szeregu celów pośrednich (operacyjnych), którymi są [25]:

- zdobycie określonego poziomu świadomości, wiedzy i kompetencji wszystkich uczestników NPOIK w zakresie znaczenia IK dla sprawnego funkcjonowania państwa oraz sposobów i metod jej ochrony,
- wprowadzenie metodyki oceny ryzyka uwzględniającej pełny wachlarz zagrożeń, w tym metodyki postępowania z zagrożeniami o bardzo małym prawdopodobieństwie i katastrofalnych skutkach,
- wprowadzenie skoordynowanego i opartego na ocenie ryzyka podejścia do realizacji zadań z zakresu ochrony infrastruktury krytycznej,
- budowa partnerstwa między uczestnikami procesu ochrony infrastruktury krytycznej,

- introducing mechanisms for the exchange and protection of information transferred between the participants of the protection process of critical infrastructure.

The Act on crisis management adopts a sanction-free approach to the protection of critical infrastructure. It is based on the assumption that increasing the effectiveness of the protection of critical infrastructure can only take place through the actions of its operators, supported by the possibilities and the potential of public administration. Operators of critical infrastructure have the best knowledge and tools to reduce threats to their operations. They are also able to make the most appropriate strategy to minimize the effects of these threats. Trying to maintain a balance between the imperative influence of the country and the expenses necessary to improve the security of critical infrastructure, the Act on crisis management does not provide sanctions for failure to comply with the obligations set out in it, and budget support for the operators of critical infrastructure.

Therefore, in order to achieve the objectives of the program in question, it is necessary to adopt the principles that should guide its participants [25].

The pillars and the most important principles of NPOIK are primarily [25]:

- shared responsibility – the leading principle adopted in the construction of the protection system of critical infrastructure, understood as a joint (collective) strive to improve the security of critical infrastructure resulting from the awareness of its importance for the functioning of both public administration bodies and operators of critical infrastructure, society, economy and the country. The protection of critical infrastructure is in the interest of both its operators and the administration responsible for the functioning of the country,
- cooperation – the second pillar of the CI protection system. In the context of NPOIK, it means the performance of specific, concurrent and complementary tasks by the participants of CI protection together to achieve a common goal, which results from the principle of shared responsibility. Cooperation is essential in order to avoid duplication of activities and costs, and to use the resources available more efficiently,
- trust – the third pillar of the CI protection system, in NPOIK understood as the belief that the motivation of the participants of CI protection (this applies in particular to the administration and CI operators) is to pursue a common goal – is to improve the security of CI and Poland. Therefore, achieving this goal will be beneficial for all interested parties, including, in particular, the public. Trust is essential to achieving the goals of the program.

NPOIK is guided by the following principles [25]:

- proportionality and risk-based action – actions aimed at increasing the level of CI protection should be adequate to the risk level. This applies to both the adopted CI protection model and the forces and means used. Risk assessment should be the basis for determining CI protection standards and setting priorities for actions.

- wprowadzenie mechanizmów wymiany i ochrony informacji przekazywanych między uczestnikami procesu ochrony infrastruktury krytycznej.

W ustawie o zarządzaniu kryzysowym przyjęto bezsankcyjne podejście do ochrony infrastruktury krytycznej. Jego podstawą jest założenie, że zwiększenie skuteczności ochrony infrastruktury krytycznej może nastąpić jedynie przez działania jej operatorów wspieranych przez możliwości i potencjał administracji publicznej. Operatorzy infrastruktury krytycznej mają najlepszą wiedzę i narzędzia do ograniczenia zagrożeń dla ich działalności. Są również w stanie dokonać najwłaściwszego wyboru strategii minimalizacji skutków tych zagrożeń. Starając się zachować równowagę pomiędzy władczym oddziaływaniem państwa, a wydatkami niezbędnymi do poprawy bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej, ustawa o zarządzaniu kryzysowym nie przewiduje zarówno sankcji za niedopełnienie obowiązków w niej określonych, jak i wsparcia budżetowego operatorów infrastruktury krytycznej.

W związku z powyższym, aby osiągnąć cele omawianego programu, niezbędne jest przyjęcie zasad, którymi powinni się kierować jego uczestnicy [25].

Filarami i najważniejszymi zasadami NPOIK są przede wszystkim [25]:

- współodpowiedzialność – wiodąca zasada przyjęta przy budowie systemu ochrony infrastruktury krytycznej, rozumiana jako wspólne (zbiorowe) dążenie do poprawy bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej wynikające ze świadomości jej znaczenia dla funkcjonowania zarówno organów administracji publicznej, jak i operatorów infrastruktury krytycznej, społeczeństwa, gospodarki i państwa. Ochrona infrastruktury krytycznej leży bowiem w interesie zarówno jej operatorów, jak i odpowiedzialnej za funkcjonowanie państwa administracji,
- współpraca – drugi filar systemu ochrony IK. W kontekście NPOIK oznacza wykonywanie razem przez uczestników ochrony IK określonych, zbieżnych i wzajemnie uzupełniających się zadań dla osiągnięcia wspólnego celu, który wynika z zasady współodpowiedzialności. Współpraca jest niezbędna w przypadku chęci uniknięcia powielania działań i ponoszonych kosztów oraz efektywniejszego wykorzystania posiadanych sił i środków,
- zaufanie – trzeci filar systemu ochrony IK, w NPOIK rozumiane jako przekonanie, że motywacją działania uczestników ochrony IK (dotyczy to w szczególności administracji i operatorów IK) jest dążenie do wspólnego celu – poprawy bezpieczeństwa IK i RP. Osiągnięcie tego celu będzie zatem korzystne dla wszystkich zainteresowanych stron, w tym przede wszystkim społeczeństwa. Zaufanie jest niezbędne do zrealizowania celów programu.

NPOIK kieruje się następującymi zasadami [25]:

- proporcjonalności i działań opartych na ocenie ryzyka – działania nakierowane na podniesienie poziomu ochrony IK powinny być adekwatne do poziomu ryzyka. Dotyczy to zarówno przyjętego modelu ochrony IK, jak i użytych sił i środków. Ocena ryzyka powinna być

- recognition of differences between CI systems – CI systems have many similarities, but they have some unique features that should be taken into account in the area of CI protection,
- leading role of the minister responsible for the CI system – the initiative to increase the level of protection of infrastructure essential for the functioning of society came from the administration, therefore it should have a significant share in the activities to improve CI security. This role in building trust and effective cooperation is played by the ministers responsible for the CI system, regardless of the CI operator's obligation to protect CI.
- equality of CI operators – CI operators include both private entities, state-owned entities, and the administration itself.
- complementarity – there are many solutions in use that effectively contribute to the safe functioning of CI. The provisions of NPOIK are complementary to the existing legal and institutional solutions. They do not duplicate the accepted practices resulting from the applicable law.

Regardless of the adopted approach [25]:

- in the event of a negative assessment of the effectiveness of the implementation of the Act on crisis management and NPOIK,
- if the identified significant deficiencies in the protection systems of critical infrastructure are not removed by CI operators,
- if, due to the emergence of new risks, the current legal provisions are deemed inappropriate or inapplicable to these risks,
- to optimize the protection of critical infrastructure,
- to reduce certain types of risk,

it is allowed to introduce detailed legal regulations regarding the implementation of NPOIK.

The presented program emphasizes that the operators of a significant part of critical infrastructure are private entrepreneurs not related to the public administration. NPOIK establishes a framework in which the public administration and CI operators cooperate in order to ensure the continuity of CI operations, thus protecting the economic and social foundations of our country. It also outlines the mechanisms of developing partnership relations between the public administration and CI operators in the area of CI protection. Taking into account the above and the obligation imposed on the CI operators by the Act, NPOIK is also addressed to these entities, and in particular to their management boards. Each new CI operator becomes its addressee automatically. CI operators participate in the activities for the benefit of CI protection described in the program [26].

podstawą określenia standardów ochrony IK i ustalenia priorytetów działań,

- uznania różnic między systemami IK – systemy IK cechuje wiele podobieństw, posiadają jednak pewne unikalne cechy, które w obszarze ochrony IK powinny zostać uwzględnione,
- wiodącej roli ministra odpowiedzialnego za system IK – inicjatywa zwiększenia poziomu ochrony infrastruktury kluczowej dla funkcjonowania społeczeństwa wyszła ze strony administracji, dlatego powinna ona mieć znaczący udział w działaniach na rzecz poprawy bezpieczeństwa IK. Tę rolę w budowie zaufania i skutecznej współpracy odgrywają ministrowie odpowiedzialni za system IK, niezależnie od obowiązku ochrony IK ciążącego na operatorze IK,
- równości operatorów IK – operatorami IK są zarówno podmioty prywatne, podmioty stanowiące własność państwa, jak i sama administracja. Program nie dokonuje rozróżnień – w jego rozumieniu wszyscy operatorzy są równi i zobowiązani do realizacji tego samego obowiązku – ochrony IK, którą władają,
- komplementarności – w użyciu pozostaje wiele rozwiązań, które skutecznie przyczyniają się do bezpiecznego funkcjonowania IK. Zapisy NPOIK mają charakter uzupełniający w stosunku do istniejących rozwiązań prawno-instytucjonalnych. Nie powielają przyjętych praktyk wynikających z obowiązującego prawa.

Niezależnie od założonego podejścia [25]:

- w przypadku negatywnej oceny skuteczności realizacji ustawy o zarządzaniu kryzysowym oraz NPOIK,
- jeśli zidentyfikowane istotne braki w systemach ochrony infrastruktury krytycznej nie zostaną usunięte przez operatorów IK,
- jeżeli ze względu na pojawienie się nowych zagrożeń, obecne przepisy prawne uznane zostaną za nieodpowiednie lub niemające zastosowania w odniesieniu do tych zagrożeń,
- w celu zoptymalizowania ochrony infrastruktury krytycznej,
- w celu redukcji niektórych rodzajów ryzyka,

dopuszcza się możliwość wprowadzenia szczegółowych uregulowań prawnych dotyczących realizacji NPOIK.

W prezentowanym programie podkreśla się, że operatorami znacznej części infrastruktury krytycznej są prywatni przedsiębiorcy niepowiązani z administracją publiczną. NPOIK ustanawia ramy, w których administracja publiczna i operatorzy IK współpracują w celu zapewnienia ciągłości działania IK, chroniąc tym samym gospodarcze i społeczne fundamenty naszego kraju. Nakreśla także mechanizmy rozwoju partnerskich relacji między administracją publiczną i operatorami IK w zakresie ochrony IK. Uwzględniając powyższe oraz obowiązek nałożony na operatorów IK przez ustawę, NPOIK adresowany jest także do tych podmiotów, a w szczególności do ich zarządów. Jego adresem automatycznie staje się każdy nowy operator IK. Operatorzy IK uczestniczą w działaniach na rzecz ochrony IK opisanych w programie [26].

Identification of critical infrastructure – importance for the protection of facilities, installations and devices of critical infrastructure

Identification of objects, devices, installations or services, the destruction or disruption of their functioning which could cause a crisis situation, is a key stage in the protection process of critical infrastructure. In order to achieve maximum objectivity, the Government Centre for Security, in cooperation with the ministers and heads of central offices and with the support of private entrepreneurs, developed criteria for the identification of critical infrastructure [25].

In the individual systems referred to in the Act, critical infrastructure will be selected on the basis of specific criteria. These criteria are divided into two groups [27]:

1. Sector (system) criteria that characterize parameters (functions) of an object, device, installation or service in terms of quantity or subjectivity, the fulfilment of which may result in being classified as elements of critical infrastructure. These criteria are presented for each of the CI systems.
2. Cross-cutting criteria, describing parameters related to the effects of the destruction or non-functioning of a facility, device, installation or service. In order for an object, device, installation or service to qualify as CI, in accordance with the adopted methodology, all three steps presented below must be completed:
 - in the first one the first one – in order to make the first selection of objects, installations, devices or services that could potentially be considered CI in a given system, the sector (system) criteria relevant for a given CI system should be applied to the system infrastructure.
 - in the second one – in order to check whether the object, device, installation or service plays a key role for the security of the country and its citizens and whether it serves to ensure the efficient functioning of public administration bodies, as well as institutions and entrepreneurs, the infrastructure selected through the fulfilment of the first step should be defined as contained in art. 3 point 2 of the Act.
 - in the third one – in order to indicate the effects of the destruction or cessation of the functioning of a potential CI, cross-sectional criteria should be applied to the infrastructure selected through the fulfilment of the first and second steps (the criteria that best reflect the characteristics of the system should be selected), while in order to complete the third step, the potential CI must meet at least two cross-sectional criteria [27].

It is worth mentioning that meeting the cross-sectional criteria is of decisive importance for selecting CI facilities, installations, devices or services. The emphasis on the effects of the destruction or cessation of the functioning of CI, which is directly related to the crisis situation, finds deep justification in the understanding of it as fulfilling a key function for the country as a whole and its citizens. The criteria presented above constitute an important element of the National Protection Program of

Identyfikacja infrastruktury krytycznej – znaczenie dla ochrony obiektów, instalacji i urządzeń infrastruktury krytycznej

Identyfikacja obiektów, urządzeń, instalacji lub usług, których zniszczenie lub zakłócenie funkcjonowania mogłoby spowodować sytuację kryzysową, jest kluczowym etapem procesu ochrony infrastruktury krytycznej. W celu maksymalnej obiektywizacji Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, we współpracy z ministrami i kierownikami urzędów centralnych oraz przy wsparciu przedsiębiorców prywatnych, opracowało kryteria identyfikacji infrastruktury krytycznej [25].

W poszczególnych systemach, o których mówi ustawa, infrastruktura krytyczna zostanie wyłoniona na podstawie określonych kryteriów. Kryteria te podzielone są na dwie grupy [27]:

1. Kryteria sektorowe (systemowe), charakteryzujące ilościowo lub podmiotowo parametry (funkcje) obiektu, urządzenia, instalacji lub usługi, których spełnienie może spowodować zaliczenie do elementów infrastruktury krytycznej. Kryteria te przedstawione są dla każdego z systemów IK.
2. Kryteria przekrojowe, opisujące parametry odnoszące się do skutków zniszczenia lub zaprzestania funkcjonowania obiektu, urządzenia, instalacji lub usługi. Aby obiekt, urządzenie, instalacja lub usługa mogły być zakwalifikowane jako IK, zgodnie z przyjętą metodyką muszą być zrealizowane wszystkie trzy niżej przedstawione kroki:
 - w pierwszym – w celu dokonania pierwszej selekcji obiektów, instalacji, urządzeń lub usług, które potencjalnie mogłyby zostać uznane za IK w danym systemie, do infrastruktury systemu należy zastosować kryteria sektorowe (systemowe), właściwe dla danego systemu IK.
 - w drugim – w celu sprawdzenia czy obiekt, urządzenie, instalacja lub usługa pełni kluczową rolę dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz czy służy zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców, do infrastruktury wyłonionej w drodze spełnienia pierwszego kroku należy zastosować definicję zawartą w art. 3 pkt. 2 ustawy.
 - w trzecim – w celu wskazania, jakie będą skutki zniszczenia lub zaprzestania funkcjonowania potencjalnej IK, do infrastruktury wyłonionej w drodze spełnienia kroku pierwszego i drugiego należy zastosować kryteria przekrojowe (należy wybrać kryteria najlepiej odzwierciedlające charakterystykę systemu), przy czym, aby wypełnić krok trzeci, potencjalna IK musi spełnić przynajmniej dwa kryteria przekrojowe [27].

Warto nadmienić, że spełnienie kryteriów przekrojowych ma decydujące znaczenie dla wskazania obiektów, instalacji, urządzeń lub usług IK. Położenie akcentu na skutki zniszczenia lub zaprzestania funkcjonowania IK, mające bezpośredni związek z powiązaniem z sytuacją kryzysową, znajduje głębokie uzasadnienie w rozumieniu jej jako pełniącej kluczową funkcję dla państwa jako całości i jego obywateli. Kryteria przedstawione powyżej stanowią istotny element Narodowego Programu Ochrony Infrastruktury Krytycznej i – podobnie jak sam program – wymagają

Critical Infrastructure and – similarly to the program itself – require systematic updating. Thus, it will be possible to use the mechanism to “regulate” the criteria in such a way that they cover a larger or smaller number of CI elements. The assumption is that in the future, after developing tools that would allow for the evaluation of the effects of destruction or cessation of the functioning of CI in a meaningful manner, the sectoral (systemic) criteria should be abandoned at all. As a result, the cross-cutting criteria would be applied to any chosen system infrastructure or to any national infrastructure [27].

Conclusion

Critical infrastructure is characterized by extremely complex, heterogeneous and independent groups (complexes) of objects, systems and functions that are susceptible to any threats. A significant number of each country’s critical elements, their ubiquity and interconnectedness attract hostile attention as targets of attack. Even a threat of such an attack can create an extremely difficult situation for any government. Taking into account the usually open location of the element of critical infrastructure, which is a potential target of an attack, there is no possibility of full and complete protection against possible threats to all elements of the critical infrastructure in the country [28].

Referring to the current state of the Polish legal system, there are provisions enabling the implementation of protection of objects classified as critical infrastructure. Trainings of personnel at the managerial and executive level who practically implement its protection are conducted. There are also procedures for dealing with all entities, including owners, security formations, and services in the event of a disruption of work or an attack on critical infrastructure facilities. Nevertheless, there is often neglect in this area. The question is why do these situations take place? There are many answers, pointing to errors in building an appropriate technical and physical protection system, improper cooperation of the owners of critical infrastructure with the services and bodies supporting its protection.

Planning of effective forms of defence of critical infrastructure should take place on the basis of a coherent system for monitoring threats, which may facilitate the diagnosis of the danger. It is the ability to predict a crisis situation, as well as the introduction of preventive mechanisms that use a full range of the offered protection, that is a measure of the country’s efficiency in the area of achieving its most important goal, i.e. securing the life and health of the citizens. Therefore, appropriate division of competences and responsibilities, the introduction of effective planning methods, as well as organizational and financial methods, and the appropriate distribution of protective tasks to national and private entities will determine the improvement of the response process related to the emerging crisis situations.

In conclusion, the experience gathered in connection with the protection of critical infrastructure shows that it is not possible to provide complete protection to the elements of the national security infrastructure. For this reason, particular effort should be put into the maximum immunization of the critical infrastructure, and in the event of its destruction or damage – in the quick restoration of the disrupted functions. Man is an important

systematycznej aktualizacji. Można będzie zatem wykorzystać mechanizm do „regulacji” kryteriów w taki sposób, aby objęły one większą lub mniejszą liczbę elementów IK. Założeniem jest, aby w przyszłości, po opracowaniu narzędzi, które w miarodajny sposób pozwalałyby na ocenę skutków zniszczenia lub zaprzestania funkcjonowania IK, w ogóle zrezygnować z kryteriów sektorowych (systemowych). W efekcie kryteria przekrojowe stosowane byłyby do dowolnie wybranej infrastruktury systemu lub do jakiegokolwiek krajowej infrastruktury [27].

Podsumowanie

Infrastruktura krytyczna charakteryzuje się niezwykle złożonymi, heterogenicznymi oraz niezależnymi zespołami (kompleksami) obiektów, systemów i funkcji, które są podatne na wszelkie zagrożenia. Znacząca liczba elementów krytycznych każdego państwa, ich wszechobecność i wzajemne powiązania skupiają na nich wrogie zainteresowanie jako celów ataku. Nawet groźba takiego ataku może spowodować wyjątkowo trudną sytuację dla każdego rządu. Biorąc pod uwagę zazwyczaj jawne położenie elementu infrastruktury krytycznej, będącego potencjalnym celem ataku, nie ma możliwości pełnej i całkowitej ochrony przed możliwymi zagrożeniami wszystkich elementów infrastruktury krytycznej w państwie [28].

Odnosząc się do stanu obecnego w polskim systemie prawnym, istnieją przepisy umożliwiające wdrożenie ochrony obiektów zaliczanych do infrastruktury krytycznej. Prowadzone są szkolenia personelu szczebla kierowniczego oraz wykonawczego praktycznie realizującego jej ochronę. Istnieją również procedury postępowania wszystkich podmiotów, w tym właścicieli, formacji ochrony, służb na wypadek wystąpienia zakłócenia pracy lub ataku na obiekty infrastruktury krytycznej. Mimo to, często dochodzi do zaniedbań w tym obszarze. Nasuwa się pytanie, dlaczego takie sytuacje mają miejsce? Odpowiedzi jest wiele, wskazując chociażby błędy w budowaniu właściwego systemu ochrony technicznej i fizycznej, niewłaściwego współdziałania właścicieli infrastruktury krytycznej ze służbami i organami wspomagającymi jej ochronę.

Zaplanowanie skutecznych form obrony infrastruktury krytycznej powinno odbywać się na podstawie spójnego systemu monitoringu zagrożeń, co może ułatwić diagnozę niebezpieczeństwa. To właśnie umiejętność przewidzenia sytuacji kryzysowej, a także wprowadzenie prewencyjnych mechanizmów, wykorzystujących pełen zakres posiadanego asortymentu ochrony, stanowi miarę sprawności państwa w obszarze realizacji najważniejszego jej celu, czyli zabezpieczenia życia i zdrowia obywateli. Zatem właściwy podział kompetencji i odpowiedzialności, wprowadzenie skutecznych w zakresie zarówno metod planistycznych, jak i organizacyjno-finansowych, a także odpowiednie rozdzielenie zadań ochronnych podmiotom państwowym i prywatnym decydować będzie o usprawnieniu procesu reagowania, dotyczącego powstałych sytuacji kryzysowych.

Podsumowując, doświadczenia zgromadzone w związku z ochroną infrastruktury krytycznej wskazują, że nie jest możliwe zapewnienie całkowitej ochrony elementom infrastruktury bezpieczeństwa państwa. Z tego też względu szczególnie wysiłek powinien zostać włożony w maksymalne uodpornienie infrastruktury

element of the country's protection system of critical infrastructure. His activity may increase or decrease the resilience of critical infrastructure, and in drastic cases – lead to its disruption, deprivation of functions or complete destruction. Human activity – both positive (creating) and destructive – can be the result of deliberate or accidental actions. In order to limit the destructive activities of people as much as possible, a significant challenge in the protection of critical infrastructure has become not only the development of appropriate procedures, but also the raising of public awareness of that infrastructure.

Critical infrastructure plays a key role in the functioning of the country and its citizens. As a result of the events caused by forces of nature or resulting from human activities, i.e. in crisis situations (situations that negatively affect the level of safety of people, property to a large extent or the environment, causing significant restrictions in the operation of competent public administration bodies due to the inadequacy of the resources available to them according to the above-mentioned Act, art.3 point 1) [1], critical infrastructure may be destroyed, damaged, and its operation may be disrupted. Such events negatively affect the economy of the country and the lives of its citizens. The essence of the tasks related to critical infrastructure boils down not only to ensuring its protection against threats, but also to ensuring that any disruptions in its functioning are as short-lived as possible, easy to remove and do not cause additional losses. Hence, the protection of critical infrastructure is one of the priorities facing Poland and has a significant impact on the national security system. Therefore, it is so important that the legal provisions are precise and do not affect security, and that the efficiency of organizational structures is ready to face new challenges and to counter threats, which may be decisive for the state of security of the country.

krytycznej, a w przypadku jej zniszczenia bądź uszkodzenia – w szybkie przywrócenie zakłóconych funkcji. Istotnym elementem systemu ochrony infrastruktury krytycznej państwa jest człowiek. Jego aktywność może wpłynąć na zwiększenie lub obniżenie odporności infrastruktury krytycznej, a w drastycznych przypadkach – doprowadzić do jego zakłócenia, pozbawienia funkcji bądź całkowitego zniszczenia. Aktywność ludzka – zarówno ta pozytywna (kreująca), jak i destrukcyjna (niszcząca) – może być efektem celowego lub przypadkowego działania. Aby w jak największym stopniu ograniczyć destrukcyjne działania ludzi, istotnym wyzwaniem w ochronie infrastruktury krytycznej stało się nie tylko opracowanie odpowiednich procedur, ale również podniesienie świadomości społeczeństwa co do infrastruktury krytycznej.

Infrastruktura krytyczna pełni kluczową rolę w funkcjonowaniu państwa i jego obywateli. W wyniku zdarzeń spowodowanych siłami natury lub będących konsekwencją działań człowieka, tzn. w sytuacjach kryzysowych (sytuacjach wpływających negatywnie na poziom bezpieczeństwa ludzi, mienia w znacznych rozmiarach lub środowiska, wywołujących znaczne ograniczenia w działaniu właściwych organów administracji publicznej ze względu na nieadekwatność posiadanych sił i środków zgodnie z ww. ustawą art. 3. pkt 1) [1], infrastruktura krytyczna może być zniszczona, uszkodzona, a jej działanie może ulec zakłóceniu. Wydarzenia takie negatywnie wpływają na gospodarkę kraju i życie jego obywateli. Istota zadań związanych z infrastrukturą krytyczną sprowadza się więc nie tylko do zapewnienia jej ochrony przed zagrożeniami, ale również do tego, aby ewentualne zakłócenia w jej funkcjonowaniu były możliwie krótkotrwałe, łatwe do usunięcia i nie wywoływały dodatkowych strat. Stąd też ochrona infrastruktury krytycznej jest jednym z priorytetów stojących przed państwem polskim i znacząco wpływa na system bezpieczeństwa narodowego. Dlatego też tak ważnym jest, aby zapisy prawne były precyzyjne i nie wpływały na obniżenie bezpieczeństwa, a sprawność struktur organizacyjnych była gotowa do sprostania nowym wyzwaniom i przeciwstawienia się zagrożeniom, co może decydować o stanie bezpieczeństwa państwa.

Literature / Literatura

- [1] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 roku o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. 2007 r. Nr 89, poz. 590 z późn. zm.).
- [2] Stawnicka J., Wiśniewski B., Socha R. (red.), *Zasadnicze problemy zarządzania kryzysowego w organizacjach zhierarchizowanych*, Katowice 2011, 77–101.
- [3] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2010 r. w sprawie Raportu o zagrożeniach bezpieczeństwa narodowego (Dz. U. 2010 r. Nr 83, poz. 540).
- [4] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2010 r. w sprawie Narodowego Programu Ochrony Infrastruktury Krytycznej (Dz. U. 2010 r. Nr 83, poz. 541).
- [5] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2010 r. w sprawie planów ochrony infrastruktury krytycznej (Dz. U. 2010 r. Nr 83, poz. 542).
- [6] Lidwa W., Krzeszowski W., Więcek W., Kamiński P., *Ochrona infrastruktury krytycznej*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2012, 37.
- [7] Stec K., *Wybrane prawne narzędzia ochrony infrastruktury krytycznej w Polsce*, „Bezpieczeństwo Narodowe” 2011, nr 3, 181–197.
- [8] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 sierpnia 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. 2013 r., poz. 1166).
- [9] Dyrektywa Rady 2008/114/WE z dnia 8 grudnia 2008 r. w sprawie rozpoznawania i wyznaczania europejskiej infrastruktury krytycznej oraz oceny potrzeb w zakresie poprawy jej ochrony (Dz. U. L 345 z 23.12.2008 r.), 75–82.
- [10] Zarządzenie nr 67 Prezesa Rady Ministrów z dnia 15 października 2014 r. w sprawie organizacji i trybu pracy Rządowego Zespołu Zarządzania Kryzysowego (M.P. 2014 r., poz. 926).
- [11] <https://www.gov.pl/web/rcb/o-rcb2> [dostęp: 10.05.2021].
- [12] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 września 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie określenia organów

- administracji rządowej, które utworzą centra zarządzania kryzysowego, oraz sposobu ich funkcjonowania (Dz. U. 2018 r., poz. 1974).
- [13] Ustawa z dnia 23 sierpnia 2001 r. o organizowaniu zadań na rzecz obronności państwa realizowanych przez przedsiębiorców (Dz. U. 2001 r. Nr 122, poz. 1320).
- [14] Ustawa o ochronie osób i mienia (Dz. U. 2005 r. Nr 145, poz. 121).
- [15] Ustawa Prawo lotnicze (Dz. U. 2006 r. Nr 100, poz. 696).
- [16] Ustawa o transporcie kolejowym (Dz. U. 2007 r. Nr 16, poz. 94).
- [17] Ustawa Prawo telekomunikacyjne (Dz. U. 2004 r. Nr 171, poz. 1800).
- [18] Ustawa Prawo wodne (Dz. U. 2005 r. Nr 239, poz. 2019).
- [19] Ustawa o rezerwach strategicznych (Dz. U. 2010 r. Nr 229, poz. 1496).
- [20] Ustawa z dnia 18 marca 2010 roku o szczególnych uprawnieniach ministra właściwego do spraw Skarbu Państwa oraz ich wykonywaniu w niektórych spółkach kapitałowych lub grupach kapitałowych prowadzących działalność w sektorach energii elektrycznej, ropy naftowej oraz paliw gazowych (Dz. U. 2010 r. Nr 65, poz. 404).
- [21] Ustawa z 3 czerwca 2005 r. o szczególnych uprawnieniach Skarbu Państwa oraz ich wykonywaniu w spółkach kapitałowych o istotnym znaczeniu dla porządku publicznego lub bezpieczeństwa publicznego (Dz. U. z 2005 r. Nr 132, poz. 1108).
- [22] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 czerwca 2003 r. w sprawie obiektów szczególnie ważnych dla bezpieczeństwa i obronności państwa oraz ich szczególnej ochrony (Dz. U. 2003 r. Nr 116, poz. 1090).
- [23] Sadowski J., *Ochrona infrastruktury krytycznej. Uregulowania prawne*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2018, nr 6, 1242–1248.
- [24] Sadowski J., *Podstawy prawne ochrony infrastruktury krytycznej a zarządzanie kryzysowe*, [w:] B. Kosowski (red), *Elementy ochrony infrastruktury krytycznej w zarządzaniu kryzysowym*, Katowice 2014, 30.
- [25] *Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej – tekst jednolity*, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa 2020, <https://www.gov.pl/web/rcb/narodowy-program-ochrony-infrastruktury-krytycznej> [dostęp: 3.05.2021], 8–10, 13–14.
- [26] Świątkowska J. (red.), *Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej wymiar teleinformatyczny*, Kraków 2014, s. 32.
- [27] Szewczyk T., Pyznar M., *Ochrona infrastruktury krytycznej a zagrożenia asymetryczne*, „Przegląd Bezpieczeństwa Wewnętrznego” 2010, nr 2, 55–56.
- [28] Kopczewski M., Sienkiewicz D. (red.), *Edukacja warunkiem bezpieczeństwa w XXI wieku – Sektory infrastruktury krytycznej i ich zagrożenia*, Koszalin 2018, 15.
- [29] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. 2003 Nr 80, poz. 717).
- [30] Ustawa z dnia 4 września 2008 r. o ochronie żeglugi i portów morskich (Dz. U. 2008 Nr 171, poz. 1055).

COL. RET. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK, PH.D. ENG. – he completed his master's studies at the University of Szczecin and doctoral studies at the War Art Academy in Warsaw, as well as postgraduate studies in foreign service at the National Defense Academy, data protection and information security at the Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw and crisis management at NATO Defense College (Rome) and NATO School (Oberammergau). In 2004–2008 he was a liaison officer of the NATO Office (NLO) in Kyiv, in 2008–2010 he was a consul at the Consulate General of the Republic of Poland in Lviv. He is an assistant professor at the Department of Studies and Scientific Projects at CNBOP-PIB in Józefów. Specialty – environmental engineering, safety science. Representative of the Technical Committee No. 176 for Military Technology and Supply in the Polish Committee for Standardization.

ŁUKASZ ROMAN, PH.D. – has a PhD in social sciences in the area of defence sciences, specializing in polemology. He obtained his academic degree at the Faculty of Management and Command at the National Defence University in Warsaw. He completed post-graduate studies in history and knowledge about society. In 2015–2019, a research and didactic employee at Alcide De Gasperi University of Euroregional Economy in Józefów. In 2017–2019, the Dean of the Faculty of Social Sciences in Mińsk Mazowiecki. From January 2020, a research and didactic employee as an assistant professor at the Institute of Safety Sciences at the University of Justice. Organizer and co-organizer of many conferences and scientific seminars, as well as many trainings, courses and projects in the area of security. Reviewer of many scientific articles and monographs. Author of scientific and research works and numerous scientific publications in the area of national security.

PLK REZ. DR INŻ. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK – ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie Szczecińskim oraz studia doktoranckie w Akademii Sztuki Wojennej w Warszawie, a także studia podyplomowe z zakresu służby zagranicznej w Akademii Obrony Narodowej, ochrony danych i bezpieczeństwa informacji na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie oraz zarządzania kryzysowego w NATO Defence College (Rzym) i NATO School (Oberammergau). W latach 2004–2008 był oficerem łącznikowym Biura NATO (NLO) w Kijowie, z kolei w latach 2008–2010 był konsulem w Konsulacie Generalnym RP we Lwowie. Jest adiunktem w Dziale Prac Studialnych i Projektów Naukowych w CNBOP-PIB w Józefowie. Specjalność – inżynieria środowiska, nauki o bezpieczeństwie. Przedstawiciel Komitetu Technicznego nr 176 ds. Techniki Wojskowej i Zaopatrzenia w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

DR ŁUKASZ ROMAN – jest doktorem nauk społecznych w zakresie nauk o obronności – specjalność polemologia. Stopień naukowy uzyskał na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia w Akademii Obrony Narodowej w Warszawie. Ukończył studia podyplomowe z zakresu historii i wiedzy o społeczeństwie. W latach 2015–2019 pracownik naukowo-dydaktyczny w Wyższej Szkole Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide De Gasperi w Józefowie. W latach 2017–2019 Dziekan Zamiejscowego Wydziału Nauk Społecznych w Mińsku Mazowieckim. Od stycznia 2020 pracownik badawczo-dydaktyczny na stanowisku adiunkta w Instytucie Nauk o Bezpieczeństwie Szkoły Wyższej Wymiaru Sprawiedliwości. Organizator i współorganizator wielu konferencji i seminariów naukowych, a także wielu szkoleń, kursów i projektów dotyczących obszaru bezpieczeństwa. Recenzent wielu artykułów naukowych i monografii. Autor prac naukowo-badawczych i licznych publikacji naukowych z zakresu bezpieczeństwa narodowego.

Dariusz Musioł^{a)*}

^{a)} Silesian University of Technology / Politechnika Śląska

* Corresponding author / Autor korespondencyjny: dariusz.musiol@polsl.pl

Assessment of the Costs of Preventive Works Concerning Fire Hazard on the Example of Selected Longwalls of Two Mining Companies

Ocena kosztów prac profilaktycznych w zakresie zagrożenia pożarowego na przykładzie wybranych ścian eksploatacyjnych dwóch spółek węglowych

ABSTRACT

Aim: The article aims to present and evaluate the costs of preventive works carried out in 16 selected longwall panels in the mines of two coal mining companies. The article is based on the analysis of data made available by the companies, which the author has properly prepared to enable their comparison.

Introduction: Fires occurring in coal mines are one of the more frequent technical hazards. Consequently, the mine's ventilation departments are responsible for carrying out preventive measures to limit and minimise the fire risk. The danger of a fire in mine workings is connected not only with the possibility of exogenic fire, which is influenced by external factors such as machine and equipment failures, short-circuits in electrical installations or the possibility of a fire on transport routes, but also with endogenic fire, which the low-temperature oxidation of coal may cause with the remains left in longwall caving. The costs of prevention depend on the method of ventilation of the longwall faces and the coal's susceptibility to spontaneous combustion.

Methodology: The costs of coal mining are very high. They are related to the increasingly difficult mining conditions, which are influenced mainly by the increasing depth of exploitation and the increase in natural and technical hazards during mining work. The costs of mining within a longwall area are usually divided into the costs of starting up the longwall, its exploitation and liquidation. Within this division, more detailed cost analyses are rarely conducted. As part of the research conducted since 2015, ways of cost assessment were developed on the basis of appropriately prepared cost tables for various natural and technical hazards occurring within the ventilation hazards presented in the example discussed in the article. Based on the analyses of unit costs of fire hazard prevention elements obtained in coal companies and the developed cost tables, the costs of prevention works were compiled. The costs of prevention works were evaluated and compared for 16 longwall faces using the elaborated indices.

Conclusions: Correctly applied fire hazard prevention in hard coal mines is one of the main elements of maintaining functional safety. Costs of hazard prevention in mines were usually compared together with the costs of exploitation, longwall equipment, media and crew working days. Cost tables were developed as part of the research to allow for cost assessment and determination of fire prevention cost indices.

Keywords: coal mining, fire hazard, preventive work, cost of preventive work

Type of article: review article

Received: 20.03.2022; Reviewed: 04.04.2022; Accepted: 04.04.2022;

Author's ORCID ID: D. Musioł – 0000-0001-7703-168X;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 182–197, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.11>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie i ocena kosztów prac prewencyjnych prowadzonych w 16 wybranych ścianach eksploatacyjnych w kopalniach dwóch spółek węglowych. Artykuł opiera się na analizie udostępnionych przez spółki danych, które zostały odpowiednio przygotowane przez autora w celu możliwości ich porównania.

Wprowadzenie: Pożary występujące w kopalniach węgla kamiennego są jednymi z częściej pojawiających się zagrożeń technicznych. W związku z tym niezbędne jest prowadzenie profilaktyki ograniczającej ryzyko powstania pożarów przez działy wentylacji w kopalniach. Niebezpieczeństwo powstania pożaru w wyrobiskach górniczych dotyczy nie tylko możliwości powstania pożaru egzogenicznego, na który wpływ mają czynniki zewnętrzne związane z awariami maszyn i urządzeń, zwarciami w instalacjach elektrycznych czy możliwością powstania pożaru na drogach transportu, ale także pożaru endogenicznego, który może powstać na skutek niskotemperaturowego utleniania się węgla pozostawionego w zrobach zawałowych ścian eksploatacyjnych. Koszty prowadzonej profilaktyki są zależne od sposobu przewietrzania rejonów ścian oraz skłonności węgla do samozapalenia.

Metodologia: Eksploatacja węgla kamiennego jest bardzo kosztowna ze względu na coraz trudniejsze warunki górnicze. Koszty prowadzonej eksploatacji w ramach rejonu ściany podzielone są najczęściej na koszty rozruchu ściany, jej eksploatacji i likwidacji. W tym zakresie rzadko prowadzi się bardziej szczegółowe analizy kosztów. W ramach badań prowadzonych od 2015 r. wypracowano sposoby oceny kosztów na podstawie odpowiednio przygoto-

wanych tablic kosztowych. Bazując na analizach jednostkowych kosztów profilaktyki przeciwpożarowej, pozyskanych w dwóch spółkach węglowych oraz opracowanych tabel kosztowych, wykonano zestawienie kosztów tych działań. Wykorzystując opracowane wskaźniki kosztów, dokonano oceny i porównania kosztów prac profilaktycznych w 16 ścianach eksploatacyjnych.

Wnioski: Właściwie stosowana profilaktyka zagrożenia pożarowego w kopalniach węgla kamiennego jest jednym z głównych elementów utrzymania bezpieczeństwa funkcjonalnego kopalni. Koszty prowadzonych działań profilaktycznych w obszarze zagrożeń występujących w kopalniach były najczęściej zestawiane wspólnie z kosztami prowadzenia eksploatacji, usprzętowania ścian oraz mediów i roboczości załogi.

Słowa kluczowe: górnictwo węgla kamiennego, zagrożenie pożarowe, prace profilaktyczne, koszty prac profilaktycznych

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 20.03.2022; **Zrecenzowany:** 04.04.2022; **Zaakceptowany:** 04.04.2022;

Identyfikator ORCID autora: D. Musioł – 0000-0001-7703-168X;

Proszę cytować: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 182–197, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.11>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

Hard coal mining is still one of the main elements of the Polish critical infrastructure related to the production of electricity. Thermal coal supplied to conventional power plants is currently exploited by two coal companies, Polska Grupa Górnicza S.A. (PGG S.A.), which comprises of 7 mines and Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. (JSW S.A.), which manages 5 mines. The mines affiliated with PGG S.A. produce exclusively steam coal for the purposes of electricity production and fuel coal for individual consumers, while JSW S.A. produces mainly coking coal, necessary for steel production, which is sold to the EU countries. A portion of the production is also thermal coal, sold in Poland for power and heating purposes.

During the exploitation of hard coal seams in underground excavations there are several threats that limit or impede its exploitation. Generally, the hazards occurring in mines can be divided into two groups: technical hazards connected with technical aspects of conducting mining work and natural threats, which are caused by nature. According to the Polish mining regulations, these hazards include: rock bounce hazard, methane hazard, gas and rock outburst hazard, coal dust explosion hazard, climatic hazard, water hazard and radioactive substance hazard. One of the main hazards is the risk of a fire, which is present in every hard coal mine due to the combustible nature of the raw material used, which is coal.

Fires occurring in mine workings can be divided into technical fires, which are called exogenic fires due to the external nature of the applied source causing ignition, and endogenic fires, associated with the natural low-temperature oxidation of coal and the possibility of its self-ignition during the accumulation of thermal energy in the place of self-ignition.

Both exogenous and endogenous fires have occurred in coal mining in the last five years, and their number is shown in Table 1.

Wprowadzenie

Górnictwo węgla kamiennego jest nadal jednym z głównych elementów polskiej infrastruktury krytycznej, związanej z produkcją energii elektrycznej. Węgiel energetyczny dostarczany do elektrowni konwencjonalnych eksploatowany jest obecnie w dwóch spółkach węglowych – Polskiej Grupie Górniczej S.A., w której skład wchodzi 7 kopalń oraz Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A., która zarządza 5 kopalniami. Kopalnie zrzeszone w Spółce PGG S.A. produkują wyłącznie węgiel energetyczny na potrzeby produkcji energii elektrycznej oraz węgiel opałowy dla odbiorców indywidualnych, zaś spółka JSW S.A. dostarcza w głównej mierze węgiel koksowy, niezbędny do produkcji stali, którego odbiorcą są państwa UE. Część produkcji stanowi także węgiel energetyczny, sprzedany w Polsce na potrzeby energetyczne i opałowe.

W czasie eksploatacji pokładów węgla kamiennego w wyrobiskach podziemnych występuje szereg zagrożeń ograniczających lub utrudniających jego eksploatację. Ogólnie zagrożenia występujące w kopalniach można podzielić na dwie grupy: zagrożenia techniczne związane z technicznymi aspektami prowadzenia robót górniczych oraz zagrożenia naturalne, które wywołane są przez naturę. Do tych zagrożeń wg przepisów górniczych należy zaliczyć: zagrożenie: tąpniętami, metanowe, wyrzutami gazów i skał, wybuchem pyłu węglowego, klimatyczne, wodne oraz substancjami promieniotwórczymi. Jednym z głównych zagrożeń jest zagrożenie pożarowe, które występuje w każdej kopalni węgla kamiennego ze względu na palny charakter eksploatowanego surowca.

Pożary występujące w wyrobiskach górniczych można podzielić na pożary techniczne, które nazywa się pożarami egzogenicznymi ze względu na zewnętrzny charakter przyłożonego źródła powodującego zapłon oraz pożary endogeniczne, związane z naturalnym niskotemperaturowym utlenianiem się węgla i możliwością jego samozapłonu w czasie akumulacji energii cieplnej w miejscu samozagrzewania.

W ostatnich pięciu latach w kopalniach wystąpiły zarówno pożary egzogeniczne, jak i endogeniczne, a ich liczba została przedstawiona w tabeli 1.

Table 1. Number of fires in Polish coal mining sector from 2017–2021**Tabela 1.** Liczba pożarów w kopalniach węgla kamiennego w latach 2017–2021

Type of fire / Typ pożaru	Years / Lata					Total / Razem
	2017	2018	2019	2020	2021	
Exogenic / Egzogeniczny	2	5	5	7	1	20
Endogenic / Endogeniczny	8	8	11	2	2	31
Total / Razem	10	13	16	9	3	51

Source: Statistics from the State Mining Authority in Katowice [1].

Źródło: Dane statystyczne Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach [1].

Coal mines, while exploiting hard coal and coking coal seams, must apply ongoing preventive measures aimed at reducing fire hazard in coincidence with other hazards. Unfortunately, this kind of activities is often opposite to fire prevention.

The requirement to conduct constant prevention to reduce the hazards occurring during the exploitation of coal beds has an indirect impact on the price of the raw material itself.

According to §504 of the regulation on detailed requirements for running underground mining plants “underground fire shall be understood as the occurrence in the underground workings of an open fire, glowing or burning substance with an open flame, as well as the ascertainment in the mine air of fumes or a quantity of carbon monoxide in the district air current greater than 25 dm³/min. It does not report and does not register as an underground fire the persistence in mine air of fumes, carbon monoxide in amounts greater than 25 dm³/min, resulting from:

- the use of permissible technological processes, in particular blasting work, welding work, the operation of combustion-powered machinery, or
- the release of carbon monoxide due to mining operations”.

Due to the nature of exogenous fire development in hard coal mines, there are many combustible materials that can ignite and cause a fire due to improper handling.

These materials include, among others: coal, wood, electric cables, conveyor belts, lubricants, oils, plastic braziers, flammable and explosive gases, coal dust as well as paper, rags and all kinds of production waste such as containers for used chemicals.

Due to the ban on the use of open fire imposed at the end of the 1950s, the number of exogenic fires occurring is low. Currently used dispatching systems, equipped with automatic CO sensors, responsible, among other things, for continuous monitoring of the fire hazard, alert on any exceedance of the carbon monoxide PDS in mine workings [2] and notify the mine rescue services to assess the hazard and fight it. Since 2009, when continuous automatic CO-metering was introduced, all exogenous fires were detected within a short time and nipped in the bud.

Another group of underground fires are endogenous fires [3]. Three elements are necessary for developing this type of fire:

Kopalnie, prowadząc eksploatację pokładów węgla kamiennego i koksowego, muszą na bieżąco stosować profilaktykę ukierunkowaną na ograniczenie zagrożenia pożarowego w koincydencji z innymi zagrożeniami. Niestety takie działanie jest często przeciwstawne do profilaktyki ppoż.

Wymuszenie prowadzenia stałej profilaktyki ograniczającej zagrożenia występujące w czasie eksploatacji pokładów węgla wpływa pośrednio na kształtowanie się ceny surowca.

Zgodnie z §504 rozporządzenia w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych [2] „przez pożar podziemny rozumie się wystąpienie w wyrobisku podziemnym otwartego ognia, żarzącej lub palącej się płomieniem otwartym substancji, a także stwierdzenie w powietrzu kopalnianym dymów lub ilości tlenu węgla w rejonowym prądzie powietrza większej niż 25 dm³/min. Nie zgłasza się i nie rejestruje jako pożar podziemny utrzymywania się w powietrzu kopalnianym dymów, tlenu węgla w ilości większej niż 25 dm³/min, powstałych w wyniku:

- stosowania dopuszczalnych procesów technologicznych, w szczególności robót strażalowych, prac spawalniczych, pracy maszyn z napędem spalinowym, lub
- wydzielania się tlenu węgla wskutek urabiania”.

Ze względu na istotę rozwoju pożaru egzogenicznego w kopalniach węgla kamiennego występuje bardzo wiele materiałów palnych. Jednak w związku z niewłaściwym obchodzeniem się z nimi mogą ulec one zapaleniu i wywołać pożar.

Do tych materiałów możemy zaliczyć między innymi: węgiel, drewno, kable elektryczne, taśmy przenośnikowe, smary, oleje, lutnie z tworzyw sztucznych, gazy palne i wybuchowe, pył węglowy oraz papier, szmaty i wszelkiego rodzaju odpady produkcyjne np. pojemniki po zużytych środkach chemicznych.

W związku z wprowadzonym pod koniec lat 50-tych poprzedniego wieku zakazem stosowania otwartego ognia liczba występujących pożarów egzogenicznych jest niewielka. Obecnie stosowane systemy dyspozytorskie, wyposażone w automatyczne czujniki CO, odpowiedzialne między innymi za ciągły monitoring zagrożenia pożarowego, alarmują o każdym przekroczeniu NDS tlenu węgla w wyrobiskach górniczych [2] i powiadamiają służby ratownictwa górniczego kopalni w celu oceny zagrożenia i jego

- the presence of crushed coal prone to low-temperature oxidation,
- inflow of air to the place of coal accumulation,
- possibility of accumulation of heat energy released during the coal oxidation reaction [4].

In case of endogenous fire hazard, the exploited coal seams have been divided into 5 groups of the spontaneous combustion liability of coal. According to the PN-93/G-04558 standard [5–6], one differentiates between coals of very low, low, medium, high and very high liability to spontaneous combustion. Depending on the spontaneous combustibility group, mines select appropriate fire prevention measures already at the level of creating a technical design of the longwall panel.

Although endogenous fires do not pose a direct threat to the crew working in the excavations due to the fact that they develop over a long period of time, ranging from several days to even several weeks, their development may result in the necessity to temporarily close off the exploited longwall panel and apply extensive fire prevention measures in order to restore the longwall for further exploitation. Preventive works connected with firefighting can be divided into active and passive.

Active firefighting measures are taken, similar to those used for typical fires on the surface, using firefighting equipment such as fire pipes, fire extinguishers, hydrants, bulk materials, fire blankets and equipment for administering extinguishing media. An extension of fire prevention is preventive work, which is carried out only in mine workings to prevent the spread of fire. As part of this prevention measures, building materials are used which make it possible to build isolation dams in order to enclose the fire-prone area of the workings.

If all active forms of prevention make it impossible to extinguish the fire, passive preventive measures are taken. The main element of such works is surrounding the fire area with explosion-proof isolation dams in order to cut off the inflow of air with oxygen to the fire area. Subsequently, work is carried out to equalise the pressure (aerodynamic potential) around the fire area in order to reduce the migration of air through the fire area. The aim is to reduce the supply of oxygen to the fire focus and self-extinguish. Passive prevention work can take several months.

In the context of endogenous fires, which most often occur in the coal seam or in cave-ins, i.e. areas after the coal seam has been removed, active prevention is used. Because of the difficult direct access to places where endogenous fires may occur, directional drilling is used to inject water or mixtures of water and power plant waste.

For endogenous fires, the main prevention focuses on two aspects:

- constant monitoring of the fire risk through gas sampling for the so-called “early detection of endogenous fires”,
- the application of prevention methods based on restricting the flow of air with oxygen to areas where there are remnants of crushed coal.

The early detection of underground fires is based on three basic indices; the CO quantity index (V_{CO}), the CO rise index (ΔCO) and the Graham index (G) [2]. The first two indices make it possible to assess the hazard at measuring stations located at the inlet

zwalczania. Od 2009 roku, kiedy to wprowadzono stałą, automatyczną CO-metrię wszystkie pożary egzogeniczne były wykryte w krótkim okresie czasu i zlikwidowane w zarodku.

Inną grupę pożarów podziemnych stanowią pożary endogeniczne [3]. Do rozwoju tego typu pożaru niezbędne są trzy elementy:

- obecność rozdrobnionego węgla skłonnego do niskotemperaturowego utleniania,
- dopływ powietrza do miejsca nagromadzenia węgla,
- możliwość akumulacji energii cieplnej wydzielającej się w czasie reakcji utleniania węgla [4].

Biorąc pod uwagę skłonność do samozapalenia i wystąpienie pożaru endogenicznego, eksploatowane pokłady węgla zostały podzielone na pięć grup samozapalności. Zgodnie z normą PN-93/G-04558 [5–6] rozróżnia się węgle o bardzo małej, małej, średniej, dużej i bardzo dużej skłonności do samozapalenia. W zależności od grupy samozapalności kopalnie dobierają odpowiednią profilaktykę przeciwpożarową już na poziomie tworzenia projektu technicznego ściany eksploatacyjnej.

Ze względu na długotrwały okres rozwoju pożaru endogenicznego, trwający od kilku dni do nawet kilku tygodni, nie są one bezpośrednim zagrożeniem dla pracującej w wyrobiskach załogi, ale w konsekwencji ich rozwoju może dojść do konieczności czasowego otamowania rejonu ściany eksploatacyjnej i stosowania szeroko zakrojonej profilaktyki ppoż. w celu przywrócenia ściany do dalszej eksploatacji. Prace profilaktyczne związane ze zwalczaniem pożarów można podzielić na aktywne i pasywne.

W ramach aktywnego zwalczania zagrożenia pożarowego stosuje się podobną profilaktykę co przy typowych pożarach na powierzchni, wykorzystując sprzęt gaśniczy w postaci rurociągów ppoż., gaśnic, hydrantów, materiałów sypkich, koców gaśniczych oraz sprzętu do podawania mediów gaśniczych. Rozszerzeniem profilaktyki ppoż. są prace profilaktyczne, które wykonuje się tylko w wyrobiskach górniczych w celu uniemożliwienia rozprzestrzeniania się pożaru. W ramach tej profilaktyki stosuje się materiały budowlane, umożliwiające postawienie tam izolacyjnych w miejscu wystąpienia pożaru.

W przypadku gdy wszelkie aktywne formy profilaktyki uniemożliwiają ugaszenie pożaru, przystępuje się do prac profilaktycznych pasywnych. Głównym ich elementem jest otamowanie rejonu wyrobisk za pomocą tam izolacyjnych przeciwwybuchowych w celu odcięcia dopływu powietrza z tlenem do ogniska pożarowego. W dalszej kolejności prowadzi się prace związane z wyrównaniem ciśnień (potencjału aerodynamicznego) wokół pola pożarowego w celu ograniczenia migracji powietrza przez rejon, w którym wystąpił pożar. Ma to na celu ograniczenie dopływu tlenu do ogniska pożaru i samougaszenie. Prace profilaktyczne pasywne mogą trwać nawet kilka miesięcy.

W ramach pożarów endogenicznych, które najczęściej występują w caliznie węglowej lub zrobach zawałowych (czyli miejscach po wybraniu pokładu węgla) stosuje się profilaktykę aktywną. Bezpośredni dostęp do miejsc, w których może dojść do powstania pożaru endogenicznego jest utrudniony, dlatego stosuje się wiercenia kierunkowe w celu podawania wody lub mieszanin wody z odpadami pochodzącymi z elektrowni.

and outlet to/from the excavations in the longwall region, while the Graham index makes it possible to assess the fire hazard in the caving left after the exploited hard coal seam (see Figure 1).

W przypadku pożarów endogenicznych główna profilaktyka skupia się na dwóch aspektach:

- stałym monitorowaniu zagrożenia pożarowego poprzez pobieranie prób gazowych do tzw. wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych,
- stosowania metod profilaktyki opartych na ograniczeniu dopływu powietrza z tlenem do miejsc, w których występują resztki rozkruszonego węgla.

Wczesne wykrywanie pożarów podziemnych oparte jest na trzech podstawowych wskaźnikach: ilości CO (V_{CO}), przyrostu CO (ΔCO) oraz Grahama (G) [2]. Dwa pierwsze wskaźniki umożliwiają ocenę zagrożenia na stacjach pomiarowych zlokalizowanych na wlocie i wylocie do/z wyrobisk rejonu ściany, zaś za pomocą wskaźnika Grahama ocenia się zagrożenie pożarowe w zrobach zawałowych pozostałych po wyeksploatowanym pokładzie węgla kamiennego (zob. ryc. 1).

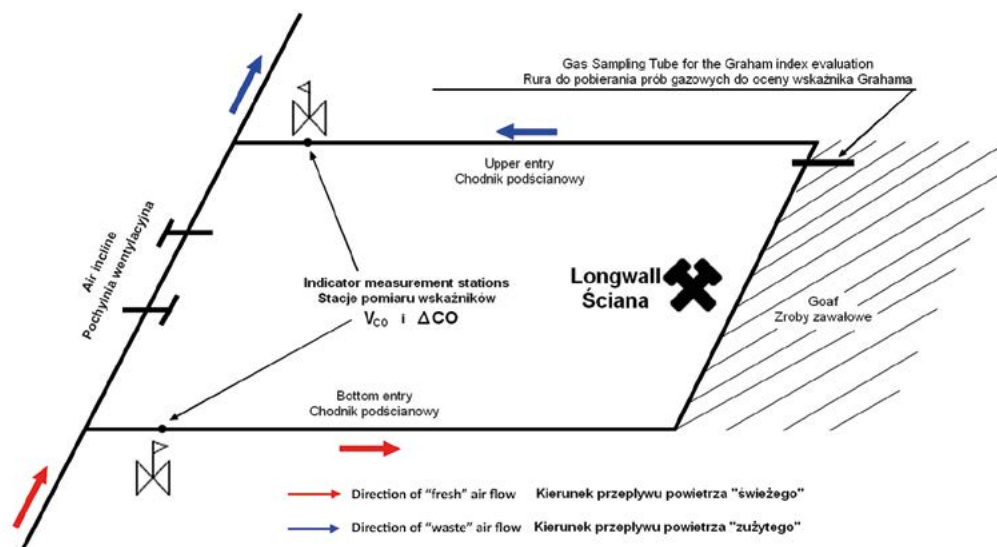


Figure 1. Diagram of the arrangement of measuring stations for the measurements of fire hazard in the area of the longwall
Rycina 1. Schemat rozmieszczenia stacji pomiarowych do pomiarów zagrożenia pożarowego w rejonie ściany eksploatacyjnej

Source: Own elaboration based on [7].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

One of the main ways of limiting the start and development of endogenous fires is the use of inert gases (nitrogen, carbon dioxide), with nitrogen being the most commonly used because of the lower risk of an anaerobic atmosphere developing in mine workings in the event of it leaking into the workings. Inert gases are fed to the goafs of longwalls using means of pipelines built into the mine workings. The place where the gas is fed into the pipeline is located on the surface. Gas is obtained by using two methods: the gasification method using liquid nitrogen or carbon dioxide, or the method for extracting nitrogen from atmospheric air [8]. The gas yield using both methods is approximately 700 Nm³/h.

Prevention works related to the fire hazard are currently applied practically in all active faces longwalls to limit the development of spontaneous coal combustion.

Jednym z głównych sposobów ograniczenia powstania i rozwoju pożarów endogenicznych jest stosowanie gazów obojętnych (azot, ditlenek węgla), przy czym najczęściej wykorzystuje się azot ze względu na mniejsze ryzyko powstania atmosfery bez-tlenowej w wyrobiskach górniczych w przypadku jego wycieku do wyrobisk. Gazy obojętne podawane są do zrobów zawałowych ścian z wykorzystaniem rurociągów zabudowanych w wyrobiskach górniczych. Miejsce podawania gazu do rurociągu zlokalizowane jest na powierzchni. Gaz otrzymuje się na dwa sposoby: wykorzystując metodę zgazowania ciekłego azotu lub ditlenku węgla lub metodę pozyskiwania azotu z powietrza atmosferycznego [8]. Wydajność gazu z wykorzystaniem obu metod to ok. 700 Nm³/godz.

Prace profilaktyczne związane z zagrożeniem pożarowym stosowane są obecnie praktycznie we wszystkich czynnych

Due to the necessity to continuously carry out prevention works related to the fire hazard in mine workings, mines incur considerable costs of their application all the time.

Preventive works and their costs for a sample on the example of a longwall panel

Longwall face 1 was operated in the longwall system with a roof collapse. The length of the face was 243 m, and its operational height was 1.5–2.0 m. The longwall length was 834 m. The ventilation was carried out in the inverted “Y” mode from the boundaries (see Figure 2), and air was supplied to the wall through heading 1 and freshened up through heading 2.

The longwall had an average output of 706 Mg/day. The exploitation period on the longwall was 523 days, and the total output was 369,320 Mg.

The longwall faced all hazards related to ventilation, such as: methane hazard category IV, fire hazard – coal self-ignition group I, critical climate hazard level I and coal dust explosion hazard class B. There were no other natural hazards. The main parameters of the longwall are summarised in Table 2.

As part of fire hazard prevention, mainly inert gases (N_2 and CO_2) were used, which were continuously fed into the goafs in order to create an anaerobic atmosphere. To limit air migration into the caving goafs, chemical foams and antipyrrogenic materials were used along the entire length of the longwall, behind the mechanised lining sections, in order to prolong the fire incubation time. Mineral materials in the form of mineral-cement binders were also used to seal isolation dams and isolation plugs rebuilt with the progress of the longwall on the line of the longwall caving and on the gallery headings.

ścianach eksploatacyjnych w celu ograniczenia rozwoju pożarów endogenicznych.

Ze względu na konieczność ciągłego prowadzenia prac profilaktycznych związanych z zagrożeniem pożarowym w wyrobiskach górniczych, kopalnie ponoszą ciągle znaczne koszty ich stosowania.

Prace profilaktyczne i ich koszty dla przykładowej ściany eksploatacyjnej

Ściana 1 prowadzona była w systemie podłużnym z zawładem stropu. Długość ściany wynosiła 243 m, a jej wysokość eksploatacyjna wynosiła 1,5–2,0 m. Wybieg ściany wynosił 834 m. Przewietrzanie prowadzone było sposobem na odwrócone „Y” od granic (zob. ryc. 2), zaś powietrze doprowadzane było do ściany chodnikiem 1 oraz uzupełniane chodnikiem 2.

Ściana charakteryzowała się średnim wydobywaniem węgla wynoszącym 706 Mg/dobę. Okres eksploatacji ściany zamknął się w 523 dniach, a całkowite uzyskane wydobywanie wyniosło 369 320 Mg.

W ścianie występowały wszystkie zagrożenia związane z wentylacją, takie jak: IV kategoria zagrożenia metanowego, zagrożenie pożarowe – I grupa samozapalności węgla, I poziom krytyczny zagrożenia klimatycznego oraz klasa B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Nie odnotowano innych zagrożeń naturalnych. Główne parametry ściany zaprezentowano w tabeli 2.

W ramach profilaktyki zagrożenia pożarowego stosowano przede wszystkim gazy obojętne (inertne), zarówno N_2 , jak i CO_2 , które były na bieżąco podawane do zrobów zawałowych w celu stworzenia atmosfery beztlenowej. Dla ograniczenia migracji powietrza do zrobów zawałowych, na całej długości ściany, za sekcjami obudowy zmechanizowanej stosowano piany chemiczne oraz materiały antypyrrogeniczne w celu wydłużenia czasu inkubacji pożaru. Zastosowanie miały także materiały mineralne w postaci spoiw mineralno-cementowych do uszczelniania tam izolacyjnych i korków izolacyjnych przebudowywanych wraz z postępem ściany na linii zawału ściany i chodników przyścianowych.

Table 2. Characteristics of longwall 1 at the coalmine “B”
Tabela 2. Charakterystyka ściany 1 w kopalni „B”

Length of longwall face / Długość ściany	243 m
Face height / Wysokość eksploatacyjna ściany	1.5–2.0 m
Longitudinal inclination of the longwall / Nachylenie podłużne ściany	2°–6°
Transverse inclination of the longwall face / Nachylenie poprzeczne ściany	-6°–5°
Panel length / Wybieg ściany	834 m

Mean output / Wydobycie średnie	706 Mg/day / 706 Mg/dobę
Exploitation system / System eksploatacji	Longitudinal retreat longwall mining with caving / Podłużny od granic
Ventilation system / Sposób przewietrzania	„Y”
Methane hazard / Zagrożenie metanowe	Methane hazard class IV / IV kategoria zagrożenia metanowego
Absolute methane emission / Metanowość kryterialna	29.54 m ³ CH ₄ /min
Fire hazard / Zagrożenie pożarowe	Spontaneous combustion group I / I grupa samozapalności
Spontaneous fire incubation time / Okres inkubacji pożaru	82 days / 82 dni
Coal dust explosion hazard / Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego	Class B / Klasa B
Climatic hazard / Zagrożenie klimatyczne	Critical level I / Poziom krytyczny I
Virgin rock temperature / Temperatura pierwotna górotworu	32°C
Rock burst hazard / Zagrożenie tąpnięciami	No rock burst propensity / Brak zagrożenia tąpnięciami
Water hazard / Zagrożenie wodne	No water hazard / Brak zagrożenia wodnego
Longwall exploitation period / Okres eksploatacji ściany	523 days / 523 dni
Total output from the longwall / Całkowite wydobycie ze ściany	369,320 Mg

Source: Own elaboration based on [9].
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9].

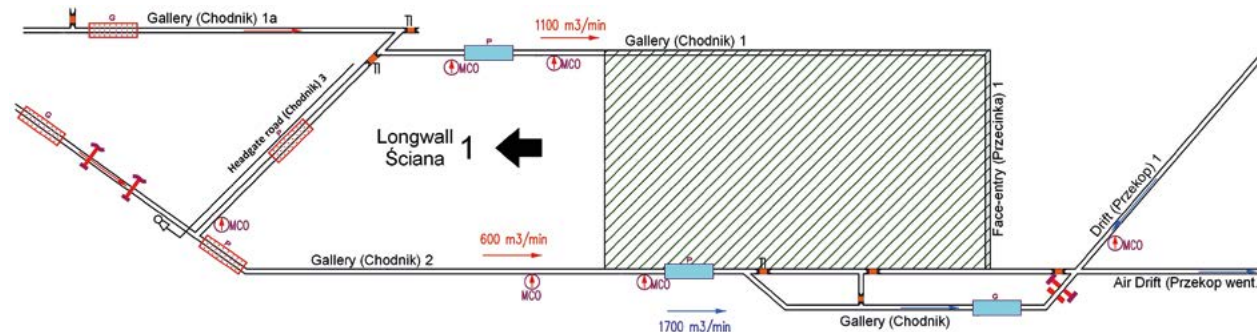


Figure 2. Layout of the longwall face 1
Rycina 2. Schemat przestrzenny ściany 1
Source: Technical design of the longwall 1 of the “B” coal mine.
Źródło: Projekt techniczny ściany 1 kopalni „B”.

The range of fire risk prevention works used in longwall 1, together with their unit costs, is summarised in Table 3.

Zakres prac profilaktycznych związanych z zagrożeniem pożarowym stosowanych w ścianie 1 wraz z ich kosztami jednostkowymi prezentuje tabela 3.

Table 3. List of costs of fire prevention practices for longwall 1
Tabela 3. Zestawienie kosztów profilaktyki przeciwpożarowej dla ściany 1

No. / Lp.	Name of the cost / Nazwa kosztu	No./Amount / Ilość/Liczba	Unit cost [PLN] / Koszt jednostkowy [PLN]	Total cost [PLN] / Koszt całkowity [PLN]
1.	Use of chemical materials: / Wykorzystanie materiałów chemicznych:			
	– light foams / – piany lekkie,	5,000 dm ³	60 PLN/dm ³	300,000.00 PLN
	– hard foams / – piany ciężkie,	2,775 dm ³	70 PLN/dm ³	194,250.00 PLN
	– antipyrogenic agents / – środki antypropiogennicne	1,000 dm ³	60 PLN/dm ³	60,000.00 PLN
2.	Additional works for the application of chemical materials (boreholes, injection) / Prace pomocnicze przy podawaniu materiałów chemicznych (wiercenie otworów, zatłaczanie)		Not applicable / Nie dotyczy	
3.	Use of mineral materials: / Wykorzystanie materiałów mineralnych:			
	– mineral-cement bonds / – spoiwa mineralno-cementowe	220 Mg	740 PLN/Mg	162,500.00 PLN
4.	Additional works on the application of mineral materials (boreholes, injection) / Prace pomocnicze przy podawaniu materiałów mineralnych (wiercenie otworów, zatłaczanie)		Not applicable / Nie dotyczy	
5.	Cuboid concrete blocks / Betonity prostopadłościennie	3,000 pcs. / szt.	3.25 PLN/pcs. / PLN/szt.	9,750.00 PLN
6.	Performance of packwalls (1 running meter) / Wykonawstwo pasów podsadzkowych (1 mb)		Not used / Nie stosowano	
7.	Other construction materials / Inne materiały budowlane		Not used / Nie stosowano	
8.	Laboratory tests of gas samples for early detection of spontaneous fires conducted by the mining facility / Badania laboratoryjne prób gazowych do wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych wykonywane przez kopalnię	580 pcs. / szt.	25 PLN/pcs. / PLN/szt.	14,500.00 PLN
9.	Laboratory tests of gas samples for early detection of spontaneous fires conducted in order / Badania laboratoryjne prób gazowych do wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych wykonywane na zlecenie	450 pcs. / szt.	170 PLN/pcs. / PLN/szt.	76,500.00 PLN
10.	Additional measurements (thermographic camera, pyrometer) / Pomiary pomocnicze (kamera termowizyjna, pirometr)	Yes / Tak	Camera / Kamera 200 h Pyrometer / Pirometr 150 h	
11.	Use of inert gases – N ₂ or CO ₂ / Zużycie gazów inertnych – N ₂ lub CO ₂	CO ₂	1.78 PLN/ m ³	444,710.75 PLN
		N ₂	0.77 PLN/ m ³	628,388.07 PLN
12.	Inertization works / Obsługa prac inertyzacyjnych	–	–	
13.	Lease or cost of use of inertization devices / Dzierżawa lub koszt użytkowania urządzeń inertyzacyjnych	420 days / dni	2,550 PLN/day / PLN/doba	1,071,000.00 PLN
14.	Man-days related to preventing the fire hazard / Roboczdniówki związane ze zwalczaniem zagrożenia pożarowego	460 man-days / dniówek	358.00 PLN	164,680.00 PLN
15.	Man-days of the mine rescue workers working at the preventive works / Roboczdniówki ratowników górniczych przy pracach profilaktycznych	2,120 man-days / dniówek	489.00 PLN	1,036,680.00 PLN
16.	Use of water and other utilities / Zużycie wody i innych mediów	4,200 m ³ water / wody	–	
17.	Total cost of the preventive works / Całkowity koszt działań profilaktycznych			4,162,958.82 PLN

Source: Own elaboration based on [9–10].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9–10].

As it results from the statement (see Table 3), the costs of fire hazard prevention for one longwall are not low. The biggest cost is represented by the use of inert gases and man-days connected with the prevention works, especially for the mine rescuers who conduct fire prevention works in hard coal mines.

In the further part of the article, an analysis of the costs of prophylactic works for fire hazard for selected longwalls of two coalmining companies will be presented on the basis of the developed cost indices.

Prevention costs and cost indicators for longwalls

The following cost indicators [11–14] have been developed to assess the cost of fire prevention:

- percentage share of the cost of prevention in relation to the obtained revenue U_p , %,
- cost of prevention per 1 Mg of mined coal K_{PMg} , PLN/Mg,
- cost of prevention calculated per 1 m of wall progress K_{Pmb} , PLN/m,
- cost of prevention calculated per 1 day of wall progression K_{Pgd} , PLN/day.

The percentage share of the prevention measure costs U_p was calculated using the formula:

$$U_p = \frac{K_p}{P_c} \cdot 100\% \quad [\%] \quad (1)$$

where:

K_p – prevention cost, PLN,

P_c – total revenue from coal sold, PLN.

The cost of prevention per 1 Mg of mined coal K_{PMg} was calculated based on the formula:

$$K_{PMg} = \frac{K_p}{W_c} \quad [\text{PLN/Mg}] \quad (2)$$

where:

K_p – prevention cost, PLN,

W_c – total output from the longwall face, Mg.

The cost of prevention calculated per 1 m of longwall face progress K_{Pmb} was calculated according to the formula:

$$K_{Pmb} = \frac{K_p}{W_{sc}} \quad [\text{PLN/m}] \quad (3)$$

where:

K_p – prevention cost, PLN,

W_{sc} – total run of the longwall face, m.

Jak wynika z zestawienia (zob. tab. 3) koszty profilaktyki zagrożenia pożarowego dla jednej tylko ściany eksploatacyjnej nie są niskie. Największy koszt stanowi stosowanie gazów obojętnych oraz roboczodniówki związane z pracami profilaktycznymi, w szczególności ratowników górniczych, którzy prowadzą w kopalniach węgla kamiennego prace w ramach profilaktyki przeciwpożarowej.

W dalszej części artykułu zostanie przedstawiona analiza kosztów prac profilaktycznych zagrożenia pożarowego dla wybranych ścian eksploatacyjnych dwóch spółek węglowych, na podstawie opracowanych wskaźników kosztów.

Koszty profilaktyki i wskaźniki kosztów dla ścian eksploatacyjnych

W celu oceny kosztów profilaktyki zagrożenia pożarowego zostały opracowane następujące wskaźniki kosztów [11–14]:

- udział procentowy kosztów profilaktyki w stosunku do uzyskanego przychodu U_p , %,
- koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 Mg wydobytego węgla K_{PMg} , zł/Mg,
- koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 mb postępu ściany K_{Pmb} , zł/m,
- koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 dobę biegu ściany K_{Pgd} , zł/dobę.

Udział procentowy kosztów profilaktyki U_p obliczony został na podstawie wzoru:

$$U_p = \frac{K_p}{P_c} \cdot 100\% \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie:

K_p – koszt profilaktyki, zł,

P_c – przychód całkowity ze sprzedanego węgla, zł.

Koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 Mg wydobytego węgla K_{PMg} obliczony został na podstawie wzoru:

$$K_{PMg} = \frac{K_p}{W_c} \quad [\text{zł/Mg}] \quad (2)$$

gdzie:

K_p – koszt profilaktyki, zł,

W_c – całkowite wydobycie ze ściany, Mg.

Koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 mb postępu ściany K_{Pmb} obliczony został na podstawie wzoru:

$$K_{Pmb} = \frac{K_p}{W_{sc}} \quad [\text{zł/m}] \quad (3)$$

gdzie:

K_p – koszt profilaktyki, zł,

W_{sc} – wybieg całkowity ściany, m.

The cost of prevention calculated per 1 day of the longwall face run K_{Pd} was calculated using the formula:

$$K_{Pd} = \frac{K_p}{l_d} \text{ [PLN/day]} \quad (4)$$

where:

K_p – prevention cost, PLN,

l_d – number of working days of the longwall run, day.

Calculated cost indices for exemplary longwalls of two coal mining companies are presented in Table 3.

The analysis of the costs of preventive works was carried out for the data in the year 2020. To compare the costs of the preventive works under the fire hazard, the average annual price of one tonne of thermal coal was determined according to the price of coal in ARA ports (Amsterdam-Rotterdam-Antwerp). In 2020, this price amounted to 56.05 USD [15], which, when converted to PLN according to the average annual USD exchange rate in the National Bank of Poland [16], gives 218.47 PLN. It is worth noting that the average annual retail price of 1,000 kg of coal in Poland in 2020 was PLN 887.95 [17].

The analysis of the costs of the preventive works was conducted for 16 longwalls operated in the mines of two coal mining companies.

The costs of the preventive works, with cost indices are summarised in Table 4.

Koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 dobę biegu ściany K_{Pd} obliczony został na podstawie wzoru:

$$K_{Pd} = \frac{K_p}{l_d} \text{ [zł/dobę]} \quad (4)$$

gdzie:

K_p – koszt profilaktyki, zł,

l_d – liczba dni roboczych biegu ściany, doba.

Obliczone wskaźniki kosztów dla przykładowych ścian eksploatacyjnych dwóch spółek węglowych zestawiono w tabeli 3.

Analiza kosztów prac profilaktycznych została wykonana dla danych z 2020 roku. W celu porównania kosztów prac profilaktycznych w przypadku zagrożenia pożarowego wyznaczono średnioroczną cenę tony węgla energetycznego wg kursu ceny węgla w portach ARA (Amsterdam-Rotterdam-Antwerpia). W 2020 r. cena ta wyniosła 56,05 dolara amerykańskiego [15], co w przeliczeniu na złotówki wg średniorocznego kursu dolara amerykańskiego w NBP [16] daje 218,47 zł. Warto zaznaczyć, że przeciętna średnioroczna cena detaliczna 1000 kg węgla w Polsce w 2020 roku wyniosła 887,95 zł [17].

Analiza kosztów prac profilaktycznych została przeprowadzona dla 16 ścian eksploatacyjnych prowadzonych w kopalniach dwóch spółek węglowych.

Koszty prac profilaktycznych wraz z wskaźnikami kosztów zostały zestawione w tabeli 4.

Table 4. Costs and ratios of fire prevention costs for selected longwalls of two coal mining companies

Tabela 4. Koszty i wskaźniki kosztów profilaktyki przeciwpożarowej dla wybranych ścian eksploatacyjnych dwóch spółek węglowych

Longwall faces / Ściany	Total coal output / Wydobycie całkowite W_c Mg	Total revenue / Przychód całkowity P_c PLN	Cost of the fire prevention / Koszt profilaktyki ppoż. K_{pp} PLN	Cost percentage constituted by fire prevention / Udział kosztu profilaktyki ppoż. U_{pp} %	Cost of the fire prevention per 1 Mg of the output / Koszt profilaktyki ppoż. na 1 Mg wydobywania K_{pMgPo} PLN/Mg	Cost of the fire prevention per 1 meter of advancement / Koszt profilaktyki ppoż. na 1 m postępu ściany K_{pmbPo} PLN/m	Cost of fire prevention per 1 day of advancement / Koszt profilaktyki ppoż. na 1 dobę biegu ściany K_{pdp} PLN/dobę / PLN/day
Longwall face / Ściana 1A	1,303,819	284,845,336.93	1,840,149.90	0.65	1.41	1,368.14	1,860.62
Longwall face / Ściana 2A	558,018	121,910,192.46	7,475,712.70	6.13	13.40	9,772.17	27,585.65
Longwall face / Ściana 3A	389,392	85,070,470.24	2,399,711.70	2.82	6.16	2,112.42	21,236.38
Longwall face / Ściana 4A	561,807	122,737,975.29	3,694,356.77	3.01	6.58	5,166.93	19,141.74
Longwall face / Ściana 5A	1,237,743	270,409,713.21	11,749,548.56	4.35	9.49	8,969.12	24,788.08
Longwall face / Ściana 6A	346,417	75,681,721.99	1,573,923.75	2.08	4.54	3,703.35	3,944.67
Longwall face / Ściana 7A	487,795	106,568,573.65	4,858,262.01	4.56	9.96	10,017.03	5,722.33
Longwall face / Ściana 8A	106,802	23,333,032.94	750,765.04	3.22	7.03	3,575.07	5,865.35

Longwall faces / Ściany	Total coal output / Wydobycie całkowite W_c Mg	Total revenue / Przychód całkowity P_c PLN	Cost of the fire prevention / Koszt profilaktyki ppoż. K_{pp} PLN	Cost percentage constituted by fire prevention / Udział kosztu profilaktyki ppoż. U_{ppo} %	Cost of the fire prevention per 1 Mg of the output / Koszt profilaktyki ppoż. na 1 Mg wydobywania K_{PMgPo} PLN/Mg	Cost of the fire prevention per 1 meter of advancement / Koszt profilaktyki ppoż. na 1 m postępu ściany K_{PmbPo} PLN/m	Cost of fire prevention per 1 day of advancement / Koszt profilaktyki ppoż. na 1 dobę biegu ściany K_{PdPo} PLN/dobę / PLN/day
Longwall face / Ściana 1B	369,320	80,685,340.40	4,162,958.82	5.16	11.27	4,991.56	7,959.77
Longwall face / Ściana 2B	534,585	116,790,784.95	3,909,027.83	3.35	7.31	5,706.61	11,954.21
Longwall face / Ściana 3B	522,280	114,102,511.60	3,153,754.20	2.76	6.04	3,391.13	11,065.80
Coal mining company B / Spółka węglowa B							
Longwall face / Ściana 4B	175,964	38,442,855.08	806,395.04	2.1	4.58	2,643.92	5,305.23
Longwall face / Ściana 5B	713,995	155,986,487.65	4,709,123.50	3.02	6.60	6,765.98	16,072.09
Longwall face / Ściana 6B	441,811	96,522,449.17	1,861,078.20	1.93	4.21	1,988.33	10,947.52
Longwall face / Ściana 7B	252,711	55,209,772.17	497,764.32	0.9	1.97	949.93	11,73.97
Longwall face / Ściana 8B	604,617	132,090,675.99	2,722,371.18	2.06	4.50	3,974.26	16,399.83

Source: Own elaboration based on [9–10].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9–10].

The analysis of the costs of the prevention works under the fire hazard covered 16 exemplary longwall faces operated in the mines of two mining companies. Previous research contradicts the thesis that the costs of preventive works should increase in case of a higher fire hazard group. This is because of the fact that in the mines where the safety culture is higher, the costs of prevention are also higher, but there are less frequent situations where the danger increases and there is a need to introduce additional active prevention. Nor do prevention costs depend on the total income from the longwall. This is clearly visible in Figure 3 in the case of the first two longwall faces, where for longwall face 1A the total income is the highest among all analysed longwalls, while the cost of fire prevention is low.

In longwall face 2A the cost of prevention in relation to the total income is already noticeable.

Analizę kosztów prac profilaktycznych w ramach zagrożenia pożarowego objęto w sumie 16 przykładowych ścian eksploatacyjnych w kopalniach dwóch spółek węglowych. Wcześniej prowadzone badania zaprzeczają tezie, że w przypadku wyższej grupy zagrożenia pożarowego powinny wzrosnąć koszty prowadzonych prac profilaktycznych. Wynika to z faktu, że w kopalniach, gdzie kultura bezpieczeństwa jest wyższa, takie koszty także są wyższe, za to rzadziej występują sytuacje wzrostu zagrożenia i konieczności wprowadzenia dodatkowych środków aktywnych działań profilaktycznych. Koszty profilaktyki nie zależą także od przychodu całkowitego uzyskanego ze ściany eksploatacyjnej. Widać to wyraźnie na przykładzie pierwszych dwóch ścian przedstawionych na rycinie 3, gdzie dla ściany 1A przychód całkowity jest największy spośród wszystkich analizowanych ścian, zaś koszty profilaktyki przeciwpożarowej są niewielkie.

W ścianie 2A koszt profilaktyki w stosunku do całkowitego przychodu jest już zauważalny.

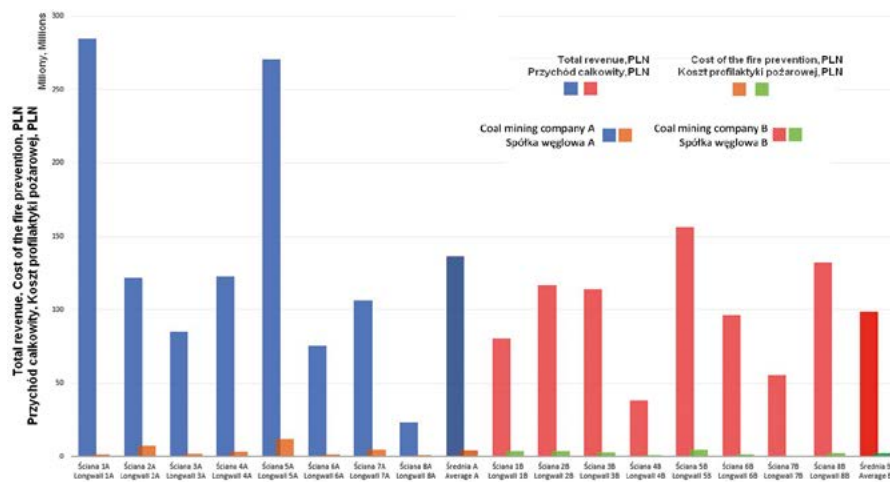


Figure 3. Costs of fire prevention in relation to total revenue of the analysed longwall faces

Rycina 3. Koszty profilaktyki przeciwpożarowej w stosunku do przychodu całkowitego w analizowanych ścianach eksploatacyjnych

Source: Own elaboration based on Table 4.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabeli 4.

The share of the fire prevention costs according to formula (1) is the quotient of the prevention cost KP to the total revenue from coal sold PC. As indicated in the example of the longwall face No 1 of the “B” mine, the highest cost of prevention results from the works related to inertization of caving goafs of the longwall and the costs of working days of the mine rescuers, who take part in the prevention works. According to Figure 4, the share of fire prevention costs varies greatly and ranges from 0.65% to 6.13% for company A and from 0.9% to 5.16% for company B. The average value of the share of fire prevention costs in company A was 3.35%. In case of company B, the value is slightly lower, as it amounted to 2.66%.

Udział kosztów profilaktyki przeciwpożarowej zgodnie ze wzorem (1) to iloraz kosztu profilaktyki KP do przychodu całkowitego ze sprzedanego węgla PC. Jak wskazano w przykładzie dla ściany 1 kopalni „B” najwyższy koszt profilaktyki wynika z prowadzenia prac związanych z inertyzacją zrobów zawałowych ścian eksploatacyjnych oraz kosztów roboczo-dniów ratowników górniczych, którzy biorą udział w pracach profilaktycznych. Zgodnie z ryciną 4 udział kosztów profilaktyki przeciwpożarowej jest bardzo zróżnicowany i zawiera się w przedziale od 0,65% do 6,13% w przypadku spółki A oraz od 0,9% do 5,16% dla spółki B. Średnia wartość udziału kosztów profilaktyk pożarowych w spółce A wyniosła 3,35%. W przypadku spółki B wartość ta jest nieco niższa, wyniosła bowiem 2,66%.

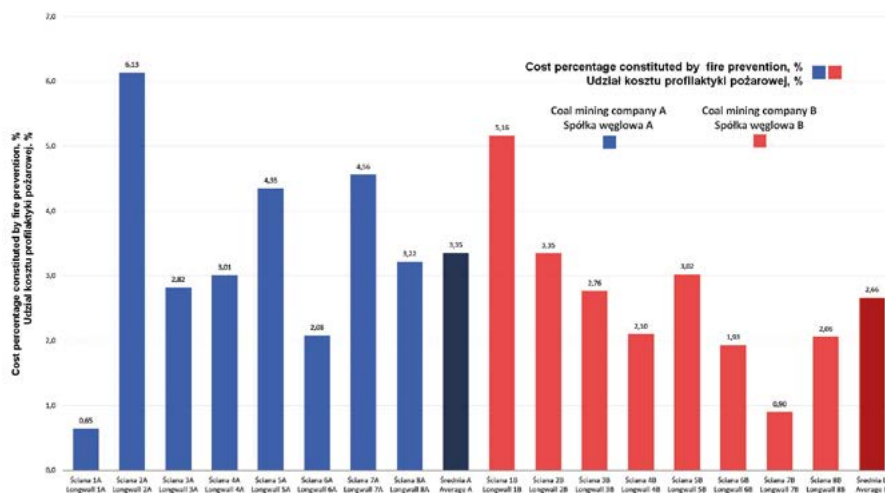


Figure 4. Cost percentage constituted by fire prevention in the analysed longwall faces

Rycina 4. Udziały kosztów profilaktyki przeciwpożarowej w analizowanych ścianach eksploatacyjnych

Source: Own elaboration based on Table 4.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabeli 4.

The main index characterises the prevention costs is the fire prevention cost per 1 tonne of coal. The values of this index are presented in Figure 5. The values of the index are also highly diversified. The lowest cost among the analysed longwalls occurred in longwall face 1A and amounted to 1.41 PLN/Mg of coal, while the highest cost occurred in longwall face 2A and amounted to 13.4 PLN/Mg. According to the calculations, this is as much as a 5.48% difference in the cost of prophylaxis in relation to the price of 1 tonne of coal. In case of the analysed longwalls of mining company B, the difference in costs is not so great, as it is in the range of 1.97–11.27 PLN/Mg. The average values of the index are respectively 7.32 PLN/Mg for company A and 5.81 PLN/Mg for company B, which represents 3.35% of the average coal price for company A and 2.65% of the average coal price for company B.

Głównym wskaźnikiem charakteryzującym koszty profilaktyki jest koszt profilaktyki przeciwpożarowej w przeliczeniu na cenę 1 tony węgla. Wartości omawianego wskaźnika przedstawiono na rycinie 5. Są one także mocno zróżnicowane. Najniższy koszt spośród analizowanych ścian wystąpił w ścianie 1A i wyniósł 1,41 zł/Mg węgla, zaś najwyższy wystąpił w ścianie 2A i wyniósł 13,4 zł/Mg. Jak wynika z obliczeń jest to aż 5,48% różnicy kosztu profilaktyki w stosunku do ceny 1 tony węgla. W przypadku analizowanych ścian eksploatacyjnych spółki B różnica w koszcie nie jest aż tak duża, zawiera się bowiem w przedziale 1,97–11,27 zł/Mg. Średnie wartości wskaźnika wynoszą odpowiednio 7,32 zł/Mg dla spółki A i 5,81 zł/Mg dla spółki B, co stanowi 3,35% średniej ceny węgla dla spółki A i 2,65% średniej ceny węgla dla spółki B.

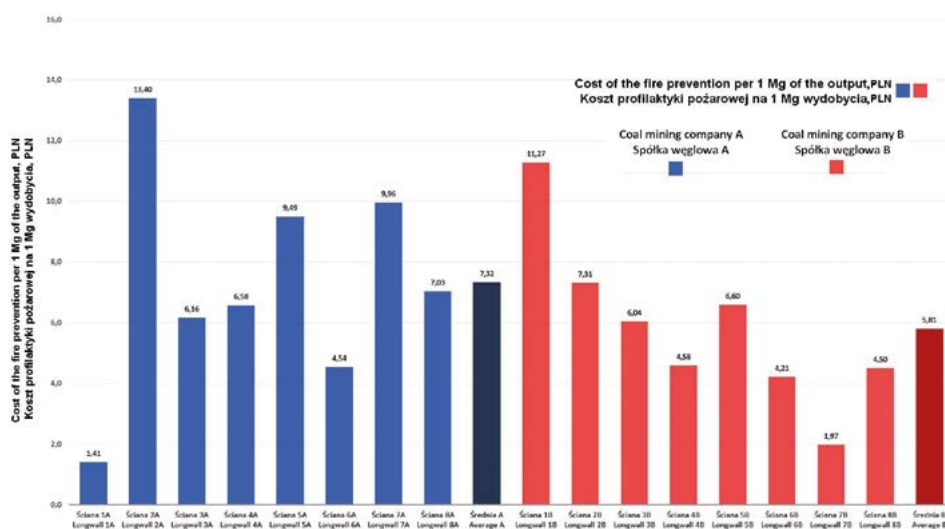


Figure 5. Cost of the fire prevention per 1 Mg of the output in the analysed longwall faces

Rycina 5. Koszty profilaktyki przeciwpożarowej w przeliczeniu na 1 Mg wydobywania w analizowanych ścianach eksploatacyjnych

Source: Own elaboration based on Table 4.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabeli 4.

Quite interesting results were obtained for the last two indices; fire prevention cost per 1m of the longwall progress (see Figure 6) and fire prevention cost per 1 day of the longwall run (see Figure 7).

The analysed indices show more tangibly how high the costs are incurred by the mines in relation to the fire prevention. In case of company A, among the analysed longwalls there are 3 for which the cost of fire prevention in terms of 1mb of the longwall progress is very high and amounts respectively to 9,772.17 PLN/m for longwall 2A, 8,969.12 PLN/m for wall 5A and 10,017.04 PLN/m for wall 7A. These are huge preventive costs considering that the average run of the longwall faces is around 1,000 m. There are also longwall faces with a relatively low value of the index, which was, for example 1,368.14 PLN/m for longwall face 1A and 949.93 PLN/m for longwall face 7B. The average value of the index for both companies was 5,585.53 PLN/m and 3,801.47 PLN/m respectively.

The last analysed index is the prophylaxis cost per 1 day of the longwall face's operation (see Figure 7), which shows how

Dość ciekawe wyniki uzyskano dla dwóch ostatnich wskaźników – kosztu profilaktyki przeciwpożarowej w przeliczeniu na 1m postępu ściany (zob. ryc. 6) oraz kosztu profilaktyki przeciwpożarowej w przeliczeniu na 1 dobę biegu ściany (zob. ryc. 7).

Analizowane wskaźniki pokazują bardziej dokładnie jak wysokie koszty ponoszą kopalnie w związku z stosowaną profilaktyką przeciwpożarową. W przypadku spółki A występują 3 ściany eksploatacyjne spośród analizowanych, dla których koszt profilaktyki przeciwpożarowej w przeliczeniu na 1 m postępu ściany jest bardzo wysoki i wynosi odpowiednio: 9772,17 zł/m dla ściany 2A, 8969,12 zł/m dla ściany 5A i 10 017,04 zł/m dla ściany 7A. Są to olbrzymie koszty zważywszy, że średni wybieg ścian wynosi ok. 1000 m. Są także ściany o stosunkowo niskiej wartości wskaźnika, który wyniósł przykładowo 1368,14 zł/m dla ściany 1A oraz 949,93 zł/m dla ściany 7B. Średnia wartość wskaźnika dla obu spółek wyniosła odpowiednio 5585,53 zł/m i 3801,47 zł/m.

Ostatnim analizowanym wskaźnikiem jest koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 dobę biegu ściany (zob. ryc. 7), który

much the applied fire prophylaxis costs per day. This cost results directly from the time the longwall was in operation. The shorter the time, the higher the cost of prevention. The most expensive was the fire prevention of longwall face 2A, where the cost of daily prevention amounted to PLN 27,585.66 PLN/day. This was due to a very short exploitation period of the wall, amounting to only 271 days. In case of longwall face 7B, where the cost of daily prevention was only PLN 1,173.97 PLN/day, the exploitation period was very long and amounted to 424 days. The average values for both companies were 13,768.10 PLN/day for company A and 10,109.80 PLN/day for company B respectively.

przedstawia, ile kosztuje stosowana profilaktyka pożarowa w ciągu 1 doby. Koszt ten wynika bezpośrednio z czasu, w jakim ściana była eksploatowana. Im czas ten jest krótszy, tym koszt profilaktyki wyższy. Największe koszty związane były z profilaktyką przeciwpożarową dla ściany 2A, gdzie koszt prac w tym zakresie wyniósł 27 585,66 zł/dobę. Związane to było z bardzo krótkim okresem eksploatacji ściany, wynoszącym jedynie 271 dni. W przypadku zaś ściany 7B, dla której koszt profilaktyki dziennej wyniósł jedynie 1173,97 zł/dobę czas jej eksploatacji był bardzo długi, wyniósł bowiem aż 424 dni. Średnie wartości wskaźnika dla obu spółek wyniosły odpowiednio 13 768,10 zł/dobę dla spółki A i 10 109,80 zł/dobę w przypadku spółki B.

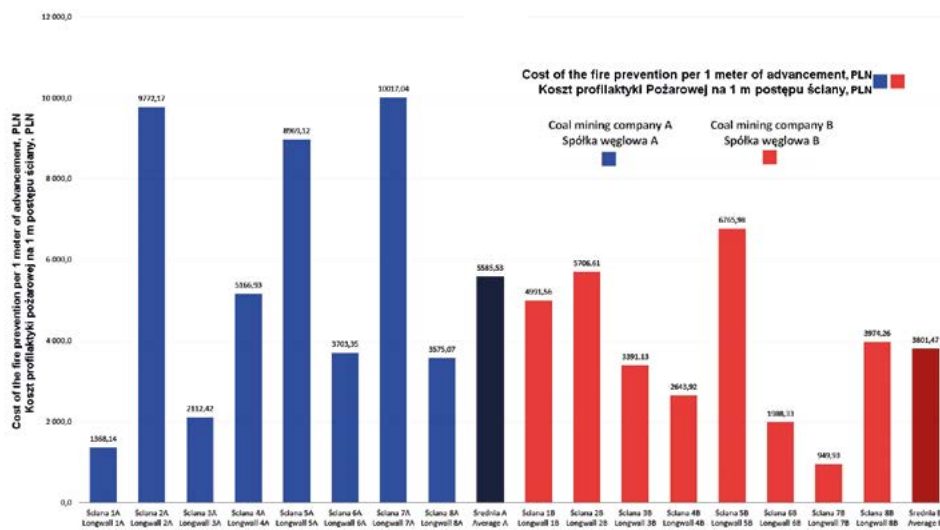


Figure 6. Fire prevention costs per 1 meter of advancement in the analysed longwall faces

Rycina 6. Koszty profilaktyki przeciwpożarowej w przeliczeniu na 1 m postępu ściany w analizowanych ścianach eksploatacyjnych

Source: Own elaboration based on Table 4.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabeli 4.

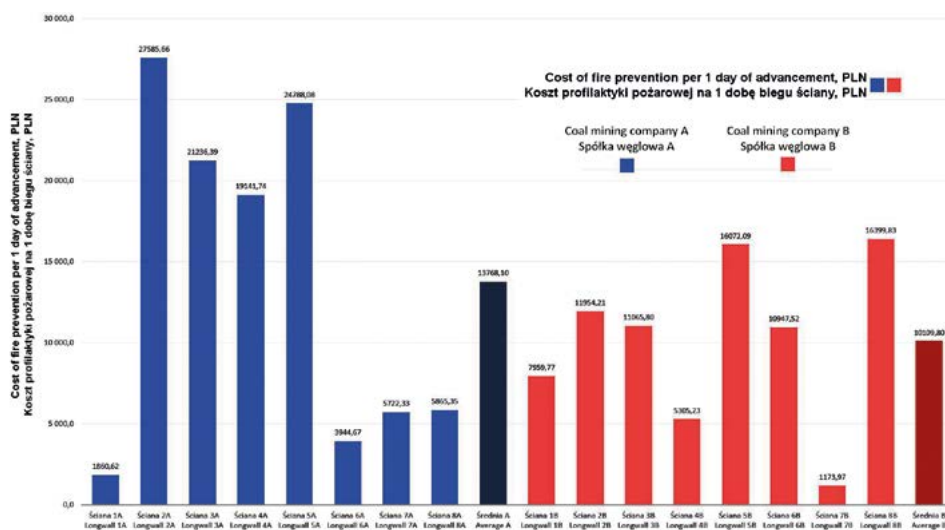


Figure 7. Fire prevention costs per 1 day of advancement in the analysed longwall faces

Rycina 7. Koszty profilaktyki przeciwpożarowej w przeliczeniu na 1 dobę biegu ściany w analizowanych ścianach eksploatacyjnych

Source: Own elaboration based on Table 4.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabeli 4.

Conclusions

Of the ventilation-related preventive measures currently used, fire hazard prevention and coal dust explosion prevention are practically always applied. Costs borne by the mines for its application may not be the highest among hazard prevention measures in hard coal mining, but they constitute an indispensable element of the total cost in the coal mining process. Unfortunately, the costs of prophylactics are gradually increasing as mining operations are carried out in the deeper parts of the mines.

Of the natural and technical hazard prevention, fire hazard prevention must be adapted to the prevailing geological-mining conditions. It cannot be precisely predicted and adjusted when developing a technical design of the longwall panel, which includes methods for hazard prevention. The projects in this field discuss only the main aspects of applying prevention in accordance with the mining regulations. The details of how to carry out fire prevention evolve with the progress of mining work and emerging problems related to the increase in fire hazard.

For many years attempts have been made to develop an appropriate algorithm for dealing with fire hazards. Unfortunately, to this day, it has not been fully developed and mines rely on methods developed within the framework of their own practice as well as practice in other mines during the prevention. Fire hazard is not the only hazard for which no methodology has been developed to reduce it. Methane and climate hazards are also such hazards. However, in case of both hazards, mining regulations directly indicate what preventive measures should be taken to limit the increase in the hazard. In case of the methane hazard, the regulations unequivocally indicate the necessity of applying demethylation, while in case of the climatic hazard, air-conditioning of the mine workings must be applied and/or a reduced working time for the crew must be introduced, and if the permissible temperature at the workplace is exceeded, the crew must be withdrawn until the permissible climate parameters are restored.

However, it must be said that fire prevention offers the most choice among the available methods of combating the hazard.

When comparing the costs of fire prevention to other natural and technical hazard prevention, it can be said that the costs of fire prevention are the lowest. However, there are situations where it is necessary to seal the longwall area together with precious valuable assets such as powered roof supports, shearers and other longwall equipment. However, it is not always possible to recover the lost equipment, and its cost often exceeds PLN 100 million. Therefore, a fire hazard prevention is the primary determinant of safety in the longwall area during coal seam mining.

The necessity of applying goaf inertisation takes the highest share of the cost of fire prevention. On the other hand, the highest share of the fire prevention cost is taken by the necessity to use caving inertia and working day's pay spent on fire hazard control, especially working day's spent by the rescuers on fire prevention.

It should also be noted that the overriding condition for conducting mining works is the safety of the crew, and therefore the size of the costs of the preventive works is of little importance.

Podsumowanie

Spośród stosowanych obecnie prac profilaktycznych związanych z wentylacją, profilaktyka zagrożenia pożarowego obok profilaktyki zagrożenia wybuchem pyłu węglowego jest stosowana praktycznie zawsze. Koszty ponoszone w tym zakresie przez kopalnie nie są może najwyższe spośród działań profilaktycznych w przypadku zagrożeń występujących w górnictwie węgla kamiennego, jednak stanowią nieodzowny element całkowitego kosztu w procesie eksploatacji węgla. W związku z prowadzeniem eksploatacji w coraz głębszych partiach kopalń koszty takich działań niestety sukcesywnie wzrastają.

Spośród działań profilaktycznych związanych z zagrożeniami naturalnymi i technicznymi profilaktykę zagrożenia pożarowego należy dostosowywać do panujących warunków geologiczno-górnictwowych i nie da się jej dokładnie przewidzieć i dostosować na etapie tworzenia projektu technicznego ściany, w ramach którego zawarte są metody prowadzenia profilaktyki zagrożeń. Projekty w tym zakresie omawiają jedynie główne aspekty jej stosowania zgodnie z przepisami górnictwymi. Szczegóły prowadzonej profilaktyki przeciwpożarowej ewoluują wraz z postępem robót górniczych i pojawiającymi się problemami związanymi ze wzrostem zagrożenia pożarowego.

Przez wiele lat podejmowano próby wypracowania odpowiedniego algorytmu postępowania na wypadek wystąpienia zagrożenia pożarowego. Niestety do dnia dzisiejszego cel ten nie został w pełni osiągnięty, a kopalnie w czasie prowadzonej profilaktyki bazują na metodach wypracowanych zarówno w ramach własnej praktyki, jak i praktyk postępowania w innych zakładach górniczych. Zagrożenie pożarowe nie jest jedynym zagrożeniem, dla którego nie została wypracowana metodyka postępowania w celu jego ograniczenia. Są nimi także zagrożenie metanowe i klimatyczne. Jednak w ramach obu zagrożeń przepisy górnicze wskazują bezpośrednio, jakie elementy profilaktyki należy przedsięwziąć, aby ograniczyć wzrost zagrożenia. W przypadku zagrożenia metanowego przepisy jednoznacznie wskazują na konieczność prowadzenia lub stosowania odmetanowania, w razie wystąpienia zagrożenia klimatycznego należy stosować klimatyzację wyrobisk górniczych oraz/lub wprowadzić skrócony czas pracy załogi, a w przypadku przekroczenia dopuszczalnej temperatury na stanowisku pracy wycofać załogę do czasu przywrócenia dopuszczalnych parametrów klimatu.

Należy jednak zauważyć, że to właśnie profilaktyka zagrożenia pożarowego daje najwięcej możliwości wyboru spośród dostępnych metod walki z zagrożeniem.

Porównując koszty profilaktyki przeciwpożarowej do innych profilaktyk zagrożeń naturalnych i technicznych można powiedzieć, że są one najniższe. Zdarzają się jednak sytuacje, w których dochodzi do konieczności otamowania rejonu ściany wraz z wysokocennym majątkiem w postaci obudowy zmechanizowanej, kombajnu ścianowego i reszty wyposażenia ściany. Nie zawsze zachodzi jednak możliwość odzyskania utraconego sprzętu, a jego koszt to niejednokrotnie wartość przekraczająca 100 mln zł. Dlatego to właśnie profilaktyka zagrożenia pożarowego jest głównym wyznacznikiem bezpieczeństwa w rejonie ściany w czasie eksploatacji pokładów węgla.

Najwyższy udział kosztu profilaktyki przeciwpożarowej stanowi inertyzacja zrobów zawałowych oraz wynagrodzenia za roboczość związana ze zwalczaniem zagrożenia pożarowego, w szczególności roboczość ratowników przepracowane w ramach prac profilaktycznych. Należy też zaznaczyć, że nadrzędnym warunkiem prowadzenia robót górniczych jest bezpieczeństwo załogi, dlatego wielkość kosztów prowadzonych prac profilaktycznych nie ma większego znaczenia.

Literature / Literatura

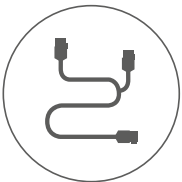
- [1] Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie, <https://www.wug.gov.pl/bhp/zdarzenia> [dostęp: 13.03.2022 r.].
- [2] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. (z późn. zm.) w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. 2017, poz. 1118.).
- [3] Maciejasz Z., Kruk F., *Pożary podziemne w kopalniach, Część 1*, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1977.
- [4] Cygankiewicz J., *Prognozowanie procesu samozapalenia węgla w podziemiach kopalń*, Wydawnictwo GIG, Katowice 2018.
- [5] PN-93/G-04558 Węgiel kamienny – Oznaczanie wskaźnika samozapalności.
- [6] Obracaj D., Korzec M., Vu T., *The influence of the sample preparation on the result of coal propensity to spontaneous combustion in the high-temperature adiabatic method*, „Journal of the Polish Mineral Engineering Society” 2021, 2 (1), 65–78.
- [7] Strumiński A., *Zwalczanie pożarów w kopalniach głębinowych*, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1996.
- [8] <https://cen-rat.bytom.pl/inertyzacja/> [dostęp 13.03.2022].
- [9] Projekty techniczne ścian eksploatacyjnych dwóch spółek węgla kamiennego (mat. niepublikowane).
- [10] Projekty prac profilaktycznych dla ścian eksploatacyjnych dwóch spółek węgla kamiennego, (mat. niepublikowane).
- [11] Musioł D., *Działania w zakresie profilaktyk aerologicznych jako niezbędny element nakładów na wydobycie w ścianach eksploatacyjnych*, „Systemy wspomagania w inżynierii produkcji, Górnictwo – perspektywy i zagrożenia” 2016, 1 (13), 122–137.
- [12] Musioł D., *Koszty prac profilaktycznych w aspekcie zagrożenia metanowego dla wybranych rejonów ścian eksploatacyjnych*, „Wiadomości Górnicze” 2017, 6, 2017, 317–326.
- [13] Musioł D., *Koszty profilaktyk aerologicznych w porównaniu do ceny węgla w warunkach jednej z kopalń węgla kamiennego, Systemy wspomagania w inżynierii produkcji*, „Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju” 2017, 6(2), 214–23.
- [14] Musioł D., *Ocena kosztów prac profilaktycznych w ramach zagrożenia klimatycznego na przykładzie wybranych ścian eksploatacyjnych*, [w:] *Wybrane zagrożenia aerologiczne w polskich kopalniach*, W. Dziurzyński (red.), Wydawnictwo Archives of Mining Sciences, Kraków 2019, 193–206.
- [15] https://www.wnp.pl/gornictwo/notowania/ceny_wegla [dostęp 14.03.2022].
- [16] Statystyki średniego kursu Dolara Amerykańskiego w NBP za 2020 r.
- [17] <https://stat.gov.pl/sygnalne/komunikaty-i-obwieszczenia/lista-komunikatow-i-obwieszczen/komunikat-w-sprawie-przecietnej-sredniorocznej-ceny-detalicznej-1000-kg-wegla-kamiennego-w-2020-roku,53,8.html> [dostęp 14.03.2022].

DARIUSZ MUSIOŁ, PH.D. ENG. – graduate of the Faculty of Mining and Geology, Silesian University of Technology. Long-term scientific and didactic employee. Long-term manager of postgraduate studies "Aerology and Mine Rescue" at the Faculty of Mining, Safety Engineering and Industrial Automation of the Silesian University of Technology. Expert of the State Mining Authority in Katowice in the field of methane and dust hazards, fire hazard and climatic hazard. Expert at the Management Board Office of Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. Deputy chairman of the Mining Aerology Section of the Katowice Branch of the Polish Academy of Sciences and member of the Mining Commission of the Katowice Branch of the Polish Academy of Sciences. The author's main area of specialisation is methane, fire and climate hazards, ventilation networks in mines and their ventilation.

DR INŻ. DARIUSZ MUSIOŁ – absolwent Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej. Długoletni pracownik naukowo-dydaktyczny. Wieloletni kierownik studiów podyplomowych „Aerologia i Ratownictwo Górnicze” na Wydziale Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej. Rzeczoznawca Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach w grupach zagrożenia metanowego i pyłowego, zagrożenia pożarowego i zagrożenia klimatycznego. Rzeczoznawca w Biurze Zarządu Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Zastępca przewodniczącego Sekcji Aerologii Górniczej PAN oddziału w Katowicach oraz członek Komisji Górniczej PAN oddziału w Katowicach. Głównym obszarem specjalizacji autora są zagrożenia metanowe, pożarowe i klimatyczne, sieci wentylacyjne kopalń oraz ich wentylacja.

Jednostka Certyfikująca Usługi

CERTYFIKUJEMY



**instalacje
(systemy) ppoż.**



**kwalifikacje rynkowe
w ochronie ppoż.
w ramach ZSK**



**podmioty
świadczące usługi
w ochronie ppoż.**



**potwierdzenia
skuteczności
i niezawodności
zastosowanego
zabezpieczenia ppoż.**



**formalnego
potwierdzenia
umiejętności, wiedzy
i kompetencji
społecznych**



**rekomendacji dla
inwestorów, PSP,
towarzystw
ubezpieczeniowych
i innych podmiotów**

NA POTRZEBY

NASZE ATUTY

- ✓ rzetelność
- ✓ wykwalifikowana kadra
- ✓ bezstronna i niezależna ocena kompetencji i usług
- ✓ wsparcie merytoryczne w podnoszeniu jakości usług i kompetencji do wymaganych standardów

sft.cnbop.pl

