

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego

<http://czytelnia.cnbop.pl>

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique

Kwartalnik CNBOP-PIB



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
<http://czytelnia.cnbop.pl>
Józefów 2011

KOMITET REDAKCYJNY

dr inż. Eugeniusz W. ROGUSKI – przewodniczący – PCA
mł. bryg. dr inż. Dariusz WRÓBLEWSKI – redaktor naczelny
dr inż. Stefan WILCZKOWSKI
dr Tomasz WĘSIERSKI
mł. bryg. mgr inż. Jacek ZBOINA
bryg mgr inż. Krzysztof BISKUP
mgr Joanna CYBULSKA – sekretarz redakcji

Przygotowanie do wydania
mgr Joanna Cybulska

Projekt okładki:
Barbara Dominowska

Zamówienia na kolejne wydania oraz prenumeratę przyjmuje
Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa
tel. 22 850 11 12, fax 22 433 50 09
e-mail: edura@edura.pl

ISSN 1895-8443

© Copyright by Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego
Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego

Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego
Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
05-420 Józefów k/Otwocka, ul. Nadwiślańska 213
centrala: +48 22 769 33 00
internet: www.cnbop.pl
e-mail: cnbop@cnbop.pl

Nakład 500 egzemplarzy

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

Wydawnictwo dofinansowywane ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Artykuły zamieszczone w numerze są dopuszczone do druku decyzją Komitetu Redakcyjnego
na podstawie recenzji naukowo-badawczych i inżynieryjno-technicznych
przygotowanych przez niezależnych recenzentów.

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

SPIS TREŚCI

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

I. ROZDZIAŁ AUTORSKI

1. P.M. Sandman	Dwa typy zarządzania reputacją	9
-----------------	--	---

II. ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE

1. R. Gałązkowski A. Pawlak	Narodowy Program Szkolenia Dyspozytorów Medycznych jako element przygotowania kadry dyspozytorów medycznych do współpracy z Lotniczym Pogotowiem Ratunkowym w zakresie operacji nocnych	21
2. J. Zarzycki	Obowiązki właścicieli i zarządców lasów z zakresu ochrony przeciwpożarowej	31

III. NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

1. Z. Ciekankowski	Motywowanie poprzez przywództwo	35
--------------------	---	----

IV. BADANIA I ROZWÓJ

1. R. Porowski W. Rudy	Przegląd badań w zakresie parametrów flash point i explosion point dla cieczy palnych	41
2. J. Gałąj W. Jaskółowski Z. Karpovič R. Šukys	Investigation of the influence of impregnation on the pine timber combustion using flow through tests.	55
3. D. Pieniak P. Ogrodnik M. Oszust L. Dec	Niezawodność wytrzymałości statycznej drewna konstrukcyjnego sosny pospolitej klejonego warstwowo w wysokich temperaturach	63
4. M. Nagrodzka D. Małozieć	Impregnacja drewna środkami ogniochronnymi.	69

V. TECHNIKA I TECHNOLOGIA

1. M. Chmiel	Przegląd możliwości wykorzystania motopomp do wody zanieczyszczonej w działaniach jednostek ochrony przeciwpożarowej	77
2. T. Czerpak T. Maciak	Modelowanie pożaru lasu. Cz. I. Metody i algorytmy modelowania pożaru lasu	83

3. M. Jaworski	Zadania ochronne ubrania strażackiego przeznaczonego do akcji przeciwpożarowej	95
----------------	--	----

VI. SZKOLENIA I PROPAGOWANIE WIEDZY

1. M. Kędzierska	Strategia planowania szkoleń e-learningowych	109
------------------	--	-----

VII. Z PRAKTYKI DLA PRAKTYKI

1. R. Pich P. Maciejewski J.A. Wrzesiński	Organizacja ruchu poszkodowanych w czasie likwidacji skażeń (dekontaminacji)	115
---	--	-----

Wymagania dla autorów	123
Recruitments for authors	124

Szanowni Czytelnicy,

Oddajemy do Waszych rąk kolejny tom naszego Kwartalnika. Jak zawsze dołożyliśmy wszelkich starań, aby każdy z Państwa znalazł w nim dla siebie coś interesującego.

Z przyjemnością i dumą prezentujemy kolejny tekst doktora Petera M. Sandmana „Dwa typy zarządzania reputacją”. To doskonały artykuł, z którego można dowiedzieć się jak budować własną reputację i jak nią potem mądrze zarządzać.

Kilka tekstów, które chcemy Państwu zaproponować w bieżącym numerze dotyczy problematyki lasów i pozyskiwanego z nich surowca, jakim jest drewno. Przedstawiają one wyniki badań dotyczących impregnacji czy też wytrzymałości statycznej drewna konstrukcyjnego sosny pospolitej klejonego warstwowo.

Jednakże szczególnie chcielibyśmy wyróżnić artykuł **dr. n. med. Roberta Gałązkowskiego** oraz **mgr Agaty Pawlak** „**Narodowy Program Szkolenia Dyspozytorów Medycznych jako element przygotowania kadry dyspozytorów medycznych do współpracy z Lotniczym Pogotowiem Ratunkowym w zakresie operacji nocnych**”. Tekst ten nie tylko otrzymał najwyższą ocenę recenzentów, ale także jego treść dotyczy ważnych aspektów działań ratujących życie, dających większe poczucie bezpieczeństwa nam wszystkim. Już dziś zapowiadamy kolejny tekst tego autora, który ukaże się w kolejnym numerze Kwartalnika i będzie dotyczył współpracy Lotniczego Pogotowia Ratunkowego i Państwowej Straży Pożarnej.

Przedstawiamy także teksty dotyczące problematyki flash point i explosion point, dekontaminacji czy zarządzania kryzysowego. To bardzo interesujący numer, tak więc życzymy Państwu ciekawej lektury.

Komitet Redakcyjny:

dr inż. Eugeniusz W. Roguski – Przewodniczący

mł. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski – Redaktor Naczelny

dr Tomasz Węsierski – członek Komitetu Redakcyjnego

dr inż. Stefan Wilczkowski – członek Komitetu Redakcyjnego

mł. bryg. mgr inż. Jacek Zboina – członek Komitetu Redakcyjnego

bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup – członek Komitetu Redakcyjnego

mł. bryg. mgr inż. Joanna Cybulska – Sekretarz Redakcji



Instytut Lotnictwa prowadzi szeroko pojęte działania w zakresie bezpieczeństwa ruchu lotniczego, w tym bezpieczeństwa przeciwpożarowego między innymi dużych aglomeracji miejskich.

Ranga bezpieczeństwa w lotnictwie jest nie do przecenienia. Jednym z jego podstawowych elementów jest właśnie bezpieczeństwo przeciwpożarowe. Od lat korzystamy z wydawnictw Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej.

W szczególności chciałbym Państwu **zarekomendować kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”**.

DYREKTOR
INSTYTUTU LOTNICTWA
Witold Wisniewski
dr inż. Witold Wisniewski

Warszawa, dn. 2 sierpnia 2011

Peter M. SANDMAN

Konsultant w dziedzinie komunikacji ryzykalnej

DWA TYPY ZARZĄDZANIA REPUTACJĄ¹

Two Kinds of Reputation Management

Wprowadzenie zamiast streszczenia

Czy w każdym przypadku sprawdza się twierdzenie Benjamina Franklina, że „potrzeba wielu dobrych uczynków, aby stworzyć dobrą reputację, ale wystarczy jeden zły, żeby ją stracić”? Zdecydowana większość zapytanych odpowie „tak”, bo na pierwszy rzut oka wydaje się, iż jest to wręcz aksjomat, prawda oczywista. Jednak nie biorą oni pod uwagę faktu, że socjologia to nie jest przecież nauka ścisła i należy uwzględniać w swoich rozważaniach bardzo istotny czynnik, czyli kontekstowość: w różnych sytuacjach będziemy mieli do czynienia z różnym typem zachowań. Ilu zdeklarowanych zwolenników stwierdzenia B. Franklina pozostanie przy swoim zdaniu po przeczytaniu artykułu Petera M. Sandmana o zarządzaniu reputacją? Z pewnością wzrośnie znacząco liczba sceptyków. I nie będzie to tylko zasługą sugestywnego stylu argumentacji tego wybitnego specjalisty od komunikacji ryzykalnej. Swoje wywody poparł P. M. Sandman gruntowną wiedzą teoretyka, ale też i doświadczeniem praktyka, który doradzał wielu światowym korporacjom; na konkretnych przykładach udowadnia, że wynalazca piorunochronu nie jest twórcą prawdy uniwersalnej i nie w każdym przypadku reputację traci się od jednego złego uczynku.

Pisanie o zaletach tego bardzo mądrego, a jednocześnie bardzo ciekawego artykułu łatwiej rozpocząć niż zakończyć, a że jest on dość długi, dlatego na zachętę tylko jedna (z wielu bardzo cennych) konstatacja P.M. Sandmana: **jeżeli masz dobrą reputację, zostaniesz w sytuacji kryzysowej obdarzony domniemaniem niewinności, jeśli masz złą reputację, czeka cię domniemanie winy.**

Jak zbudować własny kapitał reputacyjny i umiejętnie nim zarządzać, od Petera M. Sandmana powinni się uczyć nie tylko menedżerowie, urzędnicy państwowi czy politycy. Jest to lektura dla wszystkich, bo przecież dobra reputacja – świadcząca o zaletach umysłu i serca – w oczywisty sposób pomoże każdemu z nas, zarówno w pracy, jak i, na przykład, w wychowywaniu własnych dzieci – co także P. M. Sandman udowadnia.

**W imieniu Komitetu Redakcyjnego
dr inż. Eugeniusz W. Roguski**

Introduction instead of abstract

Is the hypothesis by Benjamin Franklin saying that „you need to do many good deeds to create a good reputation, but just one bad is enough to lose it” always true? Vast majority of those surveyed will respond “yes”, because it seems almost axiomatic at first glance, self-evident truth. However, they do not consider the fact that sociology is not after all, a science and a very important factor should be taken into consideration, namely contextual agent: in different situations we will have to deal with different types of behavior. How many pledged supporters of B. Franklin’s statement will persist with their opinion after reading the article on reputation management by Peter M. Sandman? Certainly the number of skeptics will significantly increase, owing it not only the suggestive style of argumentation of this outstanding specialist in risk communication. P.M. Sandman supported his arguments by thorough knowledge of the theorist, but also by experience of practitioner who has advised many global corporations; using particular examples he proves that the inventor of the lightning protector is not the creator of the universal truth and not in each case the reputation is lost from one bad deed.

It is easier to start than to finish writing about the merits of this very wise, yet at the same time exceptionally intriguing article. Since the article may seem quite long, I will quote only one (out of many very valuable) assertions by P.M. Sandman to encourage you to read it: if you have a good reputation, you will be endowed in a crisis situation with the presumption of innocence, if you have a bad reputation, you will face a presumption of guilt.

Not only managers, government officials or politicians should learn from Peter M. Sandman how to build their own reputation capital and manage it skillfully. It is a reading for all, because a good reputation – testifying the virtues of mind and heart - in an obvious way will help each of us, both at work and, for example, in upbringing of our own children – which P. M. Sandman also proves.

**On behalf of the Redaction Board
Eugeniusz W. Roguski, DSc**

Słowa kluczowe: reputacja, zarządzanie, kryzys, public relation;

Keywords: reputation, management, crisis, public relations;

¹ Oryginalna, angielska wersja artykułu znajduje się na oficjalnej stronie Petera M. Sandmana: <http://www.psandman.com/col/reputation.htm>

Stojąc w obliczu lokalnej kontrowersji związanej z propozycją budowy kopalni niklu, przedstawiciel firmy wydobywczej powołał do życia serię grup dyskusyjnych. Ponieważ stanowiska zdeklarowanych zwolenników i przeciwników były już jasno określone, poprosił konsultantów, aby ci skoncentrowali się na osobach, które nadal deklarowały gotowość do dyskusji. Grupy były proszone o zdefiniowanie mocnych i słabych stron proponowanej kopalni, jakie widzą szanse oraz zagrożenia. Nie było zaskoczeniem, gdy listę szans zdominowały nowe miejsca pracy oraz inne korzyści ekonomiczne (mocne strony oraz szanse), a jako słabe strony i zagrożenia wymieniono możliwy negatywny wpływ na środowisko, obawy związane z charakterystycznym dla kopalni wzorem wzrostu i upadku oraz niepewności związanej z planami spółki górniczej.

Pojawiło się jednak jedno zaskoczenie: grupa po grupie nawiązywała do reputacji korporacji międzynarodowej – zawsze w negatywnym kontekście. Do ludzi dotarły informacje od konkurencji, dotyczące złej sławy firmy w innych lokalizacjach, zarówno jako pracodawcy jak i rzecznika ochrony środowiska. Nie byli w stanie ocenić słuszności tych zarzutów, więc niechętnie odnosili się do zaakceptowania budowy kopalni bez tej dodatkowej wiedzy.

Będzie niesprawiedliwym twierdzić, iż reputacja korporacji była kwestią numer jeden w umysłach uczestników grup dyskusyjnych. Miejsca pracy oraz środowisko były zdecydowanie bardziej istotne. Jednakże wyglądało na to, iż reputacja korporacji może przyczynić się do przełamania impasu.

Co ważne, w umysłach uczestników grup dyskusyjnych nie liczyło się, czy korporacja międzynarodowa ma nadzwyczaj fatalne notowania, jeżeli chodzi o obsługę klienta. Chodziło raczej o to, czy korporacja ma kiepskie notowania, jak twierdziła konkurencja. Zła reputacja, a nie dobra, była kładziona na szali.

Dobra reputacja i zła reputacja

Prawie wszystko, co do tej pory przeczytałem odnośnie reputacji, zakłada że jest to pojedyncza zmienna. Oczywiście składają się na nią czynniki, takie jak: czy ty sam jesteś godzien zaufania, podziwu lub sympatii; czy też oferowane przez ciebie produkty i obsługa klienta; twoje działania związane z ochroną środowiska oraz z wydajnością społeczną itp. Ale wszystkie te składniki można zsumować w jeden wymiar, gdzie dobra reputacja jest na jednej szali, zła reputacja na drugiej, a zero jest pośrodku. Cokolwiek zrobisz, aby poprawić swoją reputację – skierowanie do sprzedaży fantastycznego produktu, wspieranie lokalnych instytucji filantropijnych, podpisanie karty praw człowieka – odrobinę podwyższa twoje notowania. Wszystko, co negatywnie wpływa

na twoją reputację: wypadek w miejscu pracy, spory z udziałowcami, złośliwa plotka umieszczona na czyimś blogu – popycha cię w przeciwnym kierunku.

Metaforą często używaną w przedstawieniu tej jednowymiarowej wizji reputacji jest konto w banku. Wydarzenia, które negatywnie wpływają na reputację – to podejmowanie pieniędzy z konta. Wydarzenia, które pozytywnie wpływają na reputację – to wpłaty. Zarządzanie reputacją oznacza upewnienie się, że wpłaty przekraczają podejmowane kwoty z konta – dzięki czemu budujesz zdrową równowagę „kapitału reputacji”.

Kluczowa implikacja metafory konta bankowego: wszystko jest liniowe. Jeżeli wpłacisz 1000 dolarów i podejmiesz 1000 dolarów twoje konto bankowe kończy tam, gdzie zaczęło. Jeżeli reputacja jest jak konto bankowe, wtedy – jeżeli firma doświadczy poprawy reputacji i równocześnie otrzyma duży cios na reputację (w jakimkolwiek porządku) – to powinna znaleźć się tam, gdzie zaczynała.

Ja jednak mam inne zdanie. Wydaje mi się, że organizacje (i osoby) wychodzą na tym lepiej, kiedy postrzegają „dobrą reputację” i „złą reputację” jako osobne zmienne. Jeżeli pozytywne są wysoko, a negatywne nisko – masz dobrą reputację. Jeżeli z kolei pozytywne są nisko, a negatywne wysoko, to masz złą reputację. Czy widzimy reputację jako jedną czy dwie zmienne, to akurat jest tak samo. Ale weźmy pod uwagę trzy różne sposoby znalezienia się pośrodku:

- Jeżeli zarówno pozytywne jak i negatywne są na niskim poziomie, właściwie nie posiadasz reputacji. Jesteś niskiego profilu; ludzie mało o tobie wiedzą.
- Jeżeli pozytywne i negatywne są na średnim poziomie, masz średnią reputację. Ludzie między sobą zgadzają się, że jesteś w porządku, ale to nic nadzwyczajnego.
- Jeżeli zarówno pozytywne jak i negatywne są wysoko, masz zarówno dobrą, jak i złą reputację. Jesteś równocześnie uwielbiany i nienawidzony – na ogół przez innych ludzi. (Ale nie zawsze. Niektórzy ludzie mogą mieć z tobą relację miłości-nienawiści, na przykład kochając twoje niskie ceny, ale nienawidząc marnej obsługi).

Te trzy możliwości tworzą bardzo różne sposoby znalezienia się pośrodku między dobrą a złą reputacją – rzeczywistość, której nie jest w stanie uchwycić koncepcja jednej zmiennej.

Trzecia możliwość, zarówno uwielbienia jak i nienawiści, nie jest rzadkim zjawiskiem. Na przykład pomyślmy o Wal-Mart – uwielbiany za swoje niskie ceny i szeroki wybór produktów (a ostatnio za swoje inicjatywy dotyczące spraw związanych ze środowiskiem), ale nienawidzony za rzekome „uśmiercanie” sklepów rodzinnych, złe traktowanie pracowników oraz zastraszanie dostawców. Lub

weźmy pod uwagę Sarah Palin, dziecko z plakatu organizacji pomocowej, pod kątem wysokich pozytywnych i wysokich negatywnych. Jeśli o to chodzi, to pomyślmy o którymkolwiek z trzech ostatnich prezydentów Stanów Zjednoczonych.

Czołowy na skalę światową guru reputacji – badacz/konsultant o najlepszej reputacji – to Charles Fombrun, który w 2004 opuścił Szkołę Biznesu Sterna Uniwersytetu Nowojorskiego, aby założyć Instytut Reputacji (IR – www.reputationinstitute.com). IR publikuje rocznik „Reputation Pulse”, w którym prezentowany jest ranking firm pod względem ich reputacji. Amerykański raport z 2010 roku ocenia 150 największych firm krajowych. Osiem z nich o najwyższym poziomie reputacji oferują uwielbiane produkty konsumenckie:

- Johnson & Johnson,
- Kraft,
- Kellogg,
- Walt Disney,
- PepsiCo,
- Sara Lee,
- Google,
- Microsoft.

Na najniższym poziomie znajdują się obecnie firmy z najbardziej zniechęconych sektorów gospodarki: przemysłu energetycznego i finansowego:

- Bank of America,
- ExxonMobil,

- Goldman Sachs,
- Citigroup,
- Fannie Mae,
- Freddie Mac,
- Halliburton,
- AIG. (BP nie jest firmą Amerykańską).

Popatrzymy teraz na firmy znajdujące się w polowie rankingu IR. Niektóre z nich są mało znane wśród konsumentów pomimo swojego rozmiaru, jak np. Chubb (#74) oraz Hess (#77). Niektóre są bardzo znane i przez wielu uważane za ani bardzo dobre, ani bardzo złe, jak Gap (#73) oraz CBS (#79). A niektóre mają zarówno licznych wielbicieli jak i wielu krytyków, np. Starbucks (#80).

Nieważne, w jakim miejscu znajduje się firma w rankingu IR, przypuszczalnie ma trochę wielbicieli i trochę krytyków. Na przykład Microsoft znajduje się na, budzącym podziw, ósmym miejscu (#8) ze 150 – ale wśród ekonomistów jest traktowany z lekceważeniem ze względu na praktyki monopolistyczne, a wśród maniaków informatyki jest bardzo wyśmiewany za ogólną usterkowość. Exxon Mobil, chociaż zajmuje ponure 144 miejsce (#144) ze 150, jest chwalone przez osoby dobrze poinformowane w przemyśle za wyjątkowo dobry wskaźnik bezpieczeństwa, a przez analityków finansowych za wyjątkowo dobry wskaźnik przychodu. Nie jest jasne, jak duży nacisk Microsoft czy ExxonMobil powinny kłaść na „polerowanie” swoich mocnych stron repu-

MODEL KONWENCJONALNY

Reputacja:



MODEL SKORYGOWANY

Dobra Reputacja:



Zła Reputacja:



tacji w przeciwieństwie do łagodzenia słabych stron reputacji. Ale pewne jest, iż „polerowanie” mocnych stron, a łagodzenie słabych stron – to dwa różne priorytety.

Podsumowując – zarządzanie reputacją to są dwa zadania: starać się być bardziej lubianym oraz starać się być mniej znienawidzonym.

Poszukiwanie w wyszukiwarce Google terminu „zarządzanie reputacją” szybko potwierdzi to rozróżnienie. Kilka pierwszych stron www jest zdominowanych wykazami firm (łącznie z wykazami płatnymi), oferującymi pomoc klientom w „ochronie” lub „obronie” ich reputacji przed atakami, szczególnie atakami w sieci. Wszystkie dotyczą złej reputacji: jak jej zapobiec oraz jak się od niej uwolnić. Trochę niżej można znaleźć Fombun’a oraz innych, którzy prowadzą badania i udzielają porad: jak zbudować i utrzymać dobrą reputację.

W rzeczywistości zarządzanie reputacją to więcej niż dwa zadania. Rozważmy tę listę zadań zarządzania reputacją:

1. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz uwielbiają, uwielbiali cię jeszcze bardziej.
2. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz uwielbiają, nie uwielbiali cię mniej.
3. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz troszkę uwielbiają, uwielbiali cię bardziej.
4. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz uwielbiają, nie przestali.
5. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz ani nie uwielbiają ani nienawidzą, zaczęli cię „trochę uwielbiać”.
6. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz trochę uwielbiają i nienawidzą, zaczęli cię „uwielbiać bardziej”.
7. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz trochę uwielbiają i nienawidzą, przestali cię nienawidzić.
8. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz ani nie uwielbiają, ani nienawidzą, nie nienawidzili cię.
9. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz nienawidzą, zaczęli cię nienawidzić mniej.
10. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz trochę nienawidzą, nie nienawidzili cię bardziej.
11. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz bardzo nienawidzą, zaczęli cię mniej nienawidzić.
12. Staraj się, aby ludzie, którzy cię teraz bardzo nienawidzą, nie zaczęli cię nienawidzić jeszcze mocniej.

Jak ustalić priorytety wśród tych dwunastu zadań, zależeć będzie od sytuacji. Jeżeli jesteś politykiem, przed którym już niedługo kampania wyborcza, #1 twój zasadniczy cel, to pozyskanie funduszy oraz rekrutowanie wolontariuszy, #3 oraz #4 są kluczowe dla twojego wysiłku, a #5 i #7 to sposób zabiegania o względy niezdecydowanych wyborców.

Jeżeli reprezentujesz firmą górniczą, starającą się przeforsować kontrowersyjny projekt, #11 jest na pewno najbliższy sercu. Ale jest to ryzykowna próba. W praktyce priorytetem jest prawdopodobnie #9, po którym szybko powinny nastąpić #10 i #8. Nie potrzebujesz więcej oraz silniejszych zwolenników tak bardzo jak potrzebujesz mniejszej liczby i mniej zagorzałych przeciwników – chyba że zostanie zwołane referendum, a w takiej sytuacji nagle priorytetem stają się #5 i #4.

Zarządzający reputacją mogą lub nie, świadomie szeregować pod względem ważności te dwanaście zadań. Ale zapewne najważniejszą decyzją, jaką należy podjąć w jakiegokolwiek sytuacji kontrowersyjnej, to: jak dużo siły poświęcać na skupieniu się na umocnieniu relacji z naturalnymi sprzymierzeńcami, jak mocno koncentrować się na zabieganiu o względy osób, które ani nie są po naszej stronie, ani nie są po stronie przeciwnej (i mało ich interesuje, co się stanie) oraz jak mocno skupiać się na łagodzeniu zapału tych, którzy wspierają się na nas.

Istotą public relations jest próba wywołania odrobiny pozytywnych emocji wśród ludzi, których zainteresowanie jest minimalne – #5 na mojej liście.

Istotą kontroli społecznego wzburzenia jest próba zmniejszenia negatywnych emocji ludzi, którzy są przeciwni, ale nie na tyle fanatycznie przeciwni, żeby nie dało się do nich dotrzeć – #9 na mojej liście.

Konsultanci od reputacji, tacy jak Fombrun, mniej interesują się którymkolwiek z tych zadań, niż prowadzeniem działań, które zmienią dobrą reputację swoich klientów w nadzwyczajną reputację – #1 i #3 na mojej liście.

Najważniejszym powodem oddzielnego myślenia o „dobrej reputacji” i „złej reputacji” jest mianowicie: To, co powinieneś zrobić, aby stać się bardziej uwielbianym i to, co powinieneś zrobić, aby stać się mniej znienawidzonym – to są dwa oddzielne zadania. Te dwie metody ulepszania reputacji są niedostrzegalne w koncepcji jednej zmiennej, która postrzega „bardziej uwielbiany” i „mniej znienawidzony”, jako dosłownie to samo. Ale w rzeczywistości, rozszerzenie filantropijnego profilu firmy oraz rozwiązanie sporów z niezadowolonymi udziałowcami to nie są po prostu różne działania. Ich zrealizowanie osiąga różne cele. Filantropia poprawia twój pozytywny wizerunek. Rozwiązywanie konfliktów zmniejsza negatywy.

Stanąwszy przed tym wyborem, moi klienci biznesowi są silnie kuszeni opcją skoncentrowania się na podwyższeniu swoich pozytywów. Tak jest lepiej – bezpieczniej, bardziej komfortowo, łatwiejsze do zaakceptowania przez własne ego – wzmocnić mocne strony reputacji niż leczyć jej słabe strony.

A jeżeli nie jesteś szczególnie znienawidzony (i raczej nie oczekujesz, że ta sytuacja się wkrótce

zmieni), wzmocnienie mocnych stron może faktycznie być dobrym rozwiązaniem.

Jednakże moi klienci biznesowi częściej przychodzą do mnie właśnie dokładnie dlatego, że są szczególnie zniechęceni – a dokładniej, ponieważ silna opozycja utrudnia im osiągnięcie założonych celów (na przykład, uzyskanie społecznego przyzwolenia, aby mogli otworzyć nową kopalnię). W takiej sytuacji wygląda na to, iż łagodzenie negatywów jest drogą, którą należy wybrać, aby iść do przodu; powinni zająć się obawami przeciwników oraz łagodzeniem oburzenia udziałowców – co oznacza, że muszą oprzeć się pokusie rozwijania relacji z politycznymi sojusznikami, zwiększania wsparcia dla Małej Ligi, a zamiast tego muszą mówić o swoim wkładzie w ekonomię.

Oczywiście to nie jest wybór „to lub to”. Nawet będąc atakowanym, zwiększanie dobrej reputacji jest częścią rozwiązania. To jest jedynie element, z którym się dobrze czujemy – ale jest to mały element. Elementy, które odczuwamy o wiele gorzej, jak na przykład rozwiązywanie sporów z rozszoszczonymi aktywistami, przynoszą o wiele większy plon.

Wydaje mi się, że jest to boleśnie oczywiste: gdy problemem jest opozycja, łagodzenie złej reputacji jest bardziej sensowne niż powiększanie dobrej reputacji. Ale nie jest to takie oczywiste dla moich klientów. A dla moich klientów wybór rodzaju zarządzania reputacją, na którym mają się koncentrować, na dłuższą metę jest mniej oczywisty.

Zakładając, że dobra reputacja i zła reputacja to dwie zmienne niezależne, która jest ważniejsza w danych okolicznościach? A co, jeżeli są od siebie zależne? Te dwa pytania chciałbym zgłębiać w dalszej części artykułu.

Który rodzaj zarządzania reputacją jest cenniejszy?

Prawie żadna z prac omawiająca wpływ na reputację nie poświęca bezpośrednio uwagi rozróżnieniu pomiędzy dobrą reputacją i złą reputacją. Istnieją dowody świadczące o tym, że firmy o dobrej reputacji mają się lepiej, niż firmy o złej reputacji – zadziwiająco mało dowodów, ale przynajmniej trochę. Trudnym pytaniem jest: czy wynika to głównie z tego, że dobra reputacja pomaga, czy z tego, że zła reputacja szkodzi.

Zgaduję, iż chodzi o to drugie. Ale to wyrachowany domysł: moja własna reputacja wywodzi się głównie z mojej pracy nad „zarządzaniem społecznym wzburzeniem” – pomaganiem klientom zmniejszyć negatywną ocenę.

Z drugiej strony, Fombrun jest głównie znany ze swojej pracy nad korzyściami dobrej korporacyjnej reputacji. Jego firma konsultingowa pomaga przedsiębiorstwom znajdującym się pośrodku w dążeniu na szczyt, a jego publikacje koncentrują się na

tym, co wyróżnia korporacje znajdujące się wysoko w rankingach, a nie nisko. Fombrun przypuszcza, że nie dba o to rozróżnienie. Píše o reputacji – jak to robi większość ekspertów w tej dziedzinie – tak, jakby była to pojedyncza liniowa zmienna, konto w banku, w którym ciągle zwiększa się lub zmniejsza kapitał reputacji. Ale jeżeli zostałby jednak zmuszony do dokonania rozróżnienia pomiędzy dobrą reputacją a złą reputacją, prawdopodobnie stwierdziłby, że dobra reputacja liczy się bardziej.

Można znaleźć dowody na obie hipotezy w zestawieniach opracowanych przez Fombruna.

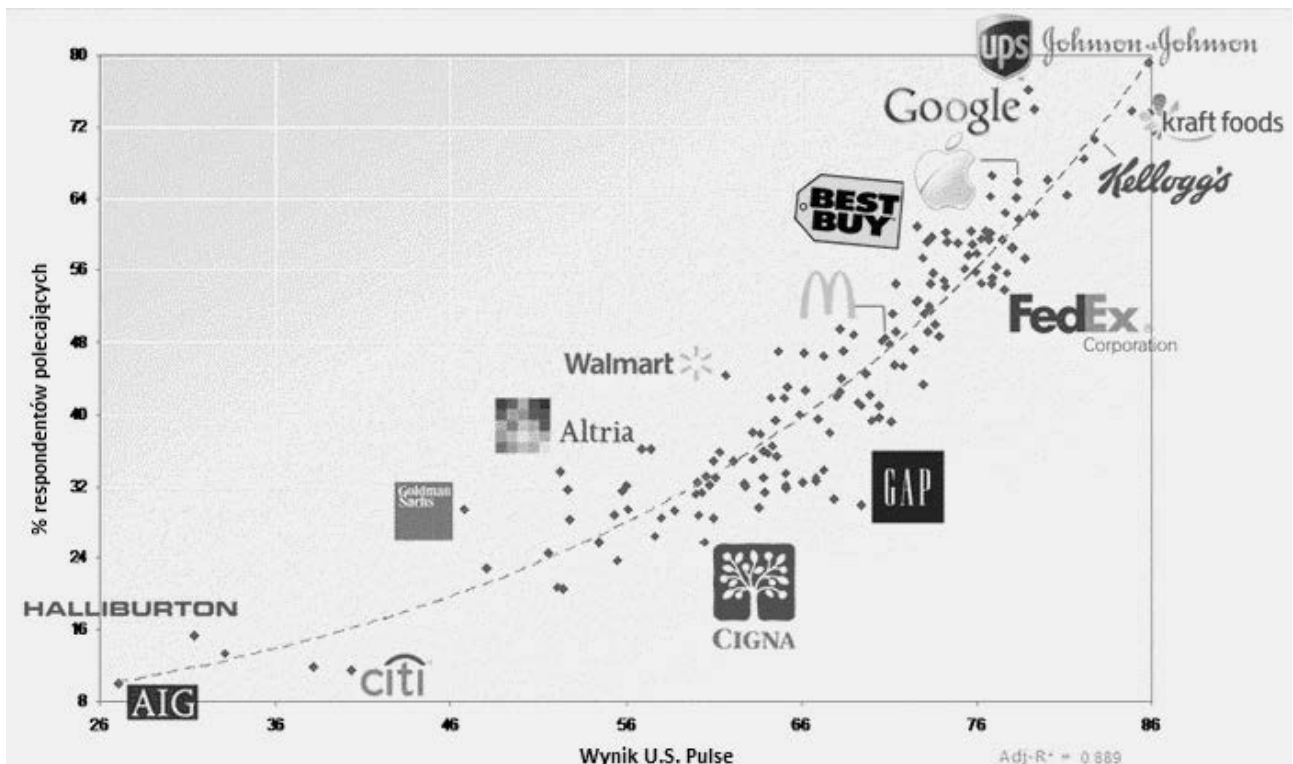
IR nie przygotowuje wyłącznie rankingu 150 największych firm amerykańskich. Kalkuluje ocenę dla każdej firmy (nazywaną wynikiem Pulse), która jest znormalizowana statystycznie, więc skala reputacji teoretycznie waha się pomiędzy 0 a 100. Amerykańska firma znajdująca się najwyżej w rankingu w 2010 r., Johnson & Johnson, otrzymała wynik Pulse na poziomie 85,82. Firma znajdująca się najniżej w rankingu, AIG, otrzymała wynik Pulse na poziomie 27,06. Pośrodku 85,82 a 27,06 jest 56,44 i właśnie tam można spodziewać się, że znajdzie się firma znajdująca się na 75 miejscu w rankingu, jeżeli reputacja jest zjawiskiem liniowym. Ale w rzeczywistości firma znajdująca się na 75 miejscu w rankingu (Nordstrom) została oceniona na 69,28 – o wiele bliżej do najlepszego niż do najgorszego. Najbliżej 56,44 była firma News Corporation – oceniona na 56,16 i znalazła się na niezbyt zaszczytnym 132 miejscu w rankingu.

Innymi słowy, 150 największych firm amerykańskich skupia się blisko szczytu według rozkładu Fombruna. Zła reputacja wyróżnia firmę od całej reszty o wiele bardziej niż dobra reputacja.

Z drugiej strony, badanie przeprowadzone w 2010 r. przez U.S. Reputation Pulse pytało respondentów, czy poleciliby konkretne firmy innym. Dla dziesięciu firm z najgorszą reputacją jedynie 19,3% respondentów odpowiedziało twierdząco; współmierna liczba dla dziesięciu firm z najlepszą reputacją to 69,3%. Poniżej znajduje się wykres Instytutu Reputacji (IR), pokazujący związek pomiędzy wynikiem Pulse firm, a procentem respondentów chętnych do polecenia każdej z firm.

Funkcja wypukła sugeruje, że dobra reputacja pomaga bardziej niż zła reputacja szkodzi. To na pewno jest prawdą na górze i na dole rozkładu. Dyrektor działu badań i analityki IR, Leonard J. Ponzi, wysłał mi dodatkowe informacje dotyczące niniejszego wykresu:

Poprawienie reputacji o 5 punktów zwiększa chęć ludzi do rekomendowania firmy o 6,5 procent. Zmiana reputacji jest nawet większa dla 20 firm mających najlepszą reputację, które zauważają, iż chęć rekomendacji wzrasta o 11 punktów procentowych - na wzrost o 5 punktów w wyniku Pulse. Firmy o słabej reputacji zauważają jedynie wzrost o 4 punk-



ty procentowe w chęci rekomendowania – na każde 5 punktów wzrostu reputacji.

Czasami zdobywanie dobrej reputacji jest ważniejsze niż unikanie złej, ale niekiedy jest zupełnie na odwrót. Postarajmy się zastanowić, co jest czym.

Zasada pięciu kciuków

Na pewno istnieją sytuacje, w których zdobywanie dobrej reputacji jest ważniejsze niż unikanie złej. Weźmy na przykład recenzje książek. Ludzie, którzy czytają recenzje robią to po części dlatego, aby znaleźć książki do czytania. Tak więc pozytywna recenzja może mieć duży wpływ; czytelnicy zanotują sobie w pamięci, aby tę książkę kupić. Negatywna recenzja ma o wiele mniejszy wpływ. Mało osób czytających recenzje „kwalifikuje” książki, które już uznało za pozycje do zakupu, szukając powodów, aby je wykreślić ze swojej listy. Szukają książek, których do tej pory jeszcze nie brali pod uwagę, żeby dodać je do swojej listy. W końcu są miliony książek, które można przeczytać. Potrzebujemy powodu, aby jakąś wybrać, a nie powodu, aby ją odrzucić. Dobra reputacja sprawia, że jesteśmy bardziej chętni przeczytać książkę – ale nie jesteśmy mniej chętni do przeczytania książki, o której słyszeliśmy niezłe recenzje, niż książki, o której nic nie słyszeliśmy. Pozytywna reputacja jest ważniejsza od reputacji negatywnej – jeżeli chodzi o kupowanie książek.

Zasada pierwszego kciuka: Gdy ludzie mają wiele opinii, dobra reputacja liczy się bardziej niż zła reputacja. To jest model „szukania książki do kupienia”.

Dla porównania, załóżmy że mieszkasz w dzielnicy, gdzie znajduje się tylko jedno kino, w którym

są jedynie trzy sale. Jesteś zdeterminowany, żeby dziś wieczorem wybrać się do kina, a nie chcesz jechać daleko, więc sprawdzasz, co grają w kinie w okolicy, potem sprawdzasz kilka recenzji, które mają ci pomóc dokonać wyboru. Teraz już kwalifikujesz i złe recenzje prawdopodobnie będą miały większy wpływ na twoją decyzję, niż dobre recenzje. Ponieważ już podjąłeś decyzję udania się na któryś z wyświetlanych tego wieczoru filmów, pójdziesz na ten, który ma najmniej „złej reputacji”. (Oczywiście, chyba że już nie chodzisz do kina tylko zamiast tego oglądasz filmy w sieci; filmy dla ciebie są jak książki. Masz nieskończone możliwości wyboru, a pozytywne recenzje są kluczowe.)

Weźmy pod uwagę jeszcze bardziej skrajny przypadek: Masz dzisiaj zabrać swoje dzieci do kina. Już wybrały, który film chcą zobaczyć, więc sprawdzasz recenzje. Tym razem „dobra reputacja” nic nie oznacza; pytanie tylko, czy uda ci się wykorzystać prawo weta i liczą się jedynie negatywne informacje.

A co z przykładem kopalni, który rozpoczyna ten artykuł? Spółka węglowa chce wybudować kopalnię. Jest już w posiadaniu terenu, już rozpoczęła procedurę pozyskiwania potrzebnych zezwoleń. Członkowie społeczności najpierw są jedynie obserwatorami. Stanowisko pasywne to pozwolić firmie robić to, co chce zrobić. Ludzie nie potrzebują powodu, aby wzmruszyć ramionami – oznaką zgody. Potrzebują powodu, aby ruszyć się, wtrącać się, zdecydować, że będą walczyć, aby powstrzymać kopalnię. Innymi słowy, mieszkańcy miasta nie są czytelnikami książek; nie starają się wybrać najlepszej firmy do wybudowania kopani. Oni są jak rodzice, których dzieci chcą iść na konkretny film i starający się zdecydować, czy sprzeciwić się temu planowi. Zła re-

putacja wyrządzi spółce górniczej większą krzywdę, niż dobra reputacja pomoże.

Zasada drugiego kciuka: W sytuacji, gdy opcje są ograniczone, a wybór to głównie akceptacja bez walki lub robienie zamieszania, zła reputacja ma większe znaczenie niż dobra reputacja. To model „zdecydowanie, czy pozwolić dzieciom iść na film, który wybrały”. To również model „zdecydowanie, czy pozwolić spółce węglowej otworzyć kopalnię”.

Ale przykład z kopalnią nie jest taki prosty. Przeciwnicy kopalni wykazują, iż źle prowadzone działania kopalni mogą doprowadzić do negatywnego wpływu na środowisko, zagrażając rybołówstwu, turystyce, a nawet zdrowiu ludzi. Członkowie społeczności muszą zdecydować, jak poważne są te oskarżenia. Ryzyka dla środowiska są największym minusem kopalni, i dlatego też najlepszym powodem, aby być jej przeciwnym. Spółka nie może uczciwie (lub wiarygodnie) twierdzić, że nie istnieje ryzyko zagrożenia dla stanu środowiska; zamiast tego musi twierdzić, że można na niej polegać jeżeli chodzi o odpowiedzialne zarządzanie tymi zagrożeniami. Ogólnie, decyzje ludzi dotyczące sprzeciwianiu się powstania kopalni lub pozwoleniu na jej powstanie nadal są o wiele bardziej określane negatywami reputacji niż pozytywami. Ale jedno pytanie dotyczące pozytywnej reputacji jest teraz w centrum uwagi: czy korporacja międzynarodowa ma dobrą opinię jeżeli chodzi o właściwe zarządzanie kwestiami związanymi ze środowiskiem?

Jeżeli korporacja międzynarodowa ma złą reputację, innymi słowy, jest to powód, aby walczyć z nią o nie wybudowanie w okolicy kopalni. Ale jeżeli ludzie z miasta obawiają się o możliwy wpływ na środowisko – to inny powód (niezwiązany z reputacją), aby powstrzymać powstanie kopalni. Ludzie, których motywuje drugi powód, mogą być niechętni do przyłączenia się do opozycji, jeżeli dowiedzą się, iż korporacja międzynarodowa pierwszorzędnie zarządza środowiskiem.

Zasada trzeciego kciuka: Nawet gdy możliwości są ograniczone, kiedy zostaje wzniesiony jeden wiarygodny sprzeciw, co do poddania się bez walki, dobra reputacja liczy się przy ocenie tego sprzeciwu. Ale tylko w tej jednej kwestii; ogólnie, zła reputacja nadal szkodzi bardziej, niż dobra reputacja pomaga. To model „zdecydować, czy zaufać firmie w ochronie środowiska”.

Uważam, że jest to bardzo trudna sprawa – przekonać ludzi, że jakkolwiek spółka górnicza ma reputację, gdyż pierwszorzędnie zarządza sprawami związanymi ze środowiskiem. Zamiast próbować to zrobić, zachęcałbym spółkę, aby zamiast tego skoncentrowała się na twierdzeniu, które jest łatwiejsze do zademonstrowania: że aktywiści, jak i ustawodawcy, będą obserwować wszystkie prace z wielką dokładnością, a spółka nie ma wyboru tylko być otwartą na ich żądania dotyczące pierwszorzędności

działań związanych z ochroną środowiska. To jest jedyny rodzaj pozytywnej reputacji, który naprawdę pomaga firmie radzić sobie z opozycją, sporami i sytuacjami kryzysowymi: reputacja za natychmiastowe reagowanie na sytuacje kryzysowe.

Na przykład, przy poważnym kryzysie BHP, ludzie chcą, aby firma zaangażowana:

- natychmiast wzięła na siebie odpowiedzialność;
- bez trudu przyjęła słowa krytyki;
- wielokrotnie przeprosiła;
- okazała empatię wobec ofiar;
- otwarcie przyznała się do tego, co źle zrobiła;
- podjęła skuteczne kroki, aby naprawić to, co poszło nie tak, itp.

Po kontrowersji związanej z możliwością kolejnego kryzysu BHP, ludzie chcą wiedzieć, że firma zaangażowana ma reputację, bo wychodzi z kryzysu w ten właśnie sposób.

Ludzie chcą również, aby firma natychmiastowo reagowała na kontrowersje. Chcą, aby firma:

- uznała punkty, w których krytycy mieli rację;
- dzieliła nadzór z krytykami i poszukiwała sposobów bycia odpowiedzialnym za ten nadzór;
- doceniała krytyków za ulepszenia, których byli orędownikami, itp.

Powyższe punkty to sedno kontroli nad społecznym wzburzeniem. Tradycyjni guru od reputacji całkiem ich nie ignorują. Są podciągnięte pod etykietę „społeczna odpowiedzialność biznesu”, która figuruje w widocznym miejscu prawie wszystkich indeksów reputacji korporacyjnej. Na przykład w wywiadzie przeprowadzonym w 2006 r. przez Ernego Landante z Novita Issues Management, Fombrun mówi o przejrzystości, jako o kluczowym aspekcie w reputacji firmy.

Część tego, co dostrzegam jako kwintesencję zmniejszania negatywów reputacji – kontrola społecznego wzburzenia – jest przynajmniej częścią tego, o czym mówią tradycyjni eksperci od zarządzania reputacją.

Ale jest to tylko ułamek tego, o czym mówią. Ja głównie koncentruję się na „korporacyjnej społecznej wrażliwości biznesowej” – na reagowaniu na krytyków oraz tworzenie mechanizmów, które zapewnią, że będziesz nadal na nie reagował. Większość ekspertów od reputacji zdecydowanie bardziej koncentruje się na „społecznej odpowiedzialności biznesowej” – na robieniu rzeczy poprawnych oraz demonstrowaniu, że można na tobie polegać, jeżeli chodzi o kontynuację robienia rzeczy poprawnych. Wrażliwość jest drugorzędnym składnikiem zarządzania dobrą reputacją. Jest za to głównym składnikiem jeżeli chodzi o zarządzanie złą reputacją.

Zasada czwartego kciuka: Reputacja zdobyta dzięki umiejętnemu reagowaniu w trudnych sytuacjach jest jedynym rodzajem dobrej reputacji, któ-

ra naprawdę pomaga przy sporach i w sytuacjach kryzysowych. Ludzie łatwiej akceptują ryzyko i są bardziej chętni wybaczyć szkodę, gdy firma jest znana z bycia wrażliwą na obawy krytyków, za uznawanie rozwiązań, gdzie krytycy mają racje i docenianie ich za ulepszenia, za branie na siebie odpowiedzialności, a nie szukanie kozła ofiarnego, gdy coś pójdzie nie tak oraz za skuteczne przedsięwzięcie kroków, dzięki którym ograniczy się szkody i przyspieszy uzdrowienie sytuacji. To model „społecznej wrażliwości biznesowej”.

Teraz odłóżmy na bok spory o środowisko i zajmijmy się inwestycjami na giełdzie. Istnieją tysiące akcji, które można kupić. Więc, czy wybór akcji powinien być raczej zgodny z modelem kupowania książki, czy też modelem zabierania dzieci do kina? To znaczy, czy na wybór akcji, a za tym idący wybór ceny udziałów nie powinna bardziej wpływać reputacja pozytywna, niż negatywna?

Tak, ale jedynie wtedy, gdy mówimy o tych aspektach reputacji, które bezpośrednio dotyczą decyzji inwestycyjnych. Gdy dokonuję wyboru z tysiąca akcji w poszukiwaniu tych, dzięki którym zarobię najwięcej pieniędzy, będę wybierał najlepsze, a nie będę eliminował najgorszych. Ale założmy, że już wybrałem kilka akcji, które chcę kupić, ponieważ wydaje mi się, że firmy te są niezwykle dochodowe. Teraz biorę pod uwagę inne aspekty reputacji tej grupki wybranych firm – na przykład, czy dbają o środowisko. Kwalifikuję. Z tych kilku akcji, które wybrałem jako mające najlepsze perspektywy inwestycyjne, czy są takie, które chcę wyeliminować z innych powodów? Zła reputacja dotycząca jednej z pobocznych kwestii może doprowadzić do tego, że wyeliminuję dane akcje, pomimo tego, że uważam, iż firma ta jest kurą znoszącą złote jajka, ale dobra reputacja dotycząca jednej z pobocznych kwestii nie zachęci mnie do dodania akcji do mojego portfela, skoro nie oczekuję, że firma ta będzie miała dobre notowania na giełdzie.

I właśnie w ten sposób działa giełda. W tak zwanym ruchu „społecznie odpowiedzialnego inwestowania” chodzi głównie o unikanie społecznie *nieodpowiedzialnych* inwestycji. Niektórzy mówią, że rozpoczęło się to w osiemnastym wieku, kiedy Quakers ustanowili prawa zakazujące inwestowania w handel niewolnikami. Przez lata inne „karygodne” inwestycje zostały dodane do listy: broń, alkohol, hazard, tytoń, pornografia, itp. Obecnie, społecznie odpowiedzialni inwestorzy zwykle unikają firm, które nie sprawdzają się, jeżeli chodzi o takie czynniki jak ochrona środowiska, prawa człowieka, ochrona konsumenta, równość rasowa i płciowa oraz przejrzyste zarządzanie.

Oczywiście wiele firm z kapitałem inwestycyjnym oraz zamożnych ludzi inwestuje w dziedziny, które w ich mniemaniu przyniosą korzyści światu: energia alternatywna, biotechnologia czy nanotech-

nologia, programy mikro pożyczek, itp. Niektórzy czynią to w przekonaniu, że robiąc dobrze, wyjdą na tym dobrze; inni są skłonni zaakceptować niższe zyski oraz wyższe ryzyko za możliwość wpłynięcia na bieg historii, która według nich idzie w dobrym kierunku.

Ale istotą strategii społecznie odpowiedzialnego inwestowania jest kwalifikacja negatywna. Fundusze otwarte, systemy emerytalne oraz inwestorzy indywidualni na ogół wybierają firmy, które, według nich, dobrze sobie poradzą finansowo, a potem sprawdzają je, aby upewnić się, czy nie są to „czarne charaktery”. Nie muszą to być bohaterowie pozytywni.

Wydaje mi się, że sprawy wyglądają podobnie jeżeli chodzi o społecznie odpowiedzialny zakup. Nabywasz produkt lub usługę, ponieważ wydaje ci się najbardziej odpowiednia do wykonania danego zadania. Zakładając, że masz duży wybór, reputacja wysokiej jakości, niska cena, doskonała obsługa klienta, itp. wynosi firmę na szczyt, podczas gdy reputacja niskiej jakości, wysoka cena oraz fatalna obsługa klienta utrzymuje firmę z tyłu, razem z innymi, których nie wybierzesz.

Ale spodziewam się, że reputacja doskonałego obywatela korporacyjnego znacząco mniej zwiększy sprzedaż, niż reputacja fatalnego obywatela korporacyjnego zaszkodzi sprzedaży.

Chociaż społecznie motywowane bojkoty konsumenckie są bardzo trudne do utrzymania, od czasu do czasu osiągają sukces. I przynajmniej są wyobrażalne. Jednym z bardziej udanych bojkotów w historii Ameryki to bojkot winogronowy w latach ‘60 popierający próby czynione przez Narodowe Stowarzyszenie Pracowników Rolnych, założone przez Cesara Chaveza, aby powołać związek zawodowy kalifornijskich zbieraczy winogron. Jak wielu moich przyjaciół, obyłem się przez kilka lat bez winogron stołowych, aby pomóc sezonowym pracownikom walczyć o pensję wystarczającą na utrzymanie oraz o przyzwoite warunki pracy. Ale nie byłoby to w stanie przekonać mnie do jedzenia większej ilości winogron (lub więcej czegokolwiek innego), niż chciałem jeść, po prostu w celu wsparcia przemysłu, który dobrze traktował swoich pracowników.

Ludzie czasami porzucają sposób działania, który do tej pory preferowali, ponieważ są przeciwni firmie, z którą mieliby do czynienia. Ludzie nie wybierają sposobu działania, który ich nie interesuje, ponieważ lubią daną firmę.

Zasada piątego kciuka: Wiele decyzji – jak inwestowanie i kupowanie – rozpoczyna się z dużą ilością rozmaitych opcji, gdzie dobra reputacja jest najbardziej istotna. Ale gdy zostaje już dokonana wstępna selekcja, uwaga przenosi się z dobrej reputacji istotnych czynników, takich jak dochodowość (w przypadku inwestowania) oraz jakość produktu (w przypadku zakupów), na złą reputację czynników mają-

cych drugorzędne znaczenie – jak obywatelska postawa firmy. To model kwalifikowania negatywnego.

Poznaliśmy zasady pięciu kciuków:

- Gdy ludzie mają wiele różnorodnych opinii, dobra reputacja ma większe znaczenie niż zła reputacja. Jest to model „szukania książki do kupienia”.
- Gdy możliwości są ograniczone, a do wyboru jest jedynie zaakceptowanie „poddania się bez walki” lub robienie zamieszania, zła reputacja ma większe znaczenie niż dobra reputacja. Jest to model „zdecydować, czy pozwolić dzieciom iść do kina na film, który wybrały”. Jest to również model „zdecydować, czy pozwolić spółce otworzyć kopalnię”.
- Nawet gdy możliwości są ograniczone, jeżeli pojawi się wiarygodny sprzeciw w stosunku do „poddania się bez walki”, dobra reputacja ma znaczenie przy ocenie tego sprzeciwu. Ale tylko w tym jednym przypadku; ogólnie, zła reputacja nadal bardziej szkodzi, niż dobra reputacja pomaga. Jest to model „zdecydować czy zaufać firmie, jeżeli chodzi o ochronę środowiska”.
- Reputacja umiejętnego radzenia sobie w sytuacji kryzysowych jest jedynym rodzajem reputacji, który pomaga w sporach i kryzysach. Ludzie są bardziej skłonni zaakceptować ryzyko i są w stanie wybaczyć więcej, gdy firma znana jest z tego, że jest otwarta/wrażliwa na obawy ze strony krytyków, z uznawania opinii krytyków, tam gdzie mają rację oraz uznawania ich zasług w proponowanych ulepszeniach, za branie na siebie winy, a nie szukanie kozła ofiarnego, gdy coś idzie nie tak, a także za efektywne działanie w celu ograniczenia szkód i szybkie ich naprawianie. Jest to model „społeczna wrażliwość biznesowa”.
- Wiele decyzji – takich jak inwestowanie i nabywanie – rozpoczyna się z szerokim spektrum możliwości, gdzie dobra reputacja ma największe znaczenie. Ale gdy zostanie dokonana pierwsza selekcja, nacisk przenosi się z dobrej reputacji czynników podstawowych, takich jak dochodowość (w przypadku inwestowania) oraz jakości produktów (w przypadku kupowania), na złą reputację czynników mających drugorzędne znaczenie – jak obywatelska postawa firmy. Jest to model „kwalifikowania negatywnego”.

Jako konsultant od komunikacji ryzykalnej, o wiele bardziej interesuję się komponentami reputacji, takimi jak obywatelska postawa firmy, niż dochodowością czy jakością produktu. Gdy nacisk kładziony jest na kwestie, takie jak rzeczniwość w sprawach ochrony środowiska, społeczna sprawiedliwość, czy niezależność korporacyjna, Google dobrze to określa. „Nie bądź niegodziwy” – to hasło przewodnie zarządzania reputacją. Reputacja kogoś

niegodziwego może naprawdę zaszkodzić. Reputacja kogoś dobrego może trochę pomaga.

Minusy dobrej reputacji

Czasami reputacja dobrego człowieka może zaszkodzić. Po pierwsze, bo przyciąga obrazoburców. Tak jak firmy mają więcej możliwości inwestycyjnych niż kapitału inwestycyjnego i dlatego muszą wybierać owoce wiszące najniżej, tak też dziennikarze, aktywiści i ustawodawcy mają więcej potencjalnych celów, niż personelu i czasu, aby każdym celem się zająć. Tak więc i oni ciągle zbierają najniżej wiszące owoce, decydując, które firmy zaatakować, a którym dać spokój.

Firmy o złej reputacji są częstym celem – i to jest jednym z najważniejszych minusów złej reputacji. Ta kumulacja może nie być sprawiedliwa, ale jest nieunikniona. Na przykład w 1995 r. decyzja Shell o zatopieniu w Morzu Północnym przestarzałej platformy wiertniczej Brent Spar wywołała największy europejski spór dekady dotyczący kwestii środowiska. Później, tego samego roku, Shell znowu pojawił się w wiadomościach, gdy nigeryjski rząd wojskowy zorganizował szybki proces pokazowy i skazał na karę śmierci przez powieszenie dziewięciu członków plemienia Ogoni (w tym także pisarza Kena Sawo-Wiwę) za przestępstwa, które rzekomo popełnili podczas protestów przeciwko szkodom wyrządzonym środowisku przez rozwój odwiertów ropy w Nigerii, prowadzonych przez Shell na terenach plemienia Ogoni. Te nigeryjskie egzekucje przez powieszenie uzyskały ogromny rozgłos w Europie – nie dlatego, że media europejskie z reguły śledzą uważnie naruszenia praw człowieka w Nigerii, ale dlatego, że Brent Spar doprowadził do tego, iż wszystko co złe odzwierciedlało Shell – było głośno dyskutowane w Europie.

Innym przykładem jest długo trwająca walka pomiędzy General Electric (GE) a Amerykańską Agencją Ochrony Środowiska (EPA), dotycząca skażenia rzeki Hudson dwufenylem polichlorowanym (PCB). GE pozbywała się PCB wrzucając go do rzeki w latach 1947-1977. W 1983 r. EPA oświadczyła, iż dwustu milowy pas rzeki Hudson należy teraz do Superfund i nakazała GE rozpocząć procedurę oczyszczania. GE sprzeciwiało się – i firma w rzeczywistości nie rozpoczęła działań dragowania osadu z rzeki Hudson aż do 2009 r. Nie mogę tego udowodnić, ale w czasie tych 26 lat słyszałem ze źródeł przemysłowych i nadzorujących, że EPA wrzuciło GE na samą górę swojej „czarnej listy” i poinstruowała urzędników w całym kraju, aby rozprawiali się z każdym naruszeniem GE, nawet tym najmniejszym. (Tak samo, kto uważa że ustawodawcy w Stanach odpuszczą w najbliższym czasie jakimkolwiek działaniom prowadzonym przez BP?).

Ale jeżeli zła reputacja staje się ogromną tarczą na tak zwanych „plecach” danej firmy, to dobra reputacja działa podobnie, chociaż tarcza ta jest mniejsza. Tak właśnie tworzą się reputacje – za pomocą obalenia najlepszego lub przynajmniej próbując go obalić. Jedną ze standardowych rekomendacji w budowaniu reputacji w momencie nadchodzącego kryzysu, to atak na kogoś większego niż ty sam i budowanie reputacji w oparciu o reputację zaatakowanego celu.

Gdy dziennikarze, aktywiści czy ustawodawcy podejmują decyzję, jaką firmą się zająć, najbardziej zniechęceni pojawiają się na szczycie listy, ponieważ są łatwą zdobyczą. Potem następuje kolej na firmy uwielbiane, ponieważ obalenie jednej z nich – to game-changer. Firmy, które ani nie są zniechęceni, ani nie są uwielbiane, są mało atrakcyjnym celem. W niektórych przypadkach brak rozgłosu przewyższa posiadanie dobrej reputacji.

Dobra reputacja nie tylko przyciąga krytyków. Ona również mówi im, co krytykować: znajdź jeden z filarów dobrej reputacji twojego celu, który został wyolbrzymiony i przez to stał się słabym punktem. A potem doprowadź go do upadku. Wybierz firmę, która była chwalona przez lewicę za swoje wartości postępowe i udowodnij, że potajemnie wykorzystuje tanią siłę roboczą w Azji. Wybierz polityka, który był chwalony przez prawicę za swoje wartości rodzinne i udowodnij, że potajemnie jest stałym klientem prostytutek.

Lub wybierz koncern naftowy, który zyskał na sile za zapewnienia reklamowe: „Więcej niż benzyna” i udowodnij, że inwestycje w energię alternatywną stanowią minimalny procent inwestycji naftowych. W 2001 r. British Petroleum oficjalnie zmieniło nazwę na BP oraz zaczęło pozycjonować swoją markę za pomocą sloganu „Więcej niż benzyna”. Argumentowałem wtedy, że „Więcej niż benzyna” było błędem, który na pewno zrazi krytyków i spowoduje zarzuty o hipokryzję. Piątego maja 2010 r. na początku wycieku z platformy wiertniczej Deepwater Horizon, napisałem:

Wyrafinowana próba BP przebranżawiania firmy za pomocą sloganu „Więcej niż benzyna” prawdopodobnie zwiększy szkody reputacyjne wyrządzone wyciekiem. I nie bez powodu. Firma pozowała na zieloną ikonę. Dlatego właśnie przyciągała obrazoburców chętnych do określenia przebranżowienia jako pewnego rodzaju zielonego mydlenia oczu (ekościema). Teraz będzie musiała zbierać, co sama zasiała.

Szeregowanie pod względem ważności budowania reputacji

Duża część tego artykułu poświęcona jest różnieniu pomiędzy poszukiwaniem dobrej reputacji i unikaniem złej. Gdy decydenci mają duże spek-

trum możliwości, wydaje mi się, że szukają głównie firm z dobrą reputacją – jeżeli chodzi o cenę i dochodowość. Jednak gdy decydenci kwalifikują swoje listy kandydatów lub kiedy starają się zdecydować, czy ingerować w coś, co i tak jest już przesądzone, głównie koncentrują się na złej reputacji czynników, takich jak społeczna odpowiedzialność biznesowa.

Ale w przypadku większości organizacji, na ogół sprawa nie dotyczy dobrej reputacji – w przeciwieństwie do złej reputacji. Chodzi o to, co robić, gdy ma się reputację pośrednią. Lub, raczej, co robić, gdy ma się dwie pośrednie reputacje. Niektórzy udziałowcy raczej lubią cię ze względu na kilka jakichś powodów, podczas gdy inni udziałowcy nie lubią cię z powodów zupełnie innych. Co najbardziej pomoże: zwiększenie admiracji ze strony zwolenników czy złagodzenie skarg krytyków? Wydaje mi się, że to drugie.

Na pewno jeżeli chodzi o spór, to wybierzemy drugie rozwiązanie. Powiedzmy, że starasz się uzyskać nowe pozwolenia w celu rozbudowy fabryki, co prowadzi do emisji większej ilości substancji zanieczyszczających środowisko. I powiedzmy, że 15% sąsiadów popiera twoje działania, 15% im się sprzeciwia, a 70% nie jest zainteresowanych. Co polepszy szanse uzyskania potrzebnych zezwoleń: podniesienie poparcia społeczności z 15% na 25% czy zmniejszenie opozycji z 15% na 5%?

Zdecydowanie to drugie. Większość tego co możesz zrobić, aby zwiększyć poparcie, doprowadzi równocześnie do zwiększenia opozycji. Więc jak poparcie skacze z 15% na 25%, to opozycja prawdopodobnie podskoczy z 15% na 20%. Teraz pojawił się większy spór, gdzie 45% społeczności przechodzi na różne strony a nie tylko 25%. Duże poparcie i duża opozycja oznaczają wiele gniewnych spotkań. Decydenci – tak jak ustawodawcy odpowiedzialni za wydawanie zezwoleń – starają trzymać się z daleka od sporów. Projekty, które spotykają się z dużym poparciem i silną opozycją, są z reguły odkładane w celu dalszych kontroli, co *de facto* jest zwycięstwem opozycji. Nawet jeżeli projekt zostanie zatwierdzony, zrażanie tyłu przegranych to wysoka kwota do zapłacenia: zła reputacja sięgnie zenitu.

Jeżeli będziesz w stanie zmniejszyć liczbę opozycji z 15% na 5%, to na pewno ostudzi to nastroje wszystkich zainteresowanych. Stracisz po drodze część zwolenników, którzy uważają, że nie są już potrzebni teraz, gdy sprawa nie jest już taka nagląca. Ale to nie szkodzi; wszystko wskazuje na to, że faktycznie *nie* są potrzebni. Małe poparcie i mały sprzeciw oznaczają, że właściwie może robić, co chce, a twoja reputacja mało na tym ucierpi.

Moi klienci raz po raz stają przed takim wyborem: pozyskać poparcie ciągle mówiąc o silnych stronach swojej reputacji, czy zmniejszyć opozycję przyznając się do minusów swojej reputacji podejmując kroki, aby minusy te złagodzić. Naturalną

skłonnością moich klientów jest to, co uważam za zły wybór:

- Zamiast podkreślać to, co robią, aby zająć się obawami krytyków, moi klienci chcą się koncentrować na tym, co najlepsze dla ich przedsięwzięcia.
- Zamiast starać się zmniejszać zainteresowanie potencjalnych przeciwników w nadziei, że się nie zaangażują, moi klienci chcą prowadzić działania zwiększające zainteresowanie potencjalnych zwolenników, dzięki czemu będą chętniejsi przyjść na spotkanie publiczne.
- Zamiast starać się zakończyć walkę, moi klienci chcą spróbować ją wygrać.

W przykładzie dotyczącym górnictwa, który rozpoczyna ten artykuł, pytaniem jest, czy spółka powinna skoncentrować się na miejscach pracy (główna mocna strona proponowanej kopalni), czy na środowisku (główna słaba strona).

W sporze, podwyższenie pozytywnej reputacji z reguły oznacza zwiększenie poparcia – co pomaga wygrywać walki. Zmniejszanie negatywnej reputacji z reguły oznacza zmniejszanie opozycji – co pomaga kończyć walki. Prawie zawsze lepiej jest kończyć walki niż je wygrywać.

Copyright © 2010 by Peter M. Sandman
Copyright © 2011 for Polish Edition by
Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego
Ochrony Przeciwpożarowej - PIB

Druga część artykułu, zawierająca podsumowanie przemyśleń Petera M. Sandmana ukaze się w następnym numerze kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”

dr n. med. **Robert GAŁĄZKOWSKI**
Zakład Medycyny Ratunkowej
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego,
Dyrektor SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe
mgr **Agata PAWLAK**
Kierownik Działu Ratownictwa Medycznego
SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe

NARODOWY PROGRAM SZKOLENIA DYSPOZYTORÓW MEDYCZNYCH JAKO ELEMENT PRZYGOTOWANIA KADRY DYSPOZYTORÓW MEDYCZNYCH DO WSPÓŁPRACY Z LOTNICZYM POGOTOWIEM RATUNKOWYM W ZAKRESIE OPERACJI NOCNYCH

National Medical Dispatchers Training Program as a part of preparing medical dispatchers to work with the Polish Medical Air Rescue in night operations

Streszczenie:

Decyzje podejmowane przez dyspozytorów medycznych systemu Państwowe Ratownictwo Medyczne w zakresie dysponowania właściwych sił i środków ratowniczych do akcji ratunkowej stanowią kluczowy moment w działaniach ratowniczych. Podstawą do podjęcia optymalnej decyzji jest właściwe przeprowadzenie wywiadu dyspozytorskiego, a przez to pozyskanie jak największej wiedzy na temat poszkodowanego/poszkodowanych. Mając świadomość tych uwarunkowań SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe (SP ZOZ LPR) podjął działania, które mają na celu przeszkolenie wszystkich dyspozytorów medycznych w Polsce w oparciu o opracowany program szkolenia, który został nazwany Narodowym Programem Szkolenia Dyspozytorów Medycznych (NPSDM). Szkolenie to przewiduje przede wszystkim przygotowanie dyspozytorów medycznych do współpracy z lotniczymi zespołami ratownictwa medycznego w porze nocnej, ale również przypomnienie zasad współpracy w dzień oraz wskazań do dysponowania lotniczych zespołów ratownictwa medycznego. W celu realizacji NPSDM przyjęto harmonogram szkoleń w każdym województwie, który zostanie zrealizowany do końca 2011 roku.

Summary

Decisions taken by medical dispatchers of The State Emergency Medical System for the disposition of forces and resources relevant to emergency rescue are a key moment in the rescue operations. Basis for making an optimal decision is appropriate interview conducted by the medical dispatcher, and thus gain the greatest knowledge of the victim/victims. Aware of these considerations, Polish Medical Air Rescue has taken actions which aim is to train all medical dispatchers in Poland based on the developed training program, which was named the National Medical Dispatchers Training Program. This training provides, most of all, the preparation of medical dispatchers to work with air medical rescue teams during the night operations, as well as guide to the principles of cooperation during the day operations and remind indications to dispose of air medical rescue teams. To implement the National Medical Dispatchers Training Program, training schedule for every province, which will be completed by the end of the year 2011, was adopted.

Słowa kluczowe: właściwe dysponowanie sił i środków, współpraca z lotniczymi zespołami ratownictwa medycznego, szkolenie;

Keywords: appropriate disposition of forces and resources, cooperation with the air medical rescue teams, training;

Wstęp

Osobą warunkującą skuteczne funkcjonowanie systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego jest dyspozytor medyczny. Oczywiście oceniając całą skuteczność działania systemu trudno na każdym etapie akcji ratunkowej oceniać ją przez pryzmat dyspozytora medycznego, ale chyba najbardziej neuralgicznym momentem w przebiegu akcji ratunkowej jest właściwie przeprowadzony wywiad dyspozytorski oraz podjęcie decyzji o zadysponowaniu na miejsce zdarzenia właściwych sił i środków ratunkowych w ujęciu ilościowym i doborze optymalnych sił i środków. Dyspozytor dysponując zespoły ratunkowe przed podjęciem decyzji powinien brać pod uwagę kilka istotnych zmiennych między innymi: czas dotarcia zespołu do osoby w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego, czas transportu poszkodowanego z miejsca zdarzenia oraz możliwości diagnostyczne i terapeutyczne szpitali, do których pacjent będzie transportowany z miejsca akcji pod kątem optymalnego wyboru szpitala stosownego do stanu pacjenta.

Te zadania i kluczowa rola dyspozytora medycznego systemu zadecydowały o stworzeniu i realizacji Narodowego Programu Szkolenia Dyspozytorów Medycznych, jako elementu całej strategii wprowadzania do służby w Lotniczym Pogotowiu Ratunkowym nowych śmigłowców Eurocopter EC 135. Podstawową różnicą, która zaczęła obowiązywać w SP ZOZ LPR od 2011 w roku i będzie stopniowo wdrażana przez następne lata w poszczególnych bazach jest wprowadzanie maszyn w dyżury po zachodzie słońca. W niektórych bazach będzie to zakres 24-godzinny, w innych od godziny 7:00 do godziny 23:00, a w pozostałych od godziny 7:00 do godziny 20:00. Ta dość znacząca zmiana wymaga przygotowania dyspozytorów medycznych, wyposażenia ich w odpowiednią wiedzę i umiejętności niezbędne do podejmowania decyzji o zadysponowaniu śmigłowca ratunkowego do działań ratowniczych w porze nocnej. Lotnicze Pogotowie Ratunkowe przyjęło założenie wyszkolenia wszystkich dyspozytorów medycznych w Polsce w zakresie współpracy ze śmigłowcem ratunkowym w operacjach nocnych do końca 2011 roku.

Cel pracy

Celem pracy było przeanalizowanie skuteczności procesu szkolenia na podstawie anonimowej ankiety wypełnianej przez szkolonych dyspozytorów medycznych w zakresie wiedzy przekazanej przez instruktorów Lotniczego Pogotowia Ratunkowego. Celem przygotowanej ankiety było pozyskanie ewentualnej wiedzy mogącej służyć uzupełnieniu programu szkolenia oraz niezbędnych zmian podnoszących walory szkolenia w ujęciu jeszcze lepszego odbioru przekazywanych treści szkolenia.

Realizując zatem przyjęte założenie przygotowano zakres tematyczny szkolenia, który obejmował następujące obszary:

1. Podstawy prawne działania SP ZOZ LPR i zasady finansowania jednostki.
2. SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe:
 - a. Struktura operacyjna jednostki z podziałem na regiony i filie,
 - b. Flota maszyn znajdująca się w dyspozycji SP ZOZ LPR
 - c. Skład załogi i zadania realizowane przez poszczególnych członków zespołu,
 - d. Wyposażenie medyczne śmigłowca ratunkowego.
3. Zasady działania Lotniczego Pogotowia Ratunkowego z podziałem na:
 - a. Rodzaje misji wykonywanych przez SP ZOZ LPR,
 - b. Zasięgi działania śmigłowców SP ZOZ LPR,
 - c. Różnego rodzaju ograniczenia operacyjne i techniczne.
4. Działalność operacyjna:
 - a. Czas dyżurów w różnych miesiącach w roku oraz w zakresie dyżurów nocnych,
 - b. Kryteria wezwania śmigłowca ratunkowego,
 - c. Porównanie czasów dotarcia,
 - d. Wykonywanie misji HEMS w dzień,
 - e. Wykonywanie misji HEMS w nocy.
5. Mapy, jako wsparcie dla dyspozytorów medycznych:
 - a. Korzystanie z map z zasięgami śmigłowców,
 - b. Wykaz „miejsz gminnych”.
6. Współpraca z dyspozytorami medycznymi:
 - a. Schemat wezwania śmigłowca ratunkowego,
 - b. Przyjęcie wezwania,
 - c. Zasady łączności,
 - d. Komunikacja z załogą śmigłowca ratunkowego,
 - e. Organizacja działań ratunkowych.
7. Symulacje zdarzeń.
8. Podsumowanie szkolenia.

Szkolenie kończyło się prośbą do uczestników o wypełnienie anonimowej ankiety ewaluacyjnej. Pierwsze takie szkolenie odbyło się na terenie województwa mazowieckiego w 4 terminach: 21, 22, 23, i 24 marca 2011 roku. W szkoleniu tym udział wzięły 293 osoby, w tym:

1. dyspozytorzy medyczni,
2. funkcjonariusze operacyjni KCKRiOL PSP,
3. funkcjonariusze operacyjni WSKR – mazowieckiego,
4. pracownicy WCZK mazowieckiego urzędu wojewódzkiego.

Poniżej przedstawiono pytania, które pojawiły się w ankiecie ewaluacyjnej:

ANKIETA EWALUACYJNA
Szkolenie dla dyspozytorów medycznych

1. Staż pracy jako dyspozytor medyczny

Mniej niż 1 rok 1 – 5 lat 5 lat i więcej

2. W jakim stopniu szkolenie spełniło Państwa oczekiwania?

(w skali od 1-nie spełniło oczekiwań do 6 – przerosło oczekiwania):

1 2 3 4 5 6

Uwagi:.....

3. Jaka jest Państwa ogólna ocena szkolenia?

(w skali od 1-niska do 6 – bardzo wysoka):

1 2 3 4 5 6

Uwagi:.....

4. Jak oceniają Państwo organizację szkolenia?

(w skali od 1-niezadowolające do 6 – bardzo dobre):

1 2 3 4 5 6

Uwagi:.....

5. Jak oceniają Państwo materiały otrzymane w czasie szkolenia?

(w skali od 1-niezadowolające do 6 – bardzo dobre):

1 2 3 4 5 6

Uwagi:.....

6. Jak oceniają Państwo przygotowanie merytoryczne prowadzących szkolenie?

(w skali od 1-niezadowolające do 6 – bardzo dobre):

1 2 3 4 5 6

Uwagi:.....

7. W jakim stopniu podobał się Państwu dobór metod pracy na szkoleniu?

(w skali od 1-niezadowolające do 6 – bardzo dobre):

1 2 3 4 5 6

8. Co sądzą Państwo na temat czasu trwania szkolenia oraz programu:

Szkolenie trwało: zbyt długo odpowiednio długo zbyt krótko

Program był: zbyt obszerny odpowiedni niewystarczający

Uwagi:.....

9. Która część/moduł szkolenia był/a Państwa zdaniem najbardziej przydatna/y:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

10. Zagadnienia, o które powinno być poszerzone szkolenie:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

11. Zagadnienia, o które powinno być skrócone szkolenie:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

12. Czy szkolenie przygotowało Państwa do współpracy z SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe?

- Tak
- Nie

Uzasadnienie.....
.....
.....
.....

Dziękujemy za wypełnienie ankiety!

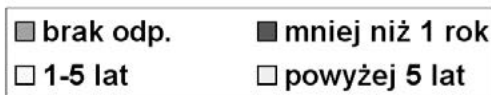
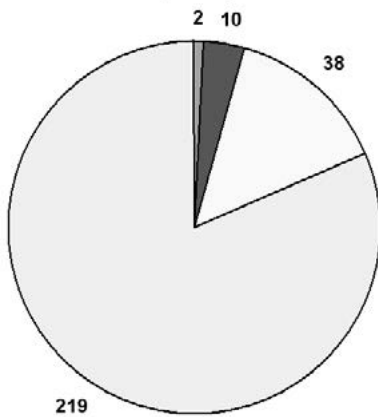
Wyniki ankiet:

liczba ankietowanych
269 osób

1. Staż pracy jako dyspozytor medyczny

brak	< niż 1 rok	1-5 lat	5 lat i >
2	10	38	219

Staż pracy dyspozytorów medycznych



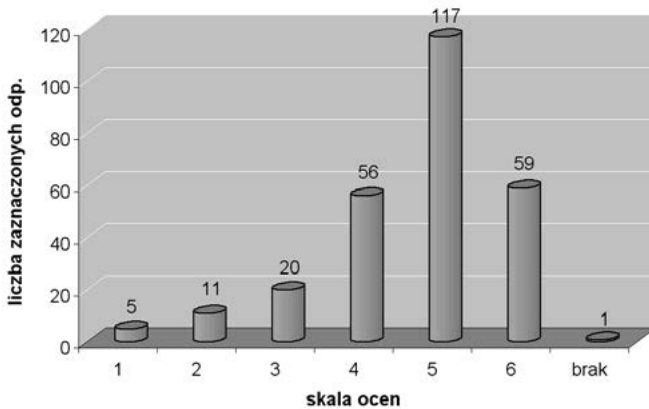
2. W jakim stopniu szkolenie spełniło Państwa oczekiwania?

skala 1-6

1 – nie spełniło oczekiwań
6 – przerosło oczekiwań

skala

1	2	3	4	5	6	brak
5	11	20	56	117	59	1



Uwagi:

1. brak śmigłowca aby obejrzeć, zapoznać się - bo slajdy i zdjęcia nie odzwierciedlają całokształtu Państwa pracy;

- za mało czasu na dyskusję o problematyce pracy dyspozytorów medycznych;
- mało czasu na problemy dyspozytorów co do wysyłania karetek do zachorowań, które nie zagrażają życiu;
- przegadane, mało istotne informacje, nacisk jedynie na „wzywajcie nas, bo nie latamy”;
- bardzo dużo informacji przedstawionych dobrze i obrazowo;
- nudne traktowanie nas, jako ludzi nie znających pracy dyspozytora;
- spełniło oczekiwania;
- słaby plan prowadzenia, mało konkretów, mało precyzyjności.

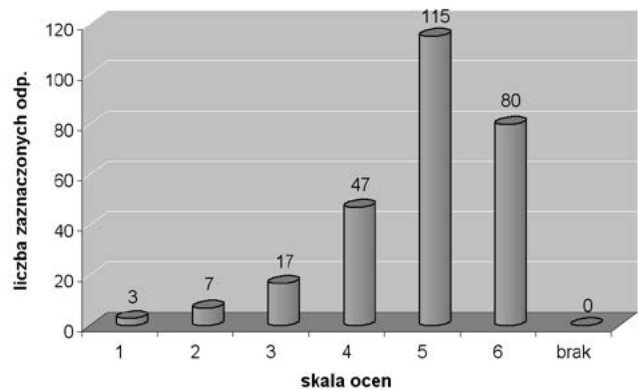
3. Jaka jest Państwa ogólna ocena szkolenia?

skala 1-6

1 – niska
6 – bardzo wysoka

skala

1	2	3	4	5	6	brak
3	7	17	47	115	80	0



Uwagi:

- brak śmigłowca, aby obejrzeć, zapoznać się - bo slajdy i zdjęcia nie odzwierciedlają całokształtu Państwa pracy;
- przekaz jak do dzieci, osób nie mających kontaktu z zawodem;
- bardzo przydatna w pracy;
- proszę przeszkolić dyrektorów i lekarzy;
- średnie przygotowanie prowadzących.

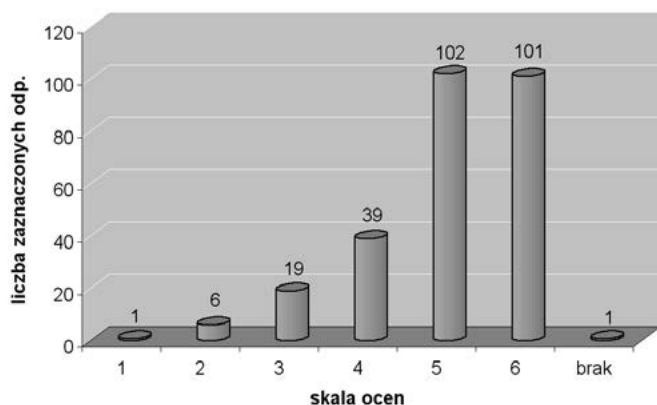
4. Jak oceniają Państwo organizację szkolenia?

skala 1-6

1 – niezadowolające
6 – bardzo dobre

skala

1	2	3	4	5	6	brak
1	6	19	39	102	101	1



Uwagi:

1. częste przerwy;
2. mniej przerw, lepszej jakości filmy – nie tak sztucznie spreparowane.

5. Jak oceniają Państwo materiały otrzymane w czasie szkolenia?

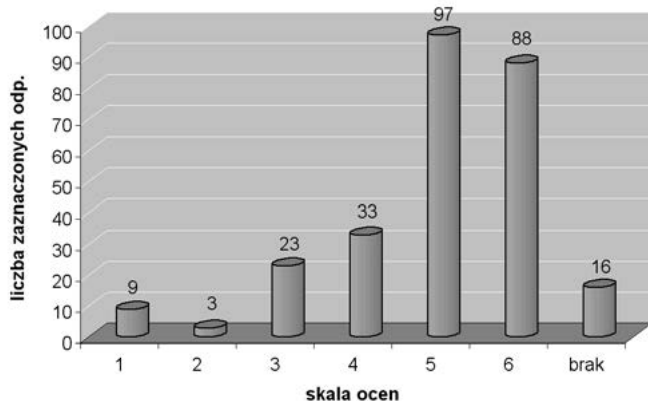
skala 1-6

1 – niezadowolające

6 – bardzo dobre

skala

1	2	3	4	5	6	brak
9	3	23	33	97	88	16



Uwagi:

1. dobrze, że są;
2. nie otrzymałem;
3. brak materiałów;
4. bardzo dobrze;
5. rozważyć możliwość dania materiałów w formie elektronicznej.

6. Jak oceniają Państwo przygotowanie merytoryczne prowadzących szkolenia?

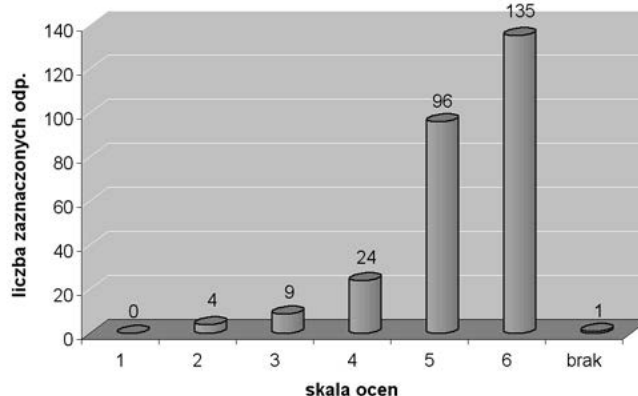
skala 1-6

1 – niezadowolające

6 – bardzo dobre

skala

1	2	3	4	5	6	brak
0	4	9	24	96	135	1



Uwagi:

1. dot. osób z Pogotowia Lotniczego;
2. było świetnie;
3. Pani ratowniczką na 6+;
4. brak ekspresji przekazywania danych podczas wykładów (dotyczy Panów);
5. ok., bez uwag;
6. dobrze;
7. wypowiedzi zbyt długie, powtarzanie kilkakrotnie oczywistych rzeczy.

7. W jakim stopniu podobał się Państwu dobór metod pracy na szkoleniu?

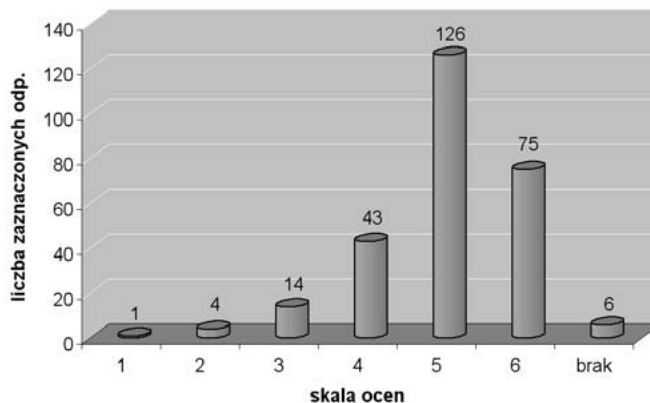
skala 1-6

1 – niezadowolające

6 – bardzo dobre

skala

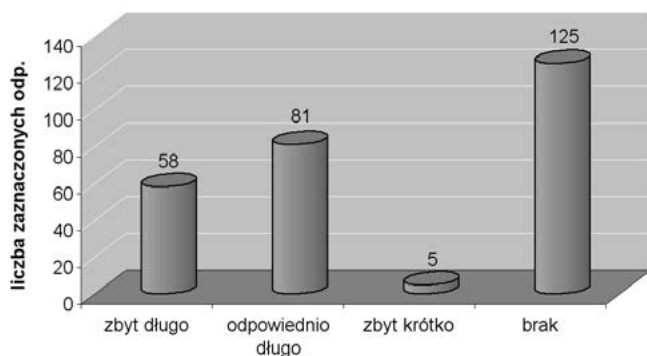
1	2	3	4	5	6	brak
1	4	14	43	126	75	6



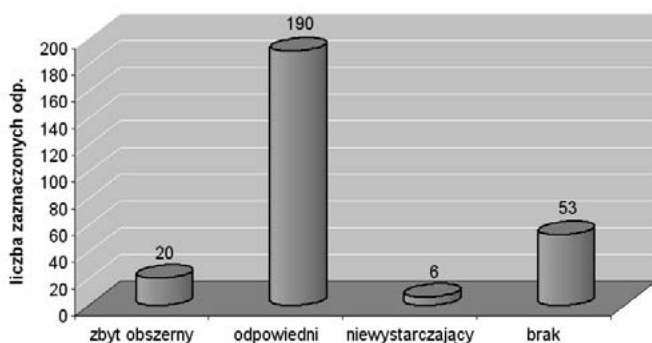
8. Co sądzą Państwo na temat czasu trwania szkolenia oraz programu:

szkolenie trwało:	zbyt długo	odpowiednio długo	zbyt krótko	brak
	58	81	5	125
program był:	zbyt obszerny	odpowiedni	niewystarczający	brak
	20	190	6	53

Czas trwania szkolenia



Ocena programu szkolenia



uwagi:

1. za długie przerwy;
2. zbyt długo trwało szkolenie jednorazowo;
3. panele nakładają się na siebie – powtarzały się.

9. Która część modułu szkolenia była Państwa zdaniem najbardziej przydatna?

- część dot. pracy SP ZOZ LPR, a szczególnie przyjmowania wezwań i szybkiego czasu dotarcia na miejsce wezwań;
- całość szkolenia jest bardzo przydatna;
- wszystkie;
- szkolenie wyczerpujące;
- sposób używania HEMS;
- współpraca z SP ZOZ LPR;
- sposób wzywania SP ZOZ LPR;
- współpraca z zespołem HEMS;
- w jaki sposób wzywać SP ZOZ LPR;
- przyjmowanie wezwania od dyspozytora medycznego;
- łączność SP ZOZ LPR – CPR;
- praca i współpraca dyspozytorów;
- symulacja zdarzeń;
- praktyka + symulacja;
- kontakt z SP ZOZ LPR sąsiednim;
- rozmieszczenie SP ZOZ LPR;
- część filmowa;
- zasady działania HEMS;
- filmy przykładowe;
- przyjmowanie dla was wezwań;
- nadawanie ich wam;

- współpraca dyspozytorów med. z HEMS i dyspozytorem krajowym;
- mapy obrazujące lądowiska i placówki SP ZOZ LPR;
- forma przekazywania zgłoszenia do SP ZOZ LPR;
- ostatnia;
- tylko opis śmigłowca;
- praca ratownika;
- lot śmigłowca nocą;
- pierwsza i druga;
- nie mam zdania;
- podstawa prawna;
- szkolenie z mapami;
- czasy dotarcia na miejsce zdarzenia zespołu HEMS;
- zasięg, koordynacja;
- scenariusze;
- zakres i okręg działania;
- dla mnie z uwagi na krótki staż dyspozytorski, każdy moduł był wartościowy, rozwiał wątpliwości i moją niewiedzę na temat HEMS;
- przykłady przytaczane w trakcie modułów - zasady dysponowania.

10. Zagadnienie, o które powinno być poszerzone szkolenie:

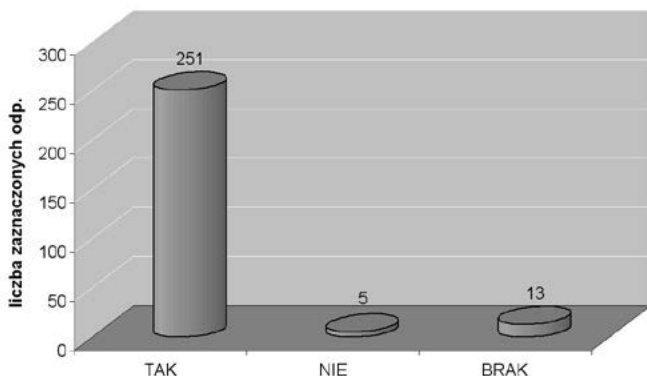
- CPR;
- zasady prawne;
- konkretne przykłady pacjentów do wezwań HEMS i przypadki pacjentów, którzy nie mogą być zakwalifikowani do transportu HEMS;
- symulacje zdarzeń;
- więcej czasu można poświęcić na rozwiązywanie problemów w pracy dysp. med.;
- sposób wzywania SP ZOZ LPR;
- problematyka wezwań nieuzasadnionych;
- praktyka – w sensie zwiedzanie SP ZOZ LPR, śmigłowca;
- stanowisko dyspozytora medycznego w świetle prawa;
- konkretne zdarzenia – przykłady;
- bezpośrednia współpraca HEMS z CRM;
- pogotowie lotnicze;
- wystarczający zakres szkoleń;
- więcej pokazów;
- podanie nr. telefonów HEMS;
- wykorzystania śmigłowców;
- wszystko zostało ujęte;
- łączność z dyspozytorami CPR oraz zespołami RM;
- więcej zebranych przykładów trudnych do rozwiązania;
- dolotu HEMS do najbardziej oddalonych od miejsca stacjonowania stacji pogotowia;
- konkretne wezwania i dysponowania zespołami;
- nie wiem;
- było wystarczające;
- studiowanie mapy.

11. Zagadnienia, o które powinno być skrócone szkolenie:

- przerwy powinny być krótkie;
- sprawy finansowe, które nie dotyczą dyspozytora;
- zbyt dużo zagadnień wyłącznie dla SP ZOZ LPR;
- z organizacji pogotowia lotniczego;
- historii pogotowia lotniczego – wstęp;
- dalszy transport do szpitali oraz umiejscowienie tych szpitali;
- część pierwsza krótsza, o ustawie o ratownictwie mówi się na każdym szkoleniu;
- SP ZOZ LPR struktura;
- teoria, akty prawne;
- nie ma takiego zagadnienia;
- symulacje;
- w normie;
- opis SP ZOZ LPR;
- wytyczne wywiadu dyspozytorskiego;
- program odpowiedni;
- żadne;
- szkolenie z mapy, treść legendy;
- przyjmowanie wezwań;
- filmy z wzywania HEMS.

12. Czy szkolenie przygotowało Państwa do współpracy z SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe?

TAK	NIE	BRAK
251	5	13



uzasadnienie:

- b. dobre przygotowanie merytoryczne;
- SP ZOZ LPR z ludzką twarzą;
- szkolenia w mniejszych grupach, najlepiej z konkretnym CPR z dyspozytorem i omówienie danego terenu;
- dziękuję;
- dobre przygotowanie merytoryczne;
- zawsze każde szkolenie przynosi efekt;
- oczywiście jak najbardziej;
- dowiedziałem się dokładnie jak funkcjonuje SP ZOZ LPR, większość informacji nie była mi dotąd znana;
- wszystko było ok.;
- dobrze zobrazowane, poparte odpowiednimi przykładami;
- brak ćwiczeń (zbyt ogólnie);
- dziękuję za mapy SP ZOZ LPR;

- współpracuje od dawna, wszystko co było na szkoleniu było mi znane;
- dużo istotnych i konkretnych informacji, jeśli chodzi o wezwanie HEMS - do zdarzenia;
- wyjaśniło mi pewne problemy i zasady;
- pogłębienie świadomości;
- pewność w podejmowaniu decyzji, co do słuszności w zakresie wzywania Pog. Lot;
- zdobyłam nowe wiadomości dotyczące HEMS;
- dzięki temu szkoleniu będę częściej wzywał do pomocy HEMS;
- bardzo dziękujemy;
- przygotowało; czuję się pewniej, mam więcej wiadomości;
- ale nie na 100%;
- nie w pełni - za krótki okres czasu;
- dla mnie z uwagi na krótki staż dyspozytorski, każdy moduł był wartościowy, rozwiał wątpliwości i moją niewiedzę na temat HEMS;
- brak dotychczasowej wiedzy odnośnie przekazywania informacji;
- nie zmieniło w mojej ocenie sytuacji i przydatności HEMS w Warszawie.

Opis

Uczestnicy szkolenia wypełnili 269 ankiet, gdzie 219 osób (81% ankietowanych) wskazało swoje doświadczenie zawodowe, jako dyspozytor medyczny ze stażem powyżej pięciu lat pracy. Tak duży odsetek zaznaczonych odpowiedzi w tym przedziale świadczy, że uczestnicy byli doświadczonymi pracownikami na tym stanowisku. Pracę poniżej jednego roku na tym stanowisku odnotowało 10 osób (4%), a w przedziale od jednego do pięciu lat – 38 osób (14%). Brak odpowiedzi – 2 osoby.

Ocena spełnienia oczekiwań uczestników wypadła bardzo dobrze. W skali od 1 do 6, gdzie 1 oznaczało niespełnienie oczekiwań, a 6 – przerosło oczekiwania, najwięcej odpowiedzi zaznaczono na 5 oraz na 6 (razem 65%). W przypadku 13% szkółących zaznaczono ocenę 1, 2 i 3. Zatem zdecydowana większość wystawiła pozytywną ocenę z zakresu spełnienia oczekiwań ze szkolenia, mimo iż w przypadku szkolenia na terenie województwa mazowieckiego, dyspozytorzy nie otrzymywali zaliczenia doskonalenia zawodowego w formie seminarium.

Ogólna ocena szkolenia została oceniona bardzo wysoko – oceny w zakresie 5 i 6 stanowiły 72% odpowiedzi. W przypadku trzech osób ocena ta była niska.

Organizację szkolenia oceniono również na bardzo wysokim poziomie – zaznaczone odpowiedzi w zakresie 5 i 6 wynoszą 75% zaznaczonych odpowiedzi. Nikt nie wystawił najniższej oceny.

Materiały dydaktyczne zostały oceniono bardzo dobrze, 69% osób oceniło je na 5 i 6. Na szkoleniu rozdawano specjalnie przygotowane dla dyspozytorni PR mapy województwa mazowieckiego z nanie-

sionymi: bazami śmigłowców, zasięgami ich działania w określonych gotowościach, szpitalami według czterech kryteriów oraz z tzw. „miejscami gminnymi”. Dzięki mapie, przy pomocy przygotowanej liniiki, dyspozytor może obliczyć średni czas dolotu śmigłowca do zdarzenia/zachorowania z każdego miejsca. W uwagach wskazano, że mapy powinny być w wersji elektronicznej.

Przygotowanie instruktorów oceniono niemal celująco – 86% ankietowanych oceniło ich na 5 i 6. Nikt nie wystawił oceny niezadowolającej. Szkolenie było poprzedzone przygotowaniem instruktorów merytorycznym, jak i z zakresu wystąpień publicznych oraz nauczania dorosłych.

Metody dobrane do realizacji szkolenia oceniono bardzo dobrze – oceny 5 i 6 wystawiło 75% uczestników szkolenia.

Po wynikach ankiet większości osób można stwierdzić, że czas trwania szkolenia oraz program zostały dobrane odpowiednio.

Uczestnicy stwierdzili, że najbardziej przydatnymi dla nich częściami szkolenia były moduły numer 5, 6 i 7. Część dotycząca współpracy z dyspozytorami (moduł nr 6) szczegółowo określała zasady wezwań lotniczego zespołu ratownictwa medycznego – prezentację obrazowały przygotowane do tego celu filmy dydaktyczne. Wysoko oceniono również moduł dotyczący map (moduł nr 5) – instruktaż korzystania z przygotowanego materiału. Dużym zainteresowaniem cieszyła się też część szkolenia, w której uczestnicy brali udział w symulacjach zdarzeń (moduł nr 7). Przedstawiano różnego rodzaju wezwania i wspólnie wypracowywano decyzje o wyborze zespołu/zespołów, które powinny być zadysponowane. Proces decyzyjny podparty był podstawowymi danymi dotyczącymi rodzajów zespołów, czasem ich dotarcia na miejsce zdarzeń oraz rodzajem dostępnych okolicznych szpitali z czasami dostarczenia tam poszczególnych pacjentów.

Szkolenie według ankietowanych powinno być poszerzone o wiele tematów, między innymi o zwiędzanie bazy SP ZOZ LPR oraz prezentację samego śmigłowca, aspekty prawne i więcej szczegółów organizacyjnych Zakładu. Przede wszystkim jednak wykazano, iż powinno być więcej użytecznych przykładów, symulacji i ćwiczeń praktycznych. Z drugiej jednak strony, pojawiły się głosy, że szkolenie powinno być skrócone o kwestie organizacyjne i formalne, w tym finansowanie lotów. Nie wzbudził zainteresowania temat roli miejsca SP ZOZ LPR w systemie PRM oraz dotyczący transportów międzyszpitalnych.

251 osób, co stanowi 93% grupy, odpowiedziało, że szkolenie przygotowało je do współpracy z SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe. Uzasadnienia były różne, jednakże przeważały te, iż ich dotychczasowa wiedza została usystematyzowana oraz pogłębiona o szczegóły.

Wnioski

Ogólna ocena szkolenia wypadła bardzo dobrze. Nasze cele szkoleniowe zostały osiągnięte – ponad 90% ankietowanych przyznało, że szkolenie przygotowało ich do pracy z lotniczymi zespołami ratownictwa medycznego. Jak wiedza wpłynie na rzeczywiste działania, będzie można ocenić w przyszłości.

Przedstawiony program szkolenia został przygotowany na podstawie pewnych założeń. Główne z nich to:

1. Pozbycie się obaw i stereotypów, co do możliwości wykorzystania śmigłowców HEMS.
2. Aktywne podejście do możliwości wykorzystania śmigłowców HEMS.
3. Pozostawienie decyzji załodze HEMS, co do możliwości wykonania lotu (pogoda, miejsce lądowania), co zdecydowanie przyspiesza realizację misji.
4. Zrozumienie potrzeb załogi (zabezpieczenie miejsca lądowania, pośredniczenie w przekazywaniu różnych informacji itd.).
5. Zapoznanie z nowymi procedurami związanymi z realizacją misji nocnych.

Na co dzień łatwo dostrzec problemy, z którymi borykają się dyspozytorzy medyczni. Z jednej strony ponoszą ogromną odpowiedzialność za życie i zdrowie drugiego człowieka. Z innej zaś strony zdaje się, że nie mają wsparcia prawnego i merytorycznego w systemie PRM. W świetle nakazów i zakazów, a do tego dodając naleciałości oraz przyzwyczajenia, dyspozytor zapomina o swoim zespole, jakim jest najbliższy śmigłowiec SP ZOZ LPR.

Jeśli Narodowy Program Szkolenia Dyspozytorów Medycznych przyniesie efekt choć w małym stopniu poprzez wezwanie lotniczego zespołu ratownictwa medycznego tam, gdzie do tej pory nie wiadomo o jego możliwościach, to będziemy pewni, że trud włożony w przedsięwzięcie był tego wart.

Jednocześnie, należy pamiętać o najważniejszej części szkolenia – procedurach związanych z realizacją misji nocnych. W miarę wydłużania o porę nocną dyżurów w bazach SP ZOZ LPR, dyspozytorzy medyczni będą mieli do dyspozycji kolejne lotnicze zespoły ratownictwa medycznego właśnie w nocy. Efekt szkolenia w tym zakresie odnotujemy zdecydowanie później, za 2–3 lata.

Przed nami kolejne szkolenia do zrealizowania w 15 województwach. Organizacja, zakres i metodyka nie zmieni się, gdyż analizowane ankiety z pierwszego szkolenia zdecydowanie udowodniły wysoki poziom zarówno samego szkolenia jak i instruktorów je prowadzących.

Recenzenci

dr hab. inż. Bernard Wiśniewski

dr n. techn. Władysław Wołkowski

bryg. dr inż. **Jarosław ZARZYCKI**
Szkoła Główna Służby Pożarniczej

OBOWIĄZKI WŁAŚCICIELI I ZARZĄDCÓW LASÓW Z ZAKRESU OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ

Responsibilities of forests owners and managers in fire protection

Streszczenie

Artykuł związany jest z obowiązkami właścicieli i zarządców lasów wynikającymi z ustawy o ochronie przeciwpożarowej, a związanymi z przestrzeganiem zasad ochrony przeciwpożarowej na gruntach leśnych.

Summary

In the paper responsibilities of forests owners and managers have been discussed. This responsibilities are arising from the Act on fire protection, and are associated with the keeping of the fire protection on forest land.

Słowa kluczowe: las, ochrona przeciwpożarowa, pożar;

Keywords: forest, fire protection, fire;

Ogólny obowiązek ochrony przeciwpożarowej gruntu leśnego stanowiącego samodzielnie kompleks leśny lub sąsiadujących ze sobą gruntów leśnych tworzących wspólnie kompleks leśny jako teren wynika z art. 3 ust. 1 ustawy o ochronie przeciwpożarowej: „Osoba fizyczna, osoba prawna, organizacja lub instytucja korzystające ze środowiska, budynku, obiektu lub terenu są obowiązane zabezpieczyć je przed zagrożeniem pożarowym lub innym miejscowym zagrożeniem.” W zapisie tym ogólny obowiązek ochrony terenu (gruntu leśnego) jako ograniczonej części powierzchni ziemi jest nie tylko przed zagrożeniem pożarowym, ale również przed innym miejscowym zagrożeniem, którym jest zdarzenie wynikające z rozwoju cywilizacyjnego i naturalnych praw przyrody niebędące pożarem ani klęską żywiołową, stanowiące zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska, któremu zapobieżenie lub którego usunięcie skutków nie wymaga zastosowania nadzwyczajnych środków. Skupmy się jednak na zagrożeniu pożarowym, które musi być na tyle realne, aby stwarzało stan niebezpieczeństwa wystąpienia na gruncie leśnym zdarzenia, którym jest pożar nie będący klęską żywiołową. Korzystającym z gruntu leśnego może być zarówno właściciel, zarządca lub użytkownik tego gruntu, jako osoba fizyczna, osoba prawna, organizacja lub instytucja w sensie konkretnego tytułu prawnego do tego gruntu, jak również osoba, która przypadkowo znalazła się na tym gruncie leśnym. Obowiązek podejmowania czynności zabezpieczających przed możliwością

powstania pożaru ciąży na każdym faktycznie korzystającym z gruntu leśnego. Treść art. 3 ust. 2 ustawy o ochronie przeciwpożarowej stanowi, że „Właściciel, zarządca lub użytkownik budynku, obiektu lub terenu, a także podmioty, o których mowa w ust. 1, ponoszą odpowiedzialność za naruszenie przepisów przeciwpożarowych, w trybie i na zasadach określonych w innych przepisach.” Podstawa odpowiedzialności za naruszenie przepisów przeciwpożarowych, o których mowa wyżej zawarta jest w kodeksie karnym i kodeksie wykroczeń, jak również w odpowiedzialności administracyjnej i cywilnej.

Z kolei treść art. 4 ust. 1 ustawy o ochronie przeciwpożarowej nakłada wyłącznie na właściciela szereg konkretnych wymogów w zakresie ochrony przeciwpożarowej terenu (czytaj również gruntu leśnego). Pierwszym wymienionym obowiązkiem jest „przestrzegać przeciwpożarowych wymagań techniczno-budowlanych, instalacyjnych i technologicznych”. W przypadku gruntu leśnego sprowadza się to m.in. do niezwykle szerokich wymogów z zakresu ochrony przeciwpożarowej przy urządzaniu takiego gruntu leśnego. Konkretnie wymogi zawarte są m.in. w rozporządzeniu:

a. Ministra Infrastruktury z dnia 7 sierpnia 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie odległości i warunków dopuszczających usytuowanie drzew i krzewów, elementów ochrony akustycznej i wykonywania robót ziemnych w sąsiedztwie linii kolejowej, a także sposobu urządzania i utrzymywania

nia zastłon odśnieżnych oraz pasów przeciwpożarowych (Dz. U. Nr 153, poz. 955).

- b. Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719),
- c. Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 58, poz. 405 z późn. zm.).

W pkt 2 omawianego przepisu na właścicielu ciąży obowiązek wyposażenia gruntu leśnego w wymagane urządzenia przeciwpożarowe i gaśnice. Przez urządzenia przeciwpożarowe należy rozumieć urządzenia służące do zapobiegania powstaniu, wykrywania, zwalczania pożaru lub ograniczania jego skutków, a w szczególności: urządzenia wchodzące w skład systemu alarmowo-dyspozycyjnego, obserwacyjnego, patrolowego, urządzenia związane z poborem wody ze źródeł wody do celów przeciwpożarowych w lasach, urządzenia stanowiące wyposażenie baz sprzętu do gaszenia pożarów lasów i inne.

Aby wymieniony w pkt 3 obowiązek „zapewnienia konserwacji oraz naprawy urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic w sposób gwarantujący ich sprawne i niezawodne funkcjonowanie” był spełniony, konserwację oraz naprawę ww. sprzętu powinny wykonać osoby upoważnione i przygotowane do przeprowadzania takich czynności. Zgodnie z treścią art. 30 ustawy o ochronie przeciwpożarowej „właściciel, zarządca lub użytkownik terenu (gruntu leśnego) ponosi w pełni koszty nabycia i utrzymania, w stanie zapewniającym sprawność, sprzętu, urządzeń przeciwpożarowych, środków gaśniczych, urządzeń sygnalizacyjno-alarmowych i innych urządzeń oraz instalacji ochrony przeciwpożarowej, do których posiadania zobowiązują go przepisy wydane na podstawie art. 13 ust. 1 i 3, a także koszty wykonania obowiązku określonego w art. 5”. W szczególności chodzi tu o treść rozdziału 9 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719), jako nawiązanie do treści art. 13 ust. 1.

„Zapewnienie osobom przebywającym w kompleksie leśnym, bezpieczeństwa i możliwości ewakuacji” jest kolejną powinnością właściciela. Taki stan bezpieczeństwa jest wymagany w razie wystąpienia na gruncie leśnym zagrożenia pożarowego lub pożaru. Zapobieżenie zagrożeniu dla osób przebywających na gruncie leśnym uzyskiwane jest przez zapewnienie koniecznych warunków ochrony technicznej gruntowi leśnemu, jak również poprzez tworzenie warunków organizacyjnych i formalnoprawnych zapewniających ochronę ludziom, a także przeciwdziałających powstawaniu lub minimalizujących

skutki powstania pożaru na tym gruncie. Jednym z elementów zapewnienia osobom przebywającym na gruncie leśnym bezpieczeństwa jest stosowanie m.in. następujących zakazów:

- a. w odległości mniejszej niż 30 m od skraju toru kolejowego lub drogi publicznej, z wyjątkiem drogi o nawierzchni nieutwardzonej, pozostawianie w szczególności gałęzi, chrustu, nieokrzyszanych ściętych drzew i odpadów poeksploatacyjnych jest zabronione,
- b. w lasach i na terenach śródleśnych, na obszarze łąk, torfowisk i wrzosowisk, jak również w odległości do 100 m od granicy lasów nie jest dopuszczalne wykonywanie czynności mogących wywołać niebezpieczeństwo pożaru, w szczególności:
- rozniecanie ognia poza miejscami wyznaczonymi do tego celu przez właściciela lub zarządcę lasu (nie dotyczy czynności związanych z gospodarką leśną oraz wykonywaniem robót budowlanych i eksploatacji kopalni w porozumieniu z właścicielem lub zarządcą lasu),
 - palenie tytoniu, z wyjątkiem miejsc na drogach utwardzonych i miejsc wyznaczonych do pobytu ludzi,
 - przy ustawianiu stert, stogów i brogów należy zachować od lasów i terenów zalesionych co najmniej 100 m.

Nieprzestrzeganie powyższych zakazów obniża bezpieczeństwo na gruncie leśnym, a odpowiedzialnym za taki stan rzeczy jest właściciel, zarządca lub użytkownik gruntu leśnego albo osoba, która przypadkowo znalazła się na tym gruncie leśnym lub w jego sąsiedztwie. „Zapewnienie osobom przebywającym na terenie (gruncie leśnym) możliwości ewakuacji” na wypadek powstania pożaru jest przygotowaniem wymagającym dużej sprawności organizacyjnej i technicznej. W takiej sytuacji należy zawsze zakładać, że na gruncie leśnym mogą przebywać ludzie i należy wskazać im drogi ewakuacji. Drogami ewakuacji na gruncie leśnym będą wszystkie drogi leśne i drogi publiczne, a w szczególności oznakowane dojazdy pożarowe przebiegające przez grunt leśny. Na tablicach informacyjnych umieszczanych przy wjazdach do lasu i przy parkingach leśnych wśród kilku informacji pisanych i obrazkowych na nich zawartych powinien znaleźć się również wykaz telefonów alarmowych, skrócona instrukcja postępowania na wypadek powstania pożaru lasu, informacja o sygnałach dźwiękowych w dzień i sygnałach świetlnych w nocy podawanych przez ratownicze siły i środki naziemne oraz powietrzne informujące o pożarze lasu, jak również plan gruntu leśnego z zaznaczonymi drogami leśnymi, w tym dojazdami pożarowymi i drogami publicznymi przebiegającymi przez ten grunt pozwalającymi wydostać się na zewnątrz tego gruntu leśnego.

Kolejną powinnością właściciela gruntu leśnego jest „przygotować teren (grunt leśny) do prowadzenia akcji ratowniczej”, czyli każdych zorganizowanych czynności wchodzących w skład akcji ratowniczej, podjętych w celu ochrony życia, zdrowia, mienia lub środowiska, a także likwidacji źródeł powstania pożaru, klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia. Przygotowanie gruntu leśnego do prowadzenia akcji ratowniczej polega m.in. na zapewnieniu dojazdów pożarowych o wymaganych parametrach technicznych i ich oznakowaniu, źródeł wody do celów przeciwpożarowych w lasach oraz występujących przy tych źródłach wody przeciwpożarowych stanowisk czerpania wody i ich oznakowaniu, wyposażeniu baz sprzętu do gaszenia pożarów lasu zgodnie z wymogami prawnymi w tym względzie itp.

„Zapoznanie pracowników z przepisami przeciwpożarowymi” to kolejny obowiązek właściciela gruntu leśnego. Ten zapis dotyczy właścicieli zatrudniających pracowników, którzy wykonują prace na gruncie leśnym. Wszystkim pracownikom powinna zostać przekazana podstawowa wiedza w zakresie przepisów związanych z ochroną przeciwpożarową lasów w ramach szkoleń z bezpieczeństwa i higieny pracy.

Ostatnim obowiązkiem właściciela gruntu leśnego w myśl art. 4 ust. 1 pkt 7 ustawy o ochronie przeciwpożarowej jest „ustalenie sposobów postępowania na wypadek powstania pożaru, klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia”. Ustalenie „sposobów ...” to nic innego jak opracowanie dokumentu praktycznie użytecznego zawierającego w szczególności rozdziały poświęcone charakterystyce leśnej i pożarowej gruntu leśnego, precyzyjnym procedurom dotyczącym bezpieczeństwa pożarowego w zakresie właściwego postępowania (zadania i obowiązki) w sytuacji powstania pożaru na gruncie leśnym wszystkich pracowników zatrudnionych przez właściciela lub zarządcę do prac na gruncie leśnym w różnym zakresie, planom gruntu leśnego z uwzględnieniem graficznych danych dotyczących w szczególności powierzchni gruntu leśnego, rodzaju pokrywy gleby i drzewostanu, obciążenia ogniowego biomasą, kategorii zagrożenia pożarowego, dojazdów pożarowych i pozostałych dróg przebiegających przez grunt leśny, miejsc usytuowania baz sprzętu do gaszenia pożarów lasów, najbliższej tzw. „leśnej bazy lotniczej” i jednostek ochrony przeciwpożarowej, przeciwpożarowych stanowisk czerpania wody przy źródłach wody do celów przeciwpożarowych. Zachowanie pracowników w chwili wystąpienia pożaru na gruncie leśnym to nic innego jak określenie ich powinności w tego typu zdarzeniu. Należy ustalić kto daną powinność związaną z bezpieczeństwem podczas powstania pożaru na gruncie leśnym i w jaki sposób powinien zrealizować stosując wielowariantowość podyktowaną zmiennością

sytuacji. Swoje zadania w „sposobach ...” powinni mieć określone wszyscy pracownicy, np. nadleśnictwa czy parku narodowego. Dla wytypowanych osób zaangażowanych w działania związane z powstaniem pożaru lasu powinny być sporządzone wyciągi z niektórymi zasadami postępowania określonymi w „sposobach ...” w postaci tzw. „ściąąg”. Jednym z zadań jest powiadomienie podmiotów ratowniczych o powstaniu pożaru, czyli ustalenie sposobu powiadomienia o pożarze, gdyż zgodnie z treścią art. 9 ustawy o ochronie przeciwpożarowej każdy, „kto zauważy pożar, klęskę żywiołową lub inne miejscowe zagrożenie, jest obowiązany niezwłocznie zawiadomić osoby znajdujące się w strefie zagrożenia oraz: centrum powiadamiania ratunkowego lub jednostkę ochrony przeciwpożarowej albo Policję bądź wójta albo sołtysa”. Innym zadaniem podczas powstania pożaru na gruncie leśnym jest podjęcie działań niewymagających specjalistycznych umiejętności i sprzętu, zmierzających do zminimalizowania skutków powstałego pożaru. W tym zadaniu również należy ustalić sposoby postępowania osób wykonujących określone czynności przy pomocy dostępnych środków, itd. Każdy pracownik związany swoimi zadaniami z gruntem leśnym powinien znać zasady postępowania po wykryciu pożaru. Ważnym jest również to, aby zawarte w „sposobach ...” ustalenia były sprawdzane w sposób praktyczny w postaci próbnych alarmów o powstaniu pożaru co najmniej raz w roku. Dobrze jest przygotować ćwiczenia symulujące pożar lasu, podczas których ćwiczą pracownicy nadleśnictwa czy parku narodowego oraz zastępy gaśnicze jednostek ochrony przeciwpożarowej. Dobrze przygotowane i przeprowadzone ćwiczenia powinny stać się dobrym zwyczajem, który winien stanowić normę, gdyż mogą one przynieść bardzo wymierny efekt. Nagranie ćwiczeń, a następnie ich odtworzenie na szkoleniu z zakresu ochrony przeciwpożarowej pozwala wyciągnąć wiele wniosków i nieprawidłowości w przebiegu ćwiczeń, które nie powinny się powtórzyć na kolejnych ćwiczeniach tego typu lub podczas rzeczywistego pożaru lasu.

Podsumowanie

Treść niniejszego artykułu zawiera szereg ogólnych technicznych (praktycznych) propozycji realizacji wymagań wynikających z postanowień aktów prawnych związanych z ochroną przeciwpożarową lasów.

Literatura

1. Ustawa o ochronie przeciwpożarowej z dnia 24 sierpnia 1991 r. (Dz. U. Nr 81, poz. 351 z późn. zm.);
2. Komentarz do ustawy o ochronie przeciwpożarowej – www.tarbonus.pl (2011);

3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719);
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 58, poz. 405 z późn. zm.);
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 sierpnia 2008 r. w sprawie wymagań w zakre-

sie odległości i warunków dopuszczających usytuowanie drzew i krzewów, elementów ochrony akustycznej i wykonywania robót ziemnych w sąsiedztwie linii kolejowej, a także sposobu urządzania i utrzymywania zasłon odśnieżnych oraz pasów przeciwpożarowych (Dz. U. Nr 153, poz. 955).

Recenzenci

dr inż. Paweł Janik

dr inż. Marian Pigan

dr inż. **Zbigniew CIEKANOWSKI**
Akademia Obrony Narodowej

MOTYWOWANIE POPRZEZ PRZYWÓDZTWO

Leadership the way to motivation

Streszczenie

Przywództwo i jego rozwój nabiera coraz to większego znaczenia, ponieważ organizacje potrzebują liderów, którzy inspirują ludzi do działania jednocześnie tworząc przyjazne środowisko pracy. Przywódcy przywiązują dużą wagę do wizji, wartości i motywacji. Dlatego poprzez takie działania potrafią zdobywać sobie coraz to więcej zwolenników. Organizacje odczuwają ogromne zapotrzebowanie na przywódców, którzy będą posiadali umiejętności tworzenia pożądanego stanu oraz skupią wokół ich realizacji duże grupy pracowników. Takim przesłaniem jest niniejszy artykuł, w którym przedstawiono istotę i rolę przywództwa w kierowaniu ludźmi. Szczególną uwagę zwrócono na rolę i cechy przywódcze w ujęciu klasycznym i nowoczesnym oraz praktyczne zachowania lidera w środowisku pracy.

Summary

Leadership and its development is becoming increasingly important because organizations need leaders who inspire people to action while creating a pleasant working environment. Leaders attach great importance to the vision, values and motivation. Therefore, through such action can earn you more and more followers. Organizations feel a great need for leaders who will have the skills to create the desired state and their implementation will focus around large groups of employees. Such is the message of this article which presents the nature and role of leadership in managing people. Particular attention was paid to the role and leadership in terms of classical and modern and practical leadership behavior in the workplace.

Słowa kluczowe: przywódca, kierowanie, menedżer, styl kierowania, przywództwo;

Keywords: leader, management, manager, style of management, leadership;

Od współczesnego przywódcy oczekuje się, że będzie on umiał wywierać wpływ na innych w kierunkach oczekiwanych przez organizację, bez uciekania się do użycia siły, przymusu, będąc akceptowanym przez innych, w tym zwłaszcza przez osoby współpracujące, w roli przywódcy. Dobrowolna akceptacja przywódcy – przewodzenie tylko tak długo, jak tego chcą ludzie, którym przewodzi – jest jedną z ważnych cech współczesnego, demokratycznego przywódcy. Dlatego też w demokratycznych społeczeństwach obywatelskich ludzi wolnych oczekuje się od liderów - przywódców, że potrafią realizować swoje funkcje i zadania bez uciekania się do przymusu i bez rządzenia poprzez atawistyczne mechanizmy, oparte na strachu.

Ludzie docenili znaczenie wolności i praw jednostki. Nie chcą już być uszczęśliwiani na siłę przez tych, którzy „wiedzą lepiej”. Dlatego też oczekuje się od menedżerów, że potrafią realizować swoje funkcje i zadania bez uciekania się do przymusu i bez rządzenia poprzez atawistyczne mechanizmy oparte na strachu. Ludzie podejmują prace zawodową w celu zaspokojenia pewnych potrzeb, które odczuwają.

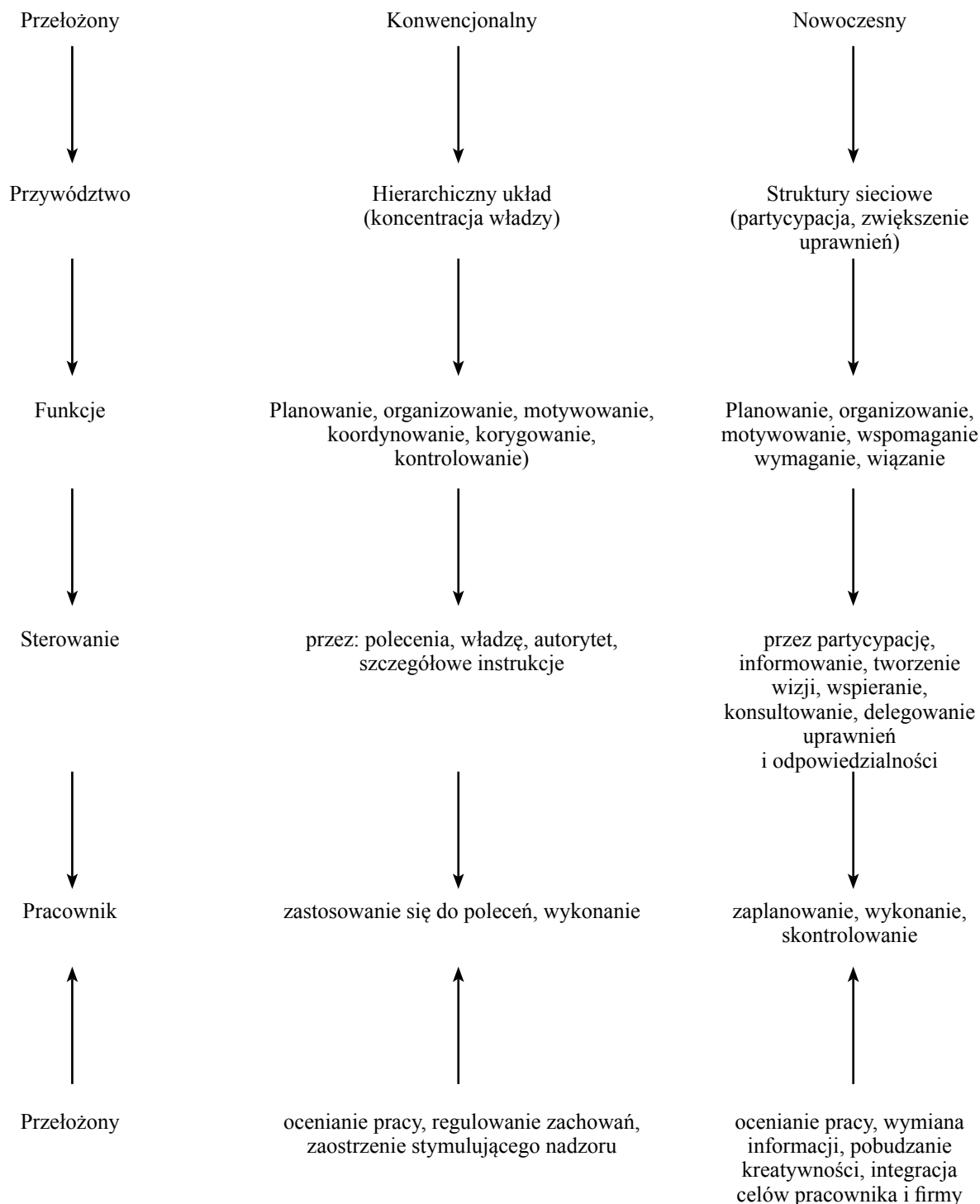
Kierowanie ludźmi w organizacji to ciągle rozwiązywanie wielkiego kompleksu problemów występujących w układzie przełożony – podwładny. Ludzkie zachowania, reakcje, odczucia i postawy są niekiedy bardzo zróżnicowane. Jest to konsekwencją zróżnicowania samych ludzi, którzy mają różne poglądy, doświadczenia, oczekiwania i aspiracje, różnie też widzą swój a rolę w organizacji i rolę kierownika w urzeczywistnianiu jej celów¹.

Taki styl zarządzania pokazuje tabela. nr 1 podstawę tego stylu stanowi partnerstwo. Jest ono duża szansą rozwoju każdej firmy, która we współczesnych warunkach staje się instytucją współczesnego losu i której pomyślność wymaga demokracji, a nie autokracji, współpracy i współdziałania wszystkich jej pracowników, otwartych i swobodnych dyskusji oraz wspólnego ustalania celów i środków przezwyciężania autonomii i partykularyzmu, stwarza podstawy rzeczywistej integracji wokół zadań, sprzyja wytwarzaniu się atmosfery zaangażowania oraz odpowiedzialności za wyniki i imane firmy.

¹ J. Penc, Motywowanie w zarządzaniu, WPSB, Kraków 1998, str. 14

Tabela 1.

Klasyczne i nowe role przełożonego



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Józef Penc, Motywowanie w zarządzaniu, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków 1998, str. 16,

Nieznajomość ludzi, fałszywy obraz ich możliwości, potrzeb i dążeń, brak poszanowania ich godności – to najczęstsze przyczyny wadliwych decyzji, konfliktów, nieumiejętnego komunikowania się i motywowania, a w konsekwencji – także i nieskutecznego kierowania.

Podstawowym warunkiem skutecznego kierowania jest, bowiem rozumienie i poszanowanie jed-

nostki, stwarzanie jej możliwości samospelnienia w trakcie realizowania celów organizacji. W teorii kierowania od dawna się podkreśla, że cele produkcji i potrzeby ludzkie są ważne w równym stopniu, lecz mimo to sprawy ludzkie ciągle się spycha na dalszy plan, a nawet lekceważy. Takie podejście do „czynnika ludzkiego” pomniejsza zdolności menedżerów do osiągnięcia sukcesów, gdyż są one wy-

rażnie uzależnione od ich umiejętności włączania w realizację celów organizacji kreatywności i motywacji podwładnych oraz od dbałości o to, by czerpali oni ze swojej pracy zadowolenie, rozumiane jako stosunkowo trwale dobre samopoczucie i pozytywna ocena sytuacji w pracy. „Jeżeli cele pracowników – stwierdza R.L. Ackoff – są sprzeczne z celami organizacji, której są częścią, to działają oni skutecznie albo dla siebie, albo dla organizacji. Ale nidy dla siebie i dla organizacji. Dlatego efektywność pracowników można maksymalizować tylko wtedy, gdy to, co ma wartość dla nich, nie stoi w sprzeczności z tym, co ma wartość dla organizacji. Jeżeli cenią oni organizację i są przekonani że przywiązuje ona wagę do wydajności i jakości wyrobów, będą się starali zaspokoić jej potrzeby. Ludzie robią dla przyjaciół rzeczy, których woleliby nie robić. Robią je, bo wierzą, że w ten sposób zadowolą przyjaciół.

Lekceważenie spraw pracowników pociąga za sobą bardzo rozległe negatywne skutki dla ich produkcyjnych i organizacyjnych zachowań, wynikające z rozczarowań i frustracji. Stanowi to przyczynę różnych zjawisk patologicznych, a nawet zagrożenie dla samej wartości pracy oraz jej etosu.²

Z badań psychologicznych wynika, że wadliwe relacje między kierownictwem a pracownikami ora skrajnie niski stopień zaspokajania potrzeb tych ostatnich wywołuje w pracownikach:

- postawy bierności, rezygnacji i apatii, wyrażające się w niechęci do niemal wszystkiego, co się w przedsiębiorstwie dzieje, w ograniczaniu do minimum aktywności zawodowej (współpraca tylko „konwencjonalnie” pozytywna, tzn. wymuszona technologią produkcji);
- postawy obronne, wyrażające się w unikaniu kontaktów, ostrożności, asekuracji, pozorowaniu niekompetencji, udawaniu bezradności, stwarzaniu pozorów zaangażowania, zatajaniu informacji, protestowaniu, a nawet sabotowaniu;
- postawy lekceważenia, przejawiające się w ironizowaniu, kpieniu, wyszydzaniu i bagatelizowaniu, używaniu naiwnej argumentacji, tolerowaniu niesprawności, nadużyć i dezorganizacji;
- postawy agresji, wyrażające się w drażliwości i wyszukiwaniu obiektów ataku (przeszkadzanie innym w pracy), napastliwości i konfliktowości, zarzucaniu kierownictwu niekompetencji, stronniczości i nieuczciwości;
- zaburzenia zdrowia psychicznego i fizycznego, przejawiające się w nerwicach, różnego rodzaju dolegliwościach fizycznych, zwiększonej wypadkowości, wzroście absencji, zachorowalności” i fluktuacji.

Wszystko to destruktywnie oddziałuje na prawidłowe zachowanie się i rozwój zawodowy pra-

owników, ich stosunek do pracy i firmy, niszczy stosunki międzyludzkie i ukształtowane więzi koleżeńskie, godzi w ogólnie przyjęte lub uznawane wartości, w obowiązujące normy postępowania i zachowań, w ład prawny, ekonomiczny i moralny organizacji - jednym słowem: nasila różne, trudne do opanowania procesy patologiczne, które wywierają negatywny wpływ na myślenie oraz kulturę jednostek i całych organizacji³.

Menedżerowie chcą oczywiście możliwie najwięcej wiedzieć o ludziach i ich zachowaniach oraz posiadać możliwie proste narzędzie, tj. syntetyczne obrazy (konceptje, modele) człowieka, pozwalające na trafne rozpoznanie pracowników i kierowanie nimi. Często oczekują od nauki propozycji kilku wzorców osobowych, do których mogliby zakwalifikować swoich współpracowników i osiągnąć dzięki temu wzrost efektywności kierowania w ramach posiadanych możliwości i ograniczeń. Takie uproszczenia są jednak trudne, a zarazem niebezpieczne, gdyż człowiek jest indywidualnością zbyt złożoną (systemem biopsychicznym i społecznym), istniejącą jakby w dwóch sposobach istnienia – jako indywidualność i jako istota społeczna, przy czym indywidualny sposób istnienia może być niezależny od społecznego.

Człowiek jako istota społeczna posiada pewne cechy i właściwości wspólne dla wszystkich, ale jako istota indywidualna ma także cechy charakterystyczne tylko dla niego – i te właśnie cechy indywidualne spełniają w społeczeństwie istotne funkcje jako cechy zachowań właściwych wyłącznie dla danej osoby, choć mają one swoje źródła w strukturze i mechanizmach życia zbiorowego.

Przewodzenie – jest zespołem procesów i czynności wykonywanych w celu sprawienia by członkowie organizacji współpracowali ze sobą w interesie organizacji. Kierowanie ludźmi rozumiane jest przewodzenie obejmuje cały szereg różnych procesów i czynności: motywowanie pracowników, wywieranie wpływu na innych, kierowanie działaniami ludzkimi, zarządzanie procesami interpersonalnymi i grupowymi, komunikowanie się w organizacji.

Przywództwo – jest zarówno procesem jak i pewną właściwością. Jako proces przywództwo polega na użyciu wpływu bez sięgania po środki przymusu z zamiarem kształtowania celów grupy lub organizacji oraz motywowania zachowań nastawionych na osiągnięcie tych celów. Jako właściwości przewodzenie jest zestawem cech przypisywanych jednostkom, które są postrzegane jako przywódcy. Tak, więc przywódcy to ludzie, którzy wpływają na zachowanie innych bez konieczności uciekania się do użycia siły. Przywódcy to osoby akceptowane w tej roli przez innych.

² T. Michalczyk, Zagrożenie wartości pracy, Studia socjologiczne, 1988, nr 2, str. 295-313.

³ T. Michalczyk, Patologia społeczna zakładu pracy, W-wa 1989, str. 443-445.

Podejście Japońskie – jest to pewna filozofia zarządzania, której celem jest doprowadzenie do wytworzenia się partnerskich stosunków między kierownictwem firmy a pracownikami. Ze względu na duży nacisk w kulturze japońskiej na osiągnięcie konsensusu w wielu firmach do dzisiaj funkcjonuje system podejmowania decyzji oparty na partycypacji i zaangażowaniu wszystkich pracowników w realizacji strategii organizacji, a jednym z systemów podejmowania decyzji jest system noszący nazwę RIMGI, wg. którego pracownicy są współdecydentami i współtwórcami podejmowanych decyzji. W efekcie takiego podejścia do zarządzania przedsiębiorstwem pracownicy czują się bardziej docenieni, sprawniej realizują cele firmy, z którymi się utożsamiają, ponieważ czują się ich współtwórcami. Po stronie firmy system ten pozwala także trzymając rękę na pulsie nastrojów załogi, które w japońskim stylu zarządzania są niezwykle ważne. System RIMGI jest też niezastąpiony jako środek integracji pracowników i kierownictwa. Integracja jest istotna z kolei dla atmosfery współpracy. Innym elementem mającym wpływ na stosunek pracownika do pracy jest zasada dożywotniego zatrudnienia. Pracownik szukający nowej pracy nie jest już wiarygodny, ponieważ odejście z firmy bez ważnych przyczyn jest rzadkością. W tej sytuacji łatwiejsze jest planowanie, większa lojalność, motywacja do pracy oraz przywiązanie pracownika do firmy, która stanie się jego drugim domem. Kolejnym elementem przyczyniającym się do zwiększenia motywacji jest środowisko pracy. Chodzi tu o czystość, higienę, bezpieczeństwo otoczenia zakładu, ale również o atmosferę i stosunki międzyludzkie. Niezwykle ważny jest klimat harmonijnych układów opartych na pełnej informacji, do której mają prawo wszyscy pracownicy i o której obieg bardzo się dba. Jest pełna świadomość celów organizacji, zadań, zagrożeń oraz sytuacji na rynku wobec konkurencji. Jest podstawą współpracy wewnątrz firmy. Wizerunek firmy kreowany jest nie tylko dla klienta, ale także dla załogi, tak, aby każdy pracownik czuł się dumny.

Postawa zwierzchnika względem zespołu⁴:

a. przywódca kładzie nacisk na utrzymanie dystansu:

- przydatne:, gdy grupa dobrze go znała nim został przywódcą; gdy grupa przejawia skłonności do przesadnej poufałości; gdy trzeba będzie podejmować niepopularne decyzje; gdy się zaczyna przewodzić nowej grupie;
- nieprzydatne:, gdy w grupie już istnieje tradycyjne poczucie dystansu; gdy ma się pewność, że inni nie będą się spoufalali.

b. przywódca minimalizuje dystans:

- przydatne:, gdy między kierownictwem a pracownikami brakuje wzajemnego zaufania; gdy

wszyscy w przybliżeniu dysponują taką samą wiedzą i doświadczeniem;

- nieprzydatne:, gdy ze względu na styl poprzednika dystans i tak już nie wielki; gdy może być zrozumiane jako zachęta do spoufalania się.
- c. przywódca utrzymuje równowagę między dystansem a zbliżeniem:
- przydatne: w większości sytuacji roboczych;
 - nieprzydatne:, gdy nic z tego nie mamy.

Style kierowania: nakazowy (menedżer sam podejmuje decyzje); nakłaniający (menedżer podejmuje decyzje po ograniczonej dyskusji); konsultujący (menedżer uzyskuje wskazówki i zasięga opinii podwładnych przed podjęciem decyzji); współuczestniczący (menedżer przedstawia problem, określa graniczne warunki, a decyzje podejmuje się wspólnie); dyrygujący lub demokratyczny (menedżer pozwala działać podwładnym w określonych przez niego i problem granicach).

Podsumowanie

Przywództwo - są to zachodzące procesy demokratyzacji życia społecznego i gospodarczego, wzrost kwalifikacji i aspiracji pracowników, prowadzą do zacierania się klasycznego podziału i dystansu: przełożony-podwładny. Władza częstokroć w znacznym stopniu wypływa z „właściwości” osób kierujących (**autorytet osobisty**) a nie wyłącznie z formalnych uprawnień organizacyjnych (autorytet formalny). W ten sposób **kierowanie** staje się bardziej procesem interakcji współpracowników w dążeniu do wspólnych celów, a kierownicy przybierają najczęściej **role przywódców**.

Przywództwo - polega na tworzeniu stanów emocjonalnych uczestników grupy (organizacji), skłaniających ich do zaangażowanego realizowania celu wraz z przywódcą, który go sformułował, i do osiągnięcia którego ich pociąga siłą swego oddziaływania.

Menadżerowie często zastanawiają się, jak udzielać informacji zwrotnej (feedbacku) pracownikowi, który owej informacji nie chce bądź nie potrafi konstruktywnie przyjąć. Często okazuje się, że sami menadżerowie nie potrafią przyjmować informacji zwrotnej, pracownik w trakcie codziennej komunikacji obserwuje, jak na jego sugestie reaguje przełożony, czy rozważa wnioski i opinie pracownika, czy też broni się i neguje jego zdanie. Należy wysłuchać pracownika w skupieniu, nie przerywać mu, i co najważniejsze pokazać mu, że go wysłuchaliśmy i zrozumieliliśmy.

Od dawna wiadomo, że aby skutecznie kierować ludzkimi zachowaniami, trzeba dobrze znać ludzi i ułożyć sobie z nimi partnerskie stosunki, zrezygnować z zewnętrznych symboli statusu i okazywania władzy na rzecz przewodzenia, tzn. argumento-

⁴ M. Thomas, Mistrzowskie zarządzanie ludźmi, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa 2010 s. 168-171.

wania, wspomaganie i wiązanie działań, wzbudzanie poczucia jedności, współpracy i wiązania działań, wzbudzanie poczucia jedności, współpracy i odpowiedzialności⁵.

Literatura

1. Penc J, *Koncepcja kierowania w praktyce*, Humanizacja Pracy, 1994, nr 1-2;
2. Penc J, *Motywowanie w zarządzaniu*, WPSB, Kraków 1998;

⁵ J. Penc, *Koncepcja kierowania w praktyce*, Humanizacja Pracy, 1994, nr 1-2, str. 9-15

3. Michalczyk T, *Zagrożenie wartości pracy*, Studia socjologiczne, 1988, nr 2;
4. Michalczyk T, *Patologia społeczna zakładu pracy*, Warszawa 1989;
5. Thomas M, *Mistrzowskie zarządzanie ludźmi*, Oficyna Wolters Kluwer business, Warszawa 2010.

Recenzenci

dr Kazimierz Piotrkowski

dr inż. Czesław Ochenduska

mgr inż. **Rafał POROWSKI**
mgr inż. **Wojciech RUDY**
Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości
CNBOP-PIB

PRZEGLĄD BADAŃ W ZAKRESIE PARAMETRÓW FLASH POINT I EXPLOSION POINT DLA CIECZY PALNYCH

Research review on flash point and explosion point for flammable liquids

Streszczenie

Podstawowym powodem, dla którego dla cieczy palnej oznacza się parametr flash point, czyli jego temperaturę zapłonu, jest jej ocena zagrożenia wybuchem podczas jej stosowania. Parametr ten definiuje się jako to minimalną temperaturę cieczy, w której tworzy się atmosfera wybuchowa par cieczy z powietrzem, w pobliżu powierzchni cieczy lub wewnątrz urządzenia, w zależności od metody badawczej. Z kolei PN-EN 15794 wprowadza kolejny parametr dla cieczy palnych, a mianowicie explosion point, czyli punkt wybuchowości, tj. temperatura cieczy palnej, w której stężenie pary nasyconej w powietrzu znajduje się w granicach wybuchowości. Celem tego artykułu jest zatem przegląd dotychczasowych badań w zakresie tych dwóch parametrów oraz przybliżenie zasadniczych różnic pomiędzy nimi, jak również ich wpływu na bezpieczeństwo magazynowania, transportu i stosowania cieczy palnych.

Summary

A fundamental aspect of determining the flash point value for flammable liquids is to assess a risk of explosion in proper way in case of handling these substances. Flash point is known as the minimum temperature of a liquid at which sufficient vapor is given off to form an ignitable mixture with the air, near the surface of the liquid or within the vessel used, as determined by the appropriate test procedure and apparatus. PN-EN 15794 introduces another safety parameter for flammable liquids, called explosion point which is determined as temperature of a flammable liquid at which the concentration of the saturated vapour in air is between the explosion limits. The aim of this paper is to make a state of the art on research works in the area of flash point and explosion point to indicate some basic differences between these parameters and the influence on safe storage, transport and handling of flammable liquids.

Słowa kluczowe: flash point, explosion point, temperatura zapłonu cieczy, ciecze palne;

Keywords: flash point, explosion point, flammable liquids;

Wprowadzenie

Odkrycie ropy naftowej i narastające w XIX wieku wykorzystywanie do oświetlenia i ogrzewania palnych destylatów w miejsce tłuszczów roślinnych i zwierzęcych doprowadziło do występowania dużej ilości eksplozji oraz pożarów związanych z niewłaściwym stosowaniem tych substancji. Obecnie, z uwagi na bezpieczeństwo transportu i magazynowania substancji palnych, parametry wybuchowości, takie jak granice wybuchowości, minimalna energia zapłonu, czy minimalna temperatura zapłonu są od wielu lat badane przez instytuty badawcze na całym świecie, a także stosowane jako kryteria bezpieczeństwa w kartach charakterystyk ciekłych paliw samochodowych oraz lotniczych. Obowiązek posiadania przez producentów i dystrybutorów kart charakterystyk substancji niebezpiecznych dla paliw

samochodowych i lotniczych zapewnia odbiorcom tych paliw wiedzę o potencjalnych zagrożeniach pożarowo-wybuchowych, a także ułatwia proces projektowania i doboru technicznych systemów zabezpieczeń związanych z transportem oraz magazynowaniem tych paliw. Brak posiadanej wiedzy na ten temat zwiększa ryzyko wystąpienia zdarzeń niepożądanych, niejednokrotnie o katastroficznych skutkach, tj. pożarów, czy wybuchów, do których może dojść podczas niewłaściwego magazynowania, użytkowania, czy też transportu tych paliw. Jako przykład należy tu wskazać katastrofę lotniczą samolotu Boeing 747, lecącego z Nowego Jorku do Paryża w dniu 17 lipca 1996r. W wyniku zapłonu i wybuchu par paliwa lotniczego Jet-A w jednym ze zbiorników, samolot zamienił się w kulę ognia i spadł do oceanu, zabierając ze sobą życie 230 osób [1].



Fot. 1. Szczątki samolotu Boeing 747 po katastrofie lotniczej, która miała miejsce w dniu 17.07.1996 r. [1]

Głównym zagrożeniem związanym z magazynowaniem i transportem cieczy palnych jest możliwość ich odparowania i tym samym powstanie atmosfery wybuchowej w postaci par cieczy z powietrzem, w stężeniu pomiędzy dolną, a górną granicą wybuchowości. Jednym z parametrów wybuchowości, którego wartości z uwagi na bezpieczeństwo transportu standardowo podawane są w kartach charakterystyk dla paliw ciekłych jest tzw. flash point, tj. temperatura zapłonu. Parametr ten definiuje się jako to minimalną temperaturę cieczy, w której tworzy się atmosfera wybuchowa par cieczy z powietrzem, w pobliżu powierzchni cieczy lub wewnątrz urządzenia badawczego (w zależności od stanowiska badawczego).

Wprowadzona niedawno do stosowania norma PN-EN 15794 wprowadza kolejny parametr dla cieczy palnych, a mianowicie tzw. explosion point (punkt wybuchowości). W przypadku tego parametru rozróżnia się dwa progi, a mianowicie LEP i UEP, czyli Lower Explosion Point i Upper Explosion Point - temperatura cieczy palnej, w której stężenie pary nasyconej w powietrzu równe jest DGW lub GGW. Wartość parametru explosion point zależy przede wszystkim od następujących czynników:

- właściwości fizykochemicznych cieczy palnej,
- ciśnienia i temperatury początkowej,
- rozmiaru i kształtu aparatury badawczej,
- rodzaju źródła zapłonu.

Parametr nazwany jako explosion point jest bardzo podobny do flash point, który jest podstawowym parametrem świadczącym o bezpiecznym magazynowaniu i transporcie cieczy palnych. Co zatem było motywacją do wprowadzenia kolejnego parametru, czyli explosion point? Otóż, okazuje się, że ciecze które mają temperaturę dużo niższą niż flash point, pomimo tego również mogą dać stężenie par w granicach wybuchowości.

Już dawno temu przepisy prawne, takie jak Akt Naftowy Wielkiej Brytanii z 1862 r., czy też Niemieckie Przepisy Naftowe z 1882 r., doprowadziły do znacznego rozwoju różnych przyrządów badawczych do pomiarów parametrów palności i wybuchowości substancji palnych, w tym również tych do pomiarów parametru flash point [32].

Istnieją zatem dwie zasadnicze metody badawcze umożliwiające pomiar wartości flash point. Jedną z nich dotyczy urządzenia badawczego z zamkniętym tygłem (ZT), przykładowo urządzenie Pensky-Martens, Abel czy Tag, a druga metoda dotyczy urządzenia badawczego z otwartym tygłem (OT), przykładowo Tagliabue czy też Cleveland. Na Rycinie 1. przedstawiono przykładowe urządzenia badawcze ZT i OT oferowane na rynku komercyjnym przez niemiecką firmę Walter Herzog GmbH.

Tabela 1.

Zestawienie metod badawczych do pomiaru parametru flash point [32]

Metoda badawcza	Standard
Abel (ZT)	PN-EN ISO 13736
Abel-Pensky (ZT)	DIN 51755
Cleveland (OT)	PN-EN ISO 2592 ASTM D92
Pensky-Martens (ZT)	PN-EN ISO 2719 ASTM D93
Równowagowa (ZT)	PN-EN ISO 1516 PN-EN ISO 1523 ASTM D3934 ASTM D3941
Tag (ZT)	ASTM D56



Ryc. 1. Urządzenie badawcze ZT (po lewej) i OT (po prawej) do pomiaru flash point firmy Walter Herzog GmbH

Metoda OT została początkowo opracowana w celu oceny zagrożenia związanego z rozlaniem cieczy palnej i jej parowaniem do atmosfery. W badaniu tym próbkę analityczną wprowadza się do tygla otwartego od góry. Podczas podgrzewania tygla, nad powierzchnią cieczy przesuwają się poziomo źródła zapłonu w celu sprawdzenia, czy nastąpi zapłon par cieczy [32]. Metoda ZT umożliwia zatrzymywanie par wewnątrz urządzenia badawczego, eliminując tym samym wpływ warunków otoczenia na wyniki badań. Według tej metody próbkę wprowadza się do tygla badawczego, a na jego szczycie umieszcza się szczelną pokrywę, następnie włączając proces podgrzewania. Po określonym czasie odsłania się pokrywę, aby umożliwić parowanie cieczy do otoczenia i punktowego zapłonu par cieczy [33].

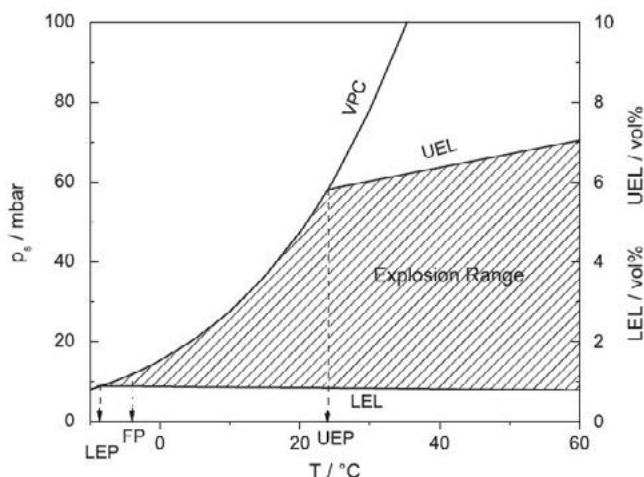
Obydwie metody badawcze OT i ZT traktuje się jako metody nierównowagowe, z uwagi na fakt, iż temperatura cieczy wzrasta podczas przeprowadzania badania, co skutkuje tym, że temperatura par nie ma tej samej wartości jak temperatura cieczy w momencie procesu zapłonu. W niektórych przypadkach preferuje się stosowanie metody równowagowej, szczególnie do cieczy zawierających duże zanieczyszczenia lotne, z uwagi na mniejszą szybkość przyrostu temperatury podczas podgrzewania. W Tabeli 1 przedstawiono zestawienie metod badawczych do oznaczania parametru flash point oraz odpowiadające im międzynarodowe standardy [32].

Wartość flash point na podstawie badań przeprowadzonych w urządzeniu OT jest zazwyczaj o kilka stopni wyższa niż w przypadku pomiarów w zamkniętej aparaturze. Na Rycinie 2. przedstawiono wykres zawierający zależność pomiędzy prężnością par, granicami wybuchowości, flash point oraz explosion point [2].

Prężność par cieczy palnych zależy przede wszystkim od temperatury tych cieczy. Jeśli temperatura cieczy wzrasta, wówczas prężność par również wzrasta. Ponadto, wraz ze wzrostem prężności par, wzrasta również stężenie par cieczy palnej w powietrzu. Dlatego też temperatura cieczy ma zasadniczy wpływ na granice wybuchowości. Ciecze palne, dla których wartości flash point są niższe niż temperatura otoczenia są bardziej niebezpieczne (z punktu widzenia zagrożenia wybuchem), niż ciecze o wyższych wartościach flash point [34]. Flash point jest zatem podstawowym parametrem niezbędnym do klasyfikacji cieczy palnych z uwagi na ich właściwości pożarowo-wybuchowe. Przykładowo, amerykański standard NFPA 30 [3] podaje trzy grupy cieczy palnych, zależne od wartości flash point. Ciecze klasy A o wartości flash point w zakresie 37,8 - 60°C, ciecze klasy B o wartości flash point równej lub powyżej 60°C, ale mniejszej niż 93°C oraz ciecze klasy C o wartości flash point równej lub powyżej 93°C. W związku z tym, jakiś czas temu w lotnictwie zamieniono paliwo JP-4 na JP-1, które z uwagi na wartość flash point okazało się znacznie bezpieczniejsze podczas ich magazynowania, transportu czy użytkowania [4]. Ponadto, ciecze palne posiadające wyższe wartości flash point stwarzają większe zagrożenie pożarowo-wybuchowe, jeśli zostaną podgrzane do temperatury wyższej niż ich flash point [5].

Wydaje się, że flash point i explosion point to jeden i ten sam parametr. Jednakże, z uwagi na różnice w metodach badawczych tych dwóch parametrów, wartości flash point będą najprawdopodobniej wyższe niż explosion point. Na podstawie zależności przedstawionych na Rycinie 2. oraz danych literaturowych [6, 7, 8] należy stwierdzić, że w temperaturach poniżej wartości flash point nadal istnieje możliwość powstania atmosfery wybuchowej będącej mieszaniną par cieczy z powietrzem. Z uwagi na bezpieczeństwo magazynowania i transportu tych cieczy, gdzie podstawowym parametrem bez-

pieczeństwa jest flash point, niezbędny jest pewien margines bezpieczeństwa. Oczywiście jest, że wspomniany margines bezpieczeństwa zależy będzie przede wszystkim od rodzaju cieczy. Dla substancji nie będących fluoropochodnymi, margines ten wynosi zaledwie kilka stopni K. W przypadku pozostałych substancji margines bezpieczeństwa będzie stosunkowo większy.



Ryc. 2. Zależność pomiędzy prężnością par, granicami wybuchowości, flash point oraz explosion point dla n-heptanu [2]

Przegląd badań doświadczalnych

Podstawowym pytaniem w zakresie możliwości zapłonu par cieczy podczas jej parowania do atmosfery jest: w jakich warunkach pary cieczy mogą ulec zapłonowi od małego płomienia? Aby odpowiedzieć na to pytanie, należy założyć, że atmosfera, do której odbywa się parowanie cieczy z tacy jest dobrze wymieszana, tak, że nie ma żadnych gradientów stężeń przed rozpoczęciem parowania cieczy. Ponadto, założymy, że parującą do atmosfery cieczą jest metanol, a atmosfera zawiera 21% tlenu i 79% azotu oraz nie zawiera par metanolu. Aby przeprowadzić eksperyment, tuż nad powierzchnią metanolu należy umieścić mały płomień. W tym przypadku, w każdej temperaturze atmosfery, zaobserwujemy brak zapłonu, z uwagi na nie wystarczającą ilość zgromadzonych par metanolu. Dlatego też, zanim możliwy będzie zapłon, musi dojść do parowania cieczy oraz procesów dyfuzji. Gdy zgromadzi się odpowiednia ilość par metanolu, tworząc tym samym mieszaninę wybuchową o stężeniu pomiędzy DGW a GGW, wówczas możliwy będzie ich zapłon. Jeśli powierzchnia parowania będzie stosunkowo mała, a przestrzeń do której ulatują pary duża, wówczas mieszanina par z powietrzem tylko w wąskim obszarze chmury osiągnie stężenie pomiędzy DGW i GGW. Jeśli natomiast odwrócimy te proporcje, wówczas bardziej prawdopodobne będzie, że znaczna część mieszaniny par z powietrzem osiągnie pożądane stężenie. W tym przypadku procent objętościowy par paliwa y_f będzie wynosił:

$$y_f = \frac{100 \cdot p}{P} \quad (1)$$

gdzie p to prężność par cieczy w temperaturze T , a P to ciśnienie atmosferyczne.

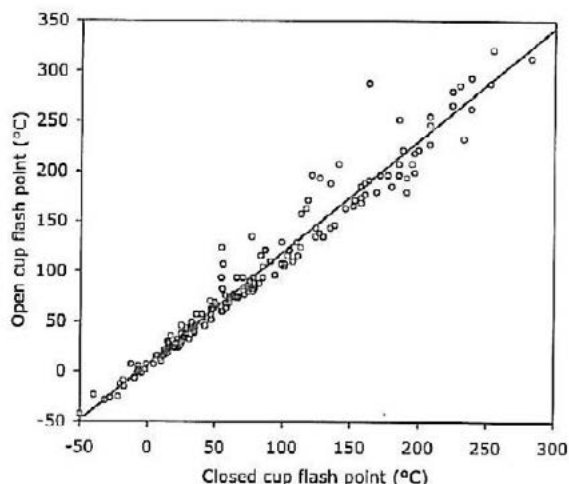
Przy zapewnieniu, że temperatura T nie jest zbyt bliska temperaturze przemiany fizycznej, prężność par cieczy można wyrazić w postaci prostej funkcji temperatury T za pomocą równania Antoine. Jeśli temperatura jest wystarczająco niska, wówczas osiągnięty zostanie ustalony stan stężenia par paliwa, ale przy dostarczeniu małego płomienia nie dojdzie do zapłonu. Będzie on natomiast możliwy, jeśli w temperaturze T wartość y_f będzie poniżej DGW. Jeśli ciecz osiągnie określoną temperaturę, wtedy będzie możliwy zapłon. Temperaturę tą określa się jako flash point badany wg. metody zamkniętego tygla (ZT). Teoretycznie, istnieje możliwość obliczenia wartości flash point według tej metody badawczej, przy znanej wartości DGW, przekształcając ją na prężność par paliwa, a następnie rozwiązując równanie Antoine dla temperatury T . Przeprowadzone w ten sposób obliczenia dają przeważnie wyniki bliskie rezultatom eksperymentów, aczkolwiek czasami zdarza się również, że znacznie od nich odbiegają. Dzieje się tak z powodu powtarzalności badań doświadczalnych.

W metodzie badawczej OT, tygiel trzymający ciecz umieszczony jest w otwartej atmosferze. W tym przypadku stężenie par cieczy jest wyższe w pobliżu powierzchni cieczy, ale stopniowo zbliża się do wartości 0, jeśli wysokość pomiędzy tygłem, a powierzchnią cieczy wzrasta. Ponieważ źródło zapłonu w tym przypadku nie może zostać umieszczone bezpośrednio przy powierzchni cieczy, dlatego też stężenie par cieczy jest tam znacznie mniejsze. W konsekwencji wartość flash point dla metody OT jest zazwyczaj wyższa niż w przypadku metody ZT. Kong i inni [9] stwierdzili, że wartości flash point uzyskane za pomocą metody ZT są zazwyczaj wyższe o kilka °C niż wartości obliczeniowe na podstawie zależności pomiędzy DGW a prężnością par. Natomiast wartości flash point uzyskane za pomocą metody OT są o kilka stopni wyższe niż w przypadku metody ZT. Korelacje pomiędzy tymi metodami badawczymi można zatem zapisać następująco [6]:

$$T_{FP(OT)} = 1,12 \cdot T_{FP(ZT)} + 7,1 \quad (2)$$

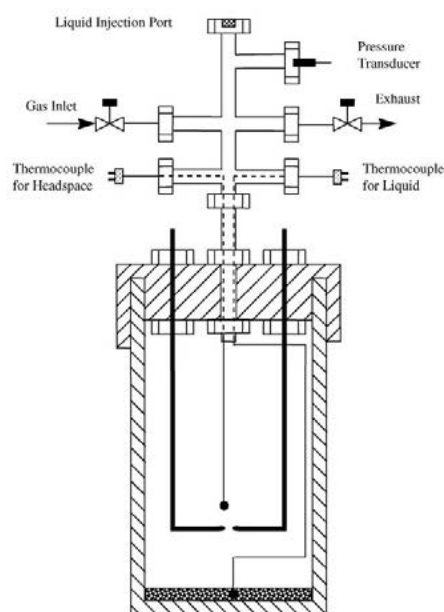
Należy pamiętać o tym, że istnieją ponadto pewne określone różnice konstrukcyjne pomiędzy tymi urządzeniami badawczymi. Na Rycinie 3. przedstawiono w formie graficznej zależność pomiędzy war-

tościami flash point, uzyskanymi podczas badań według obydwu metod.



Ryc. 3. Zależność pomiędzy wartościami flash point uzyskanymi wg. metod OT i ZT [6]

Kong i inni [9] przeprowadzili serię badań doświadczalnych w zakresie określania parametru flash point dla sześciu wybranych paliw ciekłych w atmosferze tlenu i powietrza. W tym celu zbudowali oni specjalną zamkniętą cylindryczną komorę badawczą ze stali nierdzewnej o wewnętrznej średnicy 67 mm i głębokości 122 mm. Objętość tej komory badawczej wynosiła 430 ml, a na Rycinie 4. przedstawiono jej schemat. Na podstawie swoich badań odkryli oni, że zwiększone stężenie tlenu w atmosferze ma również wpływ na wartości parametru flash point. Ponadto, udowodnili, że pomimo faktu, iż dichlometan jest powszechnie uważany jako ciecz niepalna, co potwierdzają standardowe testy flash point w urządzeniu ZT, w zamkniętej komorze badawczej, którą zbudowali substancja ta okazała się tworzyć jednak atmosferę wybuchową.



Ryc. 4. Schemat cylindrycznej komory badawczej do pomiaru flash point w atmosferze tlenu i powietrza [9]

Przykładowo, w tlenie flash point dla dichlometanu wyniósł 7.1°C, a w powietrzu jego wartość jest silnie uzależniona od energii zapłonu. Na podstawie wyników badań, stwierdzili oni również, że ciśnienie atmosfery ma także wpływ na wartość parametru flash point. Im wyższe ciśnienie, tym większa wartość flash point. Podczas swoich badań dokonali oni obliczeniowej korekty efektu ciśnienia na zmierzone parametry flash point, przyrównując to do ciśnienia atmosferycznego (760 mmHg), przy użyciu następującej formuły:

$$FP_{Obliczony} = FP_{Zmierzony} - 0,33 \cdot (P - 760) \quad (3)$$

Ogólnie zakłada się, że dla danej substancji nie określa się wartości flash point powyżej jej temperatury krzepnięcia. Podczas, gdy stwierdzenie to odnosi się do większości substancji organicznych, istnieje jeden wyjątek, którym jest cykloheksan. Jego flash point, określony za pomocą metody OT, wynosi -17°C, podczas gdy jego temperatura krzepnięcia równa jest 6,5°C.

Flash point mierzony jest w urządzeniach badawczych zawierających bardzo małe ilości cieczy testowej. Ponieważ możliwość powstania zjawiska wybuchu zazwyczaj odnosi się do kilogramów, a nie gramów substancji palnej, pojawia się zatem pytanie: czy badania przeprowadzone w małej skali odpowiednio reprezentować będą wyniki uzyskane za pomocą badań w dużej skali? Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych dla paliwa lotniczego Jet-A, Shepherd [10] stwierdził, że wyniki w małej skali nie odzwierciedlają wyników z dużej skali. Zbadane przez niego wartości flash point w dużej skali były o ok. 10 - 15°C niższe niż w przypadku urządzeń badawczych w małej skali. Jednakże, z uwagi na to, że paliwa lotnicze to złożone chemicznie substancje, nie można jednoznacznie stwierdzić, czy zależność ta odnosi się również do innych substancji.

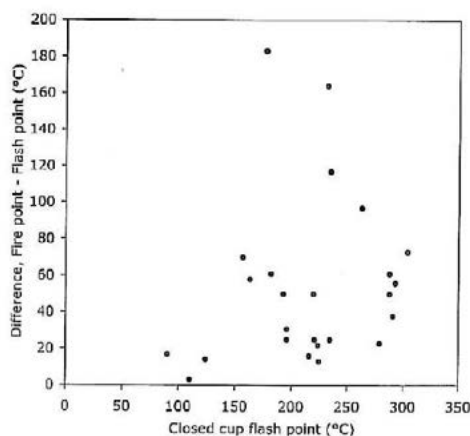
W przypadku określonych zastosowań, istnieje również możliwość określenia górnej granicy flash point. Wartość ta odnosi się do tak wysokiej temperatury, w której pary cieczy osiągną stężenie bliskie GGW. Pomiary górnej granicy flash point nie są powszechnie stosowane, ale Hasegawa i Kashiki [11] przeprowadzili serię badań w tym zakresie przy użyciu urządzenia badawczego ZT. Na podstawie tych badań zaproponowali oni pewną zależność empiryczną, która przedstawia się następująco:

$$T_{UZI} = UTL + 6,4 \quad (4)$$

gdzie T_{UZI} oznacza górną granicę flash point uzyskaną wg. metody ZT, a UTL jest to górna temperaturo-

wa granica palności. Wyniki uzyskane za pomocą tej zależności różniły się o ok. 5,3°C od rezultatów z badań przeprowadzonych przez Hasegawa i Kashiki.

Oprócz flash point, istnieje jeszcze jeden parametr, który jest bardzo istotny przy bezpiecznym magazynowaniu i transporcie paliw ciekłych. Jest to tzw. fire point, który określa się jako minimalną temperaturę, w której możliwe jest powstanie propagacji samopodtrzymującego się płomienia, po usunięciu źródła zapłonu [35]. Parametr ten można zmierzyć wykorzystując do tego standardowe urządzenia badawcze OT. Przytoczona powyżej definicja fire point nie będzie jednak kompletna bez określenia odpowiedniego czasu, niezbędnego do rozróżnienia pomiędzy flash point, a powstaniem płomienia. Standardy ASTM zalecają w tym zakresie czas 5 s. Dla większości paliw ciekłych wartości fire point są znacznie większe niż wartości flash point. Rycina 5. obrazuje zależność pomiędzy fire point a flash point dla wybranych lotniczych cieczy hydraulicznych oraz olejów smarowych [12].



Ryc. 5. Zależność pomiędzy wartościami fire point i flash dla wybranych lotniczych cieczy hydraulicznych oraz olejów smarowych [12]

Dla chemicznych związków homologicznych z prostymi łańcuchami organicznymi (np. n-parafiny, heksan, heptan, oktan, itp.) wartości flash point układają się w proste i przewidywalne zależności. Przykładowo, jeśli znane są wartości flash point, można je wówczas przedstawić graficznie na wykresie w różnych funkcjach, przykładowo funkcji liczby atomów węgla w związku chemicznym. Dla grupy związków organicznych, udowodniono, że wartość flash point:

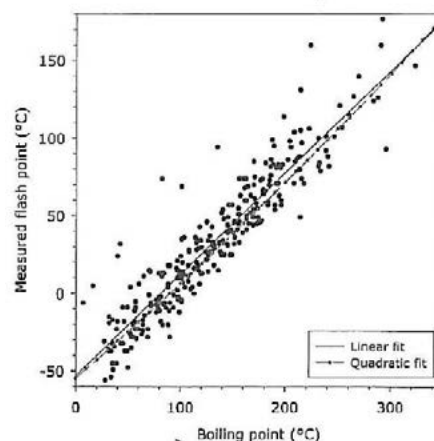
- wzrasta wraz ze zwiększaniem się liczby atomów węgla,
- wzrasta wraz ze zwiększaniem się temperatury wrzenia,
- wzrasta wraz ze zwiększaniem się wartości ciepła spalania.

Zależności te ograniczają się jednak tylko do związków o prostych łańcuchach chemicznych i nie można ich odnosić do związków o rozgałęzionych łańcuchach chemicznych. Przykładowo, wartość flash point różnić się będzie w zależności od temperatury wrzenia danej cieczy. Na Rycinie 6. przedstawiono graficznie wpływ temperatury wrzenia na wartość flash point.

W 1927 roku Leslie i Geniesse [18] zasugerowali, że do przewidywania wartości flash point niezbędna jest wartość prężności par, która zawiera informacje o stechiometrii, co można zapisać następującym równaniem:

$$p_v = \frac{P_C}{k \cdot \gamma_0} \quad (5)$$

gdzie p_v oznacza prężność par (atm), P_C to ciśnienie otoczenia (np. ciśnienie atmosferyczne), k to stała doświadczalna równa 8, a γ_0 oznacza liczbę moli tlenu podzieloną przez liczbę moli paliwa, niezbędną do spalania stechiometrycznego.



Ryc. 6. Wpływ temperatury wrzenia na wartość flash point [6]

Podobnie jak Leslie i Geniesse, wielu naukowców zajmujących się badaniami w zakresie spalania [13, 14, 15] uważa, że wartość flash point powinna odpowiadać wartości prężności par, co najmniej w kilku grupach związków chemicznych. Jednakże, przeprowadzając badania dla szerokiego zakresu substancji chemicznych Kueffer i Donaldson [16] wskazali, że prężność par przy flash point wynosi zazwyczaj od 1 do 4 kPa, co świadczy o tym, że zakres ten jest zbyt szeroki, aby odnosić go do wartości flash point. Jeśli natomiast skoncentrujemy się na pojedynczej grupie związków chemicznych, wówczas można dokonać bardziej precyzyjnych założeń. Przykładowo, Fuji i Hermann [17] stwierdzili, że średnia wartość prężności par odnosząca się do temperatury flash point wynosi ok. 1,2 kPa, przy czym istnieją pewne odchylenia od tej wartości, uzależnione od grupy związków chemicznych. Na przy-

kład dla alkenów wartość tego odchylenia wynosi 0,55 a dla alkoholi 2,3. O ile w przypadku określonej grupy substancji chemicznych możliwe jest takie podejście, to dla mieszanin staje się to praktycznie nierealne.

Biorąc pod uwagę wyznaczanie parametru flash point dla mieszanin, należy przyjąć do dalszych rozważań dwie różne cieczce, a następnie zastanowić nad tym, czy są one wzajemnie rozpuszczalne czy też nie. Jeśli nie są wzajemnie rozpuszczalne, wówczas w ustalonych warunkach jedna z nich będzie unosiła się nad powierzchnią drugiej. Wartość flash point dla dwóch nierozpuszczających się wzajemnie cieczy określa się wyłącznie na podstawie flash point dla cieczy o niższej gęstości. Dla mieszanin cieczy wzajemnie mieszających się ze sobą w dowolnej proporcji i jednocześnie takich, których udziały stężeń par poszczególnych składników są identyczne w fazie gazowej jak w ciekłej, nazywanymi dalej mieszaninami idealnymi, zastosowanie ma Prawo Le Chatelier'a, zgodnie z którym stwierdza się, że dla mieszanin dolna granica wybuchowości będzie wynosić [6]:

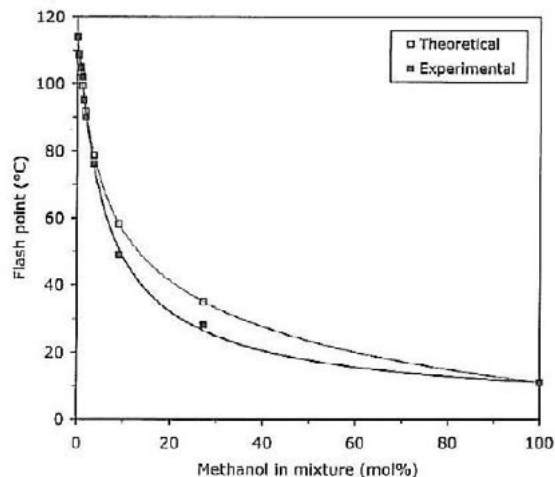
$$\sum \frac{X_x}{DGW_x} = 1 \quad (6)$$

gdzie X_x to stężenie objętościowe składnika x , DGW_x to dolna granica wybuchowości składnika x , wyrażona jako procent objętościowy.

Dalsze modyfikacje powyższej zależności zależą od tego, czy mieszanina będzie traktowana jako idealna czy też nie. Generalnie przyjmuje się zatem zasadę, iż mieszaninę cieczy uważa się za idealną, jeśli poszczególne składniki tej mieszaniny pochodzą z tej samej grupy organicznych związków chemicznych. Dotyczy to w szczególności wszystkich alkoholi i ketonów. Przykładem mieszaniny idealnej jest mieszanina glikolu etylenowego i metanolu czy etanolu i metanolu. Mieszanina cieczy będzie zatem idealna, jeśli obydwa jej składniki to alkohole. Badania doświadczalne w zakresie pomiarów flash point dla tych mieszanin przeprowadził Finnegan [19], co przedstawiono na Rycinie 7. Stwierdził on, że wartości flash point dla tych mieszanin, ułożone w funkcji zawartości metanolu w mieszaninie, nie stanowią zależności liniowej.

Wśród wielu awarii w przemyśle, gdzie stosowane, magazynowane i transportowane są cieczce palne, częstym przypadkiem jest zasilanie podgrzewaczy naftą, do której dodaje się również benzynę. Główną przyczyną takich awarii jest wypychanie jednego z paliw na zewnątrz urządzenia z powodu nadciśnienia powstałego wewnątrz. Dzieje się tak ponieważ prężność par benzyny jest znacznie więk-

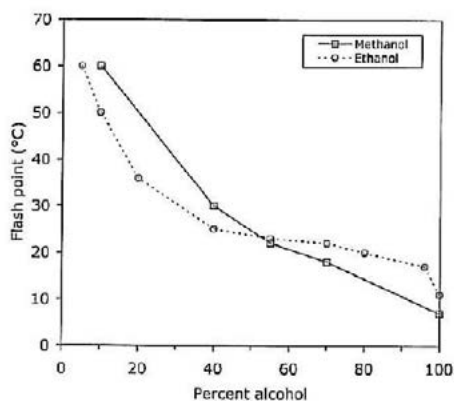
sza niż w przypadku nafty. Zapłon w tym przypadku możliwy jest poprzez obniżanie wartości flash point dla tej mieszaniny. W tym zakresie Lentini [20] wykazał, że dodatek 4% benzyny do nafty spowoduje obniżenie wartości flash point z 49°C do około 6°C, co potwierdziły przeprowadzone przez niego badania doświadczalne.



Ryc. 7. Obliczeniowe i eksperymentalne wartości flash point dla mieszaniny glikolu etylenowego i metanolu [19]

Mieszaniny nieidealne wykazują dość nieoczekiwane właściwości w przedmiotowym zakresie. Wartości flash point przedstawione w funkcji stężenia jednego składnika od 0% do 100% mogą wykazywać ekstremum. O ile tym ekstremum jest maksimum to mieszanina taka jest bardziej bezpieczna niż jej poszczególne składniki bo wartości flash point są podwyższone i osiągają maksimum dla określonego składu. Jeśli jednak tym ekstremum jest minimum to mieszanina taka jest mniej bezpieczna niż jej poszczególne składniki rozpatrywane osobno. Przykładem takiej mieszaniny jest mieszanina oktanu (flash point 18°C) i etanolu (flash point 13°C). Dla stężenia etanolu w mieszaninie od ok. 15% do ok. 90% flash point mieszaniny wynosi ok. 5°C.

Jeśli do cieczy palnej zostanie dodana ciecz niepalna, wówczas powstanie zawsze pewna frakcja, której pary będą znajdować się poza granicami wybuchowości, a tym samym wystąpi brak flash point. Taka sytuacja wymaga jednak dodania dużej ilości cieczy niepalnej. Na podstawie badań przeprowadzonych przez Demidova [21], dla czystego metanolu, którego flash point wynosi 7°C, jego mieszanina z wodą w składzie 40/60 powoduje gwałtowne zwiększenie tego parametru do wartości 30°C. Aby mieszanina ta stała się niepalna, należy dodać aż 95% wody. Na Rycinie 8. przedstawiono otrzymane przez Demidova wartości parametru flash point dla mieszanin wybranych paliw alkoholowych z wodą, w zależności od zawartości procentowej alkoholu w mieszaninie.

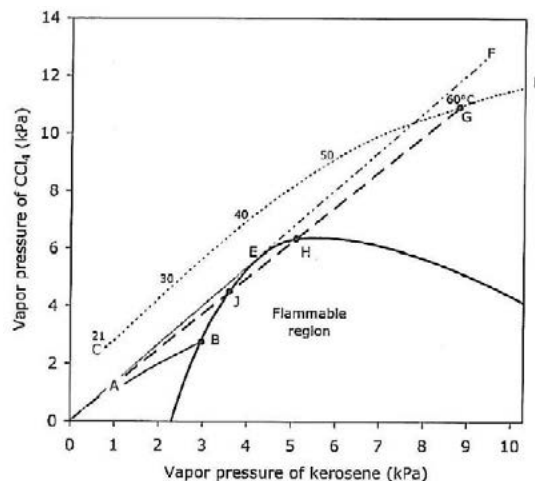


Ryc. 8. Wartości flash point dla mieszanin alkoholu i wody [21]

Bardzo dużą uwagę należy zwrócić przy eksperymentalnym wyznaczaniu wartości flash point oraz interpretowaniu tych wyników dla mieszanin zawierających składniki fluorowcopochodne. Ogólnie wiadomo, że atomy fluorowców opóźniają proces spalania poprzez zrywanie łańcuchów reakcji chemicznej. Dlatego też mieszaniny cieczy zawierające składniki fluorowców mogą wykazywać wysokie wartości parametru flash point. Jednakże, jeśli składnik danej mieszaniny, zawierający fluorowce, jest cieczą łatwiej parującą niż pozostałe, wówczas podczas wycieku do atmosfery, zacznie on parować jako pierwszy. Po jego całkowitym odparowaniu, pozostała część mieszaniny będzie wtedy zdolna do zapłonu w określonych temperaturach. Taka sytuacja dotyczyła w przeszłości wielu awarii w przemyśle, gdzie podczas nakładania cienkich powłok farb zawierających chlorek metylenu na powierzchnie różnych urządzeń procesowych. Po serii takich wypadków, Departament Transportu w Stanach Zjednoczonych wydał specjalne wytyczne (49 CFR 173.120), w których zaleca się, że jeśli mieszanina farb posiada flash point określony eksperymentalnie na poziomie -7°C , należy wówczas przeprowadzić ponowne badania w tym zakresie, z tym, że dla częściowo odparowanej cieczy, co ściśle określono w tych regulacjach.

Poza kontrolą poprawności wykonania testów pomiarowych w zakresie określenia wartości flash point dla rozpuszczalników zawierających chlorek metylenu, możliwe jest również otrzymanie niepoprawnych wyników, co potwierdził w swoich badaniach Probst [22]. Z kolei Gerstein i Stine [23] odkryli, że gdy dodaje się składnik fluorowców do węglowodorów, możliwe jest również uzyskanie nieprawidłowych wyników flash point. Pomimo tego, że mieszanina taka wykazywać będzie brak parametru flash point, co może świadczyć o jej niepalności, to mimo wszystko będzie ona zdolna do zapłonu wewnątrz urządzenia badawczego w miejscach, gdzie pary cieczy są odpowietrzane na zewnątrz. Oczywiście jest fakt, że zjawisko to nie kwalifikuje się

do określania parametru flash point, jednakże należy zwrócić szczególną uwagę na te właściwości. Aby wyjaśnić to zjawisko, należałoby odnieść się do danych eksperymentalnych przedstawionych na Rycinie 9., na której dla mieszaniny nafty i czterochorku węgla (CCl_4) względna prężność par w temperaturze pokojowej znajduje się w punkcie A.



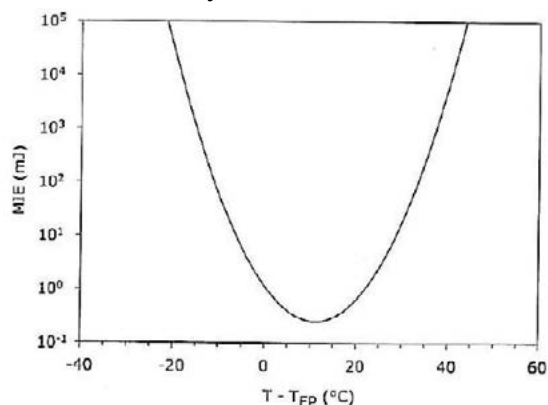
Ryc. 9. Zależności w zakresie prężności par, granic wybuchowości i flash point dla mieszaniny nafty i CCl_4 [23]

Oznacza to mniej więcej tyle, że mieszanina ta w temperaturze pokojowej jest niepalna. Jeśli zostanie podwyższona temperatura, wówczas wartość prężności par będzie się zmieniać, według linii A-B. W punkcie B, temperatura osiągnie wartość równą flash point i możliwy będzie zapłon. Dalsze zwiększanie temperatury spowoduje, że stężenie par tej mieszaniny będzie znajdowało się w granicach wybuchowości, aż do osiągnięcia górnej granicy flash point. Zakładając natomiast, że w mieszaninie o tych samych składnikach znajduje się mniej nafty, a więcej CCl_4 , prężność par tej mieszaniny na Rysunku 10 znajduje się punkcie C. Jeśli nastąpi wzrost temperatury, to wartość prężności par zacznie się zmieniać, zgodnie z linią C-D. W temperaturze ok. 60°C prężność par będzie w punkcie G. Mieszanina par nafty i CCl_4 w tej temperaturze będzie zatem niepalna. Zmieszanie tej mieszaniny z powietrzem nie spowoduje zmiany proporcji nafty i CCl_4 , ale prężność par powstałej w ten sposób mieszaniny zmieni się zgodnie z linią G-0, gdzie 0 jest punktem wyjściowym. Jeśli mieszanina ta zostanie wystarczająco rozrzedzona przez powietrze, wówczas prężność par osiągnie punkt H, co spowoduje, że stężenie par znajdzie się w granicach wybuchowości. Zjawisko to zostało nazwane anomalią Gerstein'a.

Zjawisko zwane anomalią Gerstein'a spowodowane jest tym, że prężność par przy zwiększaniu temperatury, zmienia się zgodnie z linią C-G, przedstawioną na Rysunku 10. Zjawisko to będzie za każdym razem powtarzalne, gdy prężność par takiej mieszaniny będzie znajdowała się po prawej stronie linii E-F na tym wykresie. Linia E-F jest linią prostą,

zaczynającą się w punkcie 0 i jest styczna do krzywej określającej granice wybuchowości.

Dla mieszanin gazowo-powietrznych o stałym współczynniku stechiometrii, istnieje pewna zależność pomiędzy temperaturą zapłonu a minimalną energią zapłonu. Im większa jest temperatura danej mieszaniny, tym mniejsza będzie minimalna energia zapłonu (MEZ). W przypadku mieszanin par cieczy z powietrzem zależność ta nie jest już taka oczywista i zależeć będzie od wielu czynników. Jeśli zmieni się temperatura, wówczas współczynnik stechiometrii również ulegnie zmianie. To samo będzie się działo w urządzeniu badawczym ZT podczas pomiarów flash point, z tym, że urządzenia te nie są standardowo wyposażone w układ zapłonu o zmiennej energii zapłonu. W urządzeniach badawczych, gdzie źródło zapłonu ma zmienną energię odkryto, że istnieje pewna optymalna temperatura próbki, która w konsekwencji daje najniższą wartość minimalnej energii zapłonu. Oznacza to, że nie tylko obniżanie temperatury paliwa zwiększa wartość MEZ, ale również jej zwiększanie. Na podstawie swoich badań doświadczalnych wykonanych dla paliwa Jet-A, Hill [24] opracował pewną zależność pomiędzy flash point, a minimalną energią zapłonu, co przedstawiono na Rycinie 10.



Ryc. 10. Minimalna energia zapłonu dla paliwa lotniczego Jet-A w zamkniętym zbiorniku, jako funkcja różnicy pomiędzy temperaturą paliwa i flash point [24].

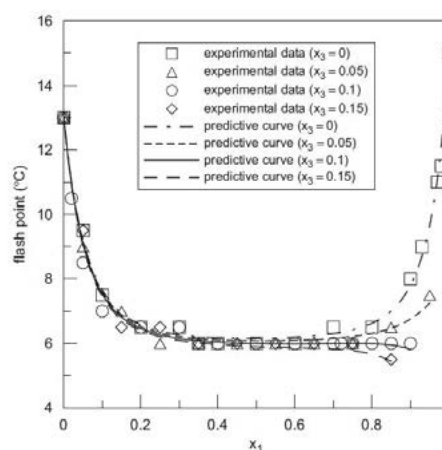
Przedstawiony na Rycinie 10 wysoki zakres temperatur związany jest z tym, że mieszanina par paliwa Jet-A z powietrzem jest mieszaniną zawierającą dużą ilość paliwa. Dla tej właśnie mieszaniny optymalna temperatura, która w konsekwencji dała najniższą wartość minimalnej energii zapłonu, wyniosła ok. 11°C powyżej wartości flash point, ale należy pamiętać o tym, że będzie ona inna w przypadku zastosowania różnych paliw.

Jak już wcześniej wspomniano, w przypadku mieszanin różnych cieczy palnych podstawowym zagrożeniem jest obniżanie się wartości flash point podczas ich wymieszania, a w razie awarii wyciek mieszaniny oraz jej parowanie. Aby temu zapobiec, trzeba wprowadzić określone środki zaradcze, które umożliwią proces obniżania się flash point dla

mieszanin. Badania eksperymentalne i numeryczne w tym zakresie przeprowadził Liaw i jego koledzy z China Medical University [25, 26]. Podjęli oni próbę dodawania do wybranych mieszanin cieczy palnych określonego, trzeciego składnika. Do pomiarów flash point wykorzystali oni standardowe, komercyjne urządzenie badawcze niemieckiej firmy Walter Herzog GmbH, w którym zbadali kilka mieszanin o różnym składzie procentowym, w tym między innymi:

- metanol + octan metylu + akrylan metylu,
- etanol + kwas izoftalowy + oktan,
- kwas izoftalowy + butanol + oktan.

Próbka testowa była podgrzewana w urządzeniu badawczym do temperatury bliskiej przewidywanej wartości flash point. Oprócz badań doświadczalnych Liaw i jego koledzy zaproponowali odpowiedni model matematyczny do predykcji wartości flash point dla mieszanin cieczy oraz przeprowadzili szereg obliczeń w tym zakresie, porównując dane eksperymentalne z uzyskanymi wynikami obliczeń. Rezultaty ich pracy, dla mieszaniny kwasu izoftalowego i oktanu z dodatkiem etanolu, przedstawiono na Rycinie 11.

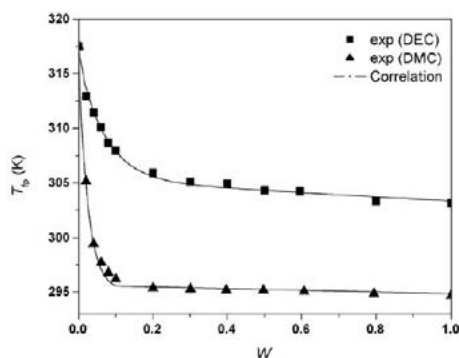


Ryc. 11. Zmierzone i obliczone wartości flash point dla mieszaniny kwasu izoftalowego i oktanu z dodatkiem etanolu [25]

Model matematyczny, który zaproponowali Liaw i inni dedykowany jest przede wszystkim do określania niezbędnego ułamka molowego dodawanego do mieszaniny trzeciego składnika, w celu wyeliminowania możliwości powstania minimum flash point w funkcji stężenia. Wyniki eksperymentów potwierdziły słuszność zastosowanego modelu matematycznego.

Powszechnie wiadomo, że w celu ulepszenia właściwości energetycznych różnych paliw ciekłych, w tym również paliw samochodowych i lotniczych, dodaje się do nich inne substancje. Li i inni [27] przeprowadzili serię badań doświadczalnych w zakresie wpływu różnych dodatków do paliw lotniczych na wartości flash point dla tych mieszanin.

Jednym z podstawowych paliw lotniczych, jakie badali była nafta, dodając do niej dimetylowęglan lub dietylowęglan, które są związkami nietoksycznymi, biodegradowalnymi oraz zawierają duże ilości tlenu. Odkryli oni, że dodatek tych substancji do paliw lotniczych powoduje redukcję flash point, a także poprawia znacznie spalanie tych mieszanin w silnikowych komorach spalania. Wyznaczone eksperymentalnie wartości flash point dla tych mieszanin przedstawiono graficznie na Rycinie 12.

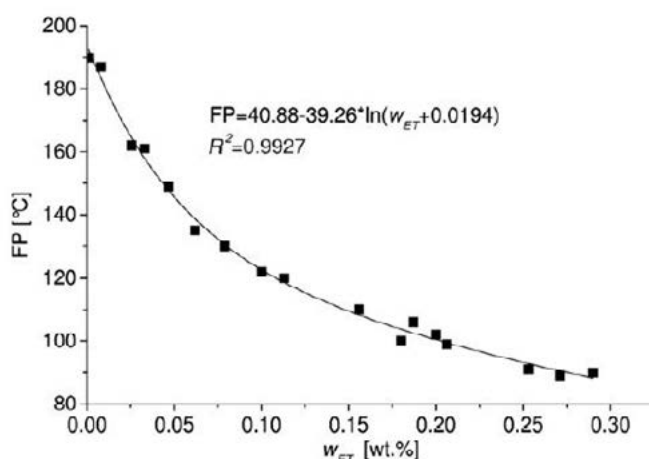


Ryc. 12. Wartości flash point dla nafty lotniczej z dodatkiem dimetylowęglanu (DMC) oraz dietylowęglanu (DEC) [27]

Z drugiej jednak strony, Li i inni stwierdzili, że dodatek dimetylowęglanu lub dietylowęglanu do nafty lotniczej może również spowodować zwiększenie zagrożenia wybuchem podczas magazynowania i transportu tych mieszanin, z uwagi na fakt, że proces propagacji płomienia w tych mieszaninach silnie uzależniony jest od ich temperatury. Dlatego też należy zwrócić szczególną uwagę na temperaturę, w której te mieszaniny są magazynowane.

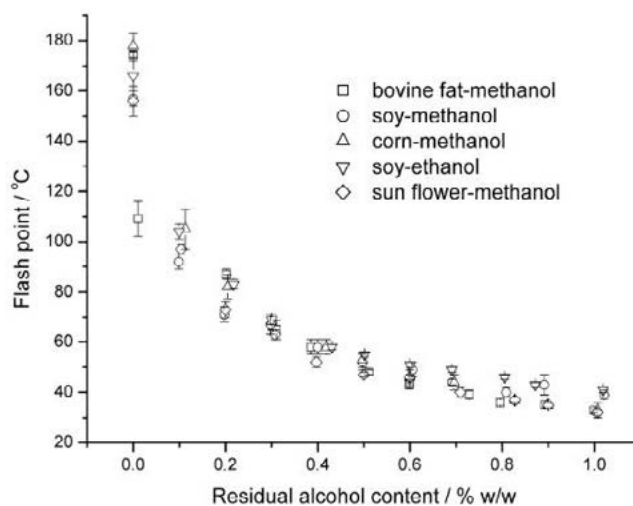
Cernoch i jego współpracownicy [28] zbadali eksperymentalnie wartości flash point dla różnych biopaliw na bazie oleju rzepakowego, w zależności od dodatku etanolu. Jako motywację do swoich badań, założyli oni, że dodatek alkoholu etylowego powinien zasadniczo wpływać na wartość flash point dla biopaliw na bazie oleju rzepakowego. W przypadku czystego biopaliwa (bez dodatku etanolu) flash point miał wartość ok. 195°C, podczas, gdy dodatek zaledwie 0,2 procent etanolu spowodował jego obniżenie do wartości poniżej 100°C. Wyznaczone eksperymentalnie wartości flash point dla tych mieszanin przedstawiono graficznie na Rycinie 13.

Największy spadek wartości flash point dla mieszanin biopaliwa i etanolu, Cernoch i inni zaobserwowali przy zawartości ponad 10 procent etanolu w mieszaninie. Dla czystego alkoholu etylowego flash point wyniósł 12,8°C.



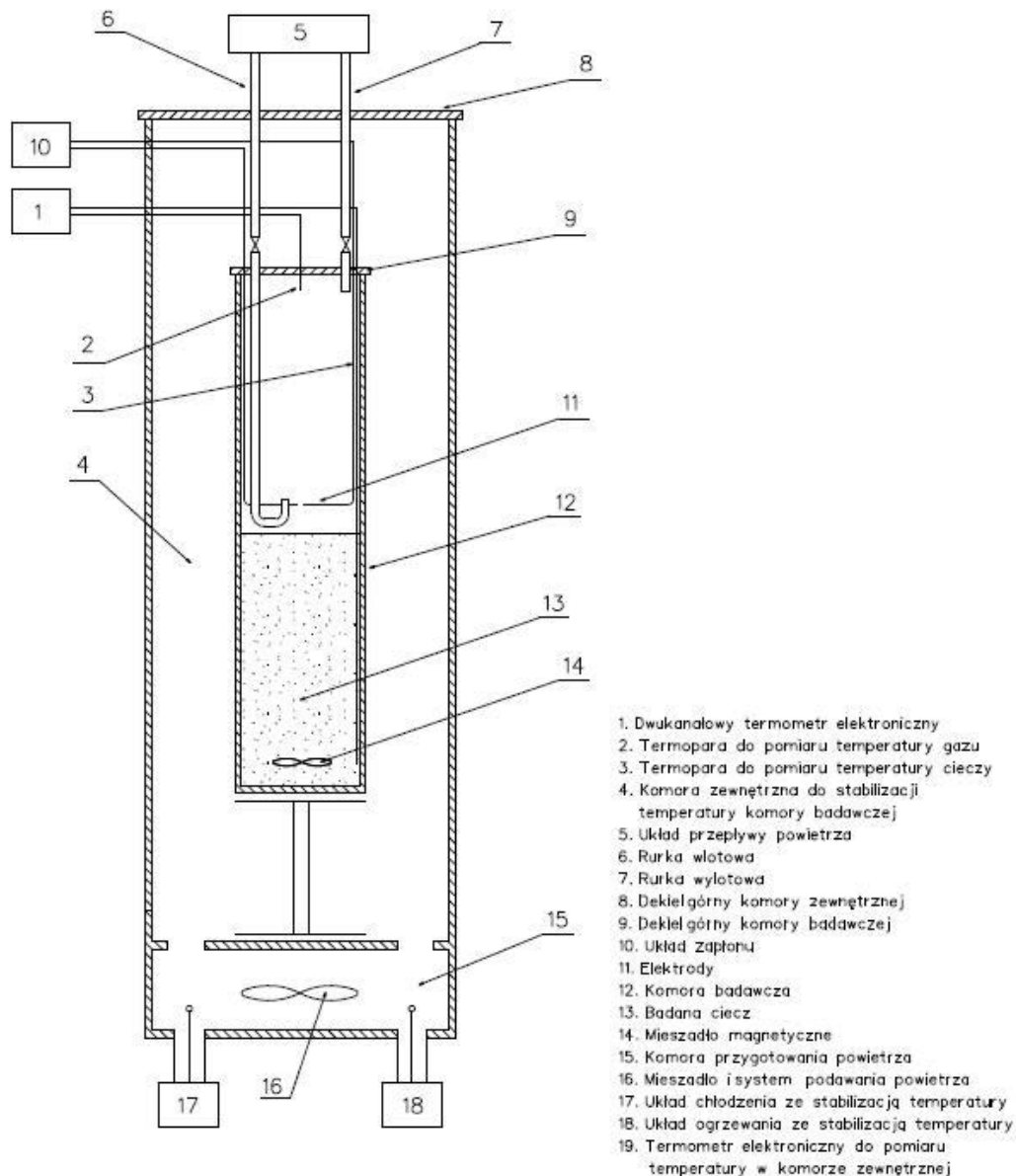
Ryc. 13. Wartości flash point dla biopaliwa na bazie oleju rzepakowego, w zależności od zawartości etanolu w mieszaninie [28]

Biopaliwa w zakresie flash point zbadali również doświadczalnie Tubino i inni [29] z University of Campinas w Brazylii. Badane przez nich biopaliwa zawierały dodatki różnych alkoholi, w tym metanol i etanol. Na podstawie swoich doświadczeń odnotowali oni podobny efekt, jak Cernoch i jego koledzy. Dodatek alkoholu metylowego i etylowego do biopaliw spowodował znaczne obniżenie wartości flash point, co graficznie przedstawiono na Rycinie 14.



Ryc. 14. Wartości flash point dla wybranych biopaliw, w zależności od zawartości alkoholu w mieszaninach [29]

Explosion point oraz jego zależności z innymi parametrami w zakresie spalania i wybuchowości paliw ciekłych nie zostały jeszcze tak dobrze przebadane, jak tego dokonano w przypadku flash point. Wynika to między innymi z faktu, iż jego wprowadzenie w międzynarodowych standardach miało miejsce stosunkowo niedawno. Zgodnie ze standardem PN-EN 15794 do badania parametru explosion point wykorzystuje się urządzenie badawcze pokazane na Rycinie 15. W urządzeniu tym, wewnętrzna rura stanowi ciśnieniowy zbiornik ze szkła i pełni



Ryc. 15. Schemat urządzenia badawczego do pomiaru explosion point wg. PN-EN 15794

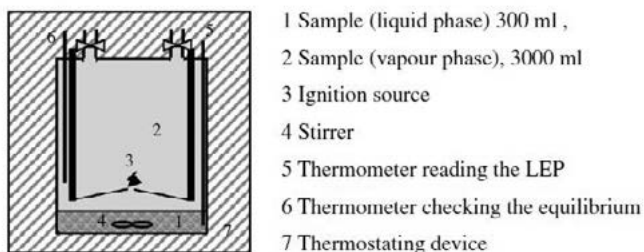
rolę komory badawczej. Rura zewnętrzna wykonana jest zazwyczaj ze szkła. Przestrzeń pomiędzy rurami stanowi komorę termiczną o regulowanej temperaturze. Do stabilizacji temperatury komory badawczej wykorzystuje się zarówno układ ogrzewania jak i chłodzenia. Standardowo, urządzenie to wyposażone jest w dodatkowy zbiornik powietrza, w którym zachodzi proces ogrzewania lub chłodzenia.

Pomiędzy zbiornikiem powietrza, a komorą otaczającą komorę badawczą, powietrze porusza się w zamkniętym izolowanym obiegu. Jego temperatura ustawiana jest zazwyczaj na panelu obsługi i regulowana automatycznie przez zbudowany w tym celu układ elektroniczny. W komorze badawczej umieszczone są 2 kalibrowane termopary, rurki (wlotowa i wylotowa połączone z obwodem przepływania powietrzem), elektrody zapłonowe oraz mieszadło

magnetyczne. Przygotowanie mieszaniny par cieczy następuje wewnątrz komory badawczej nad jej lustrem przez parowanie w zadanej temperaturze w obecności zamkniętej objętości powietrza. Po osiągnięciu nasycenia, mieszanina inicjowana jest za pomocą iskry elektrycznej wytwarzanej przez układ zapłonowy. Ocena procesu zapłonu dokonywana jest głównie wzrokowo przez obsługę.

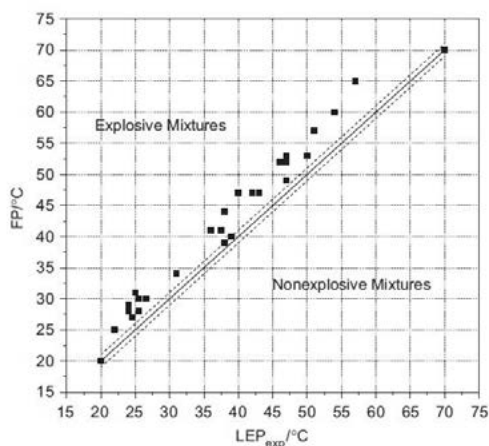
Brandes i inni [2, 30] przeprowadzili serię badań doświadczalnych w zakresie wyznaczenia wartości explosion point dla wybranych czystych paliw ciekłych (m.in. butanolu, acetonu, dichlorometanu, n-oktanolu), a także wybranych mieszanin paliw ciekłych (octanu butylu + butanolu + p-ksylenu, etanolu + 2-butanolu + wody, n-oktanolu + n-propionianu butylu, itp.). Pomiarów explosion point dokonywali oni w szklanym urządzeniu badawczym o pojemności 3.3 l (średnica wewnętrzna: 150 mm, wyso-

kość: 200 mm), wyposażonym w układ zapłonowy. W celu przyspieszenia procesu mieszania się par cieczy zapewniono mieszadło elektryczne. Zanim nastąpił zapłon, mieszadło za każdym razem było wyłączone. Na Rycinie 16. przedstawiono schemat wykorzystywanego przez nich stanowiska badawczego do pomiarów explosion point.



Ryc. 16. Schemat stanowiska badawczego wykorzystywanego do pomiarów explosion point [2]

Ogólnie wiadomo, że paliwa ciekłe fluorowcopochodne, stanowiące roztwory wodne, nie wykazują parametrów flash point. Dotyczy to zarówno mieszanin zawierających duże ilości wody, gdzie ciecz palna jest składnikiem o wyższej prężności par, jak również mieszanin o małych ilościach wody. Mieszaniny takie są zdolne do wytwarzania atmosfer wybuchowych podczas ich parowania w powietrzu, dlatego jedynym parametrem określającym ich wybuchowość jest explosion point. W przypadku mieszanin cieczy palnych (bez związków fluorowcopochodnych) Brandes i inni [31] znaleźli różnice pomiędzy flash point, a explosion point, wynoszące od 1 do 15 K. Na Rycinie 17. przedstawiono graficznie wyniki ich badań doświadczalnych w zakresie zależności pomiędzy flash point oraz explosion point dla wybranych mieszanin paliw ciekłych.



Ryc. 17. Wartość flash point i explosion point dla wybranych mieszanin paliw ciekłych [2].

Rezultaty te wskazują jednoznacznie, że wartości flash point dla badanych mieszanin paliw ciekłych są wyższe niż wartości explosion point. Potwierdza to tym samym fakt, że podczas magazynowania i transportu mieszanin cieczy palnych flash

point nie może być jedynym wyznacznikiem warunków bezpieczeństwa.

Posumowanie

Dla wielu mieszanin, dla których flash point nie istnieje, nie oznacza to faktu, że są one bezpieczne. W zakresie temperatur poniżej wartości flash point nadal istnieje możliwość powstania atmosfery wybuchowej w postaci par cieczy z powietrzem. W takich przypadkach należy zachować pewien margines bezpieczeństwa, poprzez przeprowadzenie odpowiednich badań doświadczalnych w zakresie wyznaczenia explosion point, a tym samym wdrożenie odpowiednich środków bezpieczeństwa. Oczywiście jest, że wspomniany margines bezpieczeństwa zależeć będzie przede wszystkim od rodzaju cieczy palnej, jak i zastosowania odpowiedniej metody badawczej. Jak wcześniej wspomniano różnice pomiędzy flash point i explosion point mogą wynosić nawet do 15 K, w związku z czym nie należy tego lekceważyć. Ponadto, przy wyznaczaniu zarówno flash point, jak i explosion point istotna jest znajomość prężności par, minimalnej energii zapłonu oraz granic wybuchowości badanej mieszaniny par cieczy. Dzięki znajomości tych pozostałych parametrów możliwe będzie dokonanie kompleksowej oceny zagrożenia wybuchem dla obiektów, w których mieszaniny te są stosowane.

Literatura

1. NTSB Aircraft Accident Report: *In-flight breakup over the Atlantic Ocean TWA Flight 800, Boeing 747-131, N93119*, National Transportation Safety Board, Washington D.C., 2000;
2. Brandes E., Mitu M., Pawel D., *The lower explosion point - A good measure for explosion prevention: Experiment and calculations for pure compounds and some mixtures*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 20/2007;
3. NFPA 30, Flammable and combustible liquids code, NFPA 2008;
4. Beyler C.L., *Flame spread on aviation fuels*, Fire Safety Journal 28/1997;
5. Glassman I., *Combustion*, AP Inc., 1987;
6. Babrauskas V., *Ignition Handbook*, SFPE, 2001;
7. Colwell J.D., *Hot surface ignition of automotive and aviation fuels*, Fire Technology 41/2005;
8. CRC Handbook of aviation fuel properties, Report No. 635/2004;
9. Kong D. [et al], *Determination of flash point in air and pure oxygen using an equilibrium closed bomb apparatus*, Journal of Hazardous Materials A102, 2003;
10. Shepherd J.E., Krok J.C., Lee J.L., *Jet-A explosion experiments: Laboratory testing*, Report FM97-5, Caltech, 1997;

11. Hasegawa K., Kashiki K., *A method for measuring upper flash point: Practical method using set-a-flash closed-cup apparatus*, Report of Fire Research Institute No. 71, 1991;
12. Kuchta J.M., Clodfelter R.G., *Aircraft mishap fire pattern investigations*, AFWAL-TR-85-2057, Aero Propulsion Laboratory, Air Force Systems Command, Wright-Patterson, 1985;
13. Patil G.S., *Estimation of flash point*, Fire and Materials, 12, 1988;
14. Satyanarayana K., Kakati M.C., *Correlation of flash points*, Fire and Materials, 15, 1991;
15. Hsieh F.Y., *Correlation of closed-cup flash points with normal boiling points for silicone and general organic compounds*, Fire and Materials, 21, 1997;
16. Kueffer J., Donaldson A.B., *Correlation of flash point data with lower flammability limit*, Proceeding of the Combustion Institute, 1997;
17. Fuji A., Hermann E.R., *Correlation between flash point and vapour pressures of organic compounds*, Journal of Safety Research, 13, 1982;
18. Leslie E.H., Geniesse J.C., *Flash points of saturated vapours of combustible liquids*, International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technology, vol. 2, McGraw-Hill, New York, 1927;
19. Finnegan D.M., *Study of flash points of multi-component flammable liquid solutions* (M.Sc. thesis), Worcester Polytechnic Institute, Worcester MA, 1994;
20. Lentini J.J., *Vapor pressures, flash points and the case against kerosene heaters*, Fire and Arson Investigator, 40:3, 1990;
21. Demidov P.G., *Goreniye i svoystva goryuchikch veshchestv*, Izdatel'stvo Ministerstva Kommunal'nogo Khozyaystva RSFSR, Moskva, 1962;
22. Probst K.G., *Flash point of mixed solvents*, Journal of Paint Technology, 41, 1969.
23. Gerstein M., Stine W.G., *Anomalies in flash points of liquid mixtures*, Ind. Eng. Chem. Prod. RD 12, 1973;
24. Hill R., *A review of the flammability hazard of Jet-A fuel vapor in civil transport aircraft fuel tanks*, Report no. DOT/FAA/AR-98/26, Federal Aviation Administration, Atlantic City, 1998;
25. Liaw H-J., Chen C-T., Cheng C-C., Yang Y-T., *Elimination of minimum flash point behavior by addition of a specified third component*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 21, 2008;
26. Liaw H-J., Chiu Y-Y., *A general model for predicting the flash point of miscible mixtures*, Journal of Hazardous Materials, 137, 2006;
27. Li D., Fang W., Xing Y., Guo Y., Lin R., *Effects of dimethyl carbonate as an additive on volatility and flash point of an aviation fuel*, Journal of Hazardous Materials, 161, 2009;
28. Cernoch M., Hajek M., Skopal F., *Relationships among flash point, carbon residue, viscosity and some impurities in biodiesel after ethanolysis of rapeseed oil*, Bioresource Technology, 101, 2010;
29. Tubino M., Boog J.H.F., Silveira E.L.C., de Ca-land L.B., *Determining the residual alcohol in biodiesel through its flash point*, Fuel, 90, 2010;
30. Brandes E., Mitu M., Pawel D., *Flash point or lower explosion point - which one to choose for explosion prevention*, Proceedings of European Combustion Meeting, Belgium, 2005;
31. Brandes E., Mitu M., Pawel D., *Temperature dependence of the lower explosion limits of pure components and binary mixtures*, Proceedings of 20th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems, McGill University, Canada, 2005;
32. PKN-CEN/TR 15138, *Produkty naftowe i inne cieczy. Przewodnik oznaczania temperatury zapłonu*, PKN, 2009;
33. PN-EN ISO 2719, *Oznaczanie temperatury zapłonu. Metoda zamkniętego tygla Pensky'ego-Martensa*, PKN, 2007;
34. NFPA 30 Handbook, 2008;
35. PN-EN ISO 9038, *Badanie zdolności podtrzymania palenia się cieczy*, PKN, 2005.

Recenzenci
prof. dr hab. Kazimierz Lebecki
dr Tomasz Węsierski

dr inż. **Jerzy GAŁAJ**

The Fire Technique Division,
The Main School of Fire Service,

dr inż. **Waldemar JASKÓŁOWSKI**

The Fire Development and Extinguishing Division,
The Main School of Fire Service,

mgr **Zbigniew KARPOVIČ**

Dept of Labour Safety and Fire Protection,
Vilnius Gediminas Technical University

assoc. prof. dr **Ritoldas ŠUKYS**

Dept of Labour Safety and Fire Protection,
Vilnius Gediminas Technical University

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF IMPREGNATION ON THE PINE TIMBER COMBUSTION USING FLOW THROUGH TESTS

Badanie wpływu impregnacji ogniochronnej na skład i ilość produktów toksycznych powstałych podczas spalania drewna sosnowego

Summary

Millions of people have lost their lives during fire in the recent decades, the majority died from inhalation of toxic fire effluents. Toxic fire effluents cause death in fire, as any incapacitation is likely to impede escape, and increase the chance of becoming trapped. Better understanding of this problem will contribute to the reduction in the number of such deaths in the future. This paper analyses emissions of carbon monoxide (CO), hydrogen chloride (HCl), hydrogen cyanide (HCN) and ammonia (NH₃) during the combustion of non-impregnated and impregnated pine timber with fire retardants in research equipment for toxic combustion products emitted from solid materials after the impact of the heat source (e.g. flow through test). The toxicity of pine timber specimens was investigated at two powers of external heat source of 8 kW/m² and 10 kW/m².

Streszczenie

Co roku wielu ludzi traci życie w czasie pożaru. Większość ginie z powodu wdychania toksycznych produktów rozkładu termicznego i spalania. Produkty te stanowią nie tylko bezpośrednią przyczynę śmierci ale także mogą utrudniać skuteczną ewakuację. Lepsze zrozumienie problematyki toksyczności produktów spalania przyczyni się do zmniejszenia liczby tych zgonów w przyszłości. Artykuł ten przedstawia wyniki badań emisji tlenku węgla (CO), chlorowodoru (HCl), cyjanowodoru (HCN) i amoniaku (NH₃) podczas spalania bezpłomieniowego drewna naturalnego sosnowego, jak i impregnowanego przeciwogniowo dwoma komercyjnymi środkami ogniochronnymi produkowanym na Litwie. Do badań eksperymentalnych wykorzystano nie normatywną technikę pomiarową. Próbkę poddano oddziaływaniu strumienia promieniowania cieplnego o gęstości 8 i 10 kW/m².

Keywords: pine timber, fire retardants, treatment, fire, toxicity, heat source, combustion products, carbon monoxide;

Słowa kluczowe: drewno sosnowe, środek ogniochronny, pożar, toksyczność, produkty spalania, tlenek węgla, chlorowodór, amoniak, cyjanowodór;

1. Introduction

There are factors to be encountered that endanger not only people inside the building but also those performing rescue works during the fire occurrence. The factors include: (Buhanan 2002; Kolbre-

cki 2000; Seńczuk 1998; Hartzell 1993; Иванников and Ключ 1987):

- toxic combustion products,
- flame and high temperature (heat),
- reduction of oxygen concentration,
- instability of constructions,

- reduced visibility (smoke).

Each of these factors and their effect on the escape behaviour are briefly discussed below. The time available for escape is a period between the time of ignition and the time after which conditions prevent occupants from safe evacuation. In Great Britain and the United States of America more than 50 % of all deaths in fires have been caused by toxic combustion products constituting smoke (Stec and Hull 2010; Brushlinsky *et al.* 2009; Drysdale 1998).

The consequences of fire may be reduced by performing effective preventing actions during the emergence of fire, such as extinguishing it before spreading (Buhanan 2002). One of the possibilities for implementing effective prevention is usage of materials protecting from the impact of fire, i. e. fire retardants (Ozkaya *et al.* 2007; Jun-wei Gu *et al.* 2007; Koo *et al.* 2001; Nassar 1999). For building materials, i. e. timber constructions that are impregnated with fire retardants, time to flame combustion is longer and flame spread rate is lower (Karpovič 2009; Gu *et al.* 2007).

Fire science is multidisciplinary, it includes chemistry, physics, engineering as well as computer modelling. The conditions in real fires are difficult to recreate in a laboratory scale. Physical and chemical methods used for analysis of combustion of different flammable materials can be divided into small, medium and full scale.

This paper is the beginning of three-part project. Further research on the toxicity of non-impregnated and impregnated pine timber with fire retardants are to be performed in a small and full scales (second part) and with application of fire hybrid modelling (third part).

The aim of the further studies is to analyse the toxicity and compare the results obtained from small and full scales methods as well as from fire hybrid modelling (Galaj 2009, 2010).

Most small scale methods used for toxicity tests are developed to simulate a single fire source or the conditions, where real scale fires simultaneously involve different fire phases in different places. These methods can be grouped as those with constant combustion conditions, often achieving a prolonged steady state period, and those with unstable combustion conditions. The latter ones are the most suitable data for comparison and modelling, for example German tube furnace method DIN 53436, and its derivative ISO 19700. Most other small scale methods have changeable combustion conditions, such as those in closed or semi closed chambers exposed to a constant source of heat, for example NBS smoke chamber ISO 5659, cone calorimeter ISO 5660-1, stationary tube furnace test NFX 70-100 and fire propagation apparatus ASTM E 2058. The methods can be grouped according to their physical ar-

angement: open tests (cone calorimeter), closed tests (smoke chamber) and flow through tests (stationary and steady state tube furnaces, controlled atmosphere cone calorimeter and the fire propagation apparatus) (Stec and Hull 2010).

Fire zone during the open tests is well ventilated. The cone calorimeter has been developed specifically to determine the rate of heat release and effective heat of combustion of building materials. It has been subsequently modified to determine smoke generation (ISO 5660-2) and later applied to furnitures. The cone calorimeter is probably the most widely used apparatus for measurement of flammability properties (Schartel and Hull 2007).

Closed chamber tests attempt to direct the transition through the fire stages by enclosing the sample in a fixed volume of air, heating it, with or without ignition, and monitoring the formation of toxic gases, as the oxygen concentration falls, and the fire condition changes from well ventilated to under ventilated. The methods can be subdivided into two broad categories, where decomposition or combustion occurs in the main chamber, or in a side chamber (Schartel and Hull 2007).

In flow through methods the specimen is thermally decomposed, with or without flame, in a furnace over a known volume of flowing air, which drives the effluent to the sampling system or gas measurement devices.

The field of fire protection examines resistance to fire of ceramics (Abraitis and Stankevičius 2007; Žurauskienė and Nagrockienė 2007), concrete (Chung Kyung-soo *et al.* 2007; Abramowicz and Kowalski 2007; Jonaitis and Papinigis 2005), ferro concrete (Bednarek and Ogrodnik 2007) and steel (Bednarek and Kamocka 2006), application of the zone model to investigate the combustion of different flammable materials (Galaj 2007), combustion of polymeric materials (Konecki and Półka 2009) as well as the impact of isolating materials to timber strength (Bednarek and Kaliszuk-Wietecka 2007), combustion of timber treated with fire retardants, the effectiveness of fire retardants (Karpovič 2009; Półka 2008), the hazardousness of pine timber and cork-oak while fuming (Karpovič and Šukys 2009) and reaction-to-fire of nine different wood species having different density and thickness (Harada 2001). Lewin 2005 emphasized the need for research on timber treated with fire retardants. There are many questions unanswered concerning the protection of timber against fire. One of such questions is the toxicity of timber impregnated with fire retardants during thermal destruction. The toxicity of timber impregnated with fire retardants was partly analysed in Šukis and Karpovič (2010) work.

The aim of this work is to analyse the toxicity of non-treated and treated pine timber with fire retardants, to determine alternation of emission of car-

bon monoxide (CO), hydrogen chloride (HCl), hydrogen cyanide (HCN) and ammonia (NH₃) subjected to the different heat source intensity using flow through method.

2. Materials tested and test method

Tests were performed in the Main School of Fire Service by using research equipment for toxic combustion products emitted from solid materials after the impact of the heat source (flow through test). To investigate the influence of impregnation on combustion properties, three types of samples were tested: pure pine timber without impregnation and two pine timbers impregnated with fire retardants A and B:

1. The primary ingredient of fire retardant A is potassium carbonate. Used as an aqueous solution of inorganic salts. While the impact of thermal radiation. 8-10 mm is formed coating, protective wooden structures. Recommended use - 500 ml/m². Fire classification according to LST EN 13501 is B-s 2, d 0.
2. The primary ingredient of fire retardant B is potassium carbonate. Used as an aqueous solution of inorganic salts. While the impact of thermal radiation. 6-8 mm is formed coating, protective wooden structures. Recommended use - 450 ml/m². Fire classification according to LST EN 13501 is B-s 1, d 0.

The research equipment for toxic combustion products shown in Fig. 1 enables to determine concentrations of emitted toxic combustion products while impacting specimen with different heat sources. The possible range of the heat sources measured on the surface of specimens varies from 2 to 80 kW/m². During the test two heat sources were used, i. e. 8 kW/m² and 10 kW/m². By impacting specimens with such heat sources the conditions were established for the emission of the main amount of combustion products. At the heat sources of less than 8 kW/m² the temperature on the specimens does not reach 160°C, while at the heat sources higher than 10 kW/m² the specimens inflame (the research equipment cannot be applied for tests when flammable combustion occurs). The computer connected to the research

equipment ensured accurate control of the test and automatically recorded the results. Five specimens in every test group were tested. The timescale for one test course was 1 hour. The dimensions of the specimens were 200 mm x 200 mm x 20 mm.

Two tests were performed for the following three main groups of the specimens:

- non-treated pine timber specimens,
- pine timber specimens treated with the fire retardant A,
- pine timber specimens treated with the fire retardant B.

The fire retardants used for the treatment of pine timber specimens have been produced and used in Lithuania.



Fig 1. A view of the research equipment for the measurement of the concentration of toxic combustions products

3. Flow through test results and analysis

The results have been processed with „Statistica“ programme. Correlation coefficients of the emission of CO, HCN, HCl and NH₃ are given in Tab. 1.

The variation of temperature on the surface of the specimens for two values of heat source power of 8 kW/m² and 10 kW/m² and different specimens is shown in Fig. 2. In turn, the changes in concentrations of the emission of CO, HCN, HCl and NH₃ are presented in Fig. 3-6.

Analysing flow through tests results, the following observations with reference to temperature can be pointed out:

Table 1.

Correlation coefficient of the emission of CO, HCN, HCl, NH₃

Heat source, specimen	Correlation coefficient of the emission of combustion products on the same parameters			
	CO	HCN	HCl	NH ₃
8 kW/m ² , pine	0.993	0.980	0.903	0.992
8 kW/m ² , pine with A	0.943	0.993	0.985	0.969
8 kW/m ² , pine with B	0.974	0.996	0.909	0.917
10 kW/m ² , pine	0.985	0.981	0.912	0.985
10 kW/m ² , pine with A	0.921	0.979	0.934	0.992
10 kW/m ² , pine with B	0.914	0.965	0.942	0.998

- the value of temperature rapidly increases during first period of combustion (from 0 to approx. 600 s) for two powers of heat source 8 kW/m² and 10 kW/m². Afterwards the changes of temperature are significantly slower not exceeding 0.2°C/s (only between 1700 and 2000 s this value is bigger in case of pine timber without retardant) (Fig. 2);
- the average temperature of the specimens non-treated with fire retardants was about 21.1°C (8 kW/m²) and 14°C (10 kW/m²) higher than the average temperature on the pine timber specimens treated with the A fire retardant (Fig. 2);
- after influencing non-treated specimens with the heat source of 8 kW/m² the temperature observed on their surface was approx. 9.4°C higher than on the pine timber specimens treated with the B fire retardant, while when impacting pine timber specimens treated with B fire retardant with the heat source of 10 kW/m² the temperature on their surface was about 9.5°C higher compared to the non-treated specimens (Fig. 2).

The differences between the average temperature on the surface of treated specimens compared with to the average surface temperature of non-treated specimens during steady phase of combustion are given in Tab. 2.

Table 2.

The differences of the average of temperature on the surface of treated specimens compared with the average of temperature on the surface of non-treated specimens during steady phase of combustion

Heat source	Specimens, temperature	
	pine with B	pine with A
8 kW/m ²	-9.4° C	-21.1° C
10 kW/m ²	+9.5° C	-14° C

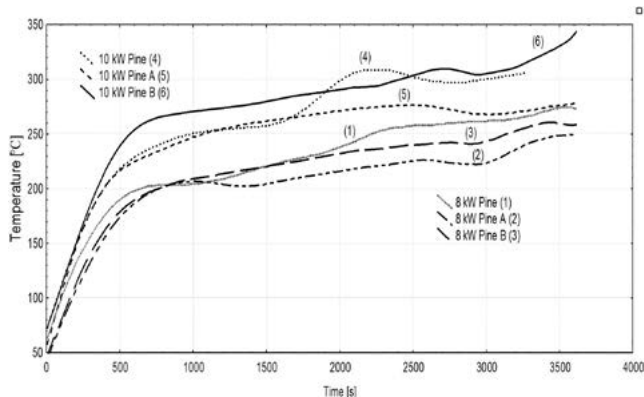


Fig 2. Temperatures on the surface of tested specimens: pine, pine treated with A and pine treated with B for heat sources of 8 kW/m² and 10 kW/m²

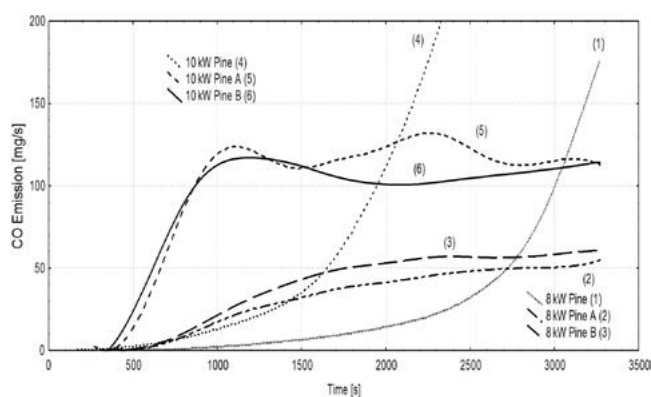


Fig 3. Emission intensity of carbon monoxide for heat source of 8 kW/m² and 10 kW/m² for all tested specimens

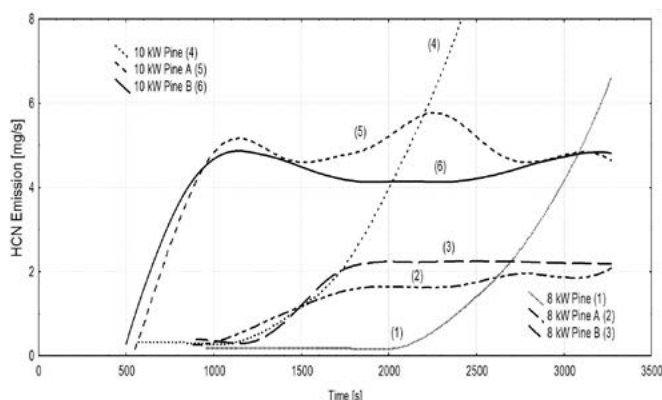


Fig 4. Emission intensity of hydrogen cyanide for two power of heat source 8 kW/m² and 10 kW/m² and all tested specimens

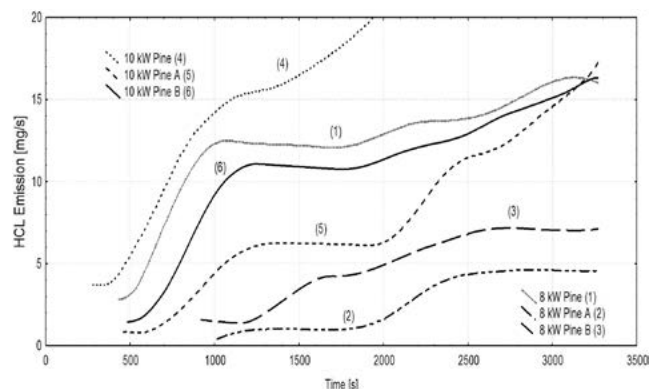


Fig 5. Emission intensity of hydrogen chloride for two power of heat source 8 kW/m² and 10 kW/m² and all tested specimens

In the following tables such parameters obtained during tests are given:

1. The average values of time τ_1 and temperature t_r corresponding to the beginning of registration of measured toxic products (CO, HCN, HCl and NH₃) for heat source 8 kW/m² in table 3 and 10 kW/m² in table 4.
2. The values of characteristic times τ_2 and τ_3 as well as steady value SV corresponding to the parameters of the emission intensity of measured toxic

products (CO, HCN, HCl and NH₃) for heat source 8 kW/m² in table 5 and 10 kW/m² in table 6.

- The total quantities of the toxic gases, such as CO, HCN, HCl and NH₃, emitted during the tests in table 7.

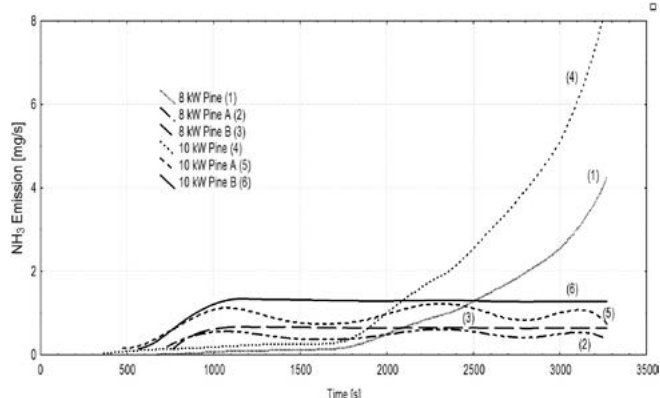


Fig 6. Emission intensity of ammonia for two power of heat source 8 kW/m² and 10 kW/m² and all tested specimens

Table 3.

The average values of time τ_1 and temperature t_r corresponding to the beginning of the registration of CO, HCN, HCl and NH₃ emissions during combustion of all tested specimens at power of heat source of 8 kW/m²

Gas	Type of specimen	τ_1 s	t_r °C
CO	non-treated	300	140
	with A	420	165
	with B	365	156
HCN	non-treated	955	200
	with A	880	198
	with B	900	200
HCl	non-treated	430	167
	with A	1015	207
	with B	920	203
NH ₃	non-treated	670	197
	with A	730	199
	with B	765	202

Table 4.

The values of time τ_1 and temperature t_r corresponding to the beginning of the registration of CO, HCN, HCl and NH₃ emissions during combustion of all tested specimens at power of heat source of 10 kW/m²

Gas	Type of Specimen	τ_1 s	t_r °C
CO	non-treated	170	135
	with A	270	170
	with B	300	178
HCN	non-treated	570	220
	with A	550	217
	with B	500	219

Gas	Type of Specimen	τ_1 s	t_r °C
HCl	non-treated	275	169
	with A	460	215
	with B	485	221
NH ₃	non-treated	365	201
	with A	475	217
	with B	565	223

Table 5.

The values of times τ_2 , τ_3 and steady value SV corresponding to the characteristic parameters of the emission intensity of CO, HCN, HCl and NH₃ during combustion of all tested specimens at power of heat source of 8 kW/m²

Gas	Type of specimen	τ_2 s	τ_3 s	SV mg/s
CO	A	2600	2700	50
	B	2200	2780	60
HCN	A	1800	2600	1.8
	B	1750	2700	2.3
HCl	A	2600	*	4.5
	B	2600	*	7.0
NH ₃	A	1000	2000	0.45
	B	1100	2100	0.67

* - emission intensity of HCl from non-impregnated sample is always greater than from impregnated samples

Table 6.

The values of times τ_2 , τ_3 and steady value SV corresponding to the characteristic parameters of the emission intensity of CO, HCN, HCl and NH₃ during combustion of all tested specimens at power of heat source of 10 kW/m²

Gas	Type of Specimen	τ_2 s	τ_3 s	SV mg/s
CO	A	1100	2020	130
	B	1050	1950	120
HCN	A	1100	2200	5.0
	B	1100	2010	4.2
HCl	A	1180	**	6.3
	B	1100	**	11.0
NH ₃	A	1050	1990	1.1
	B	1100	2080	1.3

* - emission intensity is only steady until t=2000 s and then it systematically grows

** - emission intensity of HCl from non-impregnated sample is always greater than from impregnated samples

Table 7.

Toxic combustibility products and their quantities emitted during tests with different heat sources and type of the specimens

Heat source, specimen	Total quantity of toxic combustibility products [mg]			
	CO	HCN	HCl	NH ₃
8 kW/m ² , pine	31539.9	1146.23	8769.05	476.27
8 kW/m ² , pine with A	23228.6	834.96	1233.2	195.95
8 kW/m ² , pine with B	27833.1	975.09	2987.9	211.29
10 kW/m ² , pine	94828.5	3149.22	11722.3	932.54
10 kW/m ² , pine with A	61299.6	2514.04	4379.94	489.87
10 kW/m ² , pine with B	56889.8	2317.76	6014.64	633.89

The views of non-treated and treated specimens after tests with heat source of 8 kW/m² and 10 kW/m² are presented in Figs. 7–10.



Fig 7. Views of non-treated pine timber specimen after tests with heat source of 8 kW/m²



Fig 8. Views of non-treated pine timber specimen after tests with heat source of 10 kW/m²



Fig 9. Views of treated pine timber specimen after tests with heat sources of 8 kW/m²



Fig 10. Views of treated pine timber specimen after tests with heat sources of 10 kW/m²

5. Conclusions

Based on the analysis of the measured emissions of combustion products the following conclusions can be formulated:

1. The treated pine timber specimens affected with the heat source of 8 kW/m² emit approximately 1.46 times less of toxic combustion products than the non-treated pine timber specimens. The treated pine timber specimens affected with the heat source of 10 kW/m² emit approximately 1.65 times less of toxic combustion products than non-treated pine timber specimens. The power of heat source influence on the emission of toxic combustibility products. The treated pine timber specimens affected with the heat source of 8 kW/m² emit 2.34 times less of toxic combustion products than pine timber specimens treated with the same fire retardants affected with the heat source of 10 kW/m². Pine timber specimens without fire retardants affected with the heat source of 8 kW/m² emit 2.64 times less of the toxic gases than the same pine timber specimens affected with the heat source of 10 kW/m² (see Fig. 3-6).
2. Time denoted by τ_i and temperature denoted by t_i as the characteristic parameters of the beginning of the registration of CO, HCN, HCl and NH₃ depend on either type of gas or power of heat source. The comparison showed longer times τ_i (over 1.5 times) and higher temperatures (except for HCN) for impregnated specimens than for non-impregnated ones. Generally, better results for B at 10 kW/m² and for Flamesapas-2 at 8 kW/m² were obtained. For HCN these times are comparable or shorter in case of non-impregnated sample (see Tab. 3 and 4).
3. Emissions of all measured gases from all specimens were higher at 10 kW/m² than at 8 kW/m² (see Tab. 3 and 4).
4. Emission of CO, HCN and NH₃ from non-treated pine timber is of the increasing character during the whole test. It's value is lower than emission from treated timber up to time denoted by τ_3 (see Tab. 5 and 6).
5. The increases in emissions of all considered toxic products of combustion from impregnated speci-

mens can be noticed in the initial phase of the process, which are faster for experiments with higher power of heat source (10 kW/m²). The emissions begin to oscillate around steady values SV after the time τ_2 . Some difference in emission of HCl from specimen impregnated with A, consisting in the repeated increase, can be observed in the second period of process (see Tab. 5 and 6).

6. The steady values of emissions SV of all measured products of combustion were greater (about 1.5 times on average) for pine timber impregnated with B in case of lower power of heat source 8 kW/m² (see Tab. 5). A little higher values of SV of CO and HCN emissions were obtained for pine timber impregnated with Flamesapas-2 than BAK-1 in the case of power of heat source equal to 10 kW/m². The tendency was opposite in case of remaining gases e. g. it was almost two times lower for specimen with A (see Tab. 6).
7. After termination of combustion process the surface of treated pine timber specimens is smoother, the layer of carbon is solid and un-cracked. For non-treated surfaces – the layer of carbon is cracked, while deeper layers of timber are affected by the process of thermal destruction (see Figs. 7–10).
8. Non-treated pine timber specimens generate larger quantity of these products compared to the pine timber specimens treated with fire retardants (see tab. 7).

Taking into account the results obtained from both experiments with combustion of non-treated pine timber specimens and treated with two different fire retardants, A and B, it can be concluded that the impregnation influences the combustion process decreasing the rate and the level of emission of toxic products. Generally, lower concentrations have been observed for specimens impregnated with A. Impregnation increase emission of toxic products (except for HCl) in the initial phase of the combustion. But total quantities of all tested toxic combustibility products during complete period of experiment were significantly lower in the case of impregnated pine timber.

Considering the above, it can be concluded that in order to choose a suitable fire retardant, reducing unfavourable impact of the combustion on human during the potential internal fire, each situation should be analysed independently, based on the smokiness as well as generation of toxic combustion products. Analyzed problem requires further studies based on the results obtained during small scale tests using cone calorimeter method and full scale fire experiments.

References

1. Abramowicz M., Kowalski R., *Residual mechanical material properties for the reassessment of reinforced concrete structures after fire*. [In:] Skibniewski M.J et al (ed) The 9th International conference „Modern building materials, structures and techniques“. Selected papers, vol. 3. May 16–18, 2007, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, pp 1147–1151;
2. Abraitis D., Stankevičius V., *Heat conductivity modelling in ceramics and fire – resistant*. [In:] Skibniewski M.J et al (ed) The 9th International conference „Modern building materials, structures and techniques“. Selected papers, vol. 1. May 16–18, 2007, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, pp 2–6;
3. Bednarek Z., Ogrodnik P., *Testing steel – concrete bond in fire condition*. [In:] Skibniewski M.J et al (ed) The 9th International conference „Modern building materials, structures and techniques. Selected papers, vol. 1. May 16–18, 2007, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, pp 1152–1158;
4. Bednarek Z., Kaliszuk-Wietecha A., *Analysis of the fire-protection impregnation influence on wood strength*, Journal of Civil Engineering and Management 13(2): 79–85;
5. Bednarek Z., Kamocka R., *The heating rate impact on parameters characteristic of steel behaviour under fire conditions*, Journal of Civil Engineering and Management, 12(4): 269–275;
6. Brushlinsky N. N., [et al] *World fire statistics 14*. CTIF International association of fire and rescue services, 580 p;
7. Buhanan A. H., *Structural design for fire safety*, Wiltshire: John Wiley and sons, LTD. 421 p;
8. Chung Kyung-soo, Park Su-hee, Choi Sung-mo, *Fire resistance of concrete filled square steel tube columns subjected to eccentric axial load*, [In:] Skibniewski M.J et al (ed): The 9th International conference „Modern building materials, structures and techniques“. Selected papers, vol. 2. May 16–18, 2007, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, pp 500–505;
9. Drysdale D., *An Introduction to fire dynamics*, Second edition. Chichester: 447 p;
10. Gałaj J., *Computer tests of fire in multi-storey building for different flammable materials*, [In:] Skibniewski M.J et al (ed): The 9th International conference „Modern building materials, structures and techniques. Selected papers, vol. 3. May 16–18, 2007, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, pp 1174–1177;
11. Gałaj J., *A general concept of fire hybrid modelling in compartments*, Journal of Civil Engineering and Management 15(3): 237-245;

12. Gałaj J., *A new version of hybrid model of fire in compartments*, [In:] Skibniewski M.J et al (ed): The 10th International conference „Modern buildings materials, structures and techniques“. Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, pp 1203–1209;
13. Harada T., *Time to ignition, heat release rate and fire endurance time of wood in cone calorimeter test*, *Fire and materials* 25: 161-167;
14. Hartzell G., *Toxicology*, 115 p;
15. Иванников, В., П, Ключ П. П., *Справочник руководителя тушения пожара* [Manual for leader of rescue operations]. Москва, 287 p;
16. Jonaitis B., Papinigis V., *Effect of long-term loading and fire temperatures on mechanical properties of concrete*, *Journal of Civil Engineering and Management* 11(4): 283–288;
17. Jun-wei Gu, Guang-cheng Zhang, Shan-lai Dong, Qiu-yu Zhang, Jei Kong *Study on preparation and fire-retardant mechanism analysis of intumescent flame-retardant coatings*, *Surface and coatings technology* 201: 7835–7841;
18. Karpovič Z., *Antipireniniais tirpalais impregnuotos medienos užsiliepsnojimo priklausomybė nuo medienos tankio* [The influence of flame retardant treated timber density on the combustibility]. *Mokslas – Lietuvos ateitis* [Science – future of Lithuania] 1(5): 30–33;
19. Karpovič Z., *Lietuvoje sertifikuotų antipireninių tirpalų efektyvumo tyrimas* [The research of the effectiveness of fire-retardant solutions certificated in Lithuania]. [In:] Šapalas A. The Conference “Statybinės konstrukcijos” [Building constructions]: Ed. by, J. Valivonis, L. Juknevičius. February 6, 2009, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 67–72;
20. Karpovič Z., Šukys R., *Pušies medienos ir kamštinio ąžuolo pavojingumas smilkimo metu* [Riskiness of smouldering pine wood and cork-oak]. *Sveikatos mokslai* [Health Sciences] 3: 2425–2429;
21. Konecki M., Pólka M., *Simple fire model for comparative studies of critical conditions during combustion of chosen polymer materials*, *Journal of Civil Engineering and Management* 15(3): 247–257;
22. Koo, J. H., [et al] *Fire and polymers*, ACS symposium, 797: 356–361;
23. Kolbrecki A., *Toksyczność i dymotwórczość wyrobów budowlanych* [Toxicity and smoky of building materials], Katowice 2000, 300 p;
24. Lewin M., *Unsolved problems and unanswered questions in flame retardant of polymers*, *Polymers degradation stability* 2005, 88: 9–13;
25. Nassar M. M., *Thermal studies on paper treated with flame-retardant*, *Fire and materials* 1999, 23: 125–129;
26. Ozkaya K., [et al] *The effect of potassium carbonate, borax and wolmanit on the burning characteristics of oriented strandboard (OSB)*, *Construction and building materials* 2007, 21: 1457–1462;
27. Pólka M., *The influence of flame retardant additives on fire properties of epoxy materials*, *Journal of Civil Engineering and Management* 2008, 14(1): 45-48;
28. Stec A., Hull R., *Fire toxicity*, Woodhead publishing limited 2010: 688 p;
29. Seńczuk W., *Toksykologia* [Toxicity]. Warszawa: 1998, 182 p;
30. Šukys R., Karpovič Z., *Research on toxicity of pine timber treated and non-treated with fire retardants*, [In:] Skibniewski et al (ed) The 10th international conference „Modern buildings materials, structures and techniques“. Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika 2010, pp 1306–1313;
31. Žurauskienė R., Nagrockienė D., *Influence of the burning parameters to the properties of ceramic bodies*, [In:] Skibniewski et al (ed) The 9th International conference „Modern building materials, structures and techniques“. Selected papers, vol. 1 May 16–18, 2007, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika 2007, pp 209–217.

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Mirosław Kosiorek

dr inż. Tadeusz Terlikowski

dr inż. **Daniel PIENIAK**
kpt. dr inż. **Paweł OGRODNIK**
mgr inż. **Marcin OSZUST**
bryg. mgr inż. **Lesław DEC**
Szkoła Główna Służby Pożarniczej
Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego
Katedra Techniki Pożarniczej, Zakład Mechaniki Stosowanej

NIEZAWODNOŚĆ W WYSOKICH TEMPERATURACH KLEJONEGO WARSTWOWO DREWNA SOSNY POSPOLITEJ W ZAKRESIE WYTRZYMAŁOŚCI NA ZGINANIE STATYCZNE

Reliability at high temperatures of glued laminated pine timber in the static bending strength

Streszczenie

Drewno klejone ze względu na swoje właściwości, jest coraz częściej wykorzystywane. Technologia ta umożliwia wytworzenie elementów konstrukcyjnych o dużych przekrojach poprzecznych i znacznych rozpiętościach. Drewno klejone warstwowo, po odpowiedniej obróbce powierzchni i zachowaniu parametrów przekroju jest materiałem słabo rozprzestrzeniającym ogień, a dodatkowo impregnowane jest materiałem nierozprzestrzeniającym ognia. Pomimo to, drewno w wysokich temperaturach traci swoje właściwości, a co za tym idzie najprawdopodobniej spada jego wytrzymałość. W badaniach własnych dokonano analizy wytrzymałości na zginanie statyczne drewna klejonego w wysokich temperaturach, zbliżonych do temperatur pożaru. Na podstawie uzyskanych wyników określono prawdopodobieństwo zniszczenia elementu konstrukcji obciążonego statycznie w kolejnych przedziałach temperaturowych. Wykazano znaczący spadek niezawodności drewna klejonego oraz zaobserwowano zwiększoną dynamikę wzrostu poziomu zagrożenia po przekroczeniu temperatury 150°C.

Summary

Due to its properties glued timber is a commonly used material nowadays. Such technology enables production of the structural elements with large cross-sections and considerable span. The glued laminated timber after a proper surface treatment and with the preserved cross-section parameters, is a low fire spreading material, moreover it is additionally treated with a fire retardant. In spite of this, timber loses its properties in high temperatures, which most probably results in the strength reduction. In the conducted studies static bending strength analysis of the glued laminated timber in high temperatures, close to the fire conditions, was performed. Based on the obtained results, probability of failure of the structural element statically loaded, in the subsequent temperature ranges, was estimated. A significant reliability decrease of the glued laminated timber and dynamic of the hazard level growth has been observed after exceeding 150°C.

Słowa kluczowe: drewno klejone, temperatury pożarowe, wytrzymałość na zginanie, niezawodność;

Keywords: glued timber, fire temperatures, bending strength, reliability;

1. Wstęp

Drewno budowlane ma korzystne właściwości fizyczne i technologiczne, wysoką wytrzymałość oraz niewielki ciężar własny. Wraz z pojawieniem się na rynku budowlanym wodoodpornych klejów na bazie żywic syntetycznych oraz zastosowanie prostego sposobu łączenia wzdłużnego za pomocą złączy klinowych, umożliwiającą znacznie szybszy sposób budowania z wykorzystaniem klejonych elementów

konstrukcyjnych o wymiarach większych niż naturalny produkt wyjściowy [1].

Drewno konstrukcyjne klejone warstwowo jest materiałem coraz częściej stosowanym w budownictwie. Począwszy od budowy domów jednorodzinnych i wielorodzinnych oraz obiektów wielkogabarytowych typu hale produkcyjne, handlowe, sportowe, baseny, kończąc na mostach jedoprzędowych i obiektach małej architektury. Do produkcji elementów z drewna klejonego najczęściej stosowanym ga-

tunkiem drewna jest sosna oraz świerk rzadziej modrzew. Podstawowym klejem stosowanym do produkcji tego typu drewna jest klej melaminowy który jest odporny na działanie wody i ognia. Alternatywnym rozwiązaniem jest klej rezorcynowy który jest szczególnie odporny na działanie wilgoci. Obydwa rodzaje klejów nie wydzielają żadnych szkodliwych substancji nawet podczas pożaru [2].

W zależności od wytrzymałości charakterystycznej na zginanie drewno klejone zostało podzielone na 4 klasy od GL24 do GL36. Wytrzymałościowe sortowanie tarcicy budowlano-konstrukcyjnej zgodnie z wymaganiami normowymi (PN-D-91024:1982 [3]) odbywa się wizualnie (dla klas GL24 oraz GL28) oraz mechanicznie dla klas wyższych (GL32 oraz GL36). Taki sposób sortowania powoduje, że najbardziej dostępnymi klasami jest GL24 oraz GL28 (PN-EN 1194:2000 [4]).

Drewno klejone warstwowo, po zapewnieniu odpowiednich warunków takich jak fazowane krawędzie oraz strugana powierzchnia, jest materiałem odpornym na działanie ognia. Zgodnie z wytycznymi Instytutu Techniki Budowlanej elementy tego typu przy szerokości poniżej 12 cm, klasyfikuje się jako SRO (słabo rozprzestrzeniające ogień). Przy szerokości przekraczającej 12 cm lub poniżej 12 cm przy dodatkowej impregnacji środkiem ogniochronnym jako elementy NRO (nierozprzestrzeniające ognia). Odporność ogniową w zakresie od R15 do R60 w drewnie klejonym uzyskuje się na etapie projektowania poprzez odpowiednią analizę statyczną oraz dobór przekrojów [2].

Wykonywane dotychczas przez autorów próby na typowych stanowiskach wytrzymałościowych z wstępnym nagraniem próbek w piecu a następnie z przeniesieniem na stanowisko badawcze powodowały spadek temperatury podczas przenoszenia próbek, a co za tym idzie duże rozrzuty wyników badań wytrzymałości. W związku z tym w Zakładzie Mechaniki Stosowanej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie w ramach pracy statutowej zaprojektowano i zbudowano stanowisko do badań wytrzymałościowych z możliwością ogrzewania próbek bezpośrednio na stanowisku przy jednoczesnej realizacji obciążenia statycznego.

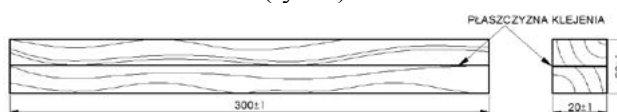
Celem badań wykonanych na tym stanowisku było określenie wpływu podwyższonych temperatur na wytrzymałość drewna klejonego warstwowo. Ponadto, uzyskane wyniki badań wytrzymałości posłużyły do przeprowadzenia analizy niezawodności drewna klejonego w wysokich temperaturach.

Najogólniej, niezawodność jest miarą zdolności do spełniania warunków, bądź utrzymania pewnych właściwości w czasie, który najczęściej jest ograniczony i określany mianem ресурсu. W przypadku konstrukcji statycznych możliwa jest ocena niezawodności na podstawie prawdopodobieństwa nie przekraczania stanu granicznego nośności lub znisz-

czenia konstrukcji [5]. Prawdopodobieństwo zniszczenie bądź inaczej nieprzetrwania może być określone na podstawie rozkładu zmiennej losowej wytrzymałości materiału oraz rozkładu tej zmiennej w funkcji temperatury otoczenia, w którym obiekt się znajduje. Przyjęcie powyższego sprowadza niezawodność konstrukcji do niezawodności wytrzymałości jej elementów składowych. Pojęcie niezawodności wytrzymałościowej określa w sposób równie syntetyczny, co trafny, zarówno istotę wszelkich badań czy dociekań wytrzymałościowych jak i ich cel ostateczny [6]. W tym konkretnym przypadku zawodność jak już wspomniano jest równoznaczna z prawdopodobieństwem nieprzetrwania obiektu inżynierskiego bądź jego elementu, a niezawodność jest prawdopodobieństwem przetrwania. Bardzo istotną kwestią w analizie niezawodności konstrukcji jest poziom analizy niezawodnościowej. Analiza może być prowadzona w zakresie deterministycznych ocen statyczno-wytrzymałościowych oraz probabilistycznej oceny bezpieczeństwa konstrukcji. Wyróżnia się trzy poziomy analizy: na poziomie punktu – ściślej cząstki materiału konstrukcyjnego, na poziomie sekcji – tzn. przekroju elementu konstrukcji, na poziomie obiektu, czyli układu konstrukcyjnego budowli [5]. W prezentowanej publikacji analiza dokonano na poziomie pierwszym w oparciu o wyniki badań wytrzymałości doraźnej w wysokich temperaturach.

2. Badany materiał

Próbki do badań zostały wykonane z drewna bielastego sosny pospolitej (*Pinus sylvestris L.*) jednesnie wszystkie próbki zostały pobrane z tego samego kawałka tarcicy. Do wykonania próbek został wykorzystany klej melaminowy Cascomin 1247 z utwardzaczem 2526. Zgodnie z informacjami podawanymi przez producenta klej Cascomin przeznaczony jest do zastosowań w produkcji drewnianych konstrukcji nośnych, połączeń palcowych i płyt blokowych. Klej 1274 w połączeniu z utwardzaczem 2526 znajduje zastosowanie w aplikacjach przemysłu drzewnego, gdzie wymagana jest jasna spoina klejowa z wysoką odpornością na wodę i warunki atmosferyczne [7]. Przed przystąpieniem do badań próbki leżakowały w temperaturze 20°C przez okres 6 miesięcy i miały wilgotność około 8%. Próbki do badań wytrzymałości na zginanie statyczne zostały wykonane w formie prostopadłościaków o wymiarach 20x20x300 mm (rys. 1).

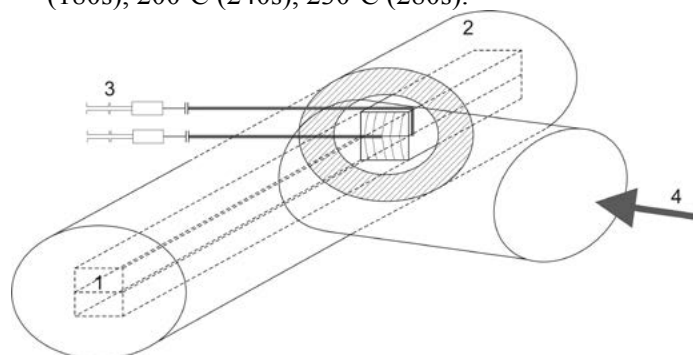


Ryc. 1. Próbki do badań wytrzymałości na zginanie/

3. Metoda badawcza

Badanie wytrzymałości przeprowadzono na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej FPZ 100/1 (VEB Thuringer Industriewerk Rauenstein, Germany), która umożliwia obciążenie siłą statyczną oraz utrzymania jej w układzie pionowym na stałym założonym poziomie. Maksymalna wytwarzana przez maszynę siła statyczna wynosi 100kN. Maszyna ma cztery zakresy prędkości przesuwu trawersy. W czasie badań użyty został zakres prędkości przesuwu trawersy I/III, który pozwala na przesuw trawersy z prędkością $0,021 \pm 0,84$ mm/min.

Próbki podczas badania wytrzymałości na zginanie umieszczone były w stalowej izolowanej cieplnie komorze cylindrycznej (rys. 2). Wzrost temperatury w komorze podczas badania uzyskano poprzez zastosowanie urządzenia umożliwiającego nawiew gorącego powietrza (GHG 650 LCE, Bosch, Germany). Zakres temperatur uzyskiwanych u wylotu dyszy wynosił 50-560°C, a strumień gorącego powietrza można było regulować w zakresie 250-500 l/min. Czas nagrzewania określono jako czas, po którym termoparą umieszczoną wewnątrz próbki zmierzono temperaturę przyjętą w planie badań (rys.2). Oceny wytrzymałości dokonano w sześciu zakresach temperatury przy stałych czasach nagrzewanie podanych w nawiasach obok wartości temperatury: 20°C, 50°C (90s), 100°C (140s), 150°C (180s), 200°C (240s), 230°C (280s).

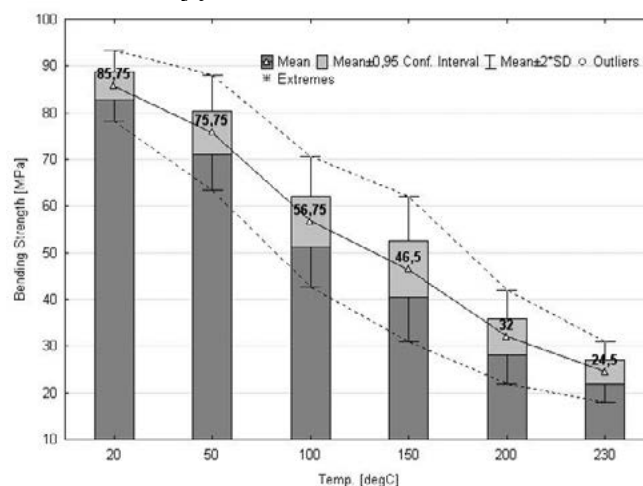


Ryc. 2. Rozmieszczenie termoelementów do określenia czasów nagrzewania próbek: 1 – próbka, 2 – stalowa komora cylindryczna, 3 – termoelementy pomiarowe, 4 – wlot gorącego powietrza

4. Wyniki badań

Badanie przeprowadzono na 54 próbkach z drewna sosnowego klejonego warstwowo, użyto po 9 próbek w każdym przedziale temperatury. Parametry statystyczne uzyskanych wyników badań wytrzymałości na zginanie przedstawiono w tabeli 1.

Graficzne miary zmienności uzyskanych wyników badań przedstawiono na wykresie ramkowym (rys. 3), wyróżniono wartości średnie, przedziały ufności, odchylenia standardowe oraz wartości ekstremalne i odstające.



Ryc. 3. Wykres ramkowy wyników wytrzymałości na zginanie

5. Niezawodność

Analiza niezawodności drewna konstrukcyjnego klejonego została przeprowadzona w oparciu o wyniki uzyskane w próbie wytrzymałościowej trójpunktowego zginania. Analizowano prawdopodobieństwo przetrwania – nie zniszczenia w funkcji wytrzymałości (rys. 4) oraz w funkcji temperatury symulowanych warunków pożarowych (rys. 5). W analizie wykorzystano dwuparametrowy rozkład Weibulla. Dystrybuanta rozkładu Weibulla (z dodatkimi parametrami σ_0 , c , i σ_u), jest opisana zależnością [8]:

Tabela 1.

Statystyki opisowe wyników badań

Temp. [°C]	N	Średnia/ Mean	Min	Max	25 Percen.	75 Percen.	Odchyl. Std./ Std. Dev.	Odchyl. Std./ Std. dev. [%]
		[MPa]						
20	9	85,75	81,00	90,00	83,25	90,00	3,81	4,44
50	9	75,75	67,50	85,50	72,00	76,50	6,16	8,13
100	9	56,75	49,50	69,75	49,50	60,75	7,01	12,34
150	9	46,50	36,00	58,50	40,50	54,00	7,79	16,76
200	9	32,00	24,75	38,25	27,00	36,00	5,00	15,63
230	9	24,50	18,00	29,25	22,50	27,00	3,27	13,34

$$P_f = 1 - \exp \left[-V \left(\frac{\sigma - \sigma_u}{\sigma_0} \right)^c \right] \quad (1)$$

gdzie:

- σ – obciążenie niszczące,
- σ_0 – parametr skali,
- c – parametr kształtu,
- σ_u – parametr położenia,
- e – stała ($e = 2.71828...$),
- V – objętość próby.

W analizowanym przypadku P_f jest prawdopodobieństwem zniszczenia próbki z drewna klejonego. Wartość tego prawdopodobieństwa określona jest w zbiorze liczb od 0 do 1.

W przypadku gdy znamy wartość obciążenia, przy którym prawdopodobieństwo zniszczenia jest równe zero (w prezentowanej analizie jest to największa znana wartość obciążenia niszczącego w temperaturze 20°C), prawdopodobieństwo to można obliczyć z poniższej zależności:

$$P_f = \left(\frac{n}{N^* + 1} \right) \quad (2)$$

gdzie:

- N^* - całkowita liczba próbek,
- n – rangowany zbiór próbek.

W przypadku gdy licznosc – objętość próby V jest stała we wszystkich grupach (po 9 dla kolejnych zakresów temperatury), można ją pominąć w obliczeniach [9, 10].

Przyjęcie parametru położenia $\sigma_u = 0$ sprowadza rozkład Weibulla do dwuparametrowego. Założenie powyższe w przypadku materiałów kruchych, sprowadza zakres prawdopodobieństwa zniszczenia do początku w miejscu znanej wcześniej wspomnianej największej wartości obciążenia niszczącego. Przy tych założeniach równanie przyjmie następująca postać:

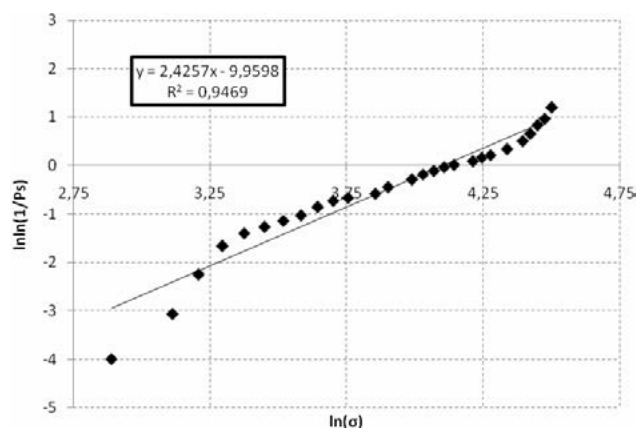
$$1 - P_f = 1 - \left(1 - \exp \left[- \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^c \right] \right) \quad (3)$$

Powyższe równanie może być uproszczone, przy użyciu logarytmowania do postaci $y = ax + b$ przez:

$$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{P_f} \right) \right] = c \ln(\sigma) - c \ln(\sigma_0) \quad (4)$$

gdzie:

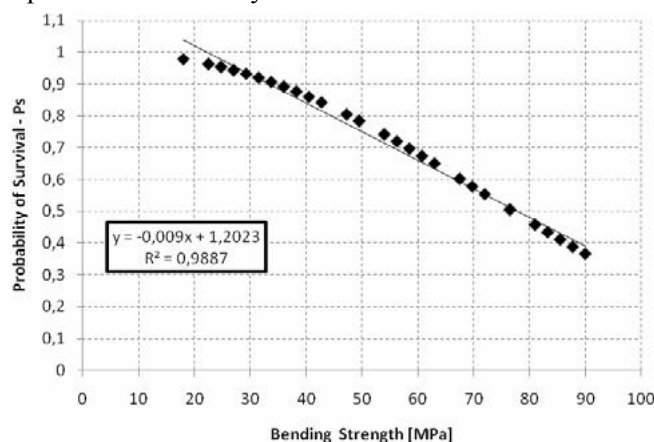
- P_s – prawdopodobieństwo przeżycia (równe $1 - P_f$).



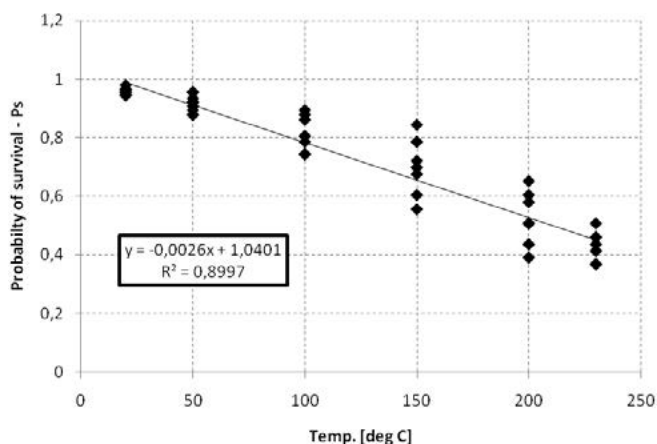
Ryc. 4. Rozkład logarymiczny prawdopodobieństwa zniszczenia w funkcji wytrzymałości na zginanie drewna klejonego poddanego oddziaływaniu wysokich temperatur

Przecięcie osi Y jest zależne od $-c \ln(\sigma_0)$, nachylenie krzywej jest parametrem kształtu rozkładu Weibulla c ($c = 2,37258$). Licznosc próby badawczej wpływa na wartość współczynnika determinacji R^2 , który decyduje o jakości predykcji parametrów rozkładu Weibull'a [11]. Oznacza to, że im jest on wyższy tym wyższa jest jakość doboru parametru kształtu rozkładu ($R^2 = 0,9469$ – rys. 4).

Rozkłady prawdopodobieństwa nie zniszczenia w funkcji wytrzymałości na zginanie i temperatury przedstawiono na rysunkach 5 i 6.



Ryc. 5. Prawdopodobieństwo nie zniszczenia drewna klejonego poddanego obróbce termicznej w funkcji wytrzymałości na zginanie



Ryc. 6. Prawdopodobieństwo nie zniszczenia drewna klejonego poddanego obróbce termicznej w funkcji temperatury

6. Funkcja zagrożenia – intensywność prawdopodobieństwa zniszczenia

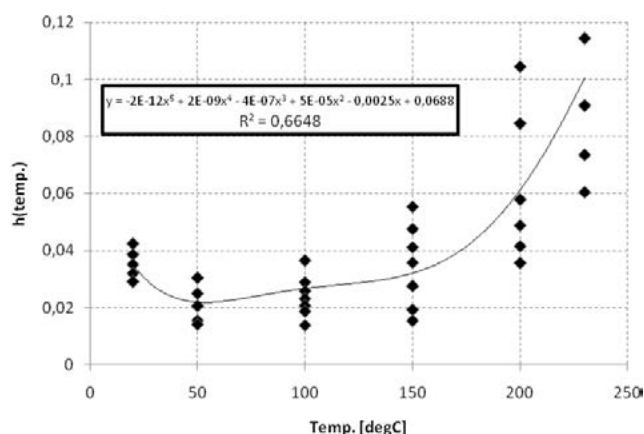
Intensywność prawdopodobieństwa zniszczenia jest to prędkość, z którą przyrasta zawodność w kolejnych zakresach temperatury w stosunku do niezawodności, która w tym przypadku określana jest mianem prawdopodobieństwa przetrwania.

$$h(T) = \frac{dQ/dT}{R(T)} \quad (4)$$

gdzie:

Q – zawodność,
 T – temperatura [°C],
 $R(T)$ – niezawodność.

Rozkład intensywności prawdopodobieństwa zniszczenia – przebieg funkcji zagrożenia przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Intensywność prawdopodobieństwa zniszczenia w funkcji temperatury

Utylizizm prezentowanej metody oceny niezawodności materiałów konstrukcyjnych jest ograniczony tylko do prezentowanego poziomu analizy niezawodności – poziom pierwszy odnoszący się do

jednego z elementów konstrukcji. Oznacza to, że prezentowana analiza nie uwzględnia redystrybucji sił do innych elementów konstrukcji. Jednakże w przypadku całych sekcji konstrukcji, które zazwyczaj są szeregowymi zbiorami elementów, w analizie niezawodności, ocenie często poddaje się tzw. najłabsze ogniwo. Niezawodność całej sekcji będącej układem szeregowym jest w najprostszym ujęciu iloczynem niezawodności elementów składowych. Model szeregowy może być zastosowany również do oceny bezpieczeństwa i niezawodności elementów konstrukcji statycznie niewyznaczalnych, jeśli nie dopuszcza się redystrybucji sił wewnętrznych i zachowuje statyczny sposób obliczeń, tzn. oblicza się naprężenia w różnych krytycznych przekrojach konstrukcji i porównuje z wytrzymałością materiału [5].

7. Podsumowanie

Wraz ze wzrostem temperatury obserwuje się wzrost odchylenia standardowego wyników wytrzymałości na zginanie statyczne, co prawdopodobnie wynika ze zwiększenia się kruchości drewna sosnowego na skutek intensywnego wysychania i postępującego rozkładu termicznego. Jest to niekorzystne zjawisko ponieważ znacząco ogranicza możliwość oceny stanu konstrukcji oraz predykcji poziomu zagrożenia już w początkowym stadium pożaru, gdy temperatury elementów konstrukcji są niższe od temperatury zapłonu.

Prawdopodobieństwo przetrwania badanego materiału (klejonego drewna sosny pospolitej), poddanego obciążeniom zginającym spada poniżej poziomu 60% w temperaturze 150°C, po przekroczeniu tego samego zakresu temperatury obserwuje się również znaczący wzrost dynamiki prawdopodobieństwa zniszczenia drewna, a co za tym idzie, wzrasta poziom niebezpieczeństwa. Praktyczny sens tej informacji jest znaczący, ponieważ umożliwia ocenę stanu badanego elementu tylko w oparciu o pomiar temperatury, który oczywiście może być wykonany bezstykowo. Uzyskane wyniki i symulacje na małych laboratoryjnych próbkach klejonego drewna sosnowego będzie można wykorzystać przy analizie pełnowymiarowych elementów konstrukcyjnych.

Badania potwierdziły przydatność stanowiska opracowanego w Zakładzie Mechaniki Stosowanej SGSP do badań porównawczych drewna klejonego w symulowanych warunkach temperatur pożarowych.

Literatura

1. Neuhaus H., *Budownictwo drewniane, podręcznik inżyniera*, Polskie Wydawnictwo Techniczne, Rzeszów 2006;

2. Przepiórka J., Żurowski P., *Konstrukcyjne drewno klejone*, Inżynier Budownictwa 10, (2008), 60-64;
3. PN-D-91024:1982 *Tarcica iglasta konstrukcyjna sortowana metodami wytrzymałościowymi*;
4. PN-EN 1194:2000 *Konstrukcje Drewniane. Drewno klejone warstwowo. Klasy wytrzymałości i określenie wartości charakterystycznych*;
5. Murzewski J., *Niezawodność konstrukcji inżynierskich*, Wyd. Arkady, Warszawa 1989;
6. Bąk R., Burczyński T., *Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego*, wyd. WNT, Warszawa 2001;
7. <http://www.sezam-wrzesnia.com.pl/>.
8. Migdalski J., *Inżynieria niezawodności*, Poradnik. Wyd. ATR ZETOM, Warszawa 1992;
9. Stanley P., Fessler H., Sivil A.D., *An engineer's approach to the prediction of failure probability in brittle components*, Proceedings of the British Ceramic Society 22, (1973), 453—87;
10. Davies D.G.S., *The statistical approach to engineering design in ceramics*, Proceedings of the British Ceramic Society 22, (1973), 429—52;
11. Ritter J.E., Bandyopadhyay N., Jakus N., *Statistical reproducibility of the dynamic and static fatigue experiments*, Ceramic Bulletin 60, (1981), 798—806.

Recenzenci

dr hab. inż. Paweł Kozakiewicz

dr inż. Tomasz Kryztofiak

mgr inż. **Monika NAGRODZKA**
mł. bryg. mgr inż. **Daniel MAŁOZIĘĆ**
Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości
CNBOP-PIB

IMPREGNACJA DREWNA ŚRODKAMI OGNIOCHRONNYMI

Impregnation of the wood by flame retardants

Streszczenie

W niniejszym artykule opisano budowę chemiczną i zastosowanie środków ognioochronnych przeznaczonych do ochrony drewna przed ogniem. Na wstępie przedstawione zostały podstawowe informacje o budowie drewna i jego reakcji na ogień. Dalsza część artykułu dotyczy stosowania środków ognioochronnych w impregnacji wyrobów z drewna. W pracy zamieszczono opis poszczególnych grup dodatków uniepalniających pod względem budowy chemicznej, ich mechanizm działania oraz przedstawione są przykłady różnych sposobów impregnacji. Dzięki znajomości wpływu sposobu wykonywania impregnacji na palność oraz wiedzy o zjawiskach występujących w procesie spalania, można zaplanować i dobrać właściwe rozwiązanie do każdego przypadku, w celu uzyskania określonej klasy reakcji na ogień wyrobów wykonanych z drewna.

Summary

This article describes the role, chemical composition and the use of fire resistant compounds designated for wood protection against fire. In the beginning, basic information about the wood structure and its reaction to fire are presented. This article concerns also the application of fire resistant treatments in wooden materials. Different fire retardant additives are described in terms of this chemical composition, their mechanism of action and there are given the examples of various types of application.

With the knowledge of the impact of type of application on the materials' flammability and the knowledge about the phenomena occurring in the fire process, we can plan and choose the best solution in any cases, where we have to increase fire resistant of wooden elements.

Słowa kluczowe: środki ogniochronne dla drewna, impregnaty uniepalniające;

Keywords: wood flame retardants, wood fire-retardant measures, wood retardants;

Wstęp

Drewno, jako materiał budowlany jest stosowany od wieków i z czasem zaczęto również stosować materiały pochodzenia naturalnego do ograniczenia palenia. Już w czasach starożytnych, np. w Chinach, drewno smarowano roztworem gliny lub nakładano na nie warstwę gliny, aby opóźnić czas do zapalenia konstrukcji budynku. W starożytnym Egipcie stosowano do krycia dachów trzcinę i trawę, moczone w wodzie morskiej i suszone. Wykryształowane w ten sposób sole mineralne utrudniały zapalenie materiału i spowalniały proces rozprzestrzeniania się płomieni po jego powierzchni [14]. W Egipcie również jako środek ogniochronny był stosowany powszechnie roztwór alunu.

Drewno, chociaż posiada wiele zalet, m.in. wysoką wytrzymałość mechaniczną, dzięki którym może być wykorzystane do budowy wielu elementów elewacji budynków i wyposażenia wnętrz, do

budowy lekkiej konstrukcji budowlanej itp. Jest także dobrym izolatorem termicznym, jest materiałem dźwiękochłonnym, łatwym w obróbce i w technice łączenia oraz jednocześnie wyróżnia się wysoką estetyką wyglądu. Jednak drewno nie modyfikowane ogniochronnie nie jest bezpiecznym materiałem pod względem pożarowym. Ze względu na dużą ilość atomów tlenu w swoim składzie, materiał ten jest podatny na zapalenie. Podczas jego spalania tworzy się coraz grubsza, krucha warstwa zwęglona, która powoduje, że proces spalania drewna, w porównaniu ze spalaniem np. wielu tworzyw termoplastycznych, staje się procesem stosunkowo wolno rozwijającym się. Jednak w dalszej części trwania tego procesu, następuje pęknięcie bariery węglowej powodując tym samym, że proces spalania zaczyna przebiegać intensywniej. To sprawia, że drewno ostatecznie traci swoje właściwości wytrzymałościowe. Proces tworzenia się na powierzchni drewna warstwy zwęglonej powoduje, że elemen-

ty drewniane w konstrukcji budowlanej wykazują, w stosunku do elementów aluminiowych czy stalowych, zaskakującą właściwość, polegającą na większej odporności ogniowej dla elementów o dużych przekrojach. Można to wytłumaczyć tym, że warstwa zwęglona stanowi izolację cieplną, chroniącą tym samym przed szybkim postępowaniem procesu spalania w głąb elementów lub konstrukcji budowlanej.

Z uwagi na swoje korzystne właściwości i na ogromne zapotrzebowanie rynku budowlanego, wyeliminowanie drewna lub zastąpienie tego materiału jest niemożliwe. Zastępowanie drewna jest także niewskazane ze względu na jego niepodważalne zalety, jakimi chociażby są: ekonomiczność produkcji w porównaniu z technologiami innych materiałów budowlanych, ekologiczna estetyka powstałych pomieszczeń i wyposażenia wewnątrz oraz związany z walorem estetycznym, specyficznym dla tego materiału, przyjazny dla człowieka mikroklimat. To wszystko sprawia, że drewno nadal jest materiałem używanym i pożądanym w budownictwie i żeby sprostać wymaganiom użytkowników i przepisom ochrony przeciwpożarowej, stosowane są impregnacje drewna, również w celu zabezpieczenia przed ogniem. Stąd też w ośrodkach naukowych wytwarzane są coraz to nowsze preparaty chemiczne, często określane w literaturze fachowej jako środki ogniochronne, zawierające składniki opóźniające bądź hamujące proces spalania drewna, tzw. uniepalniacze. Opracowanie takiego środka ogniochronnego dla drewna wymaga znajomości struktury budowy i składu chemicznego drewna oraz znajomości procesu jego rozkładu termicznego.

Struktura drewna i jego palność

Drewno jest materiałem niehomogenicznym. W zależności od tego, czy pochodzi z drzewa iglastego, czy liściastego, odpowiednio, zbudowane jest głównie z wrzecionowatych, wewnątrz pustych komórek z tzw. cewek, stanowiących 90% masy drzewa iglastego lub z włókien, które stanowią ok. 55% masy drzewa liściastego oraz z komórek cienkościennych, stanowiących funkcję przewodzącą składników odżywczych tzw. miękiszu. W przypadku drzew iglastych funkcję przewodzenia wody pełnią właśnie cewki a u drzew liściastych tkanką przewodzącą wodę stanowią nieliczne cewki oraz tkanki zbudowane z cylindrycznych naczyń, znajdujących się pomiędzy żywymi komórkami miękiszu i pomiędzy martwymi komórkami włókien. W zależności od gatunku drewna liściastego, komórki włókien przybierają różne kształty: pierścieniowonaczyniowe (komórki mają kształt zamkniętych pierścieni), które są charakterystyczne m.in. dla dębu, wiązu, jesionu, lub są rozpierchłonaczyniowe, czyli komórki rozłożone są równomiernie na całej powierzchni

przekroju poprzecznego pnia drzewa, co jest charakterystyczne dla np. buku i brzozy [2].

Pod względem chemicznym drewno zbudowane jest z celulozy, hemicelulozy i ligniny. Ilościowy udział tych trzech związków jest zróżnicowany w zależności od gatunku drewna. Najważniejszym składnikiem jest celuloza ($C_6H_{10}O_5$)_n, która w warunkach naturalnych również występuje w bawełnie, prawie w czystej postaci. Obok występującej celulozy obecne są inne polisacharydy – złożone węglowodany tzw. hemicelulozy, składające się z mniejszych węglowodanów zwanych pentozanami i heksozami, które są zbudowane z kolei z jeszcze mniejszych węglowodanów tj. odpowiednio z ksylenu i arabanu oraz manganu, galaktanu i fruktanu. W porowatej strukturze drewna są obecne również substancje ciekłe, czyli żywice i olejki eteryczne, które zaliczają się do substancji łatwo zapalnych a co za tym idzie ich zawartość również wpływa na intensywność spalania się danego gatunku drewna.

Niewątpliwie budowa chemiczna i struktura budowy wpływa na właściwości fizyczne danego gatunku drewna i jest ściśle związana z ciężarem właściwym. Pod tym względem w stanie powietrzno-suchym (czyli o wilgotności 12%) rozróżnia się następujące grupy drewna [5].

- bardzo ciężkie (ponad 0,8 g/cm³): grab, cis, bukszpan, gwajak, heban, eukaliptus i inne gatunki egzotyczne;
- ciężkie o ciężarze właściwym w granicach 0,71 – 0,80 g/cm³: robinia, dąb, jesion, orzech, grusza;
- drewno umiarkowanie ciężkie o ciężarze właściwym w granicach 0,61 – 0,70 g/cm³: brzoza, klon, jawor, jabłoń, modrzew, wiąz;
- drewno umiarkowanie lekkie o ciężarze właściwym w granicach 0,51 – 0,60 g/cm³: jałowiec, kasztanowiec, mahoń;
- drewno lekkie o ciężarze właściwym w granicach 0,41 – 0,50 g/cm³: sosna, świerk, jodła, olcha, lipa, cedr, cyprys;
- drewno bardzo lekkie, o ciężarze właściwym poniżej 0,40 g/cm³: topola, balsa, wejmutka.

Do grupy najbardziej narażonej na zniszczenie ogniem, czyli do grupy materiałów stosunkowo łatwo zapalnych, bez zabezpieczeń ochronnych, należy drewno miękkie o gęstości objętościowej poniżej 650 kg/m³, np. świerk i sosna. Do grupy materiałów stosunkowo trudno zapalnych w naturalnej postaci, zaliczane jest drewno twarde (z drzew liściastych) o gęstości powyżej 800 kg/m³.

Skład chemiczny drewna, jego budowa strukturalna, decyduje o szybkości procesu spalania i jego wydajności cieplnej. Oprócz własności drewna np. gęstości lub ilości zawartej w drewnie wilgoci, na przebieg i intensywność procesu spalania mają wpływ również dodatkowe czynniki jak np. warunki

ki spalania, grubość i kształt wytworzonego elementu z tego materiału.

Eksponowane drewno na zewnętrzny strumień ciepła ulega rozkładowi termicznemu, dając palne i niepalne produkty lotne, palną pozostałość zwęgloną oraz niepalne minerały (popiół). Jeżeli szybkość emisji produktów lotnych jest wystarczająca do utworzenia mieszaniny, w której składniki palne są w ich granicach zapalności, wtedy może nastąpić ich zapłon i jego rozprzestrzenienie się warunkujące ciągłość spalania drewna.

Można wyróżnić cztery główne etapy termicznej degradacji drewna:

- Etap I – ogrzewanie drewna do 200°C,
- Etap II – 200 – 280°C,
- Etap III – 280 – 500°C,
- Etap IV – powyżej 500°C.

W etapie I (temperatura < 200°C) zachodzi odparowanie wody, niepalnych produktów lotnych oraz powolny ubytek masy drewna. Egzotermiczne reakcje utleniania produktów rozkładu termicznego powodują powolne nagrzewanie się fazy lotnej. Do 280°C skład gazów po rozkładzie termicznym jest prawie niezmienny – dominuje dwutlenek węgla, para wodna, pochodne aromatyczne w postaci lotnych związków zawierające grupy: aldehydowe, alkoholowe.

Podczas rozkładu termicznego, drewno zwęglą się w wyniku zachodzącej reakcji rozkładu. W temperaturze około 200-260°C następuje rozkład termiczny hemicelulozy. W temperaturze około 240°C rozpoczyna się rozkład celulozy, a jego maksimum to temperatura około 280°C. Wartość ta odpowiada dokładnie temperaturze pirolizy α – celulozy. Całkowity rozkład α – celulozy ma miejsce w temperaturze 360°C przy szybkości ogrzewania 3°C/min. W temperaturze około 280°C rozpoczyna się rozkład ligniny, który osiąga maksymalną wartość przy 450°C. W przedziale temperatury 280–500°C powstała mieszanina produktów rozkładu termicznego jest mieszaniną palną i zapala się od pilotowego zewnętrznego źródła ciepła. Tworzenie się warstwy węgla zmniejsza szybkość emisji gazów lotnych produktów rozkładu termicznego, aż do prawie zaniku ich emisji w temperaturze powyżej 500°C. Proces spalania płomieniowego drewna przechodzi do procesu bezpłomieniowego warstwy węglowej (spalanie heterogeniczne). Ubytek masy związany jest już tylko z rozkładem węgla drzewnego. O ile gazowe produkty rozkładu spalają się płomieniem dyfuzyjnym to o tyle powstały węgiel spala się bezpłomieniowo, czyli tli się. Ilość gazów po rozkładzie termicznym smoły i węgla zmienia się bardzo w zależności od temperatury, ciśnienia i szybkości grzania podczas rozkładu termicznego lub pirolizy drewna zachodzącej w temperaturze ponad 350°C. Szybkość ogrzewania termicznego lub pirolizy drewna

na ma wpływ na ilość i typ wszystkich produktów rozkładu. Szybkie ogrzewanie drewna powoduje, że w wyniku rozkładu termicznego tworzy się stosunkowo mało warstwy zwęglonej, dużo smoły, a produkty lotne są wysoce łatwo zapalne. I odwrotnie: mała szybkość ogrzewania powoduje tworzenie się większej ilości warstwy węglowej, małej ilości smoły, a produkty lotne charakteryzują się umiarkowaną podatnością do inicjacji reakcji spalania.

Środki ogniochronne w drewnie i zawarte w nich retardanty

Obecnie stosuje się bardzo wiele środków zabezpieczających drewno przed ogniem. Znalazły one szerokie zastosowanie w budownictwie, meblarstwie, w przemyśle okrętowym. W przypadku zastosowania zabezpieczenia drewnianych budynków zabytkowych, odpowiednio dobrane preparaty, praktycznie okazują się być niezastąpione. Z jednej strony pełnią funkcję ochronną przed ogniem, a z drugiej zachowują autentyczny wygląd zabytkowej, chronionej powierzchni. Dodatkowym walorem użycia impregnatu ogniochronnego w pracach wykończeniowych elewacji budynków, jest możliwość zabezpieczenia przed korozją biologiczną. Sprawcami takiej korozji są insekty i niektóre grzyby, dla których drewno bez impregnacji jest środowiskiem sprzyjającym do ich rozrostu i rozmnażania się.

Z definicji preparat ognioochronny dla drewna powinien opóźniać moment zapalenia się materiału drewnianego, zmniejszać szybkość powierzchniowego rozprzestrzeniania się płomieni i zmniejszać intensywność spalania się materiałów palnych. Dla lepszej użyteczności dobry preparat powinien być stabilny chemicznie, posiadać właściwości grzybobójcze, a w przypadku zabezpieczenia elementów zewnętrznych, narażonych na czynniki atmosferyczne, powinien być odporny na działanie czynników atmosferycznych.

Ponadto, w świetle przepisów, dotyczących ochrony środowiska i ekologii oraz dla zachowania właściwości użytkowych drewna, środek ogniochronny nie powinien być:

- toksyczny dla ludzi i zwierząt w warunkach normalnej eksploatacji zabezpieczonego materiału oraz nie powinien emitować toksycznych produktów podczas rozkładu termicznego w wysokiej temperaturze;
- zmieniać właściwości fizykochemiczne zabezpieczonego drewna, jak: barwa, właściwości mechaniczne.

Mechanizm działania środków ogniochronnych (FR) stosowanych do drewna polega na zakłóceniu procesu spalania, na określonym stadium jego przebiegu. Może wpływać na proces spalania podczas reakcji chemicznej FR i/lub procesów fizycz-

nych, w fazie stałej lub gazowej. W zależności od metody ingerencji FR w procesie spalania drewna, charakterystycznego dla poszczególnych rodzajów środków ogniochronnych, rozróżnia się oddziaływanie na etapie ogrzewania, rozkładu, zapłonu lub rozprzestrzeniania się ognia. Jest to uzależnione od rodzaju wchodzących w skład środków ogniochronnych, poszczególnych związków uniepalniających. Najskuteczniejsze są środki ogniochronne, które działają we wszystkich lub przynajmniej w kilku fazach spalania i dlatego na ogół w środkach ogniochronnych występuje mieszanina wielu uniepalniaczy, w odpowiednio dobranych proporcjach. Posiadając podstawową wiedzę o rodzajach środków gaśniczych stosowanych w pożarnictwie, można łatwo wskazać niektóre rodzaje stosowanych retardantów. Takimi są związki halogenowe ze szczególnym uwzględnieniem nieorganicznych chlorków i bromków oraz niektóre związki organiczne z wbudowanym atomem chloru, np. chloroparafina. Mechanizm działania takich uniepalniaczy również jest do przewidzenia. Z racji obecności halogenków w strukturze ich budowy, mechanizm opiera się na inhibicji łańcuchowej reakcji spalania w fazie gazowej. Inne środki uniepalniające, należące do grupy związków nieorganicznych, zakłócają proces spalania również na etapie rozprzestrzeniania się ognia a także wchodzi w ingerencję procesów fizykochemicznych podczas spalania na etapie: ogrzewania, rozkładu w fazie stałej i/lub gazowej. Jako związki uniepalniające drewno, należące do grupy związków nieorganicznych mogą być stosowane sole fosforanowe, siarczanowe, związki z obecnością grupy amonowej, związki borowe, niektóre wodorotlenki. Przykładami skutecznych uniepalniaczy są następujące związki: fosforan amonu, kwas borowy lub mieszanina tych dwóch związków oraz borany i chlorki: wapnia, magnezu, cynku, cyny (II), amonu, siarczan amonu, związki fosforanowe amonu, krzemian sodu, wodorotlenek sodu, siarczan wapnia, siarczan miedzi. W połowie XX wieku jako szczególnie przydatne wskazano związki uniepalniające takie jak: dwuwodorofosforan amonu ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), boran sodu ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), kwas borowy (H_3BO_3), chlorek cynku (ZnCl_2), wspomniany wcześniej siarczan amonu [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], wodorofosforan amonu [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$] oraz mieszanina siarczanu amonu i fosforanu amonu [$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$] (80:20) [7].

Do najczęściej stosowanych uniepalniaczy w środkach ogniochronnych dla drewna, należących do grupy związków organicznych, zaliczane są związki zawierające atomy azotu np. melamina, mocznik, guanidyna oraz związki fosforoorganiczne np. fosforan melaminy, związki fosforowo-azotowe i fosforowo-halogenowe.

Mechanizmy działania środków ogniochronnych oparte są na czterech podstawowych teoriach

dokładniej wyjaśniających różnicę w sposobie działania środków ogniochronnych:

1. teoria powłokowa,
2. teoria termiczna,
3. teoria gazowa,
4. teoria chemiczna. [2]

Pierwsza z nich – **teoria powłokowa** – wyjaśnia powstrzymywanie transportu ciepła do drewna przez utworzoną warstwę (powłokę) środka ogniochronnego zanim jeszcze materiał osiąga temperaturę rozkładu termicznego lub pirolizy, która również przyczynia się do spowalniania emisji gazowych produktów spalania.

Teoria cieplna odnosi się do przenikania ciepła przez tworzącą się warstwę węgla drzewnego. Poprzez powstałą w czasie procesu spalania coraz grubszą warstwę zwęglenia materiału, następuje spowolnienie przenikania ciepła do samego drewna. Taki mechanizm działania jest charakterystyczny dla zabezpieczeń drewna np. środkami solnymi. Teoria termiczna również odnosi się do zjawiska absorpcji cieplnej, która tłumaczy zjawisko nie zmieniającej się temperatury drewna podczas procesu pirolizy bądź rozkładu termicznego.

Teoria gazowa wyjaśnia mechanizm działania ogniochronnego, który polega na uwalnianiu gazów z impregnatów przeciwogniowych w warunkach podwyższonej temperatury podczas procesu spalania. Emitowane gazy są gazami niepalnymi, bądź gazami inhibitującymi reakcję spalania, działającymi poprzez spowolnienie lub przerywanie łańcuchowych reakcji rodnikowych zachodzących w płomieniu. Gazy niepalne powstają w wyniku rozkładu takich związków uniepalniających jak: uwodnione sole, węglany, halogenki, fosforany, siarczan amonowy, chlorek cynku, wapnia i magnezu a powstające emitowane gazy niepalne to najczęściej: para wodna, dwutlenek węgla, amoniak, bezwodnik kwasu siarkowego, bezwodnik kwasu fosforowego, chlorowodór. Gazami inhibitującymi zaś rodnikową reakcję łańcuchową są halogenki, czyli: chlor, brom, które powstają w wyniku rozkładu w wyższej temperaturze związków halogenowych, stosowanych jako uniepalniaczy.

Mechanizm działania FR zgodnie z teorią chemiczną, prowadzi do obniżenia początkowej temperatury procesu pirolizy lub rozkładu termicznego drewna oraz zmienia przebieg tego procesu poprzez tworzenie się większych ilości węgla, wody i niepalnych gazów oraz zmniejszenie się ilości tworzącej się palnej smoły i fazy gazowej (związki fosforowe).

Ze względu na sposób stosowania, środki ogniochronne do drewna dzielone są na dwie grupy:

- wnikające w drewno, najczęściej są to środki solne tzw. impregnaty ogniochronne stosowane do wglębnego nasycenia materiału chronionego w postaci stężonych roztworów wodnych,

- działające powierzchniowo w postaci farb (emulsji wodnych), lakierów, folii materiałów przekładowych i cienkich płyt zaporowych. Środki te tworzą na powierzchni drewna warstwę ochronną, często pęczniejącą na powierzchni pod wpływem wysokiej temperatury.

Do grupy związków wnikających w drewno, należą środki posiadające najczęściej w swoim składzie nieorganiczne związki: fosforu, boru, magnezu, amonu, cynku [14]. Do organicznych należą związki zawierające atomy azotu jak np. melamina, mocznik. Generalnie, impregnaty przeznaczone są do drewna surowego, nie pokrytego farbą, lakierem czy środkiem oleistym. Jednak z racji, że nie wiążą się chemicznie ze strukturą drewna, muszą być stosowane z dodatkową powłoką wodoodporną w celu zabezpieczenia elementów zewnętrznych. Nakładanie impregnatu wgłębnie, przeprowadza się metodą: próżniową lub próżniowo-ciśnieniową, metodą kąpieli zimnej i metodą kąpieli gorąco-zimnej.

W metodzie próżniowej – jak sama nazwa wskazuje – drewno, które jest poddane impregnacji, umieszczane jest w komorze, w której zaciąga się próżnię w celu wyssania powietrza z komórek, a następnie jest napełniane preparatem impregnacynym przy podciśnieniu. Podobnie jest w metodzie próżniowo-ciśnieniowej, gdzie wysysanie powietrza z porów drewna zachodzi pod wpływem wytwarzanego podciśnienia w komorze napełniającej.

Metoda kąpieli „zimnej” jest najprostszą, ale i najdłuższą trwającą metodą impregnacji drewna. Polega na zanurzeniu zabezpieczanych elementów w roztworze impregnatu. Czas nasycania uzależniony jest od rodzaju materiału i preparatu, np.: deska do grubości 2 cm jest zanurzona w kąpieli przez 1,5 h; bale do grubości 5 cm – 6,0 h; krawędziaki do 10 cm - 18,0 h; drewno okrągłe 10÷12 cm - 36,0 h [2]. W metodzie kąpieli „gorąco-zimnej” zanurzenie drewna trwa dwuetapowo. Najpierw w roztworze impregnatu o temperaturze 60÷65°C przez określony czas np. 2 h a następnie w temperaturze bliższej temperaturze otoczenia tj. 15-20°C przez dłuższy czas np. 5h. Ważne jest, że dla zagwarantowania skuteczności impregnacji w obydwu metodach kąpielowych należy dobierać drewno do wilgotności nie przekraczającej 28%. [2]

Przy stosowaniu środków powłokowych decydującą rolę odgrywa grubość i jakość powłoki ochronnej. Z natury rzeczy środki powłokowe zmieniają wygląd drewna, są stosowane tam, gdzie nie jest wymagane zachowanie naturalnego koloru i widocznych linii słoje drewna. Na powierzchnię suchego drewna środki powłokowe są nakładane przy użyciu pędzla, wałka bądź też metodą natrysku – pneumatycznego lub hydrodynamicznego.

Ogólnie powłoki powłokowe ze względu na mechanizm, jakim realizują swoją funkcję ochronną, można podzielić na dwie grupy:

- powłoki absorbujące energię;
- powłoki pęczniejące.

Do pierwszej grupy preparatów powłokowych, najczęściej stosowanych komponentów należą: szkło wodne, polioctan winylu, żywice aminowe, akrylowe, melaminowo-formaldehadowe, fenolowo-formaldehadowe, chloroparafina, związki fosforoorganiczne oraz wypełniacze jak: ziemia krzemkowa, gips, cementy, magnetyty, kreda, talk, perlit, wermikulit.

Istnieją również pęczniejące środki powłokowe, które jak sama nazwa sugeruje, pod wpływem wysokiej temperatury lub bezpośredniego działania płomieni, tworzą spęczniałą warstwę węgla lub w przypadku zastosowania powszechnie stosowanych nanowarstw, tworzą warstwę krzemianów. Powstała zwęglona warstwa piany, stanowi izolacyjną barierę dla materiału z drewna, chroniącą przed zjawiskiem absorpcji ciepła i dostępem tlenu. Najbardziej pożądane w tej grupie środków powłokowych są żywice termoplastyczne, które mięknią przy ogrzewaniu tworząc poszerzoną warstwę zwęgloną, a wraz z coraz to większymi wymaganiami w poszukiwaniu skuteczniejszych środków pęczniejących, nowym trendem stało się tworzenie pęczniejących układów powłokowych, opartych na budowie modyfikatorów o nanocząsteczkowej strukturze. Są to środki, które w stosunku do tradycyjnych środków powłokowych mają lepsze właściwości izolacyjne podłoża drewna przed nadmiernym wzrostem temperatury i dostępem tlenu. Dzięki wysokiej dyspersji cząstek w strukturze naniesionej powłoki, zmienia się znacząco przebieg procesu spalania i rozkład kompozycji pęczniejącej a w konsekwencji, wpływa to na szybkość i strukturę tworzącej się warstwy zwęglonej. W wielu przypadkach nanowarstwy mogą w końcowym efekcie procesu wytwarzania przybierać postać powłoki transparentnej, co jest ogromną zaletą dla potrzeby zastosowania zabezpieczenia powierzchniowego z zachowaniem naturalnego koloru drewna. Do takich środków powłokowych należą spoiwa do farb wodorozcieńczalnych i rozpuszczalnikowych, których struktura budowy jest oparta na bazie zawierającej krzem, są to: silikony, siloksany, silany [11]. Również jako składniki ogniochronne stosuje się preparaty na bazie żywic krzemooorganicznych lub na bazie mieszanej krzemooorganicznej, które wchodzi w skład specjalnych wyrobów lakierowych a także zmodyfikowana nanotechnologicznie żywica na bazie żywic epoksydowych i silikonowych.

W przypadku, gdy nie jest konieczne zachowanie faktury i wyglądu drewna, powierzchnię tę można pokryć warstwą materiału niepalnego typu zapo-

rowego. Stosuje się ją w przegrodach budowlanych o konstrukcji drewnianej np. lekkie ściany działowe, osłonowe oraz ściany nośne budynków niskich, stropy międzykondygnacyjne, które dodatkowo spełniają dodatkową funkcję pod względem wytrzymałości mechanicznej kondygnacji (budynku), ograniczają izolację termiczną i akustyczną zawartą między okładzinami oraz stanowią często ostateczne wykończenie dekoracyjne elementów budowlanych. Materiałem, który dobrze spełnia wymagania stawiane płytowym okładzinom ogniochronnym, dla drewnianych elementów budowlanych, jest płyta gipsowo-kartonowa. Jest to materiał wykonany z gipsu krystalizującego z wodą o wzorze chemicznym ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), obustronnie oklejony kartonem. Gips pełni funkcję izolacji ogniowej a karton przyklejony po obydwu stronach rdzenia, zapewnia lepszą wytrzymałość mechaniczną danego elementu budowlanego. Dla wzmocnienia struktury płyt gipsowo-kartonowych i poprawy ich zachowania w pożarze, dodaje się zbrojenie rdzenia ciętego włókna szklanego (do około 0,2 % w stosunku do masy gipsu) [2].

Oprócz wszystkich wymienionych preparatów z opisanym mechanizmem działania, należy również wspomnieć o możliwości zastosowania techniki systemu ogniochronnego. W tym celu dopuszcza się przeprowadzenie dwóch lub więcej zabiegów zabezpieczających a wszystko po to, by jeszcze bardziej wzmocnić działanie ochrony drewna przed pożarem oraz zapewnić wysoką jakość pod innymi względami, stawianymi przez konkurencyjny rynek jako warunek konieczny do spełnienia. Dobrze zaimpregnowane drewno ogniochronnie powinno np. jednocześnie być skutecznie zabezpieczone przed niszczącym działaniem owadów i grzybów oraz wilgocią, a także mieć zachowaną estetykę naturalnego wyglądu. Dlatego obecnie, na rynku jest wiele preparatów oraz możliwości modyfikacji impregnacji. Począwszy od zwykłej powierzchniowej a skończywszy na kilkuetapowej, której technika składa się z różnych metod.

Podsumowanie

Drewno jest materiałem budowlanym, który w warunkach pożarowych stosunkowo łatwo ulega zapaleniu, rozkładowi termicznemu i szybko rozprzestrzeniają się po nim płomienie. Materiał ten i wyroby drewnopochodne zaliczają się do materiałów palnych. Pod względem reakcji na ogień jest klasyfikowane w klasie D, s1-s3, d0-d2, a po zabezpieczeniu środkami przeciwogniowymi, może być zaliczane do klasy B lub C, co oznacza, że może znaleźć się w grupie materiałów określanych jako niezapalne, trudno lub łatwo zapalne. Charakterystykę pożarową tych materiałów można istotnie zmienić przez naniesienie na powierzchnię drewna lub wpro-

wadzenie do ich struktur środków ognioochronnych. W zależności od właściwego doboru oraz prawidłowego zastosowania środków przeciwogniowych w odpowiednich stężeniach i przy odpowiedniej metodzie impregnacji, uzyskuje się w większym lub mniejszym stopniu skuteczne zabezpieczenie przed pożarem wyrobu wykonanego z drewna. W ten sposób zapobiega się nagłemu rozprzestrzenianiu ognia i zdecydowanie obniża się zapalność materiałów, co z kolei, ułatwia ugaszenie pożaru w jego fazie początkowej. Ważne jest, zatem przestrzeganie zasady, do jakiej metody impregnacji jest przeznaczony preparat oraz ważne jest uwzględnienie dodatkowych parametrów korelujących np. uwzględnienie współczynnika określającego faktyczne zużycie środka ognioochronnego.

Można stwierdzić, że każdy środek ogniochronny przeznaczony jest do zabezpieczania pewnego rodzaju wyrobów drewnianych o odpowiedniej grubości minimalnej. Porównując impregnację drewna metodą powierzchniową z impregnacją wgłębną przy zastosowaniu tego samego środka ognioochronnego, zazwyczaj uzyskuje się lepszy efekt ochronny dla impregnacji wgłębnej. Przykładem tego mogą być preparaty solne w roztworach wodnych 20-30%, które nanoszone na powierzchnię materiału nawet pięciokrotnie, w większości przypadków, przyczyniają się do zakwalifikowania badanego materiału jedynie do grupy materiałów trudno zapalnych. W stosunku do zabezpieczenia metodą impregnacji wgłębnej nie jest to wysoki efekt ogniochronny, gdyż w przypadku tej drugiej metody, przy zużyciu minimalnej optymalnej dawki (średnio 40 kg soli na 1 m³ nasycanego drewna) drewno może osiągnąć klasyfikację materiału niezapalnego. Bywa też tak, że źle dobrany środek przyczynia się w efekcie do zwiększenia szybkości zwęglania zabezpieczonego elementu, a tym samym powoduje efekt odwrotny do zamierzonego. Dlatego też, zastosowanie preparatu ogniochronnego na szeroką skalę przy odpowiedniej metodzie impregnacji, powinno być poprzedzone badaniem stopnia palności (klasy reakcji na ogień) zabezpieczonego materiału.

Literatura

1. Carter R. J., *Flame Retardation of Cellulose by Thiocyanates*, Preliminary Study, J. Fire Retardant Chemicals, 1981;
2. Chodorowski J., *Badanie szybkości zwęglania drewna sosny i dębu impregnowanych przeciwogniowo w warunkach cieplnych symulujących I fazie pożaru*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, 2000;
3. Drysdale D., *An Introduction to fire dynamics*, John Wiley and Sons, London, 1992;

4. Garba B., [et.al.], *Effect of flame retardant treatment on energy of pyrolysis, Combustion of wood cellulose*, Fire and Materials, 1994;
5. Hawryluk Z., *Badanie szybkości zwęglania drewna o zróżnicowanej gęstości*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, 2000;
6. Jaskółowski W., *Szybkość zwęglania i generacji ciepła podczas spalania drewna zabezpieczonego przeciwogniowo*, praca doktorska, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań, 2001;
7. Lyons J.W., *The chemistry and uses of fire retardants*, Willey, Interscience, 1970;
8. Schaffer E., *Effect on fire retardant treatment on energy of pyrolysis, Combustion of wood cellulose*, Fire Retardant Chem. Suppl., 1974;
9. Surmiński J., *Ćwiczenia z podstaw nauk leśno-drzewnych*, Wydawnictwo Uczelniane, Poznań 1970;
10. Wiley John and Sons, *Encyclopedia of Chemical Technology*, London, 1992;
11. Brenden J. i inni, *Effect of inorganic salts on pyrolysis product of panderosa pine*, Forest Product Journal, 1965;
12. Brzeziński J.M., *Pokrycia ogniochronne zmniejszające palność na stal i drewno*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarowa, CNBOP 2005;
13. Konecki M., Kosiarek M., Kolbrecki A., Fangrat J., *Badanie właściwości ogniowych drewna*, Inżynieria i Budownictwo nr 6/1991;
14. Kosiarek M., *Budynki o drewnianej konstrukcji szkieletowej a bezpieczeństwo pożarowe*, Lekkie Budownictwo Szkieletowe nr 4-5/1997;
15. Wesołek D., Wójcik R., *Palność i zabezpieczenie ogniochronne drewna - Uszlachetnianie powierzchni drewna. Część II*, Lakiernictwo Przemysłowe, Wydawnictwo Goldman Press, 2010;
16. Koniuch A., Małozieć D., *Proces spalania a pożar*, Szkolenie Strażaków Ratowników OSP, Część 1”, CNBOP 2007;
17. Koniuch A., Małozieć D., *Rozwój pożaru*, Szkolenie Strażaków Ratowników OSP, Część 2, CNBOP 2007;
18. Małozieć D., Koniuch A., *Określanie właściwości pożarowych materiałów budowlanych i elementów wyposażenia wewnątrz*, Ogólnopolskie Seminarium CNBOP, Józefów, 2008;
19. Małozieć D., *Metody impregnacji ochronnej drewna*, Ogólnopolskie Seminarium CNBOP Józefów, 2008;
20. Pofit – Szczepańska M., Małozieć D., *Analiza przydatności badań oporności elektrycznej węgla drzewnego i wielkości zwęglania elementów drewnianych do określenia miejsca powstania pożaru*, I Międzynarodowa Konferencja „Badanie przyczyn powstawania pożarów”, Poznań 2003.

Recenzenci

dr hab. Marzena Pólka, profesor SGSP

dr inż. Marcin Zbieć

mgr inż. **Michał CHMIEL**
Jednostka Certyfikująca
CNBOP-PIB

PRZEGLĄD MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MOTOPOMP DO WODY ZANIECZYSZCZONEJ W DZIAŁANIACH JEDNOSTEK OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ

Review of the use of water contaminated pumps in activities of fire protection

Streszczenie

W artykule omówiono główne możliwości zastosowania motopomp do wody zanieczyszczonej w działaniach prowadzonych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej. Omówiono rodzaje układów taktycznych, w których mają zastosowanie motopompy do wody zanieczyszczonej. Przedstawiono również ogólne charakterystyki i opisy oraz podstawowe parametry motopomp do wody zanieczyszczonej. Zwrócono również uwagę na parametry eksploatacyjne decydujące o charakterze ich pracy.

Summary

Possibilities of the use of contaminated motor water pumps in firefighting conducted by units of State Fire Service were described in this article. In the article talked about kinds of tactical operations of the work of contaminated motor pumps leading of firefighting activities. The article represented also general characterizations and descriptions of motor pumps and their basic parameters. Exploitive parameters effecting on the character of pumps operation were also pointed in the article.

Słowa kluczowe: motopompa szlamowa, taktyka działań, konserwacja motopomp;

Keywords: contaminated pumps, operational tacticts, maintenance of pumps;

Wprowadzenie

Aby spełnić oczekiwania użytkowników w jednostkach ochrony przeciwpożarowej w Polsce wprowadzono system dopuszczeń na zgodność z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. z 2010 r., Nr 85 poz. 553) [9]. System ten ma ogromne znaczenie dla bezpieczeństwa strażaka, ratowanych podczas prowadzonych działań. Jednostki ochrony przeciwpożarowej wymienione w art. 15. ustawy o ochronie przeciwpożarowej [10], w obecnych czasach są dobrze przygotowaną formacją, posiadającą bardzo wysoki poziom wykształcenia i wyszkolenia. Szczególnie ważnym jest, aby ta formacja, mając określony sprzęt, mogła czuć się bezpiecznie podczas jego użytkowania. Tym samym system wydawania świadectw dopuszczenia ma między innymi na celu dostarczenie do jednostek ochro-

ny przeciwpożarowej wyrobów spełniających ich wymagania pod względem funkcjonalnym, ergonomicznym i przede wszystkim bezpiecznym dla użytkownika [4].

Motopompy podlegają procesowi dopuszczenia na zgodność z omawianym rozporządzeniem [9]. Wymagania dla tej grupy wyrobów są określone w pkt. 2.7. Podczas procesu dopuszczenia poddawane są one pełnym badaniom obejmującym między innymi: wykonanie, znakowanie, wymiary, czas uruchomienia silnika, niezawodność pracy minimalna głębokość zassania.

Budowa motopompy do wody zanieczyszczonej

Motopompa jest to agregat przenośny, składający się z silnika spalinowego, pompy wirowej oraz pływaka, wyposażona w uchwyty lub ramę umożliwiającą jej przenoszenie.

Ze względu na wielkość i rodzaj podstawy pomp rozróżniamy motopompy przenośne oraz motopompy przewoźne. Pompy przenośne są to niewielkie

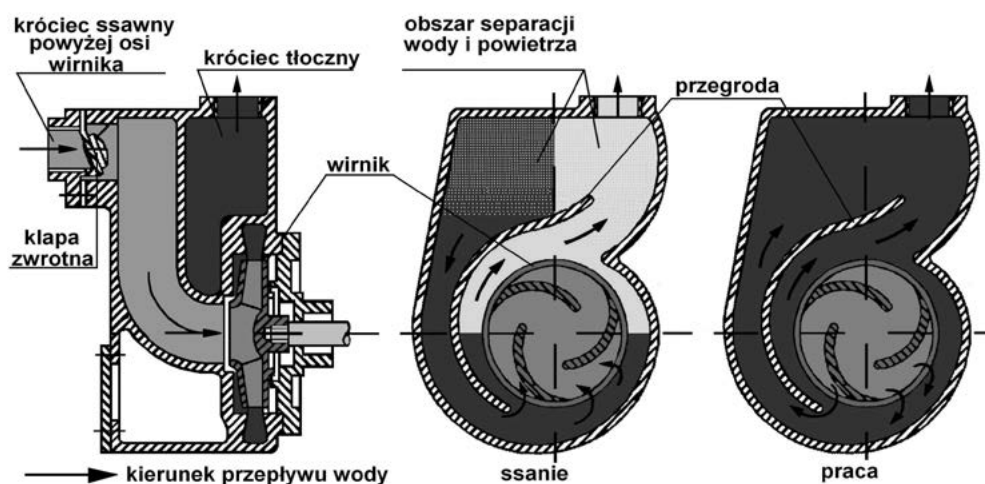
pompy o wadze do 200 kg i wydajności nie przekraczającej 1600 dm³/min. Posiadają one w podstawie uchwyty przeznaczone do przenoszenia motopompy z samochodu pożarniczego do punktu czerpania wody. Motopompy o większych wydajnościach, ze względu na swoją wagę, montowane są na własnych podwoziach transportowych jedno lub dwuosiowych, przygotowanych do ciągnięcia ich za pojazdami pożarniczymi. Motopompy takie mogą mieć wydajność wynoszącą ponad 10 000 dm³/min, silniki o mocy kilkuset KW i wagę kilku ton.

W jednostkach ochrony przeciwpożarowej występują pompy odśrodkowe, których budowa umożliwia samozasysanie bez dodatkowych urządzeń zasysających. Są to motopompy z wirnikiem otwartym oraz półotwartym, pozwalające na przepompowywanie stałych zanieczyszczeń znajdujących się w wodzie o wielkości nawet do kilku centymetrów. W tego typu motopompach nasada ssawna jest umieszczona powyżej wirnika. Z tego powodu w kadłubie pompy w otoczeniu wirnika po pierwszym zalaniu zawsze znajduje się woda. Schemat działania takiej motopompy przedstawiono na rys. 1.

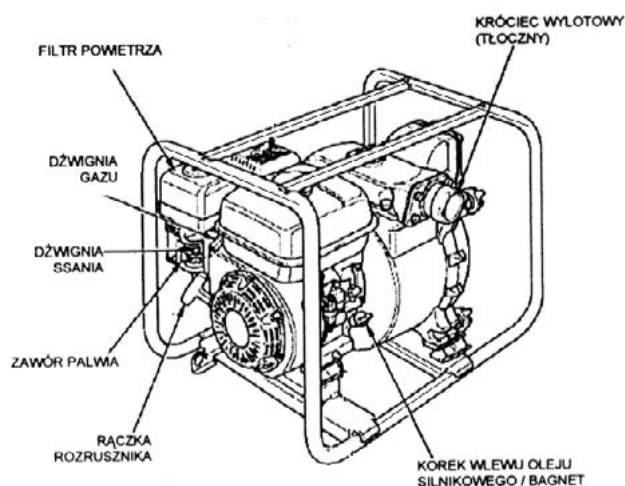
Wirnik obracając się rozpryskuje wodę, która przemieszczając się poprzez dyfuzor zabiera ze sobą cząstki powietrza. W górnej części korpusu, w tzw. komorze oddzielającej, woda jako cięższa opada i powraca na łopatki wirnika a powietrze wydostaje się na zewnątrz przez króciec tłoczny. Proces ten trwa aż do wprowadzenia wody ze zbiornika do linii ssawnej i zalania pompy. Przykładowy schemat motopompy do wody zanieczyszczonej z wyszczególnieniem podstawowych elementów wchodzących w jej skład został przedstawiony na rys. 2.

Rodzaje i oznaczenia motopomp do wody zanieczyszczonej

Oznaczenie motopomp do wody zanieczyszczonej wg pkt. 2.7 załącznika do rozporządzenia [9] dokonuje się za pomocą litery, która oznacza typ motopompy oraz dwóch liczb, z których pierwsza oznacza wydajność nominalną, a druga nominalne ciśnienie tłoczenia. Zgodnie z powyższą zasadą przyjęto podobny sposób oznaczenia motopomp do wody zanieczyszczonej.



Ryc. 1. Schemat działania samozasysania w pompach do wody zanieczyszczonej [4]



Ryc. 2. Przykładowy schemat motopompy do wody zanieczyszczonej [12]

Przykładowo dla motopompy o nominalnym natężeniu przepływu $Q = 400 \text{ dm}^3/\text{min}$ przy nominalnym ciśnieniu tłoczenia 1 bar oznaczenie będzie następujące:

MOTOPOMPA DO WODY ZANIECZYSZCZONEJ P- 4/1

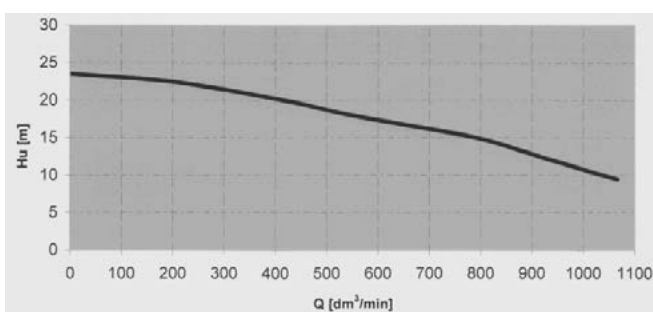
Litera „P” oznacza motopompę do wody zanieczyszczonej, natomiast pierwsza i druga liczba zgodnie z rozporządzeniem [9] oznaczała będzie odpowiednio: nominalne natężenie przepływu oraz nominalne ciśnienie tłoczenia w barach.

Wielkości opisujące motopompy do wody zanieczyszczonej

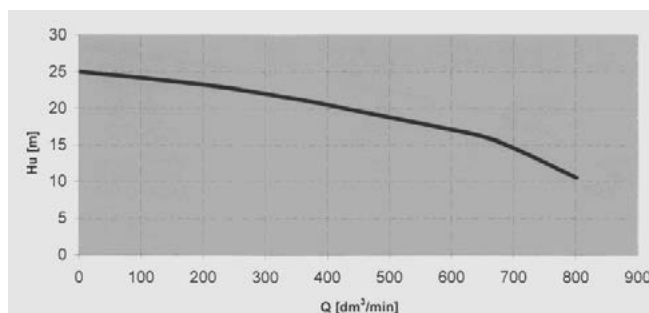
Charakterystyczne wielkości opisujące motopompy zostały sporządzone w oparciu o wielkości rzeczywiste zgodne z danymi producentów. Producenci w ofertach sprzedaży najczęściej podają następujące wielkości:

- nominalna wysokość podnoszenia,
- nominalne natężenie przepływu,
- maksymalna wysokość podnoszenia,
- maksymalne natężenie przepływu,
- moc nominalna silnika,
- czas pracy ciągłej motopompy bez uzupełniania zbiornika paliwa,
- pojemność zbiornika paliwa,
- zużycie paliwa,
- masa całkowita,
- wymiary gabarytowe.

W oparciu o wieloletnie doświadczenia i badania w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym sporządzone zostały rzeczywiste charakterystyki motopomp do wody zanieczyszczonej będących na wyposażeniu jednostek ochrony przeciwpożarowej. Na rys.3 przedstawiono uśrednioną charakterystykę motopompy z badania przeprowadzonego na potrzeby procesu dopuszczenia dla dwóch wartości geometrycznych wysokości ssania $H_{gs} = 1,5 \text{ m}$ oraz $H_{gs} = 6 \text{ m}$.



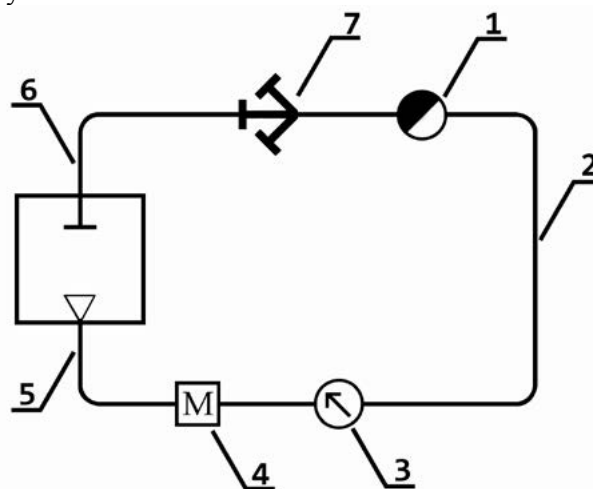
$H_{gs} = 1,5 \text{ m}$



$H_{gs} = 6 \text{ m}$

Ryc. 3. Przykładowe charakterystyki pracy motopompy do wody zanieczyszczonej dla dwóch wysokości ssania [4]

Przedmiotowe motopompy pracują przy niskich wartościach ciśnien zazwyczaj przy 1 lub 2 barach. Stąd też wartości geometrycznych wysokości ssania dla przedmiotowych motopomp wynoszą $H_{gs} = 1,5 \text{ m}$ oraz 6 m , w odróżnieniu od motopomp do wody czystej, które bada się przy geometrycznych wysokościach ssania $H_{gs} = 3 \text{ m}$ oraz $7,5 \text{ m}$. Charakterystyki wyznaczono na stanowisku wyposażonym w zbiornik wody, motopompę pływającą, ciśnieniomierz, przepływomierz oraz zawór regulacyjny. Przykładowy schemat stanowiska do badań przedstawiono na rys. 4.



Ryc. 4. Przykładowy schemat stanowiska badawczego dla motopomp do wody zanieczyszczonej (1 – przepływomierz, 2 – wąż tłoczny, 3 – manometr, 4 – motopompa, 5 – wąż ssawny, 6 – zbiornik wody, 7 – rozdzielacz kulowy)
[opracowanie własne]

Zastosowanie motopomp do wody zanieczyszczonej w jednostkach ochrony przeciwpożarowej

Motopompy do wody zanieczyszczonej to przede wszystkim urządzenia pompująco-tłoczące. Nie można za ich pomocą prowadzić bezpośrednich działań gaśniczych, gdyż nie pozwalają one na uzyskanie odpowiednio dużych wartości ciśnien.

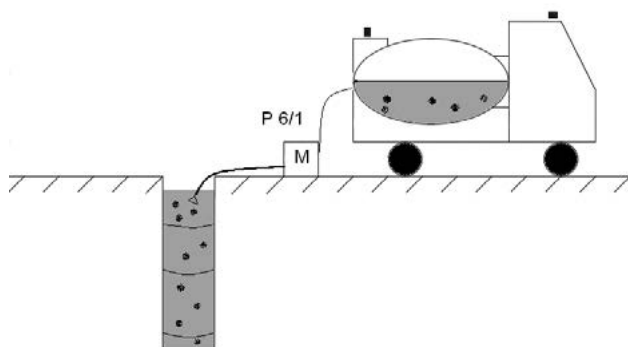
Pompy te znalazły zastosowanie przede wszystkim do wypompowywania wody z rozlewisk, studni, piwnic, kanałów, zbiorników wodnych naturalnych i sztucznych oraz wód płynących, wody z wykopów o małym, średnim i dużym zanieczyszczeniu, napełniania zbiorników samochodów gaśniczych jak również w innych akcjach popowodziowych.

Parametry użytkowe motopomp do wody zanieczyszczonej wskazują, iż należy je wykorzystywać w pierwszej kolejności przy akcjach, gdzie wymagany jest duży wydatek przy małym ciśnieniu podawania.

Możliwość wykorzystania motopomp do wody zanieczyszczonej

Poniżej omówiono trzy najczęściej spotykane możliwości wykorzystania motopomp do wody zanieczyszczonej.

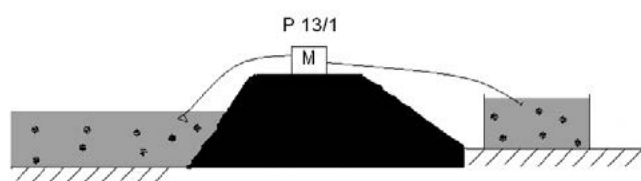
1. Wypompowywanie wody z zalanych studni z wykorzystaniem samochodu cysterny



Ryc. 5. Przykładowy układ z wykorzystaniem samochodu cysterny [opracowanie własne]

Układ pokazany na rys. 5 jest najczęściej stosowanym. Realizuje się go poprzez bezpośrednie podłączenie węży o wielkości odpowiadającej wielkości króćca ssawnego i tłocznego. W przypadku większości motopomp są to węże W-75 za wyjątkiem najmniejszych motopomp, gdzie można stosować węże W-52. Układ ten stosowany jest do osuszania zalanych studni i studzienek bądź zalanych pomieszczeń. Ideą tego typu układów jest dostarczenie maksymalnie dużej ilości wody, w jak najkrótszym czasie do zbiornika samochodu cysterny.

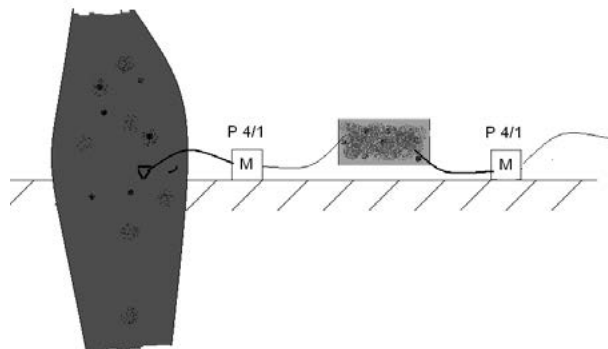
2. Osuszanie zalanych terenów



Ryc. 6. Osuszanie zalanych terenów [opracowanie własne]

Układ pokazany na rys. 6, w którym wykorzystano motopompę oraz przenośny zbiornik wody ma zastosowanie przy osuszaniu zalanych terenów w przypadku zalania terenów uprawnych np. w pobliżu wałów ochronnych.

3. Przepompowywanie wody z rzeki



Ryc. 7. Przepompowywanie wody z rzeki [opracowanie własne]

Układ pokazany na rys. 7 ma zastosowanie przy wypompowywaniu wody z rzeki w warunkach powodzi a następnie podawanie jej do zbiornika pośredniego i dalsze przepompowywanie do ustalonego miejsca. Układ taki może mieć zastosowanie w przypadku, gdy wodę należy przelać do innego oddalonego miejsca a ujście wody znajduje się w znacznej odległości od wezbranej rzeki.

Analiza możliwości wykorzystania motopomp do wody zanieczyszczonej

Największe natężenia przepływu osiąga się stosując jak najmniejszą liczbę odcinków węży na terenie płaskim lub przy niewielkich różnicach poziomu. Jednak należy brać pod uwagę to, że warunki terenowe nie zawsze pozwalają na taką pracę. Motopompy mogą przepompowywać ciecze o odczynie kwaśnym lub zasadowym, zanieczyszczone ciałami stałymi. Niewątpliwie są to ich zalety.

Biorąc pod uwagę powyższe, motopompy do wody zanieczyszczonej znajdują szeroki zakres stosowania. Potwierdzeniem tego jest coraz częstsze wykorzystanie tego typu sprzętu do wypompowywania wody z zalanych terenów, obiektów mieszkalnych, przemysłowych i technologicznych podczas powodzi bądź awarii sieci kanalizacyjnych.

Analizując opisy motopomp do wody zanieczyszczonej, ich charakterystyki oraz parametry eksploatacyjne decydujące o charakterze pracy motopomp można dojść do wniosku, że charakter pracy oraz zakres możliwości użytkowych w znacznym stopniu zależy od parametrów użytkowo-technicznych, warunków terenowych, rodzaju układu węzowego oraz średnicy węży i długości całej linii węzowej. Należy sobie jednocześnie zdać sprawę, że

dzięki możliwości zastosowania układów pracy z motopompami do wody zanieczyszczonej długotrwałe akcje będą wiązały się ze znacznym obniżeniem kosztów związanych z paliwem, amortyzacją sprzętu czy też wynagrodzeniem strażaków.

Obsługa i konserwacja motopomp do wody zanieczyszczonej

Z uwagi na to, że w jednostkach ochrony przeciwpożarowej występują motopompy o różnych konstrukcjach rozwiązaniach technicznych, zarówno produkcji krajowej jak i zagranicznej, a każdy producent zastrzega sobie własny tryb postępowania przy obsłudze silnika i pompy, podane poniżej zalecenia dotyczące obsługi technicznej motopomp należy traktować jedynie jako ogólne wskazówki do właściwego postępowania ze sprzętem. Przed obsługą właściwego urządzenia należy dokładnie zapoznać się z instrukcją obsługi i konserwacji oraz bezwzględnie stosować zalecenia producenta. Nie stosowanie się do wskazówek tam zawartych może prowadzić do nieprawidłowej pracy pompy, brakiem możliwości podawania wody, a nawet uszkodzenia sprzętu [3].

Przed przystąpieniem do pracy z motopompą do wody zanieczyszczonej należy sprawdzić poziom oleju w silniku. Zalecana jest praca na benzynie bezołowiowej, lecz w razie jej braku można pracować na każdej benzynie o liczbie oktanów powyżej 95. W przypadku gdy samochód gaśniczy posiada w swoim wyposażeniu motopompę do wody zanieczyszczonej, należy wyposażyć go w dodatkowy zbiornik na paliwo, o ile nie jest już on wyposażony w taki zbiornik np. jako dodatkowy zbiornik z paliwem dla agregatu prądotwórczego, piły tarczowej, pilarki itp. Uwarunkowane jest to tym, że podczas długotrwałego prowadzenia akcji gaśniczej lub wypompowywania wody czas pracy motopompy na jednym zbiorniku paliwa może być niewystarczający. Czasy pracy przedmiotowych motopomp wahają się od 120 do 150 minut. Powyższe czasy uzależnione są od zużycia paliwa i pojemności zbiornika na paliwo. Zaleca się wyposażyć w dodatkowy zbiornik paliwa o pojemności 20 litrów pojazd pożarniczy mający na wyposażeniu motopompę do wody zanieczyszczonej [3].

Nie należy uruchamiać silnika w pobliżu rozlanych cieczy łatwopalnych lub w miejscach zagrożonych wybuchem. Podczas pracy motopompy w pomieszczeniach zamkniętych należy zapewnić odpowiednią wentylację ze względu na możliwość zatrucia spalinami. Nie należy zbyt długo przechylać motopompy, gdyż może to spowodować wyciek oleju z silnika lub uszczelnienia pompy. Podczas transportu zawór paliwa musi być zamknięty.

Pracę z motopompą do wody zanieczyszczonej należy rozpocząć od podłączenia do niej węża tłocz-

nego do nasady tłocznej motopompy. Otworzyć zawór zbiornika paliwa i ustawić dźwignię sterującą manetki silnika pompy w pozycji „rozruch”. Przy ciepłym silniku nie stosować „ssania”. Silnik uruchomić przez pociągnięcie za linkę rozrusznika. Zaleca się stosowanie następującej metody. Delikatnie pociągnąć za linkę rozrusznika, aż do odczucia lekkiego oporu a następnie energicznie pociągnąć w celu uruchomienia silnika. Sposób ten wyeliminuje powstanie dynamicznych obciążeń linki rozrusznika [5].

Powinno się założyć kartę pracy motopompy i ewidencjonować jej czas pracy. Co pewien okres, podany w instrukcji obsługi pompy lub instrukcji obsługi silnika, należy dokonać wymiany oleju. Po użyciu motopompy należy oczyścić i wysuszyć. W sprawie napraw kontaktować się z autoryzowanym serwisem.

Uwzględnienie powyższych czynności powinno wpłynąć znacząco na żywotność motopompy. Poniżej przedstawiono najczęściej spotykane usterki występujące w motopompach do wody zanieczyszczonej oraz podstawowe czynności, jakie należy wykonać w przypadku ich wystąpienia [2].

1. Za małą wydajność pompy – przyczyny:
 - a. powietrze wpuśczone jest po stronie ssącej – sprawdzić przewód po stronie ssącej,
 - b. moc silnika zmniejszona,
 - c. złamane uszczelnienie pierścieniem ślizgowym,
 - d. wąż za cienki, za długi lub złamany,
 - e. przecieki wody z przewodów wodnych,
 - f. wirnik skrzydełkowy zapchany zanieczyszczeniami.
2. Pompa nie jest samozasysająca – przyczyny:
 - a. powietrze zasysane po stronie zasysania,
 - b. nie wystarczająca ilość wody zasysanej w obudowie pompy,
 - c. kurek spustowy niedostatecznie odkręcony,
 - d. silnik obraca się nieprawidłowo.
3. Czy świeca zapłonowa ma iskrę?
 - a. wykręcić świecę zapłonową i podczas gdy część metalowa dotyka głowicy cylindrowej spróbować wytworzyć iskry w świecy zapłonowej,
 - b. gdy pomiędzy elektrodami świecy zapłonowej nie ma iskry, wymienić świecę zapłonową,
 - c. gdy w dalszym ciągu nie ma iskry zlecić sprawdzenie silnika wykwalifikowanemu personelowi serwisowemu.
4. Silnik nie uruchamia się. Czy istnieje dostateczne sprężanie?
 - a. przez powolne ciągnięcie uchwyty rozrusznika sprawdzić sprężanie. Gdy sprężanie jest za małe należy sprawdzić, czy świece zapłonowe i inne części są mocno przykręcone i ewentualnie luźne części dokręcić,
 - b. gdy sprężanie nadal jest za małe, zlecić spraw-

dzenie silnika wykwalifikowanemu personelowi.

5. Czy paliwo zostaje zassane do cylindra?
 - a. dźwignię sterującą doprowadzić do pozycji „CHOKE” (ssanie), kilkakrotnie pociągnąć uchwyt rozrusznika i wykręcić świecę zapłonową. Gdy koniec świecy zapłonowej zmoczony jest paliwem, to zassanie paliwa jest normalne,
 - b. gdy paliwo nie jest prawidłowo zassane to należy sprawdzić pod kątem ewentualnego zaphania wlotu sita gaźnika i filtra.

Podsumowanie

Motopompy do wody zanieczyszczonej to przede wszystkim urządzenie pompująco-tłoczące. Zakres osiąganych wartości nominalnych natężeń przepływu waha się od 5 dm³/s do 13 dm³/s w przypadku wersji przenośnych oraz 10 000 dm³/min i więcej dla wersji przewoźnych. Napędzane są silnikami spalinowymi jednocylindrowymi, czterosuwowymi, uruchamianymi ręcznie o mocach od 3,5 KM do 12,5 KM. Motopompy te mogą pracować bez tankowania ok. 2,5 h.

W kwestii dotyczącej analizy możliwości wykorzystania i zasad eksploatacji motopomp do wody zanieczyszczonej podano możliwy zakres ich wykorzystania w taktycznych układach, zalecenia co do wyposażenia w nie samochodów gaśniczych oraz szereg zaleceń eksploatacyjnych dotyczących sposobu obsługi i konserwacji motopomp do wody zanieczyszczonej. Ze względu na osiągane przez nie stosunkowo niewielkie ciśnienia znajdują one zastosowanie przede wszystkim jako sprzęt służący do wypompowywania wody z zalanych terenów bądź obiektów. Zaleca się pracę z zastosowaniem jak najmniejszej ilości odcinków węży oraz przy stosunkowo niedużych różnicach terenu, są proste w użyciu i charakteryzują się niskim zużyciem paliwa w porównaniu ze sprzętem mogącym spełniać podobne zadania.

Zaopatrzenie pojazdów pożarniczych w motopompy do wody zanieczyszczonej, które stanowią mogą dodatkowe zespoły pompowe z wieloraką możliwością pracy w różnych układach, w zależności od sytuacji na miejscu akcji, należy dokonywać stosownie do osiąganych przez nie parametrów.

Literatura

1. Derecki T., *Sprzęt pożarniczy do podawania wody i pian gaśniczych*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej. Warszawa 1999;
2. Dokumentacje techniczne, polskie i zagraniczne instrukcje obsługi, prospekty samochodów pożarniczych i sprzętu do podawania wody;
3. Sural Z., [red], *Szkolenie Kierowców – konserwatorów sprzętu ratowniczego OSP*, Wydawnictwo CNBOP, Józefów 2009;
4. *Standardy CNBOP Ochrona przeciwpożarowa*. Wymagania techniczno – użytkowe dla motopomp do wody zanieczyszczonej wprowadzanych na wyposażenie OSP, wydawnictwo CNBOP. Józefów 2010;
5. *Szkolenie strażaków ratowników OSP Cz. I*, praca zbiorowa, wydawnictwo CNBOP, Józefów 2009;
6. *Polska Norma PN-75/M-44090: Pompy pożarnicze*. Ogólne wymagania i badania,
7. *Polska Norma PN – 81/M-44001: Pompy wirowe i ich układy, wielkości, charakterystyczne nazwy, określenia, symbole i jednostki miar*,
8. *Polska Norma PN – 68/M-44003: Pompy wirowe i waporowe*,
9. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 85, poz. 553);
10. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2009 r. Nr 178, poz. 1380, z późn. zm.);
11. www.cnbop.pl;
12. www.mojahonda.pl;
13. www.google/grafika.pl.

Recenzenci

dr inż. Jerzy Gałaj

mgr inż. Janusz Popis

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

MODELOWANIA POŻARU LASU. CZĘŚĆ I. METODY I ALGORYTMY MODELOWANIA POŻARU LASU

Forest fire modeling. Part I. Methods and algorithms for forest fire modeling

Streszczenie

W pracy opisano modele matematyczne, które są stosowane do symulacji rozwoju pożaru lasu w oprogramowaniu FARSITE. Zaprezentowano modele pożaru powierzchni roślinności. Zwrócono uwagę na model pożaru koron drzew, zjawisko roznoszenia płonących fragmentów roślinności oraz modele paliwowe. Omówiono również zastosowanie zasady propagacji fali Huygensa do symulacji wzrostu frontu pożaru.

Summary

Mathematical models which are used to simulate development forest fire in software FARSITE were described in the work. Surface fire spread models were presented. Attention was paid to model crown fire, the phenomenon of spreading the burning fragments of vegetation and fuel models. Were also discussed the use of Huygens' principle for simulating surface front fire growth.

Słowa kluczowe: modele pożaru lasu, symulacja rozwoju pożaru lasu;

Keywords: forest fire modeling, forest fire simulation;

1. Wstęp

Pożar lasu jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym i niszczycielskim. W miesiącach letnich, w okresie suszy dochodzi do wielu pożarów, które zawsze powodują bardzo duże szkody. Trudno jest określić w jakim kierunku lub z jaką siłą będzie przemieszczał się front pożaru lasu. Szereg skomplikowanych procesów jakie zachodzą w trakcie pożaru praktycznie uniemożliwia precyzyjne przewidywanie rozprzestrzeniania się ognia. W obecnej chwili, dysponujemy już narzędziami, które potrafią pomóc człowiekowi w przewidywaniu zachowania tego typu zjawisk. Możliwe jest stworzenie w miarę wiarygodnej cyfrowej symulacji pożaru roślinności na danym terenie.

Od wielu lat liderem w badaniach nad modelowaniem i symulacją pożarów lasu są Stany Zjednoczone. Kraj ten praktycznie co roku boryka się z ogromnymi pożarami lasów, których efektem są olbrzymie straty. Stąd też od kilkudziesięciu lat w USA pracuje się nad sposobami modelowania i symulacji pożaru lasu w celu ograniczenia strat, oraz opracowywania jak najdokładniejszych strategii walki z żywiołem. Przy Ministerstwie Rolnictwa Stanów Zjednoczonych znajduje się Urząd Leśny (*Forest Service*),

w którym prowadzi się aktywne badania zjawiska pożaru roślinności oraz tworzy się narzędzia służące do modelowania i symulacji rozwoju pożarów lasów. Dotychczas w Polsce nie powstał jeszcze żaden ogólnodostępny model, który pozwalałby na symulację pożaru w czasie rzeczywistym.

W artykule przedstawiono wybrane modele pożaru lasu oraz zaprezentowano oprogramowanie służące do modelowania rozwoju pożarów. Zwrócono uwagę na możliwości wykorzystania dostępnego bezpłatnego oprogramowania. W części badawczej (część II pracy) do przetwarzania danych geoprzestrzennych użyto programu GRASS, natomiast symulacja pożaru lasu została wykonana w wykorzystywanym przez Urząd Leśny Ministerstwa Rolnictwa USA programie FARSITE. Część II obejmuje przykładową symulację rozprzestrzeniania się pożaru roślinności w kompleksie leśnym w pobliżu Nowogrodu. Zostanie ona zaprezentowana w kolejnym numerze kwartalnika CNOBOP.

Modeli i ujęć tematu pożaru lasu jest w literaturze bardzo wiele, natomiast w pracy opisano tylko te, które są stosowane do symulacji pożaru lasu w programie FARSITE. W rozdziale 2 opisano model pożaru pokrywy gleby. Podczas pożaru lasu to właśnie podłoże pali się najczęściej. Kolejny roz-

dział 3 opisuje problematykę tworzenia modeli paliw powierzchni. Rozdział 4 zawiera opis zjawiska pożaru w koronach drzew oraz jego rozprzestrzenianie, natomiast rozdział 6 opisuje zjawisko przeniesienia ognia przez płonące fragmenty roślin. Rozdział 7 pracy przedstawia zastosowanie zasady propagacji fali Huygensa w modelowaniu kształtu pożaru.

2. Modelowanie pożarów powierzchniowych

Pożar w przestrzeni paliw przypowierzchniowych jest najczęściej spotykaną formą pożaru lasu w Polsce. Ogranicza się do pożaru dolnej części lasu, tj. pokrywy gleby. Jest to podstawowy element każdego pożaru kompleksu leśnego.

2.1. Szybkość przemieszczania się linii pożaru

Model rozprzestrzeniania się linii frontu pożaru został opracowany na podstawie analizy Frandsena [1]. Zastosował on zasadę zachowania energii do jednostki objętości paliwa na czole ognia postępującego pożaru zwartego złoża paliwa. Zgodnie z jego analizą szybkości przemieszczania się czoła linii pożaru R (*Rate of spread*) może być określona poprzez następujące równanie:

$$R = \frac{I_{xig} + \int_{-\infty}^0 \left(\frac{\partial I_z}{\partial z} \right)_{z_c} dx}{\rho_{be} Q_{ig}} \quad (1)$$

gdzie:

R – szybkość przemieszczania się linii pożaru (stopa/min lub m/min),

I_{xig} – poziomy strumień ciepła pochłanianego przez jednostkę objętości paliwa w czasie zapłonu,

ρ_{be} – skuteczna gęstość paliwa (ilość paliwa w jednostce objętości warstwy paliwa przed czołem rosnącego pożaru),

Q_{ig} – ciepło przed zapłonem,

$\left(\frac{\partial I_z}{\partial z} \right)_{z_c}$ – gradient pionowej intensywności strumienia ciepła określony na płaszczyźnie stałej głębokości warstwy paliwowej,

x i z określają odpowiednio poziome i pionowe współrzędne.

Równanie (1) opisuje szybkość przemieszczania się linii pożaru R , gdzie pozornie stały stan jest ilorazem strumienia ciepła pozyskanego ze źródła za-

wartym w liczniku równania i ciepła potrzebnego do zapłonu potencjalnego paliwa opisanym w mianowniku. Równanie to w przedstawionej postaci nie daje się rozwiązać w sposób analityczny. Możliwe jest jedynie wyznaczenie przybliżonego rozwiązania z wykorzystaniem danych eksperymentalnych.

2.2. Parametry wykorzystywane do obliczania szybkości przemieszczania się linii pożaru R

Do obliczenia szybkości przemieszczania się linii pożaru R potrzebne jest określenie kilku niezbędnych parametrów występujących w tymże równaniu. Wzory opisujące te parametry zostały przytoczone poniżej zgodnie z analizą przeprowadzoną przez Rothermela [2].

2.2.1. Ciepło przed zapłonem

Ciepło przed zapłonem paliwa Q_{ig} zależy od następujących czynników:

- temperatury zapłonu,
- zawartości wilgoci w paliwie,
- ilości paliwa zaangażowanej w procesie zapłonu.

Energia w przeliczeniu na jednostkę masy potrzebna do zapłonu to inaczej ciepło przed zapłonem:

$$Q_{ig} = f(M_f, T_{ig}) \quad (2)$$

gdzie:

M_f – współczynnik wilgotności paliwa,

T_{ig} – temperatura zapłonu.

Ilość paliwa zaangażowana w procesie zapłonu jest określana jako efektywna gęstość ρ_{be} . Efektywna ilość ciepła ϵ jest określona jako iloraz efektywnej gęstości ρ_{be} i rzeczywistej gęstości paliwa ρ_b :

$$\epsilon = \frac{\rho_{be}}{\rho_b} \quad (3)$$

Efektywna ilość ciepła ϵ jest bezwymiarową liczbą, która będzie oscylować blisko jedności dla „dobrych paliw” i będzie spadać do zera w miarę wzrostu rozmiaru paliwa.

$$\rho_{be} = f(\text{gęstość paliwa, rozmiar paliwa}) \quad (4)$$

2.2.2. Rozchodzący się strumień ciepła

Licznik równania (1) opisuje rozchodzący się strumień ciepła. Jest on oznaczany jako I_p oraz wyrażony w jednostkach ciepła na jednostkę powierzchni i jednostkę czasu.

$$I_p = I_{xig} + \int_{-\infty}^0 \left(\frac{\partial I_z}{\partial z} \right)_{z_c} dx \quad (5)$$

Strumień ciepła składa się z dwóch komponentów, poziomego strumienia i gradientu pionowego strumienia całkowanego od minus nieskończoności do 0. Pionowy strumień ma większe znaczenie podczas wspomaganego przez wiatr i rosnących pożarów, ponieważ płomień przechyla się na potencjalne paliwo, powodując wzrost promieniowania, niemniej kontakt ognia i transfer ciepła konwekcyjnego w kierunku potencjalnego paliwa wpływają znacznie bardziej na rozwój płomieni. Gdy nie ma wiatru pionowy strumień jest nieduży i można przyjąć $I_p = (I_p)_0$. W modelu tym $(I_p)_0$ jest podstawowym elementem strumienia ciepła, z którym powiązane są wszystkie dodatkowe czynniki mające wpływ na płomień takie jak wiatr i nachylenie.

$$(I_p)_0 = R_0 \rho_b \epsilon Q_{ig} \quad (6)$$

Równanie (6) pozwala, aby $(I_p)_0$ było wyznaczone za pomocą eksperymentów z rozprzestrzeniania się pożaru w bezwietrznych warunkach poprzez pomiar R_0 w szerokim zakresie warunków paliwowych. Należy też zauważyć, że strumień ciepła występuje na czole pożaru, dlatego też $(I_p)_0$ powinno być ściśle związane z intensywnością frontu pożaru.

2.2.3. Intensywność reakcji

Intensywność wydzielania energii na froncie pożaru jest powodowana przez płonące gazy powstałe z materii organicznej zawartej w paliwach. Dlatego też tempo zmian materii organicznej z postaci stałej w gazową jest dobrym przybliżeniem kolejnych intensywności wydzielania ciepła przez pożar. Intensywność wydzielania ciepła na jednostkę powierzchni frontu pożaru nazywa się intensywnością reakcji I_R i definiuje się w sposób następujący [2]:

$$I_R = \frac{-dw}{dt} h \quad (7)$$

gdzie:

dw/dt – wskaźnik utraty masy na jednostkę powierzchni frontu pożaru,

h – ciepło właściwe paliwa.

Intensywność reakcji jest funkcją kilku parametrów takich jak: wielkość cząstki paliwa, jej gęstość oraz wilgotność i skład chemiczny. Intensywność reakcji jest źródłem strumienia ciepła dla warunków bezwietrznych $(I_p)_0$. Ważne jest to, że $(I_p)_0$ oraz

I_R mogą być oceniane jako zmienne niezależne lub skorelowane. $(I_p)_0$ może być określone z intensywności reakcji, a ta z kolei uzależniona jest od parametrów paliwa pozyskanych z warstwy paliwowej.

$$(I_p)_0 = f(I_R) \quad (8)$$

2.2.4. Wpływ wiatru i nachylenia terenu

Wiatr i nachylenie stoku zmieniają rozprzestrzenianie się strumienia ciepła poprzez wystawianie potencjalnego paliwa na dodatkowe ciepło konwekcyjne i ciepło promieniowania. Φ_w i Φ_s reprezentują dodatkowy strumień ciepła tworzony przez wiatr i nachylenie terenu. Są one bezwymiarowymi współczynnikami będącymi funkcją wiatru, nachylenia i parametrów paliwa i muszą być pozyskiwane z danych eksperymentalnych. Całkowity strumień ciepła jest wyrażony równaniem [2]:

$$I_p = (I_p)_0 (1 + \Phi_w + \Phi_s) \quad (9)$$

gdzie:

Φ_w – współczynnik wiatru,

Φ_s – współczynnik nachylenia.

Po wstawieniu odpowiednich relacji do (1), przybliżone równanie na szybkość przemieszczania się linii pożaru R przybierze następującą formę:

$$R = \frac{(I_p)_0 (1 + \Phi_w + \Phi_s)}{\rho_b \epsilon Q_{ig}} \quad (10)$$

gdzie:

ρ_b – gęstość drewna całkowicie suchego,

ϵ – efektywność ogrzewania,

Q_{ig} – ciepło przed zapłonem.

2.2.5. Ciepło przed zapłonem

Przed obliczeniem wartości strumienia ciepła trzeba określić dwa podstawowe warunki: ciepło przed zapłonem oraz efektywną gęstość średnią strumienia ciepła. Ciepło przed zapłonem dla paliw celulozowych jest liczone analitycznie na podstawie zmian ciepła właściwego z otoczenia, temperatury zapłonu oraz utajonego ciepła wyparowania wilgoci.

Ciepło przed zapłonem opisuje następujące równanie [2]:

$$Q_{ig} = C_{pd} \Delta T_{ig} + M_f (C_{pw} \Delta T_B + V) \quad (11)$$

gdzie:

C_{pd} – ciepło właściwe suchego drewna,

ΔT_{ig} – zakres temperatur zapłonu,

M_f – wilgotność paliwa,

C_{pw} – ciepło właściwe wody,
 ΔT_b – zakres temperatur wrzenia,
 V – utajone ciepło parowania.

Zgodnie z [1] zakłada się, że zakres temperatur zapłonu to 20^o– 320^oC, temperatura wrzenia ma wartość 100^oC, co po przeliczeniach daje równanie w postaci:

$$Q_{ig} = 250 + 1,116 M_f \quad (12)$$

Wilgotność paliwa jest w obliczaniu Q_{ig} podstawową niezależną zmienną, jednak zaleca się aby dodatkowe parametry takie jak: stopień ogrzewania czy zanieczyszczenia nieorganiczne były wykorzystane w jej obliczaniu.

2.2.6. Efektywna gęstość średnia paliwa

Do wyznaczenia efektywnej gęstości średniej paliwa potrzebne jest określenie efektywności ogrzewania jako funkcji wielkości cząstki paliwa. Dana ta została wyznaczona doświadczalnie poprzez Rothermela [2]:

$$\epsilon = \exp(-138/\sigma) \quad (13)$$

Gdzie σ jest ilorazem powierzchni i objętości cząstki paliwa.

2.2.7. Intensywność reakcji

Najbardziej skomplikowane jest obliczanie intensywności reakcji na podstawie danych o intensywności pożaru i utracie masy paliwa. Podstawą jest tutaj równanie:

$$I_R D = Rh(w_n - w_r) \quad (14)$$

gdzie:

D – głębokość strefy reakcji,
 w_n – czysty początkowy ładunek paliwa,
 w_r – ilość paliwa pozostała niespalona po przejściu frontu ognia.

Oczywiście początkowy ładunek paliwa jest korygowany ze względu na obecność w paliwie materiałów niepalnych takich jak woda lub składniki mineralne. Czas, w którym front pożaru przemierza dystans równy głębokości strefy reakcji nazywano czasem reakcji i określono następującą zależnością:

$$\tau_R = \frac{D}{R} \quad (15)$$

Podstawiając (15) do równania (14) otrzymuje się zależność:

$$I_R = \frac{h(w_n - w_r)}{\tau_R} \quad (16)$$

Można wywnioskować, że maksymalna intensywność reakcji wystąpi wtedy, gdy po przejściu przez paliwo strefy reakcji całe paliwo ulegnie wypaleniu. Ta maksymalna intensywność reakcji opisana jest przez równanie:

$$I_{Rmax} = \frac{hw_n}{\tau_R} \quad (17)$$

Mając I_R oraz I_{Rmax} można określić efektywność strefy reakcji:

$$\eta_\delta = \frac{I_R}{I_{Rmax}} = \frac{(w_n - w_r)}{w_n} \quad (18)$$

W równaniu opisującym I_R podstawiając w miejsce $(w_n - w_r)$ przekształcone powyższe równanie (18) otrzymujemy równanie opisujące intensywność reakcji w zależności od wymiernych parametrów paliwa i ognia:

$$I_R = \frac{w_n h \eta_\delta}{\tau_R} \quad (19)$$

Parametr w_n czyli początkową ilość paliwa oblicza się korzystając z równania:

$$w_n = \frac{w_0}{1 + S_T} \quad (20)$$

gdzie:

w_0 – ilość bezwzględnie suchego paliwa,
 S_T – zawartość składników mineralnych w paliwie (masa minerałów / masa suchego paliwa).

2.2.8. Szybkość reakcji

Szybkość reakcji jest zmienną dynamiczną, która wykazuje stopień zużycia paliwa. Szybkość reakcji Γ (min⁻¹) definiujemy jako iloraz efektywności strefy reakcji liczony w stosunku do czasu przebiegu reakcji:

$$\Gamma = \frac{\eta_\delta}{\tau_R} \quad (21)$$

Zasadniczy wpływ ma szybkość reakcji mają cztery podstawowe parametry paliwa: zawartość

wilgoci, zawartość składników mineralnych, rozmiar cząstki i średnia gęstość warstwy paliwa. Wilgotność paliwa i zawartość składników mineralnych jest wprowadzona za pomocą dwóch współczynników tłumienia, które wpływają na potencjalną prędkość reakcji. Zmienna ta określa idealną prędkość reakcji w przypadku gdyby paliwo było bezwzględnie suche i nie zawierałoby minerałów:

$$\Gamma = \Gamma' \eta_M \eta_S \quad (22)$$

gdzie:

Γ' – potencjalna prędkość reakcji (min^{-1})

η_M – współczynnik tłumienia wilgoci,

η_S – współczynnik tłumienia składników mineralnych.

Obydwa współczynniki tłumienia przyjmują wartości z zakresu od 1 do 0, a obecność wilgoci i składników mineralnych w paliwie redukuje prędkość reakcji. Współczynniki tłumienia zarówno wilgoci jak i minerałów nie dają się policzyć analitycznie i pozyskuje się je eksperymentalnie.

Ostatecznie po odpowiednich podstawieniach otrzymujemy wzór na intensywność reakcji I_R :

$$I_R = w_n h \Gamma' \eta_M \eta_S \quad (23)$$

2.3. Parametry dodatkowe

Jak już wspomniano, parametry dodatkowe mają bezpośredni wpływ na prędkość, a co za tym idzie intensywność reakcji spalania. Skutecznie ograniczają lub przyspieszają tempo rozprzestrzenienia pożaru. Do parametrów dodatkowych można zaliczyć współczynnik tłumienia wilgoci oraz współczynnik tłumienia składników mineralnych.

2.3.1. Współczynnik tłumienia wilgoci

Współczynnik tłumienia wilgoci η_M definiuje się następująco:

$$\eta_M = \frac{(I_R)}{(I_{Rmax})}, \text{ dla } M_f = 0 \quad (24)$$

Anderson testował eksperymentalnie identyczne warstwy paliwa z igieł sosny żółtej badając szeroki zakres wilgotności na intensywność reakcji spalania [3]. Określał on wilgotność paliwa M_x przy której pożar nie będzie się rozprzestrzeniał.

Dla paliw ściółki z igieł sosny żółtej, $M_x \approx 0.30$, a dla innych martwych paliw może oscylować pomiędzy 0.10 a 0.40. Eksperymenty przeprowadzono także dla warstwy paliwa określanej jako „*logging slash*” czyli wycięty, zniszczony las z przewagą powalonych drzew, która jest bardziej porowata niż

ściółka. Dla tej warstwy paliwa M_x utrzymuje się pomiędzy 0.10 a 0.15.

2.3.2. Współczynnik tłumienia składników mineralnych

Współczynnik tłumienia składników mineralnych został określony przez Philpota dla naturalnych paliw poprzez analizę termograwimetryczną [4]. W badaniu tym założono, że znormalizowana szybkość rozkładu będzie taka sama jak znormalizowana intensywność reakcji. Dla maksymalnej szybkości rozkładu zawartość składników mineralnych wynosiła 0.0001 i założono, że jest to najmniejsza zawartość minerałów dla naturalnych paliw. Philpot ustalił, że zawartość krzemionki nie wpływa na szybkość rozkładu paliwa. Równanie określające współczynnik tłumienia składników mineralnych można zapisać w formie:

$$\eta_S = 0,174 (S_e)^{-1.9} \quad (25)$$

Gdzie S_e jest efektywna zawartością składników mineralnych (wolnych od krzemionki).

2.3.3. Fizyczne parametry paliwa

W ocenie intensywności reakcji pozostały dwa czynniki, które należy uwzględnić. Są to zawartość warstwy paliwa i rozmiar cząstki paliwa. Obydwa mają znaczący wpływ na palność paliw. Założono, że najniższa wartość intensywności ognia oraz współczynnika rozprzestrzeniania występują wtedy, gdy zawartość warstwy paliwa jest skrajna, czyli skrajnie luźna lub skrajnie gęsta. W przypadku gęstej warstwy paliwa można to argumentować przede wszystkim słabym dostępem powietrza lub słabym przenikaniem ciepła ponad górną powierzchnię warstwy paliwa. W przypadku warstwy luźnej zasadniczy wpływ na intensywność i współczynnik rozprzestrzeniania mają straty w obiegu ciepła pomiędzy cząstkami warstwy paliwa spowodowane brakami w tejże warstwie. Dlatego też, pomiędzy tymi skrajnymi zawartościami zakłada się optymalne rozmieszczenie paliw, takie którego spalanie powoduje powstanie największej wartości intensywności spalania lub szybkości reakcji. Oczywiście taki optymalny układ nie będzie taki sam dla różnych wielkości cząstki warstwy paliwa.

Zwartość warstwy paliwa jest określana jako współczynnik upakowania, zdefiniowany jako ułamek objętości warstwy paliwa, która jest zajęta przez konkretne paliwo. Dla ułatwienia współczynnik upakowania może być liczony jako iloraz średniej gęstości warstwy paliwa do gęstości cząstki warstwy paliwa:

$$\beta = \frac{\rho_b}{\rho_p} \quad (26)$$

gdzie:

β – współczynnik upakowania,
 ρ_b – średnia gęstość warstwy paliwa,
 ρ_p – średnia gęstość cząstki.

Aby określić rozmiar cząstki paliwa potrzebny jest iloraz powierzchni i objętości. Zakładając, że σ stanowi iloraz powierzchni do objętości cząstki paliwa, dla paliw, które są długie w stosunku do szerokości mamy:

$$\sigma = \frac{4}{d} \quad (27)$$

Gdzie d jest średnicą okrągłych lub długością krawędzi pola przekroju kwadratowych fragmentów paliwa.

3. Modele paliwowe

Modelem paliwowym można określić matematyczną reprezentację pewnych parametrów określonego typu roślinności (potencjalnego paliwa), np. pokrywy gleby lasu. Parametry opisane w modelu paliwowym dla danej formacji roślinnej są wykorzystywane np. do obliczania współczynnika rozprzestrzeniania ognia w danym paliwie za pomocą równań modelu Rothermela [2].

3.1. Opis popularnych modeli paliwowych

Matematyczne modele zachowania ognia bazują na wielu parametrach paliwa. Matematyczny model zachowania ognia powinien zawierać następujące podstawowe parametry:

- ładunek dla każdej klasy średnicy cząstki paliwa (t/akr lub t/ha)
- współczynnik powierzchni paliwa do objętości dla każdej klasy wielkości (1/ft lub 1/m)
- głębokość warstwy paliwa (ft lub cm)
- ciepło właściwe paliwa (BTU/lb lub kJ/kg)
- wilgotność wygaszenia (%)

Pierwszy zbiór modeli paliwowych wprowadził Rothermel [2]. Opisał on parametry dla 11 paliw: trawa krótka, trawa długa, gęste krzaki i krzewy, gęste zarośla krzewów i małych drzew, trawy i poszycie leśne, ściółka leśna, ściółka leśna razem z gałęziami i martwymi częściami roślin, ściółka lasów liściastych, wyrąbane lub powalone drzewa w 3 formach: tylko pojedyncze powalone, około połowy drzew powalonych lub większość drzewostanu powalona. W swoich modelach utrzymał na stałym poziomie właściwości cząstki paliwa (całkowitą i efektywną zawartość składników mineralnych, cie-

pło właściwe i gęstość cząstki). Wilgotność wygaszenia została przypisana dla każdego paliwa na poziomie 30%. Poszczególne modele różnią się przede wszystkim ładunkiem paliwa względem klasy wielkości, głębokością warstwy paliwa i rozmiarem cząstki paliwa.

Albini [5] dodał do 11 modeli Rothermela jeszcze 2 inne: martwe krzaki i krzewy oraz południowe poszycie, krzewy leśne. Zbór 13 modeli Albiniego został dokładnie opisany przez Andersena [6].

W roku 1984 Anders, Burgan i Rothermel [7] opracowali pierwszą wersję programu do przewidywania rozprzestrzeniania i modelowania pożaru roślinności. Zmodyfikowano w niewielkim stopniu 13 paliwowy zbiór modeli Andersona wprowadzając parametr ciepła właściwego cząstki jako zmienny, różniący się pomiędzy modelami, a nie tak jak poprzednio stały niezależnie od modelu. Na podstawie tych założeń powstały programy FARSITE [8] i BehavePlus [9].

Oryginalny zbiór 13 modeli paliwowych funkcjonował dobrze przy przewidywaniu rozprzestrzeniania pożaru i intensywności ognia, jedynie w okresie szczytu sezonu pożarowego. Częściowo jest to związane z suchymi warunkami, co prowadzi do powstania bardziej jednolitego kompleksu paliwowego. Modele te mają spore braki w stosunku do innych przypadków, w modelowaniu pożaru, jego rozwoju czy efektów spalania, oraz przede wszystkim modelowania przeniesienia się ognia z powierzchni na korony drzew i jego rozprzestrzeniania. Powszechnie korzystanie z modelu Rothermela i chęć posiadania większej liczby opcji w doborze modelu paliwowego doprowadziły do utworzenia przez Scotta i Burgana [10] nowego zbioru modeli paliwowych. W nowym zbiorze wprowadzono następujące zmiany:

- zwiększono dokładności przewidywania przebiegu pożaru poza sezonem pożarowym,
- zwiększono liczby modeli paliwowych stosowanych dla obszarów o wysokiej wilgotności poprzez modyfikację wilgotności parametru wygaszenia,
- zwiększono liczby modeli dla ściółki leśnej oraz ściółki z trawą lub krzewami,
- przewidziano przeniesienie ognia powierzchni na ogień korony,
- założono wzrost zdolności do symulacji zmian w zachowaniu pożaru m. in. poprzez zaoferowanie znacznie większej liczby modeli paliwowych, zwłaszcza zdominowanych drewnem warstw paliwa.

Warto dodać, że nowy zbiór modeli ma podobnie jak oryginalny 13 paliwowy zbiór zastosowanie do symulacji zachowania pożaru powierzchni tylko na linii frontu ognia i nie obejmuje pozostałości spalania na terenie po przejściu frontu ognia. Parametry

modeli zawartych w tym zbiorze nie powinny być używane np. do modelowania ilości spalonego paliwa.

Modele paliwa w omawianym zbiorze są podzielone na typy według zdolności przenoszenia ognia przez paliwo w modelu. Każdy typ paliwa posiada dwu literowy kod. Niepalne paliwa, które nie są oczywiście prawdziwymi paliwami zostały umieszczone w celu łatwego umieszczania na mapie paliwowej potrzebnej do wykonania symulacji również obszarów niepalnych. Typy paliwa zostały uporządkowane podobnie jak w oryginalnym zbiorze 13 modeli, z zastosowaniem typów podwójnych łączonych np. *trawy-krzewy* czyli typ paliwa pomiędzy dwoma typami tutaj między trawami a krzewami. W zbiorze wyróżniono następujące typy paliwa:

- a. (NB) *Nonburnable* – Niepalne
- b. (GR) *Grass* – Trawy
- c. (GS) *Grass-Shrub* – Trawy-Krzewy
- d. (SH) *Shrub* – Krzewy
- e. (TU) *Timber-Understory* – Wysokie drzewa-Podszycie
- f. (TL) *Timber Litter* – Wysokie drzewa-Ściółka

Modele paliwowe są numerowane do 256 (8-bitowe numery) tak, aby w łatwy sposób informacje na temat danego modelu paliwowego mogły być używane na mapach paliwowych oraz w aplikacjach bazodanowych. Dla każdego typu paliwa został przydzielony blok numerów, co w znaczący sposób ułatwia choćby tworzenie map paliwowych dla określonego terenu, w którym określenie konkretnego modelu paliwa nie jest wymagane. Nie trzeba tworzyć ogromnej skali, gdyż wszystkie numery modeli paliwa w danym bloku mogą być oznaczone tym samym kolorem co w dużym stopniu zwiększa czytelność mapy. Niewykorzystane numery są zarezerwowane dla przyszłych standardowych i niestandardowych modeli paliwowych, co pozwala w przyszłości umieszczać je w konkretnych odpowiednich blokach numerów.

3.2. Dynamiczne modele paliwowe

W nowym zbiorze Scotta i Burgana wszystkie modele, które zawierają żywą roślinność trawiastą są tzw. modelami dynamicznymi. W sekcji modeli paliwa opisującej typ modelu paliwa widać, który z nich zawiera roślinność trawiastą, a tym samym jest modelem dynamicznym. Metodę dynamicznego przetwarzania modeli paliwowych opisał Burgan [11]. Sformułował on następujące założenia dla modeli dynamicznych:

- jeśli współczynnik wilgotności roślinności zielnej wynosi 120% lub więcej, paliwa zielne są zielone i cały ładunek tej roślinności pozostaje w klasie żywych paliw zielnych,

- jeśli współczynnik wilgotności roślinności zielnej wynosi 30% lub mniej, paliwa
- zielne są traktowane jak w pełni przetworzone i cały ładunek zostaje przeniesiony do kategorii martwej,
- jeśli współczynnik wilgotności roślinności zielnej znajduje się pomiędzy 30% a 120%, wtedy część ładunku jest przenoszona do klasy roślinności martwej. Dla przykładu jeśli współczynnik wilgotności wynosi 75% czyli połowa pomiędzy 30% a 120%, wtedy połowa ładunku jest przeniesiona do klasy roślinności martwej, a połowa pozostaje w klasie roślinności żywej.

Ładunek przeniesiony do klasy martwej roślinności jest umieszczony w klasie dla martwych roślin zielnych, czyli klasie o najmniejszej średnicy cząstki paliwa, zachowując iloraz powierzchni do objętości taki jak w przypadku klasy żywych roślin. W tabeli 1. ujęto parametry modeli paliwowych z nowego zbioru Scotta i Burgana.

Wśród wymienionych parametrów mamy ładunek paliwa względem klasy i części, współczynnik powierzchni paliwa do objętości (*SAV – Surface Area to Volume*) według klasy i części, typ modelu (statyczny lub dynamiczny), głębokość warstwy paliwa, współczynnik wilgoci wygaszenia, ciepło właściwe cząstki paliwa. Ponadto mamy stałe dla każdego modelu i nie wypisane wartości takie jak: *SAV* dla martwych paliw 10-hr równy 109 1/ft a dla 100-hr równy 30 1/ft, całkowita zawartość minerałów równa 5,55%, a efektywna (wolna od krzemionki) równa 1%, gęstość cząstki całkowicie wysuszonego paliwa równa 32 lb/ft². W pierwszej kolumnie tabeli mamy kod modelu paliwowego. Sekcja kolejnych 5 kolumn określa ładunek. Poszczególne czasy 1-hr, 10-hr, 100-hr oznaczają liczbę godzin i określają tzw. *timelag* czyli liczbę godzin jaką zajmie cząstce paliwa osiągnięcie 63% wilgotności równowagi, przy warunkach środowiska 80°F i 20% wilgotności. Dodatkowo stosuje się również klasę 1000-hr dla średnicy cząstki paliwa powyżej 3 cali, ale w tej tabeli nie jest ona uwzględniona. W sekcji kolumn opisujących ładunek paliw mamy jeszcze 2 kolumny określające żywe zielne i drzewne paliwa. Kolejna kolumna określa rodzaj modelu. Warto dodać, że bywają modele opisujące wyłącznie martwe paliwa, a taki model nie może być dynamiczny np. modele TL i SB. Następna sekcja 3 kolumn określa współczynnik powierzchni paliwa odniesiony do objętości. Mamy tu kolumnę określającą *SAV* dla klasy martwych paliw 1-hr oraz kolumny dla żywych zielnych lub drzewnych paliw. Trzy ostatnie kolumny tabeli opisują głębokość warstwy paliwowej, współczynnik wygaszenia martwego paliwa oraz ciepło właściwe.

Parametry modeli paliwowych zbioru Scotta i Burgana zaczerpnięte z [10]

Fuel model code	Fuel load (t/ac)					Fuel model type ^a	SAV ratio (1/ft) ^b			Fuel bed depth (ft)	Dead fuel extinction moisture (percent)	Heat content BTU/lb ^c
	1-hr	10-hr	100-hr	Live herb	Live woody		Dead 1-hr	Live herb	Live woody			
GR1	0.10	0.00	0.00	0.30	0.00	dynamic	2200	2000	9999	0.4	15	8000
GR2	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	dynamic	2000	1800	9999	1.0	15	8000
GR3	0.10	0.40	0.00	1.50	0.00	dynamic	1500	1300	9999	2.0	30	8000
GR4	0.25	0.00	0.00	1.90	0.00	dynamic	2000	1800	9999	2.0	15	8000
GR5	0.40	0.00	0.00	2.50	0.00	dynamic	1800	1600	9999	1.5	40	8000
GR6	0.10	0.00	0.00	3.40	0.00	dynamic	2200	2000	9999	1.5	40	9000
GR7	1.00	0.00	0.00	5.40	0.00	dynamic	2000	1800	9999	3.0	15	8000
GR8	0.50	1.00	0.00	7.30	0.00	dynamic	1500	1300	9999	4.0	30	8000
GR9	1.00	1.00	0.00	9.00	0.00	dynamic	1800	1600	9999	5.0	40	8000
GS1	0.20	0.00	0.00	0.50	0.65	dynamic	2000	1800	1800	0.9	15	8000
GS2	0.50	0.50	0.00	0.60	1.00	dynamic	2000	1800	1800	1.5	15	8000
GS3	0.30	0.25	0.00	1.45	1.25	dynamic	1800	1600	1600	1.8	40	8000
GS4	1.90	0.30	0.10	3.40	7.10	dynamic	1800	1600	1600	2.1	40	8000
SH1	0.25	0.25	0.00	0.15	1.30	dynamic	2000	1800	1600	1.0	15	8000
SH2	1.35	2.40	0.75	0.00	3.85	N/A	2000	9999	1600	1.0	15	8000
SH3	0.45	3.00	0.00	0.00	6.20	N/A	1600	9999	1400	2.4	40	8000
SH4	0.85	1.15	0.20	0.00	2.55	N/A	2000	1800	1600	3.0	30	8000
SH5	3.60	2.10	0.00	0.00	2.90	N/A	750	9999	1600	6.0	15	8000
SH6	2.90	1.45	0.00	0.00	1.40	N/A	750	9999	1600	2.0	30	8000
SH7	3.50	5.30	2.20	0.00	3.40	N/A	750	9999	1600	6.0	15	8000
SH8	2.05	3.40	0.85	0.00	4.35	N/A	750	9999	1600	3.0	40	8000
SH9	4.50	2.45	0.00	1.55	7.00	dynamic	750	1800	1500	4.4	40	8000
TU1	0.20	0.90	1.50	0.20	0.90	dynamic	2000	1800	1600	0.6	20	8000
TU2	0.95	1.80	1.25	0.00	0.20	N/A	2000	9999	1600	1.0	30	8000
TU3	1.10	0.15	0.25	0.65	1.10	dynamic	1800	1600	1400	1.3	30	8000
TU4	4.50	0.00	0.00	0.00	2.00	N/A	2300	9999	2000	0.5	12	8000
TU5	4.00	4.00	3.00	0.00	3.00	N/A	1500	9999	750	1.0	25	8000
TL1	1.00	2.20	3.60	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	0.2	30	8000
TL2	1.40	2.30	2.20	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	0.2	25	8000
TL3	0.50	2.20	2.80	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	0.3	20	8000
TL4	0.50	1.50	4.20	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	0.4	25	8000
TL5	1.15	2.50	4.40	0.00	0.00	N/A	2000	9999	1600	0.6	25	8000
TL6	2.40	1.20	1.20	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	0.3	25	8000
TL7	0.30	1.40	8.10	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	0.4	25	8000
TL8	5.80	1.40	1.10	0.00	0.00	N/A	1800	9999	9999	0.3	35	8000
TL9	6.65	3.30	4.15	0.00	0.00	N/A	1800	9999	1600	0.6	35	8000
SB1	1.50	3.00	11.00	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	1.0	25	8000
SB2	4.50	4.25	4.00	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	1.0	25	8000
SB3	5.50	2.75	3.00	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	1.2	25	8000
SB4	5.25	3.50	5.25	0.00	0.00	N/A	2000	9999	9999	2.7	25	8000

Szersze przedstawienie problematyki modeli paliwowych zawarte jest w III części opracowania dotyczącego modelowania pożarów lasów

4. Pożar koron drzew

Wymienione zjawisko określa pożar koron drzew znajdujących się ponad pożarem paliw powierzchni. Istnieje wiele modeli zarówno inicjacji jak i rozwoju pożaru koron. Model inicjacji ognia korony Van Wagnera [13] określa czy ogień pozostaje tylko w przestrzeni paliw powierzchni, czy przenosi się na korony drzew oraz czy rozprzestrzenia się aktywnie w koronach, czy ogranicza się jedynie do pożaru pojedynczych drzew. Model zakłada, że krytyczna intensywność niezbędna do inicjacji ognia korony I_0 zależy przede wszystkim od współczynnika wilgotności liści M (który jest określony jako procent suchej palnej masy), oraz wysokości podstawy korony CBH (*Crown Base Height*) (m)

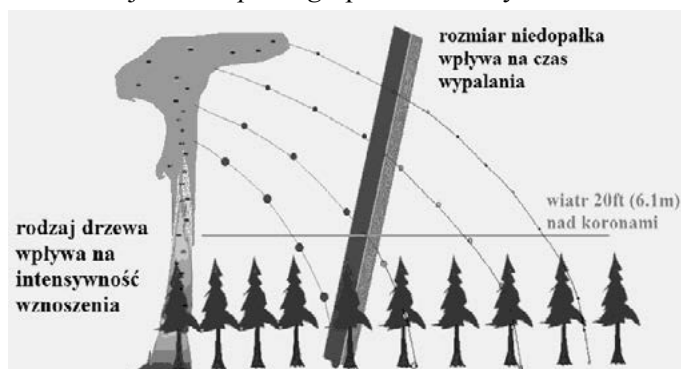
$$I_0 = (0,010 CBH (460 + 25,9 M))^{3/2} \quad (30)$$

Wysokość podstawy korony jest to pionowa odległość pomiędzy powierzchnią ziemi a żywym paliwem korony. W praktyce powinny być jeszcze uwzględnione obecność i wpływ tzw. „drabiny” paliw, czyli martwych gałęzi i małych drzew pomiędzy powierzchnią a koronami, co może skutecznie obniżyć wartość CBH . Inicjacja jakiegokolwiek pożaru korony następuje wtedy, gdy intensywność ognia powierzchni dla jakiegoś punktu obliczona ze wzoru (30) wynosi lub przekracza I_0 . Sposób rozprzestrzeniania się aktywnego pożaru korony drzew określa model Alexandra [14].

Dokładniejsze potraktowanie problematyki modelowania pożaru koron drzew znajduje się w IV części opracowania.

5. Unoszenie płonących fragmentów roślin (spotting)

Angielski termin „spotting” określa zjawisko polegające na powstawaniu nowych ognisk ognia przed frontem pożaru poprzez noszenie płonących fragmentów roślinności lub żaru przez wiatr. Zjawisko to nieraz ma bardzo duży zasięg a ogień może przenosić się na wiele kilometrów pokonując bariery, dramatycznie zmieniając parametry oraz zachowanie pożaru. Symulacja tego zjawiska opiera się przede wszystkim na określeniu lokalizacji płonących żagwi o różnych rozmiarach. Jednym z najpopularniejszych modeli opisujących ten problem jest model oparty na równaniach Albiniego [15] opisujących „spotting” z płonących drzew. Płonące drzewa są źródłem licznych płonących fragmentów roślinności, które mogą być wyniesione wysoko poprzez wiatr. Zjawisko *spottingu* przedstawia rycina 1.



Ryc. 1. Schemat przenoszenia ognia przez niedopałki według [8]

Odległość przenoszenia płonących fragmentów roślinności na nierównym terenie zależy przede wszystkim od wielkości niedopałka, pionowego profilu prędkości wiatru oraz od topografii powierzchni w kierunku przenoszenia niedopałków. Spośród powyższych parametrów bardzo ważny jest rozmiar, gdyż jak łatwo się domyślić większy niedopałek płonie dłużej ale nie zostanie przeniesiony tak daleko jak mniejszy. Model Albiniego pozwala obliczyć wysokość, do której unoszone są płonące cząstki jako wysokość gdzie czas trwania dynamicznego przepływu struktury płonącego drzewa jest równy czasowi potrzebnemu cząstce na podróż w górę od jej źródła.

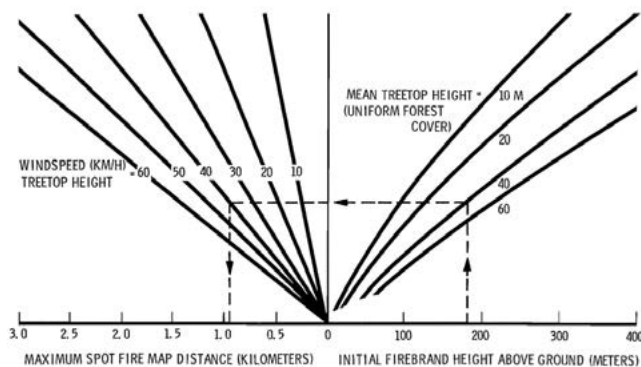
Ciągle palące się fragmenty drewna, kiedy osiągną grunt mogą rozpalic nowy pożar o ile nie wyładowały w obszarze aktualnego pożaru lub w tzw. enklawie pożarowej czyli powierzchni pokrytej niepalnymi paliwami.

W celu opisanego wielu czynników, mających wpływ na zapłon i nie dających się określić ilościowo, mechanicznie lub przestrzennie wprowadzono nieoficjalnie pojęcie „częstotliwości zapłonu”. Jednym z najważniejszych czynników z tej grupy jest różnorodność podłoża paliwowego. Dodatko-

we czynniki to przede wszystkim filtrowanie niedopałków przez korony drzew, wilgotność paliw powierzchni, temperatura paliw oraz inne właściwości fizyczne i cieplne paliw (spróchniałe drewno lub odchody zwierząt), które różnią się miejscem występowania.

Na rycinie 2. przedstawiono nomogram pozwalający na określenie maksymalnej odległości w płaskim terenie na którą spadną niedopałki. Nomogram powstał na podstawie modelu matematycznego zjawiska uzupełnionego danymi empirycznymi.

W wielu systemach modelowania pożaru roślinności tak jak w programie FARSITE stosowane są różne klasy wielkości cylindrycznych fragmentów płonącego materiału np. od 1/16 cala do 1 cala.



Ryc. 2. Nomogram pozwalający na określenie maksymalnej odległości w płaskim terenie na którą spadną niedopałki. Zaczepnięty z pracy [15]

Ze względu na ograniczone ramy artykułu dokładniejsze potraktowanie problematyki modelowania unoszenia płonących fragmentów roślinności znajduje się w IV części opracowania.

6. Zastosowanie zasady Huygensa do modelowania kształtu pożaru

Zastosowanie zasady Huygensa do modelowania kształtu rozrostu pożaru roślinności zostało zaprezentowane przez Richardsa [16,17]. Jego równania różniczkowe opisują rozwój eliptycznej fali frontu pożaru, złożonego z serii wierzchołków, które definiują krawędzie pożaru. Zasada Huygensa zakłada, że każdy wierzchołek może być źródłem nowej eliptycznej ekspansji ognia. Do informacji wymaganych dla każdego wierzchołka zaliczane są następujące dane:

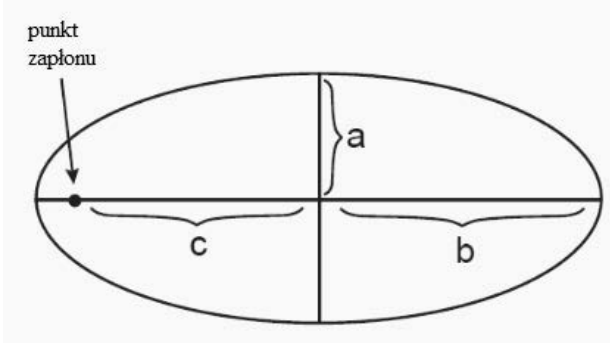
- orientacja wierzchołka na froncie pożaru, w zakresie różnicy komponentów (m) x_s , y_s ,
- kierunek maksymalnego współczynnika rozprzestrzeniania się ognia θ (uwzględniając m.in. wiatr, nachylenie itp.),
- kształt pożaru określony na podstawie warunków lokalnych uwzględniając wymiary elipsy a, b, c.

Wykorzystując te informacje jako dane wejściowe do równań Ritchardsa, można obliczyć prost-

padłe dyferencjały współczynnika rozprzestrzeniania X_i i Y_i dla danego wierzchołka [8]:

$$X_i = \frac{a^2 \cos \theta (x_s \sin \theta + y_s \cos \theta) - b^2 \sin \theta (x_s \cos \theta - y_s \sin \theta)}{(b^2 (x_s \cos \theta + y_s \sin \theta)^2 - a^2 (x_s \sin \theta - y_s \cos \theta)^2)^{1/2}} + c \sin \theta \quad (31)$$

$$Y_i = \frac{-a^2 \sin \theta (x_s \sin \theta + y_s \cos \theta) - b^2 \cos \theta (x_s \cos \theta - y_s \sin \theta)}{(b^2 (x_s \cos \theta + y_s \sin \theta)^2 - a^2 (x_s \sin \theta - y_s \cos \theta)^2)^{1/2}} + c \cos \theta \quad (32)$$



Ryc. 3. Wymiary fali eliptycznej wg. [8]

6.1. Transformacje dla pochylego terenu

Równania Richardsa w pierwotnej wersji miały zastosowanie tylko do płaskiego terenu. Na płaskim terenie poziomy układ współrzędnych pozostaje bez zmian w rzucie na powierzchnię ziemi. Natomiast podstawą prawidłowego zastosowania modelu dla niepłaskich powierzchni jest swobodna konwersja pomiędzy płaszczyzną poziomą a płaszczyzną powierzchni. Parametry x_s oraz y_s opisujące kierunek normalnej do frontu pożaru dla każdego wierzchołka, są transformowane ze swoich pierwotnych poziomych wartości poprzez dodanie lub odjęcie współczynnika korekcji nachylenia $D_i(m)$, zależnego od ekspozycji ω (radiany) i-tego wierzchołka:

$$x_s = (x_{i-1} - x_{i+1}) \pm D_i \sin \omega_i \quad (33)$$

$$y_s = (y_{i-1} - y_{i+1}) \pm D_i \cos \omega_i \quad (34)$$

gdzie D_i jest różnicą między dystansem mierzonym na poziomej i lokalnie nachylonej płaszczyźnie dla obwodu segmentu $(x_{i-1}, y_{i-1}) - (x_{i+1}, y_{i+1})$, dla i-tego wierzchołka w kierunku ekspozycji.

6.2. Wektor wiatru i nachylenia

Wektor wynikowy wiatru można obliczyć dla pożaru powierzchni z wykorzystaniem bezwymiarowych współczynników dla prędkości wiatru w połowie wysokości płomieni Φ_w oraz nachylenia Φ_s zgodnie z równaniami Rothermela opisującymi rozprzestrzenianie się pożarów przypowierzchniowych:

$$\Phi_s = 5.275 \beta^{-0.3} \tan \phi^2 \quad (35)$$

$$\Phi_w = C (3.281U)^B \left(\frac{\beta}{\beta_{op}} \right)^{-E} \quad (36)$$

gdzie β określa współczynnik upakowania warstwy paliwa a ϕ nachylenie (radiany), U to prędkość wiatru w połowie wysokości płomieni ($m s^{-1}$), a współczynniki C , B i E są funkcjami rozmiaru cząstki paliwa w warstwie paliwowej.

6.3. Wymiary eliptyczne

Wymiary a , b , c niezbędne do obliczenia X_i i Y_i opisują kształt eliptyczny pożaru powiązanego z konkretnym wierzchołkiem. Alexander [18] stwierdził, że efekt wpływu wiatru i nachylenia na kształt pożaru jest proporcjonalny do efektu oddziaływania tych czynników na współczynnik rozprzestrzeniania frontu pożaru. Założenie to nie zostało nigdy zweryfikowane, a kształt pożaru jest określany jedynie empirycznie z uwzględnieniem mierzonych prędkości wiatru. Dlatego w obecnym modelu kształt ognia oblicza się dla każdego wierzchołka z wykorzystaniem efektywnej prędkości wiatru w połowie wysokości płomieni. Jest to tzw. wirtualna prędkość wiatru, która powstaje z uwzględnienia wpływu nachylenia i wiatru na współczynnik rozprzestrzeniania pożaru.

Wymiary eliptycznego kształtu pożaru były przedmiotem licznych badań z wykorzystaniem różnych sformułowań empirycznych. Sformułowania te posiadają różne formy i generują różne kształty pożaru dla takiej samej prędkości wiatru. Jednym z popularniejszych sformułowań problemu kształtu elipsoidy jest zależność odkryta przez Andersona [19] użyta do określenia ilorazu długości do szerokości (LB) przy założeniu, że pożar rośnie w kształcie pojedynczej elipsy zgodnie z założeniami modelu Alexandra [18]:

$$LB = 0.936e^{(0.2566U)} + 0.461e^{(-0.1548U)} - 0.397 \quad (37)$$

Oryginalne równanie Andersona [23] zostało zmodyfikowane poprzez odjęcie stałej 0,397 od LB. Było to niezbędne aby LB było równe 1,0 dla płaskiego terenu i bezwietrznych warunków. Zakładając, że tylne ognisko elipsy jest również źródłem rozprzestrzeniania pożaru można wyprowadzić zależność dla współczynnika kształtu przodu i tyłu elipsy [8]:

$$HB = (LB + (LB^2 - 1)^{0.5}) / (LB - (LB^2 - 1)^{0.5}) \quad (38)$$

Z pomocą wzoru (38) można obliczyć wymiary osi elipsy a, b i c, wykorzystując do tego również współczynniki rozprzestrzeniania się pożaru zarówno powierzchni jak i koron:

$$a = 0.5(R + R/HB)/(LB) \quad (39)$$

$$b = (R + R/HB)/2.0 \quad (40)$$

$$c = b - R/HB \quad (41)$$

7. Podsumowanie

W pracy przedstawiono modele matematyczne, które są stosowane do symulacji rozwoju pożaru lasów w stosowanym w USA bezpłatnym oprogramowaniu FARSITE. FARSITE wykorzystuje opisane w pracy modele, przede wszystkim model pożaru powierzchni Rothermela [2], pożar koron drzew Van Wagnera [13] i Rothermela [16] oraz model roznośzenia płonących fragmentów roślinności Albiniego [18]. Podstawą implementacji programu jest również zastosowanie konkretnego ujęcia zasady propagacji fali Huygensa do symulacji wzrostu frontu pożaru. FARSITE jest programem zgodnym z Systemem Informacji Geograficznej (GIS - *Geographical Information System*).

Obok właściwego modelu matematycznego do przeprowadzenia symulacji konkretnego pożaru lasu potrzebne są dane przestrzenne określające topografię terenu, rozmieszczenie paliw roślinnych oraz charakterystyka koron drzew kompleksu leśnego. Dodatkowo konieczne jest wczytanie danych opisujących pogodę, wilgotność i wiatry występujące w danym momencie. Wszystkie wczytane warstwy tworzą środowisko, w którym przeprowadzana jest symulacja pożaru.

W kolejnych publikacjach CNOBOP zostaną przedstawione wyniki przeprowadzonej za pomocą oprogramowania FARSITE symulacji pożaru dla wybranego kompleksu leśnego położonego koło Nowogrodu, problematyka tworzenia modeli paliwowych oraz opis modeli rozprzestrzeniania się ognia koron drzew [20,21,22].

W dodatku A przedstawiono wykaz ważniejszych oznaczeń występujących w pracy. Dodatek B zawiera spis jednostek, którymi posługiwano się w pracy.

Literatura

- Frandsen W. H., *Fire spread through porous fuels from the conservation of energy*, Combustion and Flame 1971, vol. 1, nr. 16, str. 9-16;
- Rothermel R.C., *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*;
- U.S. Department of Agriculture Forest Service 1972, INT-115, str. 3-25;
- Anderson H. E., *Heat transfer and fire spread*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 1969, INT-69, str. 1-20;
- Philpot C.W., *Mineral content and pyrolysis of selected plant materials*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 1968 INT-84, str. 1-4;
- Albini F.A., *Estimating wildfire behavior and effects*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 1976, General Technical Report INT-30;
- Anderson H.E., *Aids to determining fuel models for estimating fire behavior*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 1982, General Technical Report INT-122;
- Burgan R.E., Rothermel R.C., *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system - FUEL subsystem*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 1984, General Technical Report INT-167;
- Finney M.A., *FARSITE: Fire Area Simulator—model development and evaluation*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 2004;
- Andrews P. L., Bevins C. D., Seli R. C., *Behave-Plus fire modeling system, version 4.0: User's Guide. General Technical Report, RMRS-GTR-106WWW Revised*. Ogden, UT: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station 2008;
- Scott J. H., Burgan R. E., *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153*. Fort Collins, CO, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station 2005;
- Burgan R. E., *Estimating live fuel moisture for the 1978 national fire danger rating system*, Research Paper INT-226. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service 1979, Intermountain Forest and Range Experiment Station;
- Byram G.M., Chapter Three, *Combustion of Forest Fuels*, [in] Davis, .K.P., *Forest Fire: Control and Use*. McGraw-Hill. New York 1959 Wyd. 1. Rozdz. 3 str. 61-123
- Van Wagner C.E., *Conditions for the start and spread of crownfire*, Canadian Journal of Forest Research, 1977, vol. 7 str. 23-34;
- Alexander M.E., *Help with making crown fire hazard assessments*, [w:] Fischer, W.C. *Protecting people and homes from wildfire in the Interior West*. Ogden, UT: Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range 93 Experiment Station 1988, General Technical Report INT-251;
- Albini F. A., *Spot fire distance from burning trees - a predictive model*, General Technical Report INT-56. Ogden, UT: U.S. Department of

- Agriculture, Forest Service 1979, Intermountain Forest and Range Experiment Station;
18. Richards G.D., *An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution*, International Journal for Numerical Methods in Engineering 1990. vol. 30, nr. 6, str. 1163-1179;
 19. Richards G.D., *The properties of elliptical wild-fire growth for time dependent fuel and meteorological conditions*, Combustion Science and Technology 1993. vol. 92, nr. 1, str. 145-171;
 20. Alexander M.E., *Estimating the length-to-breadth ratio of elliptical forest fire patterns*, in „8th Conference on Fire and Forest Meteorology” 1985, str. 287-304;
 21. Anderson H.E., *Predicting wind-driven wildland fire size and shape*, Ogden, UT: Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station 1983, General Technical Report INT-305;
 22. Czerpak T., Maciak, T., *Modelowania pożaru lasu. Część II. Symulacja komputerowa pożaru wybranego kompleksu leśnego*. CNBOP, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2012;
 23. Maciak, T., *Modelowania pożaru lasu. Część III. Modele paliwowe*. CNBOP, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2012;
 24. Maciak, T., Czerpak T., *Modelowania pożaru lasu. Część IV. Modele inicjacji i rozprzestrzeniania się ognia koron drzew*. CNBOP, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2012.

Dodatek A

Wykaz ważniejszych oznaczeń występujących w pracy:

β – współczynnik upakowania
 ε – efektywność ogrzewania
 η_{δ} – efektywność strefy reakcji
 η_M – współczynnik tłumienia wilgoci
 η_S – współczynnik tłumienia składników mineralnych
 ρ_{be} – skuteczna gęstość (ilość paliwa na jednostkę objętości warstwy paliwa)
 ρ_b – rzeczywistej gęstości paliwa, gęstość drewna całkowicie suchego
 σ – iloraz powierzchni i objętości cząstki paliwa
 τ_R – czas reakcji

Γ – potencjalna szybkość reakcji
 Φ_w – współczynnik wiatru
 Φ_w' – współczynnik nachylenia
 CBH – wysokość podstawy korony
 C_p – ciepło właściwe wody
 C_{pd} – ciepło właściwe suchego drewna
 D – głębokość strefy reakcji
 I_{xig} – poziomy strumień ciepła pochłanianego przez jednostkę objętości paliwa w czasie zapłonu
 I_p – strumień ognia
 I_R – intensywność reakcji
 I_b – intensywność linii ognia
 I_0 – krytyczna intensywność niezbędna do inicjacji ognia korony
 h – ciepło właściwe paliwa
 M_f – współczynnik wilgotności paliwa
 M – współczynnik wilgotności liści korony
 Q_{ig} – ciepło przed zapłonowe
 R – szybkość przemieszczania się linii pożaru
 RAC – krytyczny współczynnik rozprzestrzeniania się pożaru koron
 S_T – zawartość składników mineralnych w paliwie
 T_{ig} – temperatura zapłonu
 ΔT_{ig} – zakres temperatur zapłonu
 ΔT_b – zakres temperatur wrzenia
 U – prędkość wiatru na wysokości H
 V – utajone ciepło parowania
 a, b, c – wymiary osi elipsy
 w_n – czysty początkowy ładunek paliwa
 w_r – pozostały ładunek mierzony natychmiast po przejściu strefy reakcji
 w_0 – ładunek suchego paliwa korony

Dodatek B

Jednostki:

ft – stopa = 30,48 centymetra
 $lb.$ – funt = ok. 0,454 kg
 a – akr = ok. 0,405 ha
 BTU – *British Thermal Unit* = ok. 1,055kJ
 $in.$ - cal = 2,54 centymetra

Recenzenci

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

inż. Mariusz JAWORSKI
Jednostka Certyfikująca
CNBOP-PIB

ZADANIA OCHRONNE UBRANIA STRAŻACKIEGO PRZEZNACZONEGO DO AKCJI PRZECIWPOŻAROWEJ

Protection tasks of firefighter clothes destined for firefighting action

Streszczenie

Opracowanie porusza trzy zagadnienia związane z bojowymi ubraniami strażackimi.

Zawiera opis wymagań dla bojowych ubrań strażackich oraz charakteryzuje podstawowe badania na etapie sprawdzania typu wyrobu, których wyniki określają poziom skuteczności konstrukcji w zakresie ochrony przed zagrożeniami występującymi podczas akcji ratowniczo-gaśniczych.

Opisuje dodatkowe badanie wykonywane w CNBOP w trakcie dopuszczania ubrań do stosowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej.

Określa, jak powinno być wykonane ubranie bojowe dla strażaków Państwowej Straży Pożarnej zgodnie z wymaganiami zarządzenia Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej.

Summary

Elaboration rises three problems connected with firefighter clothes.

It contains a description of requirements which should be met and characterizes basic tests performed during EC type evaluation which results defines a level of construction efficiency in scope of protection against hazards that have place during firefighting action.

It describes an additional test which is performed by CNBOP when a permission for use the clothes in units of state fire brigades is issued.

It specifies how the firefighter clothes for state fire brigades should be made in accordance with the regulation issued by the Head Command of State Fire Brigades.

Słowa kluczowe: ubranie strażackie, ochrona przed zagrożeniami, odporność na rozprzestrzenianie się płomienia, odporność na przemakanie, budowa ubrania;

Keywords: firefighter clothes, protection against hazards, flame spreading resistance, resistance of water penetration, clothes construction;

Wymagane cechy ubrania specjalnego

Ubranie specjalne używane przez strażaków jest środkiem ochrony indywidualnej stosowanym podczas zwalczania pożaru. Jest to produkt technicznie skomplikowany, którego zadaniem jest ochrona strażaka przed ekstremalnymi zagrożeniami występującymi w trakcie działań ratowniczych. Ubranie specjalne musi w sposób skuteczny zapewnić ochronę przed:

- promieniowaniem cieplnym i płomieniem,
- cząstkami stopionego metalu,
- przenikaniem płynnych chemikaliów,
- olejami mineralnymi,
- wilgocią pochodzącą z deszczu lub wody gaśniczej,
- czynnikami mechanicznymi.

Jednocześnie ubranie powinna cechować:

- wysoka wytrzymałość materiałów (odporność na rozdarcie i przetarcie),
- komfort użytkowania (ergonomia i fizjologia),
- prostota konserwacji i utrzymania,
- dostateczna widzialność,
- trwałość.



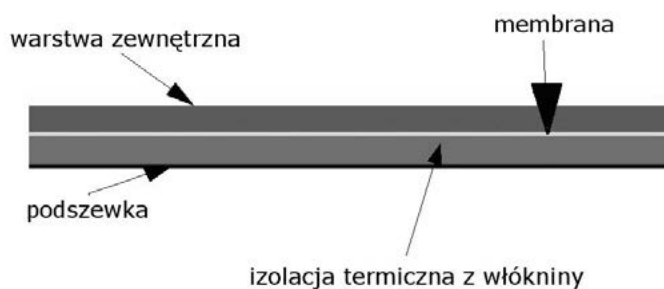
Ryc. 1. Ubranie strażackie (źródło: opracowanie własne)

Konstrukcja ubrania specjalnego

Ubranie specjalne składa się z kurtki kroju $\frac{3}{4}$ i spodni.

Spodnie i kurtka muszą być wykonane z materiałów konstrukcyjnych o takich samych parametrach. Ubrania specjalne posiadają budowę warstwową – rys. 2. Podstawowe warstwy to:

1. Warstwa zewnętrzna
2. Membrana
3. Warstwa izolacji termicznej
4. Podszewka



Ryc. 2. Układ warstw materiałów
(źródło: opracowanie własne)

Warstwa zewnętrzna ubrań specjalnych może być wykonana z:

- tkanin aramidowych NOMEX tj. Nomex Delta TA, Nomex Delta T,
- tkanin aramidowych typu Kermel, Kermel HTA,
- tkanin poliamidowych typu PBO i PBI, (tkaniny te nie dają się barwić – występują tylko w odcieniach koloru brązowego),
- impregnowanych tkanin bawełnianych.

Zasadniczą cechą tkanin aramidowych i poliamidowych jest to, że pod wpływem temperatury i płomieni:

- nie tracą wytrzymałości na zrywanie i rozdarcie,
- nie kurczą się,
- nie palą się i nie żarzą,
- nie pękają, przez co nie dopuszczają do wnikanía płomieni w wewnętrzne warstwy ubrania.

Dodatkową cechą jest ich wysoka w stosunku do tkanin bawełnianych odporność na kwasy i wodorotlenki.

Tkaniny aramidowe i poliamidowe zachowują wysoką wytrzymałość mechaniczną i odporność na zapalenie przez długi okres użytkowania bez względu na ilość prań i rodzaj stosowanego środka piorącego, czego nie gwarantują impregnowane tkaniny bawełniane. Niektóre stosowane impregnaty tkanin bawełnianych powodują osłabienie ich wytrzymałości mechanicznej - powoduje to szybkie przecieranie i prucie ubrań w czasie użytkowania. Ponadto impregnaty ulegają wypłukaniu z każdym praniem w typowych środkach piorących, powodując utratę odporności tkaniny na zapalenie.

Producenci tkanin podają trwałość impregnatu na tkaninie szacowaną na 25 do 40 cykli prań pod warunkiem prania tkaniny zgodnie z normą PN-EN ISO 6330 „Procedury prania i suszenia domowego stosowane w badaniach włókienniczych”. Nie podają jednak, że warunki prania jak i stosowany wg ww. normy proszek są nieosiągalne w warunkach faktycznego „prania domowego” realizowanego przez użytkowników ubrań specjalnych. W praktyce oznacza to konieczność prania odzieży zawieszanej w specjalnych komorach pralniczych aby uniknąć uszkodzenia warstwy przeciwwilgociowej, co nie jest spełnione w pralkach bębnowych.

Odnótowano przypadki zapalenia się ubrań specjalnych tzw. popularnych (UPS), (wielokrotnie upranych przez użytkowników) posiadających warstwę zewnętrzną z impregnowanej bawełny, podczas akcji gaśniczych. Norma PN-EN 469 w pkt 7.5 zobowiązuje producentów do informowania użytkownika ubrania w instrukcji użytkowania o konieczności i szczegółach okresowej reimpregnacji ubrania specjalnego, którego warstwę zewnętrzną wykonano z impregnowanej tkaniny.

Tkaniny aramidowe i bawełniane mogą mieć typową dla tkanin strukturę jednorodną lub posiadać wzmocnienia w formie drobnej „kratki” (fot. 1) z grubszych włókien tzw. „rip stop”



Fot. 1. Struktura tkaniny „rip stop”
(źródło: zbiór fotografii Zespołu Laboratoriów BS CNBOP)

Tkaniny aramidowe o strukturze „rip stop” posiadają wysoką wytrzymałość na zerwanie rzędu 2200 N i stosunkowo niewielką tzw. gramaturę tj. masę 1m² wynoszącą od 195÷220 g/m². Tkaniny aramidowe o jednorodnej strukturze i identycznej gramaturze osiągają wytrzymałość na zerwanie rzędu 950÷1100 N.

Tkaniny bawełniane posiadają niską (w porównaniu z aramidami) wytrzymałość na zerwanie i dlatego, aby uzyskać porównywalną do tkanin aramidowych wytrzymałość tj. 950÷1100 N, muszą posiadać gramaturę rzędu 360÷420 g/m². Producenci ubrań z bawełnianą warstwą zewnętrzną stosują tkaniny bawełniane o gramaturze około 250 do 280 g/m² kosztem słabszej wytrzymałości na zerwanie rzędu 550 do 700 N. Jest to zgodne z normą PN-EN 469,

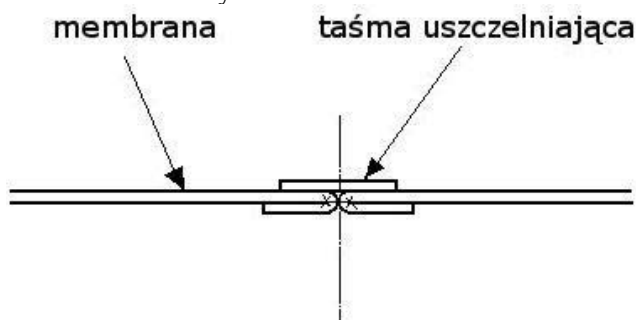
która dopuszcza stosowanie tkanin o wytrzymałości na zerwanie co najmniej 450 N. Należy pamiętać, że obniżona wytrzymałość na zerwanie przekłada się na niższą trwałość ubrania.

Niska gramatura tkaniny wiąże się z jej grubością, sztywnością i masą całkowitą ubrania, co przekłada się na komfort użytkownika ubrania. Z tego powodu większość producentów ubrań stosuje lekkie i wytrzymałe tkaniny aramidowe.

Kolejną warstwą ubrania jest mikroporowata, wodoszczelna, paroprzepuszczalna membrana, chroniąca warstwę termoizolacyjną przed przemoczeniem, jednocześnie umożliwiając odprowadzenie pary wodnej powstałej wskutek pocenia się użytkownika ubrania. W przeciwnym wypadku warstwa termoizolacyjna na skutek nasiąknięcia wydzielanym przez użytkownika ubrania potem lub wodą z zewnątrz straci parametry ochronne.

Prawidłowo zszyta i uszczelniona membrana ubrania strażackiego powinna zapewnić całkowite zabezpieczenie przed przemoczeniem przez co najmniej jedną godzinę.

Na rysunku 3 przedstawiono miejsca klejenia szwów membrany.



Ryc. 3. Uszczelnienie membrany (źródło: opracowanie własne)

Membrany wykonywane są z tworzyw sztucznych takich jak:

- PTFE (skrót od nazwy chemicznej – politetrafluoroetylen) znany jako GORE-TEX,
- Poliester – np. SYMPATEX,
- Poliuretan – np. BRETEX, HYDROTEX.

Ww. membrany różnią się między sobą wieloma parametrami, z których najważniejsze to:

- wodoszczelność,
- paroprzepuszczalność (zdolność do oddychania).

Membrany ze względu na to, że posiadają grubość od 5÷40 mikronów, są narażone na uszkodzenia mechaniczne, dlatego są nanoszone na warstwę nośną, którą może być: dzianina lub tkanina aramidowa, poliestrowa lub włókniny: aramidowe i aramidowo-wiskozowe.

Kolejną warstwą ubrania specjalnego jest tzw. warstwa termoizolacyjna. Głównym celem stosowa-

nia tej warstwy jest zabezpieczenie przed przenikaniem ciepła do wnętrza ubrania.

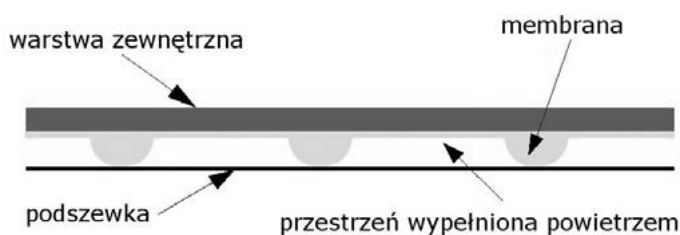
Ponieważ powietrze jest jednym z najlepszych izolatorów ciepła, konstrukcja warstwy termoizolacyjnej ma za zadanie zatrzymać między włóknami jak najwięcej powietrza, które będzie izolowało użytkownika ubrania.

Warstwy termoizolacyjne wykonywane są głównie z włóknin:

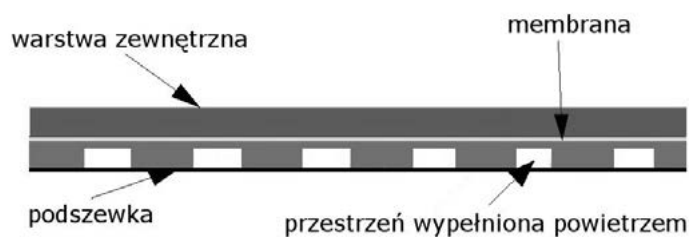
- aramidowych,
- poliestrowych,
- aramidowo-wiskozowych,
- naturalnej wełny.

Najnowsze rozwiązania konstrukcyjne to tzw. AIRLOCK (rys. 4), gdzie warstwę termoizolacyjną tworzą: membrana naklejona na warstwę nośną z włókniny termoizolacyjnej oraz naklejone na włókninę połówki silikonowych kulek a także rozwiązanie firmy Ten Cate (rys. 5), gdzie elementy dystansowe uformowane są z włókniny.

Takie warstwy charakteryzują się niską gramaturą, wysoką elastycznością oraz zachowują zdolność izolacyjną nawet po niewielkim przemoczeniu.



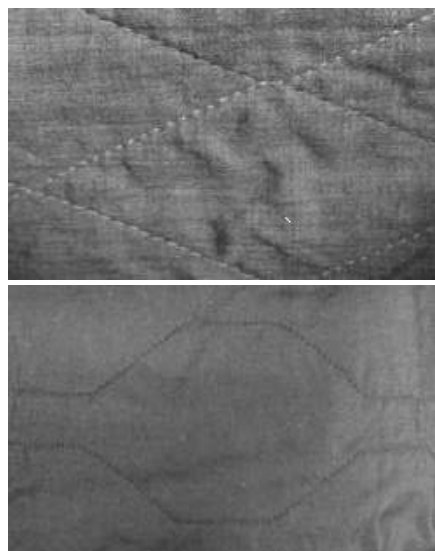
Ryc. 4. System Air lock (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 5. System Ten Cate (źródło: opracowanie własne)

Ostatnią warstwą jest podszewka. Podszewka może stanowić integralną część warstwy termoizolacyjnej tzn. być przepikowana z włókniną fot. 2. i 3. lub stanowić dodatkową warstwę.

Podszewki wykonywane są najczęściej z mieszanek włókien aramidowo-wiskozowych, spotyka się również 100% tkaniny aramidowe jak i 100% tkaniny bawełniane impregnowane. W przypadku tych ostatnich należy je poddawać okresowej reimpregnacji analogicznie jak tkaniny bawełniane zastosowane na warstwę zewnętrzną ubrania specjalnego.



Fot. 2. i 3. Wzory pikowania podszewki z włókniną termoizolacyjną
(źródło: zbiór fotografii Zespołu Laboratoriów BS CNBOP)

Warstwy konstrukcyjne ubrań specjalnych mogą występować jako:

- połączone ze sobą nierozłącznie,
- rozłączne tj. warstwa zewnętrzna i wpinany wkład termoizolacyjny z membraną i podszewką.

W przypadku warstw rozłącznych bez względu na rodzaj prowadzonych działań ratowniczych należy zawsze używać ubrania wyposażonego we wszystkie przewidziane przez producenta warstwy konstrukcyjne.

W tym celu producenci ubrań mają obowiązek:

- umieszczania na wszywce informacji o obowiązkowym stosowaniu kompletnego ubrania,
- wyposażenia kurtki w system informujący, że strażak używa niekompletnej kurtki, np. w postaci taśmy z tkaniny fluorescencyjnej zaczepianej na rzep do warstwy zewnętrznej i podpinki.

Znakowanie ubrań specjalnych określają normy PN-EN 340 i PN-EN 469. Poniżej podano przykład wszywki identyfikacyjnej (fot. 4).

W celu uzyskania pewności, że środek ochrony indywidualnej spełnia wszystkie określone w normie wymagania, - projekt, wzór a następnie produkcja ubrania ochronnego podlega wielostopniowemu systemowi oceny zgodności.



Fot. 4. Wszywka identyfikacyjna
(źródło: zbiór fotografii Zespołu Laboratoriów BS CNBOP)

W chwili obecnej zasady wprowadzania do obrotu i stosowania środków ochrony indywidualnej użytkowanych podczas prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych regulują następujące przepisy:

1. rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 21.12.2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej (Dz. U. Nr 259 poz. 2173) wdrażającym postanowienia dyrektywy nr 89/686/EWG
2. ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. Nr 204 z 2004 r. poz. 2087, z późn. zm.),
3. ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 178, poz. 1380) oraz akty wykonawcze:
 - rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 143 poz. 1002), zmienione rozporządzeniem z dnia 27 kwietnia 2010 r. (Dz. U. Nr 85, poz. 553);
 - rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie szczegółowych czynności wykonywanych podczas procesu dopuszczenia, zmiany i kontroli dopuszczenia wyrobów, opłat pobieranych przez jednostkę uprawnioną oraz sposobu ustalania wysokości opłat za te czynności (Dz. U. Nr 143 poz. 1001);

- Zarządzenie nr 9 Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej z dnia 5 lutego 2007 r. w sprawie wzorców oraz szczególnych wymagań, cech technicznych i jakościowych przedmiotów umundurowania, odzieży specjalnej i środków ochrony indywidualnej użytkowanych w Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. KG PSP Nr 2 z dnia 23.10.2009 r. poz. 17);

Powyższe uregulowania prawne określają system oceny zgodności, zasady oraz tryb wprowadzania do użytkowania tych wyrobów w straży pożarnej w Polsce.

Wymagane dokumenty

Zgodnie z art. 7.1 ustawy o ochronie przeciwpożarowej wyroby służące zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, *wprowadzane do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywane przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyroby stanowiące podręczny sprzęt gaśniczy*, mogą być stosowane wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania.

Zgodnie z wyżej wymienionymi przepisami, aby wprowadzać do użytkowania w Polsce środki ochrony indywidualnej służące do ochrony przeciwpożarowej, należy posiadać dokumenty:

1. Certyfikat oceny typu WE potwierdzający zgodność wyrobu z wymaganiami określonymi w rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 21 grudnia 2005 r.

2. Świadectwo dopuszczenia na zgodność z wymaganiami rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r.

Przykłady ww. dokumentów są dostępne w standardach CNBOP dostępnych na stronie www.cnbop.pl.

Certyfikat oceny typu WE jest wynikiem procesu oceny zgodności potwierdzającym spełnienie przez wyrób wymagań zasadniczych - bezpieczeństwa i ochrony zdrowia określonych w rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 21.12.2005 r. W rozporządzeniu zawarte zostały podstawowe wymagania dotyczące środków ochrony indywidualnej (definicje dotyczące środków ochrony indywidualnej, wymagania w zakresie bezpieczeństwa dotyczące poszczególnych środków, wymagania zasadnicze i dodatkowe, dopuszczenie, deklaracja zgodności, zapewnienie jakości). W rozumieniu treści rozporządzenia środki ochrony indywidualnej są to środki, które noszone lub trzymane przez osobę chronią ją przed zagrożeniami zdrowia i życia.

Kategorie środków ochrony indywidualnej

W wytycznych do wdrażania dyrektywy 89/686/EWG środki ochrony indywidualnej zostały podzielone na trzy kategorie w zależności od stopnia ryzyka, na jakie narażony jest użytkownik podczas wykonywania pracy.

Kategoria III środków ochrony indywidualnej używanych w sytuacji zagrożenia obejmuje wyposażenie używane w środowisku o wysokiej temperaturze otoczenia, którego skutki są porównywalne do występujących w temperaturze 100° C lub wyższej i które mogą lub nie muszą charakteryzować się obecnością promieniowania podczerwonego, płomienia lub wystawienia na oddziaływanie dużych ilości stopionego metalu.

Ze względu na zagrożenie oddziaływania wysokich temperatur wszystkie używane przez strażaków środki ochrony indywidualnej, w tym ubrania specjalne, znalazły się w III kategorii, co oznacza, że wyroby te podlegają szczególnie dokładnej kontroli podczas pierwszego badania typu oraz podczas procesu ich wytwarzania prowadzonej przez wyspecjalizowane jednostki notyfikowane przez kraje członkowskie UE.

Badanie typu

Jest to proces oceny zgodności wyrobu rozpoczynający się od fazy projektowania ubrania poprzez ocenę typu (wzoru) oraz ocenę warunków produkcji. Efektem tego procesu jest Certyfikat oceny typu WE potwierdzający zgodność wyrobu z wymaganiami zasadniczymi Dyrektywy 89/686/EWG, a w szczególności z wymaganiami normy zharmonizowanej PN-EN 469: 2008 Odzież ochronna dla strażaków. Wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji ratowniczo-gaśniczych.

Ubranie specjalne jako środek ochrony indywidualnej III kategorii podlega corocznym badaniom kontrolnym wykonywanym przez jednostkę notyfikowaną (której numer figuruje obok oznaczenia CE) w celu potwierdzenia, że wyroby produkowane spełniają wymagania zasadnicze, tak jak próbka, która była przedmiotem badania typu. Badania te są potwierdzane odpowiednimi sprawozdaniami z badań.

W zależności od przeznaczenia ubrania (działania ratowniczo-gaśnicze w środowisku o różnym zagrożeniu) przewidziano w ww. normie dwa poziomy wykonania czyli dwa poziomy skuteczności ochrony zapewnianej przez ubranie. Rozróżniane są dwa typy ubrań typ 1 i typ 2.

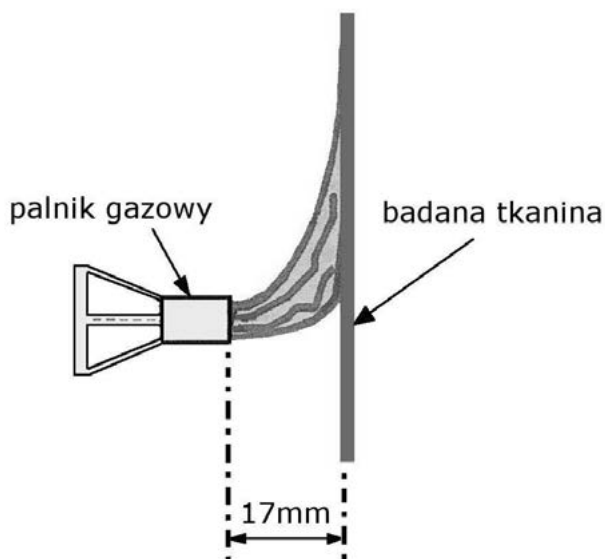
Typ określa poziom ochrony m.in. przed promieniowaniem cieplnym, przemakaniem oraz zdolność odprowadzania pary wodnej.

Przyjęto, że w jednostkach ratowniczo-gaśniczych PSP stosowane są tylko ubrania typu 2. W trakcie badania typu wyrobu poprzedzającego wydanie

certyfikatu WE sprawdzane są następujące właściwości materiałów, z których wykonane jest ubranie.

Rozprzestrzenianie się płomienia

Elementy ubrania, w tym materiały poszczególnych warstw, szwy i dodatki po przyłożeniu płomienia na 10 sekund nie powinny dalej palić się dłużej niż 2 s, tworzyć płonących szczątków, żarzyć się, w tkaninie nie powinna powstać dziura, szwy nie powinny się otworzyć, a dodatki (np. zamek błyskawiczny) muszą pozostać sprawne. Sposób przeprowadzania badania przedstawiono na rys. 6.



Ryc.6. Badanie odporności na rozprzestrzenianie się płomienia (źródło: opracowanie własne)

Odporność na przenikanie ciepła pod działaniem płomienia

Skuteczność ochrony przed przenikaniem ciepła na skutek oddziaływania płomienia, zapewnianą przez zestaw elementów lub wielowarstwowy zestaw ubrania ocenia się na podstawie czasu przyrostu temperatury mierzonej na warstwie wewnętrznej w sekundach o wartość 24°C i czasu przyrostu temperatury między wartościami 12°C i 24°C wyrażonego wskaźnikiem przenikania ciepła HTI.

- dla poziomu wykonania 1 – $HTI_{24} \geq 9,0$; $HTI_{24} - HTI_{12} \geq 3,0$
- dla poziomu wykonania 2 – $HTI_{24} \geq 13$; $HTI_{24} - HTI_{12} \geq 4,0$

Odporność na przenikanie ciepła pod działaniem promieniowania cieplnego

Skuteczność ochrony przed przenikaniem ciepła na skutek oddziaływania ciepła promieniowania, zapewnianą przez zestaw elementów lub wielowar-

stwowy zestaw ubrania ocenia się na podstawie czasu przyrostu temperatury mierzonej na warstwie wewnętrznej w sekundach o wartość 24°C i czasu przyrostu temperatury między wartościami 12°C i 24°C wyrażonego wskaźnikiem przenikania ciepła promieniowania RHTI.

- dla poziomu wykonania 1 - $RHTI_{24} \geq 10,0$; $RHTI_{24} - RHTI_{12} \geq 3,0$
- dla poziomu wykonania 2 - $RHTI_{24} \geq 18,0$; $RHTI_{24} - RHTI_{12} \geq 4,0$

Wytrzymałość materiału po wystawieniu na oddziaływanie temperatury

Wytrzymałość materiału ocenia się na podstawie sprawdzenia wytrzymałości na rozciąganie 6 próbek (paski o szerokości 5 cm) pobranych z gotowego zestawu elementów lub kompletnego wielowarstwowego zestawu ubraniowego poddanego oddziaływaniu strumienia ciepła. Każda próbka powinna posiadać wytrzymałość $\geq 450N$.

Odporność na ciepło

Po wystawieniu próbki na oddziaływanie temperatury $180 \pm 5^\circ C$ przez 5 minut każdy materiał stosowany w zestawie nie powinien palić się ani topić i kurczyć więcej niż o 5% w kierunku osnowy i wątku. Każdy materiał badany oddzielnie. Dodatki przeznaczone do stosowania w gotowym ubraniu powinny funkcjonować po tym badaniu.

Wytrzymałość materiału zewnętrznego na rozciąganie

Materiał zewnętrzny powinien charakteryzować się odpornością na oddziaływanie siły rozciągającej $\geq 450N$ w kierunku osnowy i wątku. Główne szwy materiału zewnętrznego powinny wytrzymać oddziaływanie siły rozciągającej $\geq 225 N$.

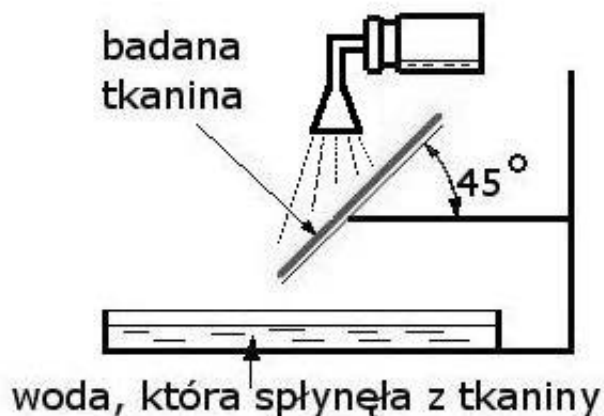
Wytrzymałość na rozdieranie

Materiał zewnętrzny zarówno w kierunku wzdłużnym jak i poprzecznym powinien charakteryzować się odpornością na oddziaływanie siły rozdierającej $\geq 25N$.

Odporność materiału na zwilżenie powierzchniowe

Próbka materiału ułożona pod kątem 45° do poziomu jest zraszana określoną ilością wody – rys. 7. Woda spływa swobodnie z próbki. Niewielka ilość pozostaje na jej powierzchni. Oceniamy odporność na zwilżenie powierzchniowe porównując z wzorcami. Wynik powinien wykazać stopień zroszenia

≥ 4 (pojedyncze, przypadkowe przyleganie kropeł wody lub zwilżenie badanej powierzchni).



Ryc. 7. Badanie odporności tkaniny na zwilżenie powierzchniowe
(źródło: opracowanie własne)

Należy zwrócić uwagę na znaczenie tej właściwości dla komfortu użytkowania ubrania. Jeżeli cała zewnętrzna powierzchnia ubrania zostanie zwilżona, to przestanie funkcjonować znajdująca się pod nią membrana. Tym samym zablokowane zostanie odprowadzanie pary wodnej z wewnątrz ubrania, co może grozić przegrzaniem organizmu użytkownika.

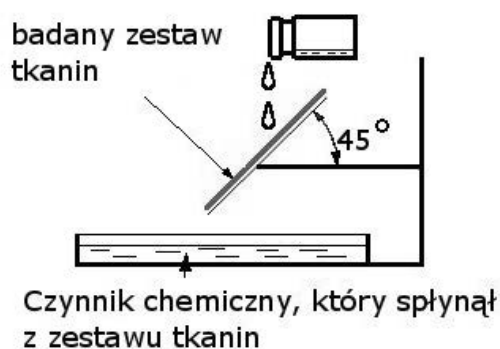
W celu zwiększenia odporności tkanin zewnętrznych na zwilżenie powierzchniowe oferowane są przez producentów tkanin zewnętrznych specjalne impregnaty. Producenci gotowych ubrań zalecają stosowanie wskazanych impregnatów po kolejnych praniach.

Zmiana wymiarów

Zmiana wymiarów pojedynczych warstw materiałów oraz zestawu materiałów po praniu i wysuszeniu nie powinna być większa niż $\pm 3\%$ w obu kierunkach.

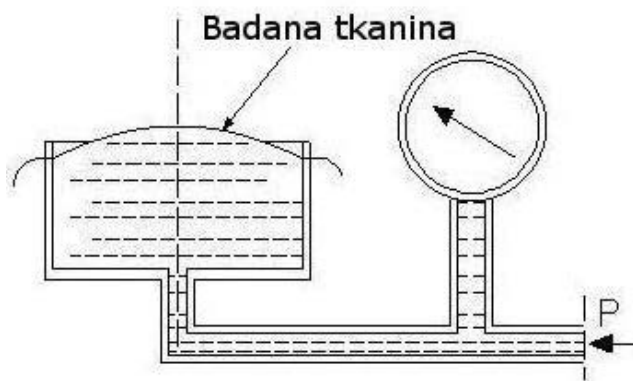
Odporność na przesiąkanie ciekłych chemikaliów

Odporność na przesiąkanie ciekłych chemikaliów bada się na próbkach uprzednio upranych i wysuszonych przez podawanie poszczególnych chemikaliów na próbki przez czas 10 s. Czynnik chemiczny spływa po próbce umieszczonej w rynience, pochylonej pod kątem 45° do poziomu - rys. 8. Nie powinno nastąpić przesiąknięcie czynnika do warstwy wewnętrznej, a wskaźnik niezwilżalności powinien być większy niż 80 % czyli ilość czynnika, która zwilżyła próbkę musi być mniejsza od 20% zastosowanej ilości.



Ryc. 8. Badanie odporności tkaniny na przesiąkanie ciekłych substancji chemicznych
(źródło: opracowanie własne)

Odporność na przesiąkanie wody



Ryc. 9. Badanie odporności na przesiąkanie wody
(źródło: opracowanie własne)

Badanie polega na oddziaływaniu wody pod rosnącym ciśnieniem z jednej strony próbki i obserwowaniu momentu, przy którym pojawią się krople wody z drugiej strony. Ciśnienie przy którym na membranie pojawiają się krople, jest miarą wod szczelności badanej membrany lub zestawu tkanin - rys. 9.

Powyższy wynik określa zapewniany przez ubranie poziom ochrony.

Poziom 1 < 20 kPa wyroby bez membrany

Poziom 2 ≥ 20 kPa wyroby z membraną

20 kPa = $\sim 0,2$ bar = ~ 200 cm słupa wody

Jest to parametr, który w połączeniu z oporem pary wodnej w sposób istotny wpływa na komfort pracy i powinien być starannie dobrany. Im wyższa odporność membrany na przesiąkanie, tym wyższy opór przenikania pary wodnej.

Opór przenikania pary wodnej

Opór przenikania pary wodnej określany jest wskaźnikiem R_{et} , który dla poziomu 1 wynosi

$>30 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W}$ a dla poziomu $2 \leq 30 \text{ m}^2\text{Pa}/\text{W}$. Uwaga: wysoki poziom oporu przenikania pary wodnej może prowadzić do zwiększenia ryzyka poparzeń parą wodną.

Badanie opcjonalne – badanie kompletnego ubrania (THERMO-MAN® Test)

Norma PN-EN 469:2006 przewiduje możliwość przeprowadzenia oceny właściwości ochronnych kompletnego ubrania przed ciepłem i płomieniem na urządzeniu zaprojektowanym w firmie Du Pont, tzw. **THERMO-MAN®**.

To opcjonalne badanie może być przeprowadzone w oparciu o uzgodnienie między producentem a nabywcą w specjalnym laboratorium.

Szczegóły tego badania są zawarte w załączniku E normy EN 469. Ubranie zakładane jest na manekina o wielkości człowieka. Ośiem palników gazowych wytwarza intensywny płomień imitujący zjawisko flash-over. Ubranie przez 8 sekund poddawane jest oddziaływaniu gorąca o strumieniu ciepła $84 \text{ kW}/\text{m}^2$. Temperatura dochodzi do 1000°C . Temperatura jest rejestrowana przez 122 czujniki rozmieszczone na powierzchni manekina, z których informacje płyną do systemu komputerowego. Rezultatem tego badania jest wykrycie miejsc, w których ubranie nie zapewnia dostatecznej ochrony i mogą wystąpić oparzenia.

Dodatkowe badanie wykonywane w Zespole Laboratoriów CNBOP polegające na ocenie odporności na przemakanie kompletnego ubrania poprzez poddanie próbki kompletnego wyrobu oddziaływaniu sztucznego deszczu ma podobne znaczenie.

Pozytywny wynik badania na stanowisku **THERMO-MAN®** (ubrania suchego) wcale nie świadczy o pełnym bezpieczeństwie, ponieważ ubranie w którym dochodzi do przemoczenia (do najgłębszej warstwy) traci właściwości izolacyjne i nie chroni przed poparzeniem.

Wymagania ergonomiczne

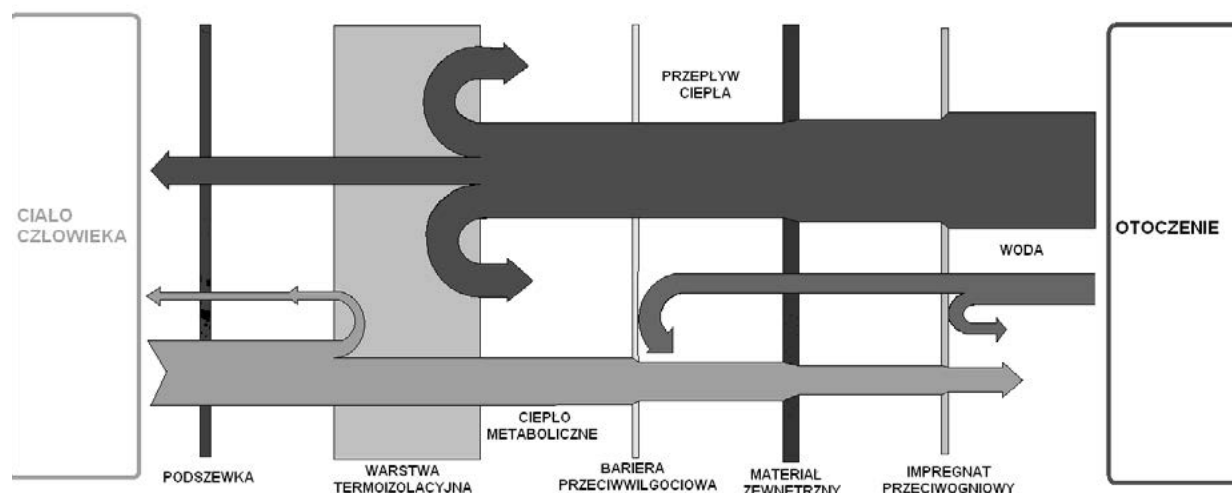
Niektóre z wymagań normy PN-EN 469:2008 mają związek z ergonomicznymi właściwościami ubrania strażackiego. Istotną rolę gra często dyskutowana przewiewność, technicznie pojmowana jako opór przenikania pary wodnej a subiektywnie jako komfort noszenia ubrania.

Niestety wymagania dobrej ochrony przed gorącem i komfort noszenia z zasady sobie przeczą. Izolacja termiczna przeciw oddziaływaniu gorąca z zewnątrz ogranicza wymianę ciepła z wewnątrz na zewnątrz ubrania i stwarza dodatkowe obciążenie użytkownika.

Dlatego może to, szczególnie przy wysokich temperaturach i cięższej pracy, prowadzić do kumulacji ciepła metabolicznego użytkownika.

Wpływ ma tu nie tylko zewnętrzny atak ciepła, lecz także wzrost temperatury ciała strażaka na skutek wzmożonego wysiłku.

Ciepło z otoczenia przenika do organizmu przez ubranie i skórę i powoduje wzrost temperatury ciała. W przeciwnym kierunku przemieszcza się ciepło wytworzone przez organizm strażaka (w akcji gaśniczej między 500 a 1000 W) – rys. 10. Początkowo wzrasta temperatura wewnętrzna ciała użytkownika ubrania. Następnie nadmierne ciepło przenosi się na skórę i zaczyna się chłodzący efekt pocenia. Ubranie ochronne powinno temu efektowi chłodzącemu jak najmniej przeszkadzać. Stwierdzono, że temperatura ciała ponad $38,3^\circ$ wpływa negatywnie na sprawność człowieka, szczególnie na koncentrację, spostrzeganie i samoocenę własnych możliwości. Jednocześnie poza fizycznym zagrożeniem kumulacja temperatury może prowadzić do poważnych zagrożeń psychicznych (stres). Przy dłuższej, utrzymującej się kumulacji ciepła podniesiona temperatura ciała może prowadzić nawet do zaburzeń w układzie krążenia i za tym do zagrożenia życia strażaka.



Ryc. 10. Schemat wymiany ciepła przy stosowaniu specjalnego ubrania strażackiego (źródło: opracowanie własne)

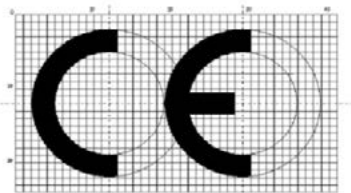
Oznaczenia ubrania strażackiego



piktogram oznaczający środek ochrony indywidualnej dla strażaków;

PN-EN 469:2008

numer normy określającej wymagania dla ubrań strażackich;



oznakowanie CE (Communité Européen) informuje, że wyrób jest zgodny z europejskimi normami technicznymi określonymi jako zharmonizowane Normy Europejskie (hEN);

1435

numer jednostki notyfikowanej nadzorującej certyfikat oceny typu WE;

Certyfikat WE Nr 14XX/00XX/20XX

numer certyfikatu oceny typu WE;

Xf2 Xr2 Y2 Z2

oznaczenia literowo-cyfrowe określają poziomy skuteczności ochrony zapewnianej przez ubranie zgodnie z wynikami badań przeprowadzonymi zgodnie z normą PN-EN 469:2008;

Xf2 - poziom skuteczności ochrony przed ciepłem przy oddziaływaniu płomienia;

Xr2 - poziom skuteczności ochrony przed ciepłem przy oddziaływaniu promieniowania cieplnego;

Y2 - poziom odporności na przemakanie;

Z2 - poziom osiągnięty dla oporu przenikania pary wodnej;

Świadectwo dopuszczenia nr XXXX/20XX

numer świadectwa dopuszczenia CNBOP

Dopuszczenie

Proces dopuszczenia prowadzony przez CNBOP polega na sprawdzeniu poprzez badania spełnienia dodatkowych wymagań stawianych dla ubrania w załączniku do rozporządzenia MSWiA po procesie certyfikacji. W celu uzyskania dopuszczenia wyroby będące środkami ochrony indywidualnej muszą posiadać certyfikat oceny typu WE i przejść dodatkowe badania potwierdzające, że spełnione są przez nie wymagania określone w załączniku do rozporządzenia MSWiA.

Wymagania zawarte w załączniku do rozporządzenia MSWiA w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania.

Zgodność z wymaganiami zawartymi w załączniku do rozporządzenia MSWiA jest sprawdzana przez CNBOP w trakcie procesu dopuszczania wyrobu do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej. Sprawdzane są następujące właściwości:

Oznaczenia

Oznaczenie ubrania powinno być wykonane zgodnie z obowiązującymi normami, a także umożliwiać identyfikację każdego elementu składowego ubrania przez zastosowanie wszytki na nazwisko i imię użytkownika.

Wymagania ogólne

Ubranie specjalne powinno spełniać wymagania normy PN-EN 469:2008. Spełnienie wymagań powinno być potwierdzone stosownym dokumentem. Jest to zazwyczaj Certyfikat oceny typu WE. Może być również sprawozdanie z badania na zgodność z normą PN-EN 469:2008.

Wymagania szczegółowe

Opis ogólny

Ubranie powinno być wykonane z tkaniny zewnętrznej z warstwą termoizolacyjną. W przypadku, gdy warstwa termoizolacyjna z podszewką jest odpięta od warstwy zewnętrznej, wymagane jest trwałe naniesienie zalecenia używania kompletnej wyposażonej kurtki, a używanie kurtki rozkompletowanej powinno być widoczne na zewnątrz ubrania.

Kurtka powinna posiadać szerokie rękawy umożliwiające swobodne nakładanie ubrania, od wewnątrz zakończone ściągaczem elastycznym, a na zewnątrz ściągaczem z zapięciem umożliwiającym dopasowanie rękawa w nadgarstku. Dolna krawędź kurtki powinna być zabezpieczona przed podsiągnięciem wody do góry na warstwę termoizolacyjną.

Dopuszcza się oznakowanie kurtki napisami identyfikującymi formację, które powinny spełniać wymagania PN-EN 469:2008 w zakresie odporności na rozprzestrzenianie się płomienia. Nogawki spodni powinny być szerokie i proste, umożliwiające swobodne zakładanie na cholewkę buta strażackiego, od dołu zabezpieczone do wysokości 20 ± 2 cm przed podsiągnięciem wody do góry na warstwę termoizolacyjną. Dopuszcza się zastosowanie na wysokości kolan dodatkowego wkładu i wzmocnienia chroniącego staw kolanowy.

Parametry techniczne materiałów i surowców oraz wymagania techniczne

Konstrukcja ubrania powinna zapewnić ochronę wewnętrznej strony warstwy termoizolacyjnej przed przemoczeniem podczas działania jednogodzinnej próby sztucznego deszczu, o intensywności zraszania mierzonej na poziomie podłoża (450 ± 50) $\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{h})$, uzyskanego z pojemnika o średnicy co najmniej 1000 mm, zasilanego w wodę tak, aby poziom wody utrzymywał się w przedziale 45 ± 5 mm i umieszczonego $5,0 \div 5,5$ m nad podłożem - fot. 5. W dnie pojemnika powinny znajdować się około 682 dysze z otworami o średnicy 0,6 mm, rozmieszczone centrycznie co 34 mm, w celu wytworzenia kropel wody ponad kolistym obszarem o średnicy 932 mm (gęstość kropel około 1000 kropel/ m^2).

Badane ubranie powinno być nałożone na manekina w kształcie dorosłego człowieka o wysokości 1820 ± 40 mm i obwodzie klatki piersiowej 1000 ± 60 mm.



Fot. 5. Pojemnik do wytworzenia sztucznego deszczu (źródło: fotografia własna)

Podczas próby manekin ubrany w badane ubranie specjalne i buty strażackie powinien mieć jedno ramię skierowane do tyłu, a drugie do przodu – każde odchylone pod kątem $25 \pm 5^\circ$ od pionu. Manekin powinien być odchylony od pionu w tył o kąt $(5 \pm 2)^\circ$.

Głowa manekina powinna być zabezpieczona przed przesiąkaniem wody wokół kołnierza do wnętrza kurtki. Zabezpieczenie nie może zakrywać szwów przy dekolcie oraz miejsca wszycia kołnierza. Manekina należy umieścić w obszarze działania sztucznego deszczu po napełnieniu zbiornika wodą do wymaganej wysokości słupa wody. Po upływie czasu badania usunąć manekina z obszaru sztucznego deszczu. Odczekać 2 min w celu ocieknięcia wody z badanego ubrania i ostrożnie zdjąć części ubrania, unikając kontaktu kropli z wewnętrzną stroną ubrania. Dokonać oględzin wewnętrznej strony ubrania. Próbę odporności na przemakanie należy przeprowadzić dwukrotnie. Badania przeprowadzić dla jednego egzemplarza ubrania. W przypadku negatywnego wyniku jednej z prób należy przepro-

wadzić trzecią próbę. Wyniki przynajmniej dwóch prób powinny być pozytywne. Wewnętrzna strona ubrania nie może ulec przemoczeniu.

Masa

Masa kompletnego ubrania, bez względu na rozmiar, nie powinna przekroczyć 3,8 kg.

Wykonanie ubrania strażackiego wg zarządzenia KG PSP

Ubranie składa się z kurtki długości $\frac{3}{4}$ i spodni.

Wykonane z tkaniny zewnętrznej w kolorze czarnym lub ciemnogrnatowym z warstwą termoizolacyjną. Wszystkie warstwy kurtki mogą być ze sobą związane na stałe lub być wykonane z warstw noszonych łącznie. Kurtka posiada szerokie rękawy umożliwiające swobodne nakładanie ubrania oraz zapobiegające podciąganiu kurtki do góry przy podnoszeniu rąk przez użytkownika. Kurtka zapinana na mocny grubocząstkowy, dwugłowicowy zamek rozpinany na wysokości kroczu. W dolnej części kurtki są wpuszczane dwie kieszenie ze skośnymi włotami przykrytymi patkami, zapinanymi na „rzepy”. W górnej części na prawej piersi znajduje się kieszeń wpuszczana, zapinana zamkiem w kierunku ramienia. Bezpośrednio pod taśmami ostrzegawczymi dwie naszywki i obejma wykonane z tkaniny zewnętrznej. Spodnie posiadają elastyczne szelki zapinane na klamry zatraskowe, umożliwiające regulację ich długości. Na wysokości kolan naszyty dodatkowy wkład chroniący staw kolanowy. Nogawki szerokie i proste, umożliwiające swobodne ich zakładanie na cholewkę buta gumowego lub skózanego. W celu poprawy wodoszczelności ubrania, szwy powinny być zabezpieczone taśmą lub w inny równorzędny sposób.

Szczegółowy opis wyglądu kurtki

Zewnętrzną warstwę kurtki powinna stanowić tkanina w kolorze czarnym lub ciemnogrnatowym z wykończeniem olejo i wodoodpornym - rys.11. Kurtka powinna zachodzić na spodnie minimum 30 cm, a dolna jej krawędź powinna sięgać $20 \pm 2,5$ cm poniżej kroczu.



Ryc.11. Zapięcia i kieszenie (źródło: opracowanie własne)

Kołnierz kurtki podwyższony z tkaniny zewnętrznej w formie stójki, miękki, chroniący krtań i zapinany z przodu na taśmę „rzep”, umożliwiającą dopasowanie. Zamek kurtki powinien być przykryty plisą z tkaniny zewnętrznej z wykończeniem wodoszczelnym. Zapięcie plisy na metalowe napy lub klamry, uzupełnione o taśmy na „rzep”. Rękawy szerokie, z tkaniny zewnętrznej, od wewnątrz zakończone ściągaczem elastycznym, a na zewnątrz ściągaczem z taśmą „rzep”, umożliwiającą dopasowanie rękawa w nadgarstku. W dolnej przedniej części kurtki powinny być wszyte dwie skośne kieszenie o szerokości 15 ± 1 cm i głębokości 25 ± 1 cm, kryte patkami, zapinanymi na „rzepy”, zabezpieczającymi przed przedostawaniem się wody.

W górnej części na prawej piersi, powyżej taśm ostrzegawczych powinna znajdować się kieszeń wpuszczana o głębokości $15 \div 20$ cm, zapinana zamkiem spiralnym w kierunku ramienia. Poniżej kieszeni i taśm ostrzegawczych dwie naszywki z metalowymi uchwytyami oraz obejma z tkaniny zewnętrznej zapinana na taśmę „rzep” np. do mocowania: sygnalizatora, latarki lub rękawic. W górnej części kurtki pod plisą kryjącą zamek powinna znajdować się kieszeń wpuszczana o głębokości 20 ± 1 cm i szerokości 15 ± 1 cm. Wewnętrzne warstwy kurtki powinny stanowić: membrana wodoszczelna i paroprzepuszczalna, warstwa termoizolacyjna i podszewka – układ warstwowy. Możliwe są również inne rozwiązania konstrukcyjne wewnętrznych elementów kurtki uwzględniające nowe technologie i inżynierię materiałową.

Wszystkie warstwy kurtki mogą być ze sobą związane na stałe, a w przypadku wykonania jako oddzielne powinny być noszone łącznie. W takim przypadku wymagane jest trwałe naniesienie zalecenia używania kompletnie wyposażonej kurtki, a używanie kurtki rozkompletowanej powinno być widoczne na zewnątrz ubrania.

Dolna krawędź kurtki powinna być zabezpieczona przed podsiąkaniem wody do góry na warstwę termoizolacyjną. W przedniej dolnej wewnętrznej części kurtki powinna być naszyta jedna lub dwie kieszenie o wymiarach (szerokość x głębokość) 25×20 cm przewidziane na opatrunek osobisty - rys. 12.



Ryc.12. Kieszona na opatrunek osobisty (źródło: opracowanie własne)

Kurtka oznaczona układem taśm fluorescencyjnych i odblaskowych o szerokości 5 cm w następujący sposób (rys. 13.):

- na całym obwodzie kurtki w odległości 5 cm od jej dolnej krawędzi,
- z przodu i z tyłu kurtki na wysokości klatki piersiowej w odległości 20 ± 2 cm od szwu barkowego (mierzone w połowie długości barku),
- na całym obwodzie rękawów w odległości 20 ± 2 cm od ich dolnych krawędzi.



Ryc.13. Taśmy ostrzegawcze (źródło: opracowanie własne)

Zastosowane taśmy powinny charakteryzować się ograniczoną palnością, mogą być zszyte krawędziami lub naszyte oddzielnie w odstępie do 1 cm.

Taśma górna powinna być koloru srebrnego, a dolna żółtego.

Taśmy należy przyszyć niepalnymi nićmi w kolorze zbliżonym do koloru taśm, podwójnym lub pojedynczym ścięciem.

Na kurtce umieszczone „rzepy” pod emblematy i znaki identyfikacyjne (rys. 14):

- na lewym rękawie, w połowie wysokości między łokciem a barkiem, do mocowania emblematu PSP, drugi poniżej w odległości 1 cm do emblematu nazwy miasta,
- na lewej piersi powyżej taśm ostrzegawczych do mocowania dystynkcji,
- na lewej piersi poniżej taśm ostrzegawczych do mocowania napisu „STRAŻ”.

Napis „STRAŻ” umieszczony z przodu kurtki:

- wymiary tła – $5 \times 15 \pm 0,3$ cm,
- wysokość liter – $2,5 \pm 0,1$ cm,
- długość całego napisu – $11 \pm 0,3$ cm,
- mocowanie na „rzep” lub inną techniką.

Napis „STRAŻ” umieszczony na tyle kurtki - rys. 15. w odległości $0,5 \div 1,0$ cm pod żółtym pasem ostrzegawczym. Litery napisu „STRAŻ” w kolorze czarnym wykonane na tkaninie (tle) w kolorze fluorescencyjnym żółtym.

- wymiary tła – $12 \times 34 \pm 0,3$ cm,

- wysokość liter – $7,7 \pm 0,1$ cm,
- długość całego napisu – $28 \pm 0,3$ cm.
- mocowanie na „rzep” lub inną techniką.



Ryc.14. Znaki identyfikacyjne, emblematy i dystynkcje (źródło: opracowanie własne)



Ryc.15. Napis z tyłu kurtki (źródło: opracowanie własne)

Na wewnętrznej powierzchni kurtki, w górnej części karczka naszyta wszywka z informacjami producenta o wyrobie - rys. 16. (W praktyce wspomniana wszywka występuje od wewnątrz w przedniej części kurtki w okolicy zamka głównego - rys. 17.



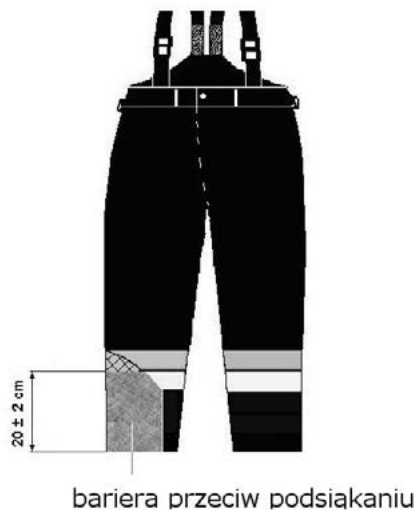
Ryc. 16 Wszywka na karczku (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 17. Wszywka z przodu obok zapięcia (źródło: opracowanie własne)

Szczegółowy opis wyglądu spodni

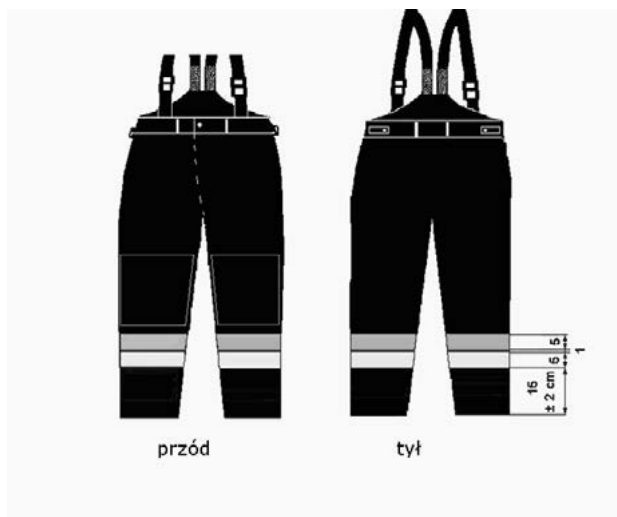
Zewnętrzną warstwę spodni powinna stanowić tkanina w kolorze czarnym lub ciemnogrnatowym z wykończeniem olejo i wodoodpornym. Spodnie długie bez odciętego pasa, swobodne w każdym ułożeniu ruchowym. Zastosowane tkaniny – identyczne jak w kurtce. Nogawki powinny być szerokie i proste, umożliwiające swobodne zakładanie na cholewkę buta, od dołu zabezpieczone przed podsiąkaniem warstwy termoizolacyjnej za pomocą pasa tkaniny powlekanej o szerokości 20 ± 2 cm – rys. 18.



Ryc. 18. Bariera przeciw podsiąkaniu na warstwę termoizolacyjną (źródło: opracowanie własne)

Na kolanach dodatkowy wkład i wzmocnienie chroniące staw kolanowy. Spodnie powinny mieć elastyczne szelki szerokości 4 cm od pasa spodni z przodu poprzez ramiona do pasa z tyłu i zapinane na regulowane klamry zatraskowe. Rozporek powinien być zapinany na suwak i guzik. Spodnie z możliwością regulacji obwodu pasa. Spodnie oznaczone układem taśm fluorescencyjnych i odblaskowych o szerokości 5 cm w następujący sposób: na całym

obwodzie nogawek w odległości około 15 ± 2 cm od ich dolnych krawędzi – rys. 19.



Ryc. 19. Taśmy ostrzegawcze na spodniach
(źródło: opracowanie własne)

Zastosowane taśmy powinny charakteryzować się ograniczoną palnością, sposób ich naszywania identycznie jak na kurtce. Taśmy ostrzegawcze i napisy „STRAŻ” muszą zachować właściwości po 25 cyklach prania w temperaturze 40°C. Procedury prania według PN-EN ISO 6330 np. pralnica typu A, cykl pralniczy – delikatny, temperatura III. Suszenie metoda A.

Oczywiście w trakcie eksploatacji ubrania nie mamy do czynienia z laboratoryjnymi metodami prania. Niemniej jednak należy utrzymywać ubrania strażackie w czystości, przestrzegając przepisu prania podanego przez producenta. Ubranie specjalne ze względu na wielowarstwową budowę niezbyt dobrze znosi pranie w pralkach bębnowych, gdzie często dochodzi do uszkodzenia delikatnej bariery przeciwwilgociowej w wyniku odklejenia się taśm uszczelniających szwy membrany. Dlatego pranie najlepiej powierzyć wyspecjalizowanej pralni, która posiada możliwość prania i suszenia w sposób nie naruszający konstrukcji ubrania.

Masa

Masa kompletnego ubrania, bez względu na rozmiar nie powinna przekroczyć 4 kg. (Uwaga: w znowelizowanym załączniku do rozporządzenia MSWiA wartość ta została obniżona do 3,8 kg.

Literatura:

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 21.12.2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej (Dz. U. Nr 259 poz. 2173) wdrażającym postanowienia dyrektywy nr 89/686/EWG;
2. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. Nr 204 z 2004 r. poz. 2087, z późn. zm.);
3. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 178, poz. 1380);
4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 143 poz. 1002), zmienione rozporządzeniem z dnia 27 kwietnia 2010 r. (Dz. U. Nr 85, poz. 553).
5. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie szczegółowych czynności wykonywanych podczas procesu dopuszczenia, zmiany i kontroli dopuszczenia wyrobów, opłat pobieranych przez jednostkę uprawnioną oraz sposobu ustalania wysokości opłat za te czynności (Dz. U. Nr 143 poz. 1001);
6. Zarządzenie nr 9 Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej z dnia 5 lutego 2007 r. w sprawie wzorców oraz szczególnych wymagań, cech technicznych i jakościowych przedmiotów umundurowania, odzieży specjalnej i środków ochrony indywidualnej użytkowanych w Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. KG PSP Nr 2 z dnia 23.10.2009 r. poz. 17).
7. PN-EN 469: 2008 Odzież ochronna dla strażaków. Wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji ratowniczo-gaśniczych.

Recenzenci

bryg. mgr inż. Tadeusz Jopek
ml. kpt. mgr inż. Janusz Popis

Maria KĘDZIERSKA

Zakład Szkoleń

CNBOP-PIB

STRATEGIA PLANOWANIA SZKOLEŃ E-LEARNINGOWYCH

E-learning trainings – the strategy of planning

Streszczenie

Materiał zawiera omówienie zagadnień wprowadzających formy kształcenia przez internet jakim jest e-learning. Prezentuje podobieństwa i różnice szkoleń tradycyjnych i szkoleń internetowych. Zasady projektowania e-szkoleń, zalety i wady kształcenia w systemie e-learningowym oraz zagadnienia dotyczące metody blended - learning.

Summary

The material contains a discussion of issues implementing online forms of education that is e-learning. It shows the similarities and differences in traditional training and online training. Principles of design of e-learning, advantages and disadvantages of training in e-learning methods and issues relating to blended - learning.

Wstęp

W odpowiedzi na rosnące potrzeby rynku, firmy szkoleniowe wyspecjalizowały swoje usługi zgodnie z branżą biznesową, oferując usługi szkoleniowe dopasowane nie tylko do specyfiki ich funkcjonowania, ale także odpowiednią formę edukacyjną. Szkolenia stają się coraz bardziej popularną formą nabywania nowej wiedzy, uzupełniając ją o praktyczne umiejętności. Często korzystają z nich osoby, które kilkanaście lat temu ukończyły edukację i chcą poszerzyć swoje kwalifikacje. Tradycyjne metody nauczania przestały wystarczać, a edukacja skorzystała z nowych technologii komunikacyjnych i informacyjnych e-learningu. E-learning jest formą kształcenia na odległość umożliwiającą kierowanie treści dydaktycznych do rozproszonych grup słuchaczy i stale się rozwija. E-learning jest pojęciem szerszym od kształcenia przez internet obejmuje bowiem wszystkie formy kształcenia na odległość, w których proces edukacji realizowany jest przy użyciu nowoczesnych technologii elektronicznych. Forma ta umożliwia przekazywanie treści dydaktycznych oraz komunikowanie się pomocy globalnej sieci komputerowej, Internetu lub intranetów i ekstranetów. Jest to technika nauczania dostosowana do nowoczesnych modeli nauczania.

Czym jest szkolenie? – podział i rodzaje szkoleń

Termin „szkolenie” stosuje się w odniesieniu do różnych procesów i zajęć zależnie od kontekstu

organizacyjnego i kulturowego, w którym jest ono prowadzone, oraz celów i wartości przyjętych przez organizatorów. „Szkolenie” można definiować jako „formę aktywności zaprojektowaną w celu wzbogacenia wiedzy, umiejętności czy zdolności uczestników lub dla zmiany ich postaw i zachowań społecznych w jakimś określonym kierunku.” Specyfikę szkolenia podkreślają również takie definicje jak: „Szkolenie to wyposażanie innych w narzędzia, które mają umożliwić im osiągnięcie określonych celów”. „Szkolenie to wykształcanie umiejętności i zdolności do działania” oraz „szkolenie polega na angażowaniu ludzi i przygotowywaniu ich do usamodzielnienia”(...)¹. Jak wynika z tych definicji, szkolenie zakłada zaangażowanie uczestników, wymianę oraz tworzenie zależności pomiędzy doświadczeniem i teorią. Wymaga ono gotowości do udzielania i korzystania ze wsparcia, a jego celem jest usamodzielnienie i stworzenie lepszych warunków do rozwoju.

Podstawowym krokiem na etapie przygotowywania szkolenia jest wybór rodzaju szkolenia. Wybór rodzaju szkolenia ma bardzo istotny wpływ na proces edukacyjny, a tę decyzję pozostawia się zespołowi przygotowującemu szkolenie. Bardzo często ogólne ramy szkolenia określają organizacje, sponsorzy lub instytucje, które zamawiają określony rodzaj szkolenia. Aby prawidłowo dokonać wyboru rodzaju szkolenia, powinniśmy poznać podstawowe informacje dotyczące szkoleń. Szkolenia możemy podzielić na trzy grupy:

¹ Titley G. (red.), 2002, Zasadnicze elementy szkolenia. Pakiet szkoleniowy nr 6, s.11;

- ze względu na dostępność szkolenia,
- ze względu na treść szkolenia,
- pod względem formy szkolenia.

Szkolenia ze względu na dostępność do nich dzielimy na:

- asynchroniczne - gdzie nie występuje kontakt kursantów z trenerami w czasie rzeczywistym,
- synchroniczne - dochodzi do bezpośrednich interakcji pomiędzy uczestnikami oraz osobą prowadzącą szkolenie.

Ze względu na treść szkolenia możemy wyróżnić szkolenia:

- „na miarę” - tworzone są ściśle według potrzeb danego klienta,
- „z półki” - tworzone są dla niespecyficznego grona odbiorców obejmując materiał z danej dziedziny, jednak o charakterze bardziej ogólnym.

Ze względu na formę szkolenia, możemy je podzielić na:

- zamknięte - przeprowadzane dla osób będących wewnątrz danej instytucji czy firmy,
- Otwarte - przeznaczone dla szerokiego grona odbiorców.

E-szkolenia a szkolenia tradycyjne. Podobieństwa i różnice

Szkolenia internetowe można porównać z tradycyjnymi w trzech obszarach:

- organizacji,
- roli trenera,
- wymagań względem uczestnika szkolenia.

Różnice pomiędzy szkoleniami tradycyjnymi i e-szkoleniami przedstawia poniższa tabela.

Strategia planowania e-szkoleń

Zanim rozpoczniemy projektować szkolenie należy przeprowadzić analizę potrzeb szkoleniowych. Analiza potrzeb szkoleniowych jest rodzajem badania, a zespół ją przeprowadzający wewnętrzny lub zewnętrzny powinien kierować się zasadami prowa-

Tabela 1.

Różnice pomiędzy szkoleniami tradycyjnymi i e-szkoleniami

Organizacja	
Szkolenie tradycyjne	Szkolenie internetowe
<ol style="list-style-type: none"> 1. Szkolenie odbywa się w bezpośrednioj czasoprzestrzennej realacji wykładowca i osoby szkolone. 2. Szkolenie odbywa się w grupie /z wyłączeniem coachingu/. 3. Szkolenie wspomagane jest tradycyjnymi środkami dydaktycznymi, do których zaliczamy: podręczniki dla uczestników, prezentacje multimedialne, mapy, schematy, diagramy, modele, itp. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Szkolenie odbywa się niezależnie od miejsca, w którym przebywają trener i uczestnik szkolenia oraz czasu, w jakim realizują swoje zadania. Dzięki zastosowaniu charakterystycznych dla Internetu narzędzi komunikacji mają oni jednak poczucie, iż pozostają ze sobą w bezpośrednim kontakcie. 2. Szkolenie odbywa się w grupie /z wyłączeniem mentoringu/. 3. Proces szkolenia wspomagany jest multimedialnymi środkami dydaktycznymi, wzorowanymi na tradycyjnych środkach i materiałach. 4. Tradycyjny podręcznik zastąpiony jest podręcznikiem elektronicznym, w którym słowo pisanemu towarzyszy obraz i dźwięk, tradycyjna tablica - tablicą wirtualną, tradycyjny model - symulacją itp.
Wykładowca - Trener	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Trener całkowicie odpowiada za kierowanie procesem szkoleniowym. Planuje go samodzielnie i w pełni odpowiada za jego wyniki. 2. Z reguły posługuje się metodami podającymi, korespondującymi z jego kierowniczą rolą. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trener pełni rolę doradcy. Do jego zadań należy aktywne wspomaganie procesu samodzielnego uczenia się. Za planowanie kursu odpowiada jego autor oraz zespół projektantów. 2. Prowadzący szkolenie posługuje się metodami aktywizującymi, opartymi o zasady nauczania problemowego i sytuacyjnego.
Uczestnik szkolenia	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Zadaniem osoby szkolonej jest udział w szkoleniu i bieżące wykonywanie poleceń trenera. Nie czuje się ona odpowiedzialna za proces szkolenia, niekiedy traktuje go jako „zło konieczne”. Nie czuje się też zobligowana do systematycznej pracy poza godzinami szkolenia. 2. Od uczestnika szkolenia nie wymaga się szczególnych umiejętności komunikacyjnych ani interpersonalnych. 3. Uczestnik szkolenia nie musi wykorzystywać technologii informatycznych wspomagających naukę. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Od osoby szkolonej wymaga się samodzielnej organizacji czasu nauki. 2. Uczestnik szkolenia powinien posiadać kompetencje językowe w zakresie języka pisanego na poziomie umożliwiającym komunikowanie się na odległość. 3. Uczestnik szkolenia musi posiadać umiejętności wykorzystywania technologii informatycznych wspomagających naukę.

dzenia badań, szczegółowe techniki badania i narzędzia powstają w odpowiedzi na konkretną sytuację. Analiza potrzeb szkoleniowych pozwoli ustalić, czy szkolenia są potrzebne (i jeśli tak, to jakie), zidentyfikować rodzaj i ilość szkoleń, metody nauczania, techniki motywacyjne, tematykę szkolenia, zakres, tryb i zasady według których szkolenia muszą być planowane oraz strategię ich realizacji.



Ryc. 1. Uproszczony schemat proces tworzenia projektu szkoleniowego

Projektując szkolenia, które z założenia mają być realizowane na odległość, należy sobie odpowiedzieć na pytanie o jego rolę w strategii oraz planie rozwoju pracowników danej firmy, a także o miejsce pośród szkoleń dotąd odbywających się w firmie, w formach tradycyjnych (szkoleń praktycznych, treningów, warsztatów, zajęć integracyjnych). Szkolenie internetowe mogą być realizowane jako:

1. szkolenie samoobsługowe - multimedialne, udostępnione przez Internet, odbywające się według zaprogramowanego scenariusza, nie wymagające bezpośredniego zaangażowania trenera,
2. szkolenie samoobsługowe- e-szkolenie z mentorem lub ekspertem, do którego uczestnik może się zwrócić w razie problemów merytorycznych lub technicznych w trakcie jego realizacji,
3. szkolenie realizowane pod kierunkiem trenera - e-szkolenie z trenerem.

E-learning można wykorzystywać na wiele sposobów nie tylko zależnie od potrzeb organizacji, ale także pomysłowości trenerów i osób odpowiedzialnych za realizację programu szkoleniowego. Aby podjąć właściwą decyzję strategii dotyczącej programu szkoleniowego, należy wziąć pod uwagę:

1. Które z cele szkoleniowych efektywniej osiągnie się przez Internet, a które metodą tradycyjną,
2. Kto jest odbiorcą? Liczebność grupy?
 - Jaki jest poziom kompetencji komputerowych potencjalnych uczestników?

- Jakie są możliwości techniczne - dostęp do Internetu?
 - Jakie są predyspozycje, umiejętności, otwartość na nowe formy zdobywania wiedzy, motywacja do nauki?
 - Jaka jest ich sytuacja życiowa (zawodowa, rodzinna), ile czasu mogą poświęcić na naukę?
3. W jakim czasie należy rozpocząć i zakończyć proces szkolenia.
 4. Jakie zasoby /finansowe, techniczne/ posiada organizacja zlecająca szkolenie, by zrealizować szkolenie w nowej formie?
 5. Jaka jest polityka rozwoju kompetencji zawodowych w organizacji? Czy jest ona otwarta na nowe formy doskonalenia pracowników?

W nauczaniu przez internet wyróżniamy cztery podstawowe rodzaje kształcenia e-learningowego:

1. **samoksztalcenie** – charakteryzujące się całkowitym brakiem kontaktu studenta z prowadzącym. Kierowane jest na samodzielność kursanta i wymaga od niego dużej motywacji. Przy realizacji szkoleń w trybie samonauczania jest duża swoboda, uczestnicy sami decydują o czasie i tempie nauki. Charakteryzuje się brakiem komunikacji pomiędzy uczestnikami, rola trenera polega na udostępnieniu materiałów w formie papierowej lub elektronicznej lub za pośrednictwem sieci. Model ten sprawdza się w edukacji ustawicznej dla dorosłych.
2. **nauczanie asynchroniczne** – kursant i prowadzący nie muszą jednocześnie być w tym samym miejscu i czasie. Cecha charakterystyczna to częściowy brak bezpośredniego kontaktu z trenerem, który zwykle ograniczony jest do rozmów w pokojach rozmów (chat). Formy kontaktu pośredniego są bardzo dobrze rozwinięte i mogą być często wykorzystywane - m.in. forum dyskusyjne, poczta elektroniczna. Zaletami takiego rozwiązania są przede wszystkim:
 - **możliwość nauczania z dowolnego miejsca** - internet umożliwia pracę nauczycielowi m.in. w domu;
 - **elastyczność** - dostęp do materiałów w dowolnym czasie i z dowolnego miejsca;
 - **czas na przemyślenia** - w porównaniu do trybu synchronicznego, gdzie jest on ograniczony;
 - **niskie koszty** - przede wszystkim niskie koszty prowadzenia zajęć, koszt tworzenia materiałów zależy jest od stopnia zaawansowania i rozbudowy treści oraz samego systemu.
3. **nauczanie synchroniczne** - kursant i prowadzący muszą być w tym samym czasie (a w przypadku nauczania tradycyjnego - także w tym samym miejscu). Model internetowego nauczania synchronicznego jest bliższy systemowi tradycyjne-

mu, niż model nauczania asynchronicznego. Zaletami takiego rozwiązania jest:

- możliwość żywej interakcji w czasie rzeczywistym,
- możliwości pracy indywidualnej i grupowej,
- prezentowania materiałów w czasie prowadzonych dyskusji,
- możliwość bezpośredniego monitorowania pracy kursanta.

Wyróżnić można dwie formy zdalnego nauczania synchronicznego, które różnią się zastosowanymi rozwiązaniami oraz kosztami ich wdrożenia:

- **jeden do wielu** - zajęcia dla słuchaczy znajdujących się w różnych miejscach, wymaga odpowiedniego oprogramowania i sprzętu jedynie w dwu centrach,
- **jeden do jeden** - zajęcia dla grupy osób zgromadzonych w jednym miejscu przez nauczyciela znajdującego się w innym miejscu.

4. nauczanie mieszane (ang. blended learning) - rozwiązania e-learning wspierają proces kształcenia prowadzony w sposób tradycyjny. Blended learning w języku polskim to kształcenie komplementarne lub nauczanie mieszane, elastyczne czy hybrydowe.

Zalety kształcenia w systemie e-learningowym

Edukacja elektroniczna w porównaniu z tradycyjnymi metodami kształcenia ma wiele zalet, ale nie jest pozbawiona wad. Najczęściej wymieniane zalety e-learningu to:

- atrakcyjna prezentacja wiedzy,
- kontakt nauczyciela i studenta za pośrednictwem Internetu w trybie asynchronicznym lub synchronicznym,
- zindywidualizowany sposób kształcenia,
- możliwość dostosowania form i metod do zainteresowań i potrzeb uczestników,
- dowolność miejsca i narzędzi pozwalających na osiągnięcie celu,
- czas uczestnictwa dostosowany do potrzeb i możliwości,
- wymuszona aktywność każdego uczestnika,
- dominacja elektronicznego przekazu głosu i pisma, stron WWW i prezentacji,
- indywidualizacja metod i form kontroli,
- zastosowanie różnych mediów informacyjnych i wszystkich możliwych metod przekazu i komunikacji,
- duże możliwości wyboru form i metod kształcenia oraz trybu nauczania,
- elastyczny dobór wykładowców i materiałów szkoleniowych,

- rozwijanie w osobach szkolonych umiejętności organizowania sobie czasu i posługiwania się informacją.

Wady kształcenia w systemie e-learningowym:

- duże koszty materiałów dydaktycznych, ponieważ do ich przygotowania konieczne jest wykorzystywanie nowoczesnych technologii,
- duży koszt profesjonalnych platform,
- duży koszt wdrożenia (zakup platformy, sprzętu),
- brak bezpośredniego kontaktu z prowadzącym,
- konieczność posiadania silnej motywacji oraz chęci do uczenia się - brak atmosfery dopingującej do nauki, charakterystycznej dla szkoły lub grupy, ze względu na fizyczne odizolowanie uczącego się od grupy i nauczyciela,
- konieczność posiadania Internetu lub dostępu do niego w postaci szybkiego łącza,
- brak integracji następującej podczas szkoleń tradycyjnych,
- problemy ze sprawdzeniem efektywności.

Ponieważ tradycyjne metody nauczania przestały się sprawdzać, a e-learning też nie jest doskonały coraz częściej stosuje się nauczanie komplementarne /mieszane/ (ang. blended learning). W systemie tym rozwiązania e-learningu wspierają proces kształcenia prowadzony w sposób tradycyjny. Metoda blended learning opiera się na nowoczesnych koncepcjach andragogicznych (nauczania dorosłych) i polega na wykorzystaniu różnych mediów w procesie szkolenia w zależności od celów, najczęściej szkoleń tradycyjnych i Internetu. Kluczowym czynnikiem sukcesu blended learningu jest wybór odpowiednich mediów do poszczególnych elementów szkolenia. Wiedza jest dostarczana za pomocą szkoleń przez Internet, zaś umiejętności i nawyki doskonalili się podczas tradycyjnych zajęć, wykorzystywane jest zarówno w środowisku biznesowym, akademickim, i sektorze edukacyjnym. Zwiększa skuteczność kształcenia i doskonalenia różnych umiejętności.

Metoda blended-learningu charakteryzuje się następującymi cechami:

- Szkolenia dostarczane są w sposób ciągły - częściej, ale w mniejszych porcjach i różnymi metodami, co ma kluczowe znaczenie dla zapamiętywania i stosowania umiejętności oraz zdecydowanie zmniejsza dezorganizację biznesu.
- Szkolenia dostarczane są wtedy, kiedy są potrzebne - nie ma szkoleń "na zapas". Dostarcza się wiedzę i umiejętności potrzebne do działania na dziś. Wiedzę na "jutro" dostarcza się "jutro",
- Szkolenie metodą blended-learning jest w dłuższej perspektywie tańsze od tradycyjnego. Znacząco

na część narzędzi przygotowywana jest tylko raz i potem wielokrotnie wykorzystywana,

- Dodatkową zaletą metodologii jest wyrobienie nawyku ciągłego podnoszenia kwalifikacji przez pracowników.

Najczęściej forma szkoleń blended - learning to łączenie szkoleń tradycyjnych z elektronicznymi. W procesie mieszanym stosowane są zarówno tradycyjne narzędzia i metody nauczania oraz nowe głównie związane z e-learningiem w celu uzyskania maksymalnych wyników. Blended learning łączy mocne strony szkoleń elektronicznych (oszczędność czasu, zasobów, nauka w dowolnym dla uczestnika terminie) z bezpośrednim kontaktem z trenerem, grupą szkoleniową, stwarza możliwość przećwiczenia zagadnień, zadawania dodatkowych pytań, rozwiania wątpliwości.

Proces dydaktyczny z zastosowaniem różnych trybów dostarczania treści edukacyjnych, modeli nauczania i stylów uczenia się, bazuje na komunikacji pomiędzy wszystkimi częściami tego procesu. Realizacja szkolenia polega na przenikaniu się zasobów wirtualnych i fizycznych, które łączą e-learning (elektroniczne kształcenie) i m-learning (mobilne kształcenie) z innymi zasobami edukacyjnymi.

Formuła nauczania pozwala na dostęp do specjalistycznych umiejętności liczniejszej grupie odbiorców, w krótszym czasie, w atrakcyjniejszej formie, z lepszym i bardziej utrwaloną rezultatem. Stosowany model szkoleń mieszanych zawiera cztery poziomy zdobywania wiedzy, do których dostosowane są różne formy i techniki kształcenia. Pierwsze dwa poziomy to nauka teoretyczna i interaktywna, która obejmuje asynchroniczny przekaz wiedzy za pomocą prostych materiałów online do samodzielnej pracy, a także interaktywnych szkoleń multimedialnych, wspomaganymi testami, grami symulacyjnymi i *case study*. Trzeci poziom obejmuje naukę w grupie, pracę w wirtualnym zespole przy wykorzystaniu narzędzi do komunikacji, takich jak: czat, forum dyskusyjne, aplikacje do pracy nad projektami czy wideokonferencje. Czwarty poziom to spotkania grupy z trenerem na tradycyjnych zajęciach, podczas których czas przeznaczony jest na praktyczne zastosowanie wiedzy i kształtowanie umiejętności zdobytych na wcześniejszych poziomach szkolenia. Najczęściej oferowana forma procesu szkoleniowego blended learningu realizowana jest w sposób przemienny. Sesje tradycyjne i spotkania z trenerem w sali przeplatane są sesjami e-learningowymi. Tak prowadzony proces szkoleniowy wyznacza charakterystyczny harmonogram szkolenia. Harmonogram szkolenia /w klasycznej formie/ składa się z trzech etapów:

- Pierwszy etap to szkolenie elektroniczne, którego głównym celem jest przekazanie podstawowych wiadomości teoretycznych. Szkolenie na tym etapie ma wyrównać poziom wiedzy poszczególnych

uczestników grupy szkoleniowej oraz uzupełnić wiedzę bazową z danej dziedziny,

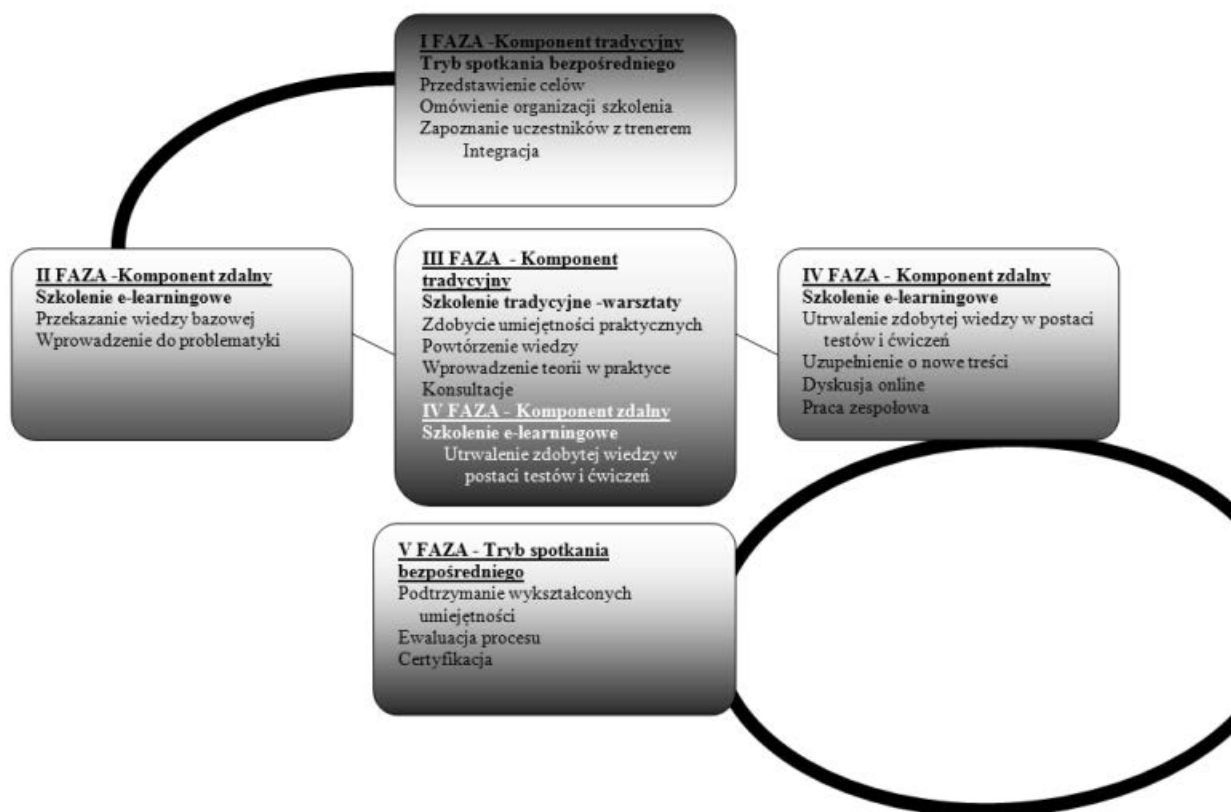
- Drugi etap prowadzony jest w postaci szkolenia tradycyjnego, wykorzystującego wiedzę zdobytą na pierwszym etapie, co umożliwia kształtowanie umiejętności, w tym szczególnie umiejętności interpersonalnych.
- Trzeci etap to powrót na platformę zdalnego nauczania i udostępnienie uczestnikom szkolenia e-learningowego, które ma na celu utrwalenie zdobytej wiedzy, powtórzenie i jej uzupełnienie. Szkolenie wzbogacone jest o narzędzia i elementy dydaktyczne umożliwiające wymianę doświadczeń, dyskusję, konsultacje – wyjaśnienia ewentualnych wątpliwości, powtórzenie, ćwiczenia i testy, określenie przyszłych zadań rozwojowych i ocenę.

W praktyce trójfazowy przebieg procesu szkoleniowego w formie blended learningu jest rozbudowywany do pięciu faz. Pierwszy etap zostaje przeprowadzony w formie bezpośredniego spotkania, na którym przedstawione są grupie cele i organizacja szkolenia oraz następuje jej integracja. Drugi, trzeci i czwarty etap obejmuje klasyczną postać szkolenia blended learning omówioną powyżej. Piąty etap realizowany jest ponownie w trybie spotkania bezpośredniego, które ma na celu podtrzymanie wykształconych umiejętności społecznych, ewaluację procesu edukacyjnego i certyfikowanie.

W szkoleniu komplementarnym elementy blended - learningu i tradycyjnego systemu przekazywania wiedzy mogą mieć różne proporcje. Zależy to od warunków, jeżeli grupa jest rozproszona geograficznie, wówczas dominującą metodą będzie e-learning, a zajęcia stacjonarne posłużą do wymiany doświadczeń, pracy i szkoleń w charakterze coachingu. Przy zastosowaniu tradycyjnych metod dydaktycznych, e-learning jest jako uzupełnienie, czy sposób na podsumowanie, sprawdzenie wiedzy. W praktyce dzieje się tak, że szkolenia tradycyjne dostarczają wiedzę praktyczną, a e-learning jest wykorzystywany do jej ćwiczenia i testowania. Bardzo istotne jest, w jakim trybie odbędzie się szkolenie i które części szkolenia realizowane będą jako zajęcia stacjonarne z wykorzystaniem tradycyjnych metod nauczania, a które w formie elektronicznej.

Blended learning, oprócz uatrakcyjnienia i personalizacji programu szkoleniowego, umożliwia także zdecydowane obniżenie kosztów, m.in. poprzez redukcję obowiązku tak częstego spotykania się grupy szkoleniowej na spotkaniach tradycyjnych. Dodatkowo wspiera komunikację w trakcie procesu grupowego dzięki dostępnym na platformie zdalnego nauczania narzędziom do komunikacji takim jak np.: forum dyskusyjne, czat, wideoczat, blogi itp.

Realizacja szkoleń metodą blended learning daje następujące korzyści:



Ryc. 2. Schemat pięciofazowego przebiegu procesu szkoleniowego w formie blended learningu

- Maksymalne wykorzystanie czasu uczestnika poświęconego szkoleniu, ponieważ może on w dogodnym dla siebie czasie i tempie poznać aspekty teoretyczne kursu, by na zajęciach grupowych w sali szkoleniowej skoncentrować się na ćwiczeniach praktycznych wymagających bezpośredniego kontaktu z grupą i trenerem.
- Gwarancja, że na zajęcia grupowe uczestnicy przyjeżdżają przygotowani.
- Wspieranie uczestnika pomiędzy sesjami szkoleniowymi.
- WYROBIENIE nawyku ustawicznego doskonalenia własnych umiejętności.
- Optymalna gospodarka kosztami - ponoszenie kosztów sali szkoleniowej, dojazdu uczestników, wyżywienia i zakwaterowania tylko w wymiarze niezbędnym do skutecznej realizacji programu.

Połączenie w procesie szkoleniowym wszystkich składników multimedialnego procesu dydaktycznego w rezultacie przyczynia się do powstania atrakcyjnego produktu edukacyjnego, zaspokajającego nie tylko potrzeby jego odbiorców, ale także dopasowanego do ich preferowanego stylu uczenia się. Jako wyróżniający się aspekt blended learningu jest jego potencjał w zakresie personalizowania programu szkoleniowego, daje on, bowiem możliwość stworzenia doświadczenia edukacyjnego dla każdego, w dowolnym miejscu i czasie, nie tylko w pracy czy instytucji edukacyjnej.

Literatura

1. Garski K., Kruszevska M., *Jak się wyszkolić, by szkolić innych*, Warszawa, 2009 r.;
2. Łaguna. M., *Szkolenia. jak je prowadzić, by...*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk, 2004 r.;
3. Kwiatkowska D., Stanisławska-Mischke A.K. we współpracy z R. Nguyen, *Metodyka projektowania e-szkoleń, materiały szkoleniowe* Menadżer e-szkoleń w służbach mundurowych województwa mazowieckiego, w ramach projektu współfinansowanego ze środków UE, Kraków, 2011 r.
4. Mischke M. J., Stanisławska-Mischke A.K., *B-learning na uniwersytecie. Możliwe do pomyślenia warianty akademickiego kształcenia komplementarnego*, [w:] *Rozwój e-edukacji w ekonomicznym szkolnictwie wyższym*, Warszawa, 2006r.;
5. Gołda G., Kampa A., *Zastosowanie nowoczesnych technologii informacyjnych w zdalnej edukacji*, Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Zakopane 2006 r.;
6. Gołda G., Kampa A., *Zastosowanie zdalnej edukacji w kształceniu ustawicznym kadr przedsiębiorstw wirtualnych*. II Krajowa Konferencja Naukowa „Nowe Technologie w kształceniu na odległość”, Koszalin 2006 r.

Recenzenci

mgr inż. Jan Kielin

mgr inż. Krzysztof Szelański

kpt. mgr inż. **Robert PICH**

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych
im. generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu

ppłk dr inż. **Paweł MACIEJEWSKI**

Akademia Obrony Narodowej w Warszawie

mł. kpt. dr inż. **Janusz Adam WRZESIŃSKI**

Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej we Wrocławiu

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych

im. generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu

ORGANIZACJA RUCHU POSZKODOWANYCH W CZASIE LIKWIDACJI SKAŻEŃ (DEKONTAMINACJI)

Casualties traffic organization during mass decontamination

Streszczenie

Sprawną realizacją likwidacji skażeń wymaga odpowiedniego przygotowania sił i środków do wykonania tego zadania. Jest to szczególnie istotne podczas masowej likwidacji skażeń skażonych ludzi, którzy w większości przypadków będą samodzielnie prowadzić „samoodkażanie” w oparciu o przygotowany plac likwidacji skażeń (m.in. kąpiel pod prysznicem). Dlatego tak ważne jest właściwe poinstruowanie uczestników procesu, aby prawidłowo wykonywali wymagane czynności na poszczególnych etapach likwidacji skażeń. Istotą problemu jest efektywny system przekazywania informacji i poleceń poszkodowanym (jednoznaczny i intuicyjny), a przy tym uniwersalny, co jest niezwykle ważne podczas międzynarodowych imprez masowych, np. w czasie Euro 2012. Autorzy proponują zastosowanie powszechnie zrozumiałych znaków, co nie tylko zapewni poprawność „samoodkażania” poszkodowanych, ale również pozwoli zredukować liczbę personelu placu likwidacji skażeń, odpowiedzialnych za przebieg procesu.

Summary

The effective mass casualty decontamination is known to base on well prepared and equipped response forces. In Poland, there is the National System of Crisis Emergency and it is divided into two response forces: a military one and a non-military one (Rescue System and State Fire Service). On the other hand, CBRN casualties conduct decontamination process their self (e.g. taking a shower) on emergency decontamination area. One of the most crucial issues is co-operation within the casualties and rescue personnel during mass decontamination process. Authors placed emphasis on guidelines for victims, who should be well-informed who to correct perform decontamination process. It seems to be crucial issue in mass decontamination. In the paper, there are proposed typical and clear information sign for people to they are clear what to do on the successive stages of decontamination process.

Słowa kluczowe: likwidacja skażeń, porażeni bronią masowego rażenia, terroryzm z użyciem broni masowego rażenia;
Keywords: mass decontamination, CBRN casualties, CBRN terrorism;

Wstęp

Katastrofy naturalne oraz antropogeniczne, w tym skutki działań terrorystycznych, uświadamiają społeczeństwu skalę zagrożeń i konieczność odpowiedniego przygotowania się na ich wypadek. W Polsce funkcjonuje Narodowy System Pogotowia Kryzysowego (NSPK), który w oparciu o elementy wykonawcze podsystemu niemilitarnego i militarnego odpowiedzialny jest m.in. za pomoc poszkodowanym. Efektywna współpraca elementów wykonawczych NSPK w ramach systemu reagowania kry-

zysowego wymaga stworzenia podstaw prawnych, doktrynalnych, organizacyjnych i koordynacyjnych umożliwiających osiągnięcie zdolności i gotowości systemu do sprawnej realizacji zadań wsparcia w każdych warunkach, w tym także do udzielania wsparcia organizowanego doraźnie. Proces przygotowania musi więc objąć czynności, które umożliwią lub ułatwią późniejszą realizację wszystkich zadań przewidzianych w ramach współpracy elementów podsystemu niemilitarnego z wydzielonymi pododdziałami SZ RP. Po wielu latach prac legislacyjnych dotyczących systemów wykrywania skażeń 16 paź-

dziennika 2006 roku (Dz.U.2006.191.1415) podpisano rozporządzenie, w którym określono organizację i warunki przygotowania oraz sposób funkcjonowania systemów obserwacji, pomiarów, analiz, prognozowania i powiadamiania o skażeniach na terytorium RP [8]. Na jego mocy miało dojść do ujednoczenia m.in. procedur działania, a wojskowy system wykrywania skażeń i alarmowania miał stanowić integralną część krajowego systemu wykrywania. Praktyka jednak rządzi się swoimi prawami i często elementy wykonawcze realizują zadania wg swoich wewnętrznych zasad, które jednak nie zapewniają jednolitości funkcjonowania i wzajemnej interoperacyjności wszystkich elementów NSPK. Najlepszym tego przykładem jest stosowanie różnych definicji w poszczególnych służbach. Termin „dekontaminacja”, powszechnie używany przez służby ratownicze (PSP, ratownictwo medyczne), jest spolszczeniem angielskiego *decontamination*, które jest tożsame polskiemu wyrażeniu „likwidacja skażeń”, obowiązującemu zgodnie z Polska Normą „Środki i urządzenia do likwidacji skażeń – Terminologia PN-V-01009:1999 [7]. Z prakseologicznego punktu widzenia takie rozbieżności powodują, że ratownicy posługują się różnymi pojęciami, a komunikacja jest utrudniona podczas wspólnych akcji.

W trakcie wykonywania zadań przez pododdziały wojsk chemicznych w ramach likwidacji skażeń na Punkcie Likwidacji Skażeń (PLS) istnieje konieczność zorganizowania skanalizowanego ruchu skażonych pojazdów oraz stanów osobowych. Na podstawie przeglądu etatowego wyposażenia pododdziałów wojsk chemicznych można stwierdzić, że nie posiadają one żadnego zestawu do kompleksowego oznakowania PLS. Należy tu zauważyć, że w procedurach dotyczących likwidacji skażeń (dekontaminacji), obowiązujących w Państwowej Straży Pożarnej, występuje podobny problem w zakresie systemu przekazywania informacji i poleceń poszkodowanym (jednoznaczne i intuicyjne). Skutkuje to realizacją dodatkowych, czasami bardzo czasochłonnych, czynności np. każdorazowe objaśnianie poszkodowanemu zakresu czynności i sposobu poprawnego zachowania podczas likwidacji skażeń, np. aby zdjąć w bezpieczny sposób skażoną odzież.

Celem artykułu jest zasygnalizowanie istotnych problemów dotyczących kierowania ruchem poszkodowanych podczas prowadzenia likwidacji skażeń przez elementy wykonawcze NSPK. Autorzy przedstawiają własne propozycje w tym zakresie i zapraszają do krytycznej dyskusji nad tym problemem, a przedstawiane rozwiązania nie są kompleksowe i nie wyczerpują poruszanej tematyki.

1. Problematyka kierowania ruchem w czasie likwidacji skażeń

W oparciu o analizy dotychczasowych procedur likwidacji skażeń przy zdarzeniach masowych oraz procedur prowadzenia likwidacji skażeń obowiązujących w wojskach chemicznych opracowano w Wyższej Szkole Oficerskiej Wojsk Lądowych we Wrocławiu „Zestaw Oznaczeń Punktu Likwidacji Skażeń” (ZOPLS) [6]. Zestaw przeznaczony jest dla wojsk chemicznych, a ze względu na uniwersalność i prostotę zastosowanych rozwiązań może znaleźć zastosowanie w trakcie likwidacji skażeń prowadzonej przez elementy podsystemu niemilitarnego, np. PSP.

Dotychczas, w czasie organizacji ruchu kolumn pojazdów stosowano zestawy znaków do oznakowania rejonów niebezpiecznych i przejść przez te rejon. Niestety nie spełniają one wymagań stawianych znakom używanym do kierowania ruchem w czasie likwidacji skażeń. Zastosowanie przedstawionych w artykule znaków, sposobu ich montażu (ustawiania) oraz ilości poszczególnych elementów ZOPLS pozwoli rozwiązać problemy związane z organizacją ruchu na PLS. Proponowane rozwiązania nie tylko usprawnią proces likwidacji skażeń, ale również ograniczą liczebność sił niezbędnych do regulacji ruchu (Policja, itp.). Dodatkowo, zminimalizuje to zagrożenia od skażeń wtórnych dla osób przebywających na PLS.

Autorzy przewidują, że zastosowanie nowego systemu kierowania ruchem ludzi i sprzętu zarówno skażonego, jak i czystego, umożliwi rozwiązanie dotychczasowych problemów. W rozważaniach przyjęto zasadnicze założenia i wytyczne:

- łatwość komunikowania się żołnierzy i ratowników stosujących środki ochrony dróg oddechowych;
- przekazywanie informacji kierowcom pojazdów, bez konieczności używania łączności bezprzewodowej lub otwierania nieskażonego pojazdu;
- przekazywanie informacji (poleceń) w sposób uniwersalny, bez względu na język jakim posługują się ratownicy i poszkodowani;
- jednoznaczność w przekazywaniu informacji;
- uniwersalność rozwiązań, umożliwiająca powszechne zastosowanie przez inne elementy podsystemu niemilitarnego podczas likwidacji skażeń w czasie zdarzeń z udziałem CBRN i/lub masowych.

W trakcie prac nad prototypem określono także wymogi techniczne, takie jak:

- znaki wykonane z blachy aluminiowej lub ocynkowanej z wytłoczonym rowkiem na jego krawędzi;
- powłoki lakiernicze, malarskie (sitodruk) lub folie powinny wykazywać odporność na działanie

- odkaźników takich jak ORO lub C-9 i innych agresywnych czynników;
- montaż (ustawienie) znaku nie może trwać dłużej niż 1 min, z uwzględnieniem wykonywania tej czynności w środkach ochrony osobistej lub w nocy;
- dodatkowe wyposażenie umożliwiające kierowanie ruchem: tablice z pisakami ścieralnymi, kolorowe taśmy ostrzegawcze, farby w aerozolu o właściwościach fluorescencyjnych.

ZOPLS znacznie usprawnia proces:

- kierowania ruchem kolumnami pojazdów (kołowych i gąsienicowych) do Rejonów i Placów Likwidacji Skażeń;

- prowadzenia likwidacji skażeń na Placach Likwidacji Skażeń, w szczególności na Placu likwidacji Skażeń Stanów Osobowych;
- komunikacji między obsługą Placów Likwidacji Skażeń a kierowcami w skażonych pojazdach, w zakresie ruchu tych pojazdów na danym Placu.







Zastosowane rozwiązania bazują w znacznej mierze na piktogramach już istniejących (choć stworzono również zupełnie nowe), a przez to zapewniają jasny i jednoznaczny (intuicyjny) przekaz: zakazów, nakazów i innych informacji. Użycie piktogramów znosi również problem komunikacji z ludźmi posługującymi się różnymi językami, co gwarantuje uniwersalność proponowanych rozwiązań.

Tabela 1.

Zestawienie podstawowych znaków i treści przez nie przekazywane

Źródło: opracowanie własne

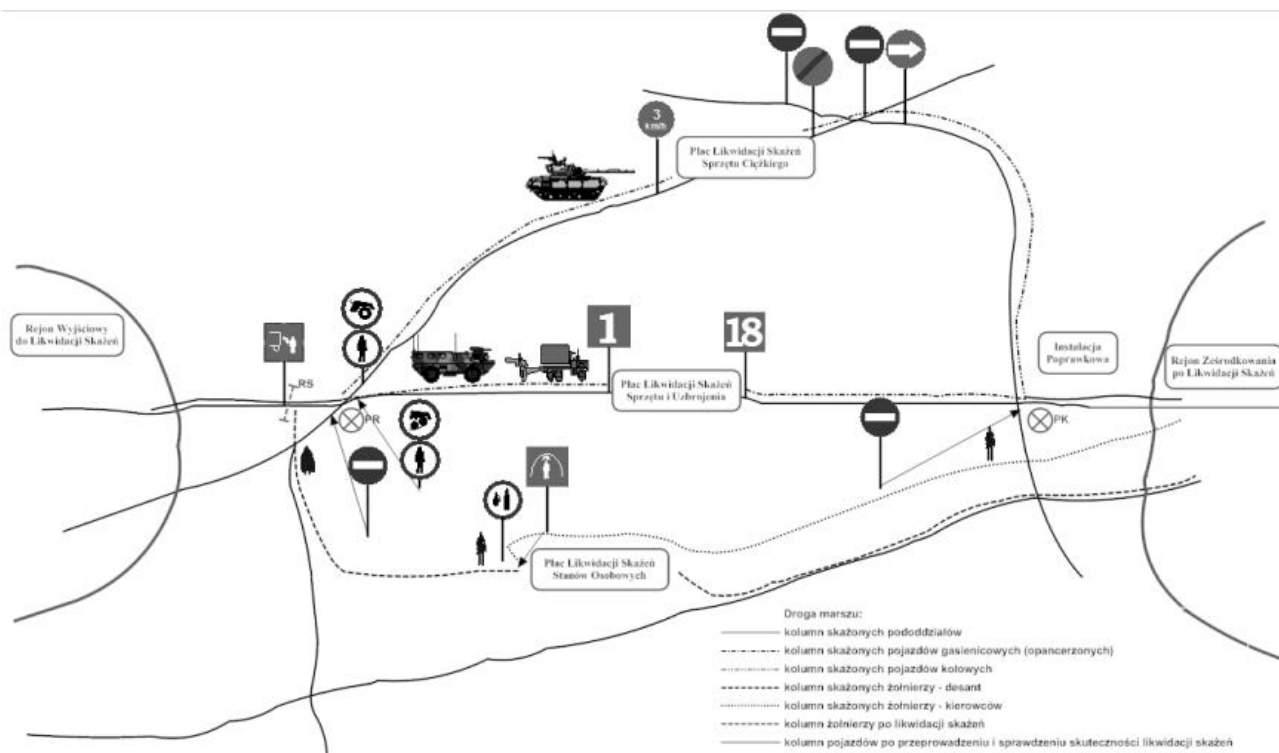
Białe symbole na niebieskim tle

		
Łazienka polowo-namiotowa (namiot do masowej likwidacji skażeń)	Miejsce opuszczania pojazdu przed likwidacją skażeń	Urządzenie ramowe (komora dekontaminacyjna) oraz sposób prowadzenia wstępnej likwidacji skażeń
		
Matą dezynfekcyjną	Miejsce zdejmowania skażonej odzieży ochronnej	Miejsce zdejmowania skażonej odzieży

		
Miejsce zdejmowania bielizny	Miejsce zdejmowania środków ochrony dróg oddechowych	Miejsce składowania amunicji i środków bojowych
		
Miejsce zdejmowania wyposażenia indywidualnego	Miejsce (stojak) na skażoną broń	Miejsce (stół) na skażoną broń krótką, sprzęt optyczny i środki łączności
		
Kierunek ruchu ¹	Nakaz utrzymywania prędkości 1 m/s – początek placu likwidacji skrzyżu ciężkiego	Koniec nakazu utrzymywania prędkości – koniec placu likwidacji skrzyżu ciężkiego

Czarne symbole na białym tle, krawędzie znaku w kolorze czerwonym

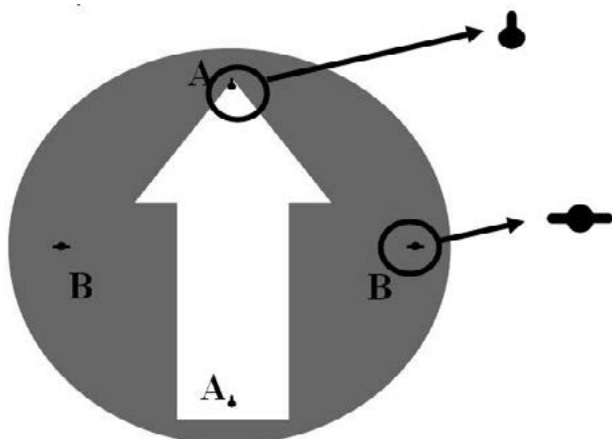
		
Zakaz ruchu pojazdów gąsienicowych	Zakaz ruchu pojazdów kołowych	Zakaz wnoszenia (wwożenia) amunicji i środków bojowych



Ryc. 1. Wariant organizacji ruchu w czasie likwidacji skażeń prowadzonej przez wojska chemiczne w czasie operacji militarnych
 Źródło: opracowanie własne

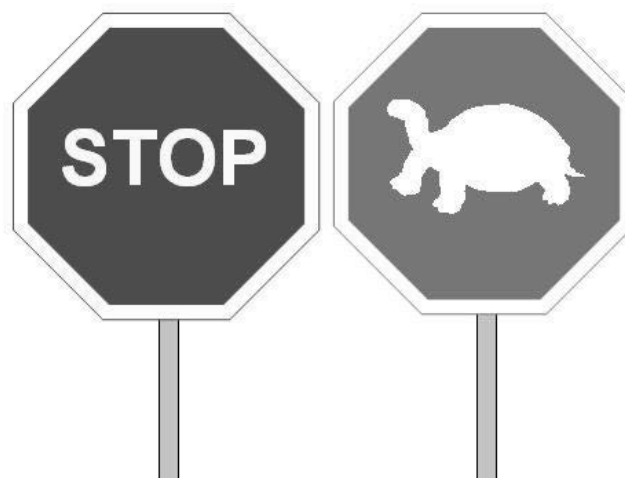
2. Konstrukcja znaków do organizacji ruchu poszkodowanych na PLS

Wszystkie znaki posiadają otwory umożliwiające montaż ich na słupach (będących na wyposażeniu zestawu). Dodatkowe otwory w znaku „Kierunek ruchu” umożliwiają ustawienie strzałki w różnych kierunkach.



Ryc. 2. Sposób montażu znaków
 A – układ podstawowych otworów montażowych,
 B – układ i kształt otworów dodatkowych
 Źródło: opracowanie własne

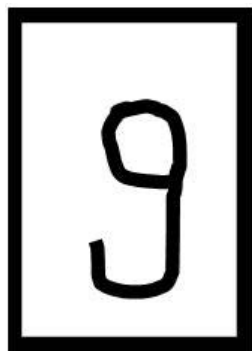
Do kierowania i ustawiania poszczególnych pojazdów na PLS zaprojektowano dwustronną tablicę STOP-POWOLI. Zastosowanie jej umożliwi bezpieczne zatrzymanie pojazdu w wyznaczonym miejscu.



Ryc. 3. Tablica STOP-POWOLI. Napis STOP umieszczony jest na czerwonym tle, zaś symbol żółwia – na zielonym tle.
 Źródło: opracowanie własne

W celu wielokrotnego przekazywania krótkiej informacji (polecenia) dla poszkodowanych lub szczegółowej, jednorazowej informacji kierowcy, zastosowano tablice informacyjne (300 x 400 mm). Tekst lub grafikę z informacją nanosi ratownik (żołnierz) na białą tablicę za pomocą czarnego, ścieralnego pisaka. Może to usprawnić prawidłowe i szybkie wykonywanie czynności przez poszkodowanych w czasie likwidacji skażeń. Ponadto, ten sposób komunikacji z kierowcami lub innymi osobami w pojazdach eliminuje problemy związane z komunika-

cją radiową, tj. brak środka łączności w pojeździe, bądź danych radiowych.



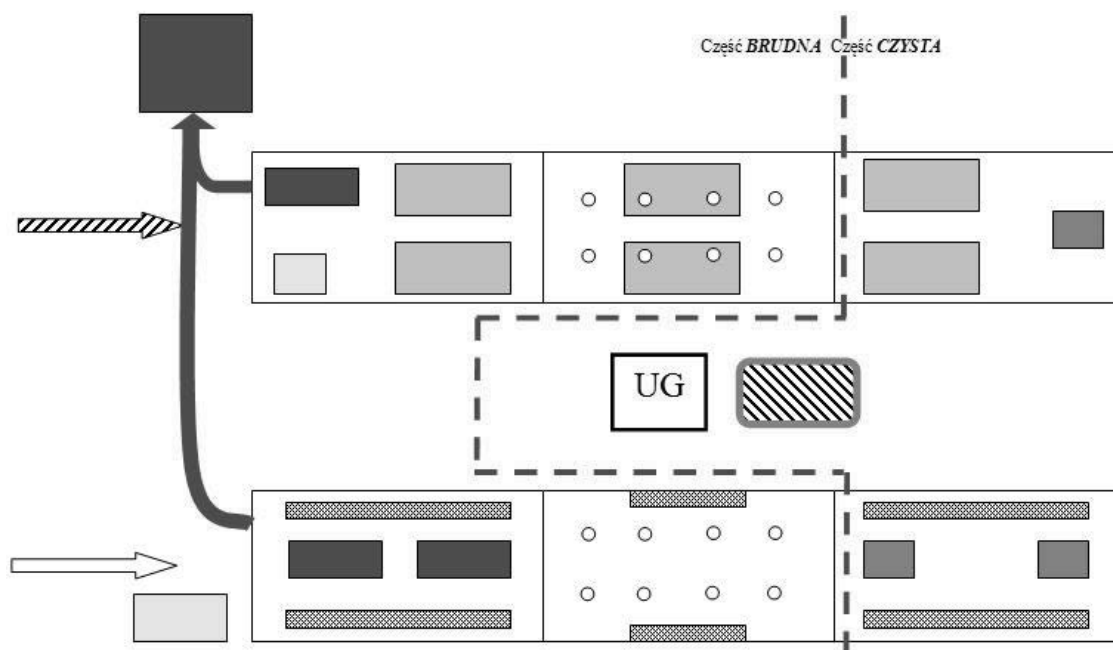
Ryc. 4. Tablica informacyjna
Źródło: opracowanie własne

3. Adaptacja systemu militarnego na potrzeby podsystemu niemilitarnego podczas likwidacji skażeń uszkodzonych

W przypadku wykorzystania sprzętu wojskowego na korzyść elementów układu niemilitarnego, ko-

nieczne jest stworzenie szczegółowej procedury organizacji ruchu na Placu likwidacji skażeń stanów osobowych, który zgodnie z niemilitarną nomenklaturą należało by nazwać miejscem dekontaminacji uszkodzonych. W wyniku prowadzonych prac w ramach projektu badawczego *Analiza możliwości współpracy wojsk chemicznych oraz elementów podsystemu niemilitarnego w ramach likwidacji skutków aktów terroru z wykorzystaniem toksycznych substancji chemicznych lub/i promieniotwórczych* [1, 2, 5], stworzono m.in. wariant organizacji ruchu uszkodzonych w czasie likwidacji skażeń (ryc. 5).

Przedstawiane poniżej wariant organizacji ruchu uszkodzonych w czasie likwidacji skażeń oraz wykorzystania pakietu do likwidacji skażeń wraz z uniwersalną instrukcją obsługi umożliwia zmniejszenie obsługi jednego ciągu („normalnego”) do minimalnej ilości 3 żołnierzy (ratowników), w tym jednego ratownika medycznego. Przepustowość takiego ciągu szacowana jest od 48 do 96 osób/h i zależy przede wszystkim od temperatury powietrza. Ciąg „specjalny” – przeznaczony dla osób niemogących



Legenda

	Kierunek ruchu uszkodzonych, którzy mogą samodzielnie przeprowadzić likwidację skażeń		Trasa transportu worków (czerwonych) ze skażoną odzieżą
	Kierunek ruchu uszkodzonych, którzy nie mogą samodzielnie przeprowadzić likwidacji skażeń		Pojemniki – nosze na worki (czerwone) ze skażoną odzieżą
	Pojemnik z kocami lub dodatkowa odzież		Stojaki na nosze do transportu uszkodzonych
	Miejsce pobierania pakietów do likwidacji skażeń		Wyposażenie dodatkowe (dozowniki środka do likwidacji skażeń, ławki, itp.)
	Urządzenie grzejne / przepływowy podgrzewacz wody		Zamknięty zbiornik z wodą

Ryc. 5. Wariant realizacji likwidacji skażeń przez drużynę likwidacji skażeń stanów osobowych wojsk chemicznych z wykorzystaniem łaźni polowo – namiotowej

Źródło: opracowanie własne

poruszać się samodzielnie lub wymagających opieki medycznej – jest obsługiwany doraźnie. Na podstawie antycypacji można rozpatrywać wariant bazujący na 4 żołnierzach (ratownikach) i 2 ratownikach medycznych. W pierwszym etapie jeden ratownik medyczny wraz żołnierzem (ratownikiem) przygotowywaliby poszkodowanego do likwidacji skażeń w namiocie – rozbieralni. Następnie, dwójka żołnierzy (ratowników) prowadziłaby likwidację skażeń u poszkodowanego w namiocie – łaźni. W przypadku nieprzytomności poszkodowanego, konieczna byłaby dodatkowa obecność ratownika medycznego (lekarza), nadzorującego jego czynności życiowe. W końcu, pozostały ratownik z żołnierzem zajmowałiby się poszkodowanym w namiocie – ubieralni, oraz przygotowywaliby go do transportu medycznego.

4. Algorytm likwidacji skażeń poszkodowanych oraz segregacji skażonej odzieży i przedmiotów osobistych - wariant dla łaźni polowo-namiotowej

Na szczególną uwagę zasługują czynności decydujące o bezpieczeństwie poszkodowanych oraz minimalizujące możliwość zagubienia przedmiotów osobistych (dokumentów, przedmiotów wartościowych). Czynności te obejmują:

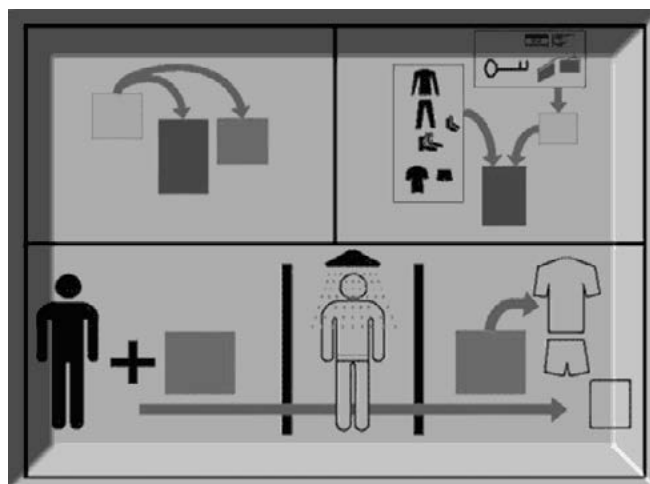
- zdejmowanie skażonej odzieży;
- przygotowanie skażonej odzieży do dalszej likwidacji skażeń lub utylizacji;
- zabezpieczenie przed zniszczeniem dokumentów oraz osobistych przedmiotów wartościowych;
- wydanie poszkodowanemu „czystej” odzieży.

Intuicyjny i jednoznaczny przekaz informacji z zastosowaniem znaków z całą pewnością poprawi bezpieczeństwo poszkodowanych oraz zminimalizuje ryzyko skażeń wtórnych w trakcie procesu likwidacji skażeń. Przykładowy scenariusz takiej organizacji ruchu poszkodowanych na Placu Likwidacji Skażeń organizowanym przez pododdziały wojsk chemicznych może przebiegać wg następujących punktów:

1. Osoba skażona przed wejściem do namiotu – rozbieralni otrzymuje indywidualny pakiet do likwidacji skażeń, składający się z trzech plastikowych toreb, ręcznika i bielizny. Sposób wykorzystania pakietu przedstawiany jest na pakiecie w formie graficznej (rys. 6) oraz na planszy w namiocie.
2. W pierwszym namiocie – rozbieralni poszkodowany otwiera pakiet i wyjmuje dwie torby: czerwoną i niebieską. Następnie zdejmuje odzież i wkładają ją do czerwonego worka. Przedmioty osobiste, dokumenty, pieniądze itp. wkłada do żółtej torby, w której był zapakowany cały pakiet. Obsługa rozbieralni na zamknięty czerwony

worek nakleja kartkę z informacją o właścicielu: imię i nazwisko.

3. Poszkodowany zabiera niebieską torbę i przechodzi do namiotu – łaźni, gdzie używając środków do likwidacji skażeń lub ciepłej wody i mydła zmywa całą powierzchnię ciała. Sanitariusz sprawdza poprawność likwidacji skażeń oraz stan skóry poszkodowanego, a następnie nakazuje przejść do namiotu – ubieralni.
4. W ubieralni poszkodowany otwiera niebieską torbę i wyjmuje ręcznik i bieliznę oraz obuwie. Dodatkowo, celem uniknięcia wychłodzenia organizmu, poszkodowany pobiera koc i wychodzi z namiotu.



Ryc. 6. Pakiet do likwidacji skażeń wraz z nadrukowaną instrukcją

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Ze względu na możliwość utrudnień w komunikacji pomiędzy ratownikami i poszkodowanym istnieje potrzeba zastosowania uniwersalnego języka. Rozwiązaniem tego problemu mogą być piktogramy oraz instrukcje obrazkowe.

Uwzględniając struktury wojsk chemicznych, sugeruje się wprowadzenie zestawu znaków na wyposażenie kompanii chemicznych oraz kompanii likwidacji skażeń. W przypadku elementów podsystemu niemilitarnego autorzy uważają, że zestaw znaków oraz tablice z piktogramami powinny znaleźć zastosowanie w Specjalistycznych Grupach Ratownictwa Chemicznego i Ekologicznego [3-4] należących do Centralnego i/lub Wojewódzkiego Odwołu Operacyjnego PSP, wyposażonych w sprzęt do dekontaminacji masowej. Ponadto autorzy uważają, iż należy przygotować jednolity algorytm likwidacji skażeń poszkodowanych, który obowiązywałby w czasie zdarzeń masowych w obu systemach.

Na szczególną uwagę zasługuje także należyte przygotowanie logistyczne całego procesu likwidacji skażeń w tym:

- segregacja i zabezpieczenie skażonych przedmiotów (ubrań),
- wydawanie środków do likwidacji skażeń, do mycia i czystej odzieży, oraz
- zapewnienie komfortu cieplnego i psychicznego poszkodowanym po procesie likwidacji skażeń.

Zadania te mogą zostać zrealizowane poprzez wcześniejsze przygotowanie i wydanie w miejscu prowadzenia likwidacji skażeń pakietów zawierających niezbędne środki do przeprowadzenia likwidacji skażeń.

Literatura

1. Maciejewski P., Pich R., Wrzesiński J., Pellowski W., Robak W., Szlęk J., Zielonka Z., Włodarczyk T.: Praca naukowo-badawcza nr ID/869/DzS, *Analiza możliwości współpracy wojsk chemicznych oraz elementów układu pozamilitarnego w ramach likwidacji skutków aktów terroru z wykorzystaniem toksycznych substancji chemicznych lub/i promieniotwórczych*. WSOWL, 2008-2010;
2. Maciejewski P., Pich R., Wrzesiński J., *Ratownictwo chemiczne w Narodowym Systemie Pogotowia Kryzysowego* [w] *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Różne oblicza bezpieczeństwa*, [red:] M. Żubera, Drukarnia WSOWL, 2010, w druku;
3. Maciejewski P., Pich R., Wrzesiński J., *Specjalistyczne Grupy Ratownictwa Chemicznego – Ekologicznego Państwowej Straży Pożarnej – zadania i wyposażenie cz. 1.*, Zeszyty Naukowe WSO-WL nr 1 (155) 2010, 150-160;
4. Maciejewski P., Pich R., Wrzesiński J., *Specjalistyczne Grupy Ratownictwa Chemicznego – Ekologicznego Państwowej Straży Pożarnej – zadania i wyposażenie cz. 2.*, Zeszyty Naukowe WSO-WL nr 2 (156) 2010, 217-241;
5. Pich R., Maciejewski P., Wrzesiński J., *Tekniczne możliwości sprzętu wojsk chemicznych w aspekcie likwidacji skażeń na korzyść podsystemu niemilitarnego*, V Międzynarodowa konferencja naukowa, *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne – zagrożenia i wyzwania dla bezpieczeństwa*, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im gen. Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu, 3-5 czerwca 2009, Wrocław;
6. Pich R., Maciejewski P., *Projekt racjonalizatorski: Zestaw oznaczeń Punktu Likwidacji Skażeń*, Decyzja nr 4/2008 z dnia 14.04.2008r;
7. Polska Norma: Środki i urządzenia do likwidacji skażeń – Terminologia PN-V-01009:1999;
8. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 16 października 2006 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i właściwości organów w tych sprawach. (Dz. U. z dnia 20 października 2006).

Recenzenci

dr Tomasz Węsierski
dr inż. Adam Majka

Wskazówki dla Autorów

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Artykuły należy przysyłać na adres:

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

ul. Nadwiślańska 213

05-420 Józefów k/Otwocka

Kwartalnik CNBOP

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

Requirements for authors

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

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

Title: The title should be short and concise.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

The papers should be sent to:

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

Problem z bezpieczeństwem? My go rozwiążemy!

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

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



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

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

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

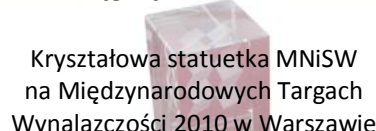
✚ **Opinie i ekspertyzy techniczne** w zakresach j.w.;

✚ **Analizy przyczyn** powstawania pożarów;



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

Nasze osiągnięcia w 2010 roku:



Centrum Naukowo – Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowy Instytut Badawczy

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

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

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



Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB

Szanowni Państwo,

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

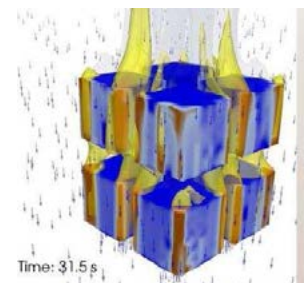
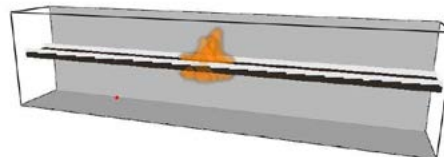
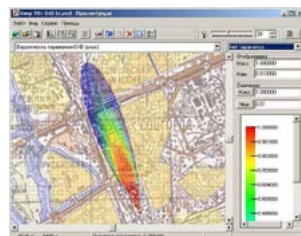
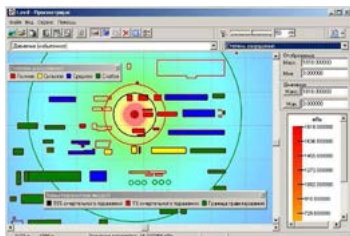
Prowadzimy działalność badawczą, naukową oraz ekspercką w zakresie:

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



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

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



Zapraszamy Państwa do współpracy

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

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

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