



WSPOMAGANIE PROCESÓW ZARZĄDZANIA  
DZIAŁANAMI W STRAŻY POŻARNEJ

Redakcja naukowa  
dr inż. Jacek Roguski

Wydawnictwo CNBOP-PIB

# WSPOMAGANIE PROCESÓW ZARZĄDZANIA DZIAŁANAMI W STRAŻY POŻARNEJ

Opracowano w ramach projektu nr: DOBR-BIO4/051/13087/2013 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju pod tytułem „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”

## Projekt realizowany przez konsorcjum w składzie:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego  
– Państwowy Instytut Badawczy; CMGI Sp. z o.o.; Szkoła Główna Służby Pożarniczej;  
MLabs Sp. z o.o.; TELDAT Sp. z o.o. Sp. k.



CMGI  
CMGI Sp. z o.o.



TELDAT

Wydawnictwo CNBOP-PIB

**Redakcja opracowania:**

dr inż. Jacek Roguski

**Recenzja:**

prof. dr hab. inż. Jan Posobiec

dr hab. inż. Marek Kubiński

**Korekta:**

Anna Pacek

**Projekt okładki:**

Julia Pinkiewicz

**Grafika na okładce:**

made by Freepik.com

**ISBN 978-83-61520-75-7**

**DOI 10.17381/2016.7**

© Copyright by Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2016

**Skład i druk:**

BEL Studio Sp. z o.o.

01-355 Warszawa

ul. Powstańców Śl. 67 B

tel./fax (+48 22) 665 92 22

e-mail: studio@bel.com.pl

księgarnia: <http://www.iknt.edu.pl>

**Wydawca:**

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej

im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

05-420 Józefów k/Otwocka ul. Nadwiślańska 213

[www.cnbop.pl](http://www.cnbop.pl)

# SPIS TREŚCI

Wstęp . . . . .	5
-----------------	---

## Część I

### Nadzór nad eksploatacją wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania

Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania <i>Jacek Roguski</i> . . . . .	15
--	----

Jakość i wydajność transmisji danych w sieci Wi-Fi MESH WDS systemu monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej <i>Wojciech Makowski, Rafał Motylewski, Paweł Stosik, Marek Jeliński, Łukasz Apiecionek</i> . . . . .	39
--	----

Analiza działania komponentów zintegrowanego systemu monitorowania sprzętu pożarniczego <i>Bartosz Kukawka, Mikołaj Sobczak, Michał Tomczyk, Marek Wąsik</i> . . . . .	49
--	----

Wspomaganie dowodzenia podczas działań ratowniczo-gaśniczych przez monitorowanie systemu eksploatacji <i>Włodzimierz Kupicz, Paweł Ogrodnik</i> . . . . .	59
---	----

## Część II

### Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych

Koncepcja kryteriów wyboru decyzji logistycznych w wielopodmiotowych akcjach ratowniczych <i>Robert Piec, Adrian Bralewski, Rafał Wróbel</i> . . . . .	71
--	----

Zabezpieczenie logistyczne służb ratowniczych w akcjach przeciwpowodziowych <i>Dorota Riegert, Zuzanna Ślosorz</i> . . . . .	89
---	----

Narzędzie teleinformatyczne wspomagające zarządzanie działaniami logistycznymi podczas prowadzenia długotrwałych i wielopodmiotowych akcji ratowniczych <i>Andrzej Grabowski</i> . . . . .	97
--	----

## Część III

### Innowacyjne systemy gaśnicze w działaniach ratowniczo-gaśniczych

Systemy gaśnicze bazujące na silnikach odrzutowych i ich wykorzystanie w rzeczywistych działaniach <i>Tomasz Węsierski, Bernard Król</i> . . . . .	111
Zakończenie . . . . .	121
Bibliografia . . . . .	123
Abstrakty . . . . .	131
Notki biograficzne . . . . .	143

# WSTĘP

Publikacja *Wspomaganie procesów zarządzania działaniami w straży pożarnej* jest wynikiem realizowanych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym (CNBOP-PIB) projektów z obszaru bezpieczeństwa i obronności finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Zaprezentowane opracowania dotyczą projektów badawczych, w realizacji których uczestniczyło CNBOP-PIB zarówno w roli lidera, jak i członka konsorcjum, takich jak:

- DOBR-BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”;
- DOBR-BIO4/047/13419/2013 „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”;
- DOBR-BIO6/06/113/2014 „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”.

W ujęciu definicyjnym proces zarządzania działaniami straży pożarnej w zakresie technicznym jest zjawiskiem techniczno-ekonomicznym zachodzącym w procesie eksploatacji, nadzorowanym i sterowanym przez eksplotatora/logistyka. Jego decyzje mogą być podejmowane intuicyjnie i zależnie od przypadkowej wiedzy lub profesjonalnie, zgodnie z nauką o eksploatacji lub wymaganiami nauki zwanej logistyką. Zaproponowane rozwiązania systemowe, będące efektem projektów ściśle powiązanych z oczekiwaniami gestora reprezentującego środowisko zawodowe, potwierdzają powiązanie efektów prac z oczekiwaniami środowiska zawodowego.

W części I *Nadzór nad eksploatacją wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania* zostały przedstawione najciekawsze elementy powstającego w wyniku realizacji projektu demonstratora technologii – systemu teleinformatycznego zbierającego dane eksploatacyjne wytypowanego wyposażenia straży pożarnej oraz przetwarzającego pozyskane dane w sposób umożliwiający ich wykorzystanie w ramach wspomagania działań logistycznych. Przyjęta struktura pozyskiwania informacji z budowanego systemu pozwala na niezależne i zautomatyzowane pozyskiwanie danych na różnych szczeblach zarządzania, począwszy od poziomu JRG, na KGPSP kończąc. Zdaniem wykonawców projektu wytworzony system monitorowania stanu technicznego generując w sposób automatyczny raporty bez konieczności angażowania pracowników do ręcznej analizy danych pozwoli na sprawniejsze zarządzanie operacyjne i logistyczne.

W skład konsorcjum realizującego projekt wchodzi Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy (CNBOP-PIB), Szkoła Główna Służby Pożarniczej (SGSP), CMGI Sp. z o.o., MLABS Sp. z o.o., TELDAT Sp. z o.o. Sp. k. W ramach realizacji zaplanowanych zadań badawczych przygotowano demonstrator technologii wykonany w VIII PGT, pozwalający na:

- monitorowanie stanu wybranych urządzeń za pomocą systemu sensorów;
- przesyłanie na bieżąco w warunkach operacyjnych danych pozyskanych z sensorów do systemu informatycznego przez stworzony system łączności oraz zdalny dostęp do systemu w ramach posiadanych uprawnień;
- zbieranie i przesyłanie danych eksploatacyjno-serwisowych sprzętu objętego systemem nadzoru oraz wspomaganie zadań logistycznych w zakresie serwisowania oraz zakupów sprzętu.

Zapewni to możliwość sporządzania:

- prognoz eksploatacyjnych, na podstawie których tworzy się raporty wykorzystywane w procesie podejmowania decyzji logistycznych;
- informacji dotyczących rewersów eksploatacyjnych wyposażenia, a także typowania jednostek organizacyjnych, w których w najbliższym czasie może dojść do uszkodzenia sprzętu;
- tworzenia list rankingowych określonego rodzaju sprzętu pod względem trwałości/awaryjności;
- list posortowanych pod względem kosztów eksploatacji (przy znajomości kosztów zakupu, użytkowania oraz serwisowania).

W ramach etapu III konsorcjum realizuje badania mające na celu walidację zbudowanego systemu oraz sprawdzenie założonych funkcjonalności.

W materiale *Analiza działania komponentów zintegrowanego systemu monitorowania sprzętu pożarniczego* zaprezentowano system monitorowania sprzętu pożarniczego. System pozwala monitorować w czasie rzeczywistym funkcjonowanie urządzeń, na których został zainstalowany, oraz gromadzić dane o ich działaniu. Bezpośrednio na urządzeniach są instalowane czujniki i moduły mierzące podstawowe parametry pracy urządzenia. Wartości pomiarów są automatycznie analizowane, aby w przypadku nieprawidłowości zgłosić odpowiedni komunikat. Pozwala to na szybką reakcję i uniknięcie potencjalnych awarii. System dokonuje pomiarów parametrów pracy urządzeń, na których został zainstalowany, rejestruje je oraz analizuje w celu wykrycia nieprawidłowości w działaniu. Umożliwia również porównywanie danych historycznych i tworzenie raportów. System jest przeznaczony przede wszystkim dla urządzeń pożarniczych, które wymagają niezawodności działania, a których niepoprawne funkcjonowanie można wykryć odpowiednimi czujnikami/sensorami. System zainstalowano i przetestowano na różnego rodzaju motopompach, autopompie oraz agregacie hydraulicznym.

W publikacji opisano działanie systemu, korzyści wynikające z jego użytkowania oraz wnioski z przeprowadzonych testów i spostrzeżenia podczas eksploatacji. W publikacji *Jakość i wydajność transmisji danych w sieci Wi-Fi MESH WDS systemu monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej* przedstawiono sposoby dozoru nad urządzeniami eksploatowanymi w straży pożarnej za pomocą rozległych sieci bezprzewodowych. Tego typu łącza pozwalają na ciągłe monitorowanie wykorzystywanego sprzętu w całej akcji ratowniczo-gaśniczej. Cechą bezprzewodowych sieci mesh WMN (ang. *Wireless Mesh Network*) są nieruchome, bezprzewodowe

węzły przekaźnikowe, tworzące szkielet sieci dla mobilnych węzłów dostępowych. Przekazywanie danych w sieci mesh odbywa się przez wykonanie wielu przeskoków. Podstawową zaletą tego typu sieci jest łatwość rozbudowy. Sieci mesh charakteryzują się także dużą przepustowością oraz umiejętnością reakcji na awarie. Bazą dla rozwiązań typu mesh są routery Wi-Fi, które działają w układzie *Infrastructure/ Backbone*, gdzie punkty dostępowe tworzą (w formie *Infrastructure*) strefy dostępu dla klientów. W przypadku gdy obszar monitorowania jest zbyt duży, aby objęło go jedno urządzenie, wykorzystuje się sieci kratowe – mesh. Na utworzenie tego typu łączności pozwala protokół WDS, zastosowany w rozwiązaniu projektu *Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania*. WDS pozwala na połączenie ze sobą węzłów, które tworzą jedną sieć, umożliwiając użytkownikom mobilnym dostęp do zasobów niezależnie od węzła, do którego są bezpośrednio podłączeni. Ponieważ budowany w ramach projektu system monitoringu na bieżąco przesyła dane, niezbędne było sprawdzenie, czy zwiększenie liczby węzłów do krytycznej wartości znacząco wpłynie na jakość i wydajność transmisji danych. Pod pojęciami *jakość* i *wydajność* rozumie się prędkość, z jaką dane były wysyłane oraz czy zachowano ich integralność.

W publikacji *Wspomaganie dowodzenia podczas działań ratowniczo-gaśniczych poprzez monitorowanie systemu eksploatacji* omówiono zadania realizowane przez Szkołę Główną Służby Pożarniczej polegające na zamontowaniu systemów pomiarowych na samochodzie ratowniczo-gaśniczym oraz przenośnym sprzęcie ratowniczym. Do montażu systemu wykorzystano pojazd GBA 2,5/16 Renault Midlum 220 dCi zabudowany przez ISS Wawraszek o numerze operacyjnym 250W22. Przed zamontowaniem elementów systemu niezbędne było przeprowadzenie prac spawalniczych, modyfikujących kolektor autopompy znajdującej się na pojeździe tak, aby możliwy był montaż czujników pomiarowych. W wyniku prac projektowych dokonano także procesu montażu systemu na następujących urządzeniach: pompie pływającej Niagara 1 KZWM Ogniochron, motopompie szlamowej Honda SST50, motopompie Tohatsu VC72AS a także agregacie hydraulicznym REA 3,3/1,1–6 Weber Rescue. W celu kompleksowej oceny opracowano metodykę badań. Obejmuje ona zarówno sprawdzenia laboratoryjne z wykorzystaniem posiadanej w Szkole Główniej Służby Pożarniczej aparatury pomiarowej, jak i sprawdzenia funkcjonalne w symulowanych stanach obciążenia, zbliżonych do warunków operacyjnych oraz na zakończenie demonstrację systemu w warunkach ćwiczeń podczas akcji ratowniczo-gaśniczych. Zarejestrowane informacje w systemie posłużyły do porównania z prowadzoną w sposób klasyczny ewidencją zdarzeń w systemie SWD-ST. W pracy przedstawiono opracowaną metodykę badań systemu monitorowania oraz proces montażu urządzeń systemu w samochodzie ratowniczo-gaśniczym. Zaprezentowano poszczególne elementy systemu i ich rozmieszczenie w pojeździe. Opracowana metodyka obejmuje, oprócz badań stanowiskowych potwierdzających poprawność działania systemu i pomiarów wykonywanych przez jego poszczególne systemy,



również funkcjonalność operacyjną. System badany był pod kątem wygody użytkownika, odporności na warunki pracy odpowiadające akcjom ratowniczo-gaśniczym i specyfice tych działań. Opracowana metodyka badań pozwoliła na określenie jego zastosowania zarówno na etapie planowania eksploatacji, dowodzenia podczas akcji ratowniczo-gaśniczych oraz wycofywania i naprawy sprzętu ratowniczego. Przedstawiony system monitorowania stanu technicznego potwierdził swoją przydatność jako system wspomagania eksploatacji sprzętu ratowniczo-gaśniczego.

Część II *Wspomaganie procesów zarządzania działaniami logistycznymi w straży pożarnej* poświęcona została wypracowaniu rozwiązań systemowych wspierających organizację zabezpieczenia logistycznego długotrwałych akcji ratowniczych, pozwalających na osiągnięcie zadowalającego stopnia spójności i sprawności podmiotów realizujących i zarządzających zabezpieczeniem logistycznym tych akcji ratowniczych. Jest ona wynikiem realizacji projektu „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”. Przedstawiony materiał stanowi zbiór prac wykonanych przez konsorcjantów związanych z tworzeniem produktów projektu oraz prowadzonymi pracami badawczymi, dających w efekcie użytkownikom narzędzie do realizacji działań zarządczych pozwalające na uniknięcie błędów w podejmowaniu decyzji logistycznych, a w konsekwencji operacyjnych. Projekt realizują: Szkoła Główna Służby Pożarniczej (SGSP), Akademia Sztuki Wojennej (d. AON), Sonovero Sp. z o.o. Planowanym efektem projektu jest system kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych. W projekcie zrealizowano poniższe cele szczegółowe:

1. Opracowanie kompleksowego Systemu Zabezpieczenia Logistycznego – narzędzia informatycznego wspierającego:
  - a) logistykę w czasie przygotowania do akcji;
  - b) logistykę w czasie akcji wraz z wizualizacją pozycji wybranych zasobów na mapach cyfrowych;
  - c) proces planowania działań w czasie akcji;
  - d) wspomaganie zarządzania akcją ratowniczą;
  - e) pozyskiwanie informacji o siłach i środkach z zewnętrznych baz.
2. Stworzenie demonstratora prezentującego możliwości systemu teleinformatycznego w warunkach operacyjnych.
3. Analiza systemów logistycznych różnych podmiotów ratowniczych, mechanizmów uruchamiania zabezpieczenia logistycznego oraz wskazanie koniecznych zmian organizacyjnych niezbędnych do optymalnego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych.
4. Opracowanie zasad i procedur weryfikacji aktualnego i prognozowanego poziomu gotowości operacyjnej podmiotów zaangażowanych w działania ratownicze.
5. Opracowanie precyzyjnych kryteriów wyznaczania podmiotu wiodącego w zależności od rodzaju, wielkości, prognozy rozwoju i zaniku zagrożeń oraz rzeczywistych możliwości współpracy podczas wielopodmiotowych akcji ratowniczych.

6. Opracowanie konkretnych wymogów i wytycznych dotyczących narzędzia informatycznego wspierającego zabezpieczenie logistyczne wielopodmiotowych akcji ratowniczych, a w szczególności określające wielkość i rodzaj potrzeb sprzętowych, baz danych, programów, narzędzi, ich pożądane zdolności i możliwości.
7. Usprawnienie zarządzania zasobami logistycznymi i reagowanie na dynamicznie zmieniające się potrzeby akcji ratowniczych.
8. Wypracowanie optymalnych mechanizmów wieloaspektowego zabezpieczenia logistycznego dla rejonu działań ratowniczych i strefy objętej działaniami prewencyjnymi.
9. Wypracowanie propozycji zmian legislacyjnych usprawniających tworzenie i uruchamianie zabezpieczenia logistycznego akcji ratowniczych.
10. Przeprowadzenie demonstracji systemu podczas jednej z wybranych wielopodmiotowych akcji na terenie wybranego województwa.

W materiale *Koncepcja kryteriów wyboru decyzji logistycznych w wielopodmiotowych akcjach ratowniczych* przedstawiono kryteria wyboru decyzji w oparciu o teorię gier. Istotą teorii gier jest wyznaczanie optymalnej strategii w warunkach konfliktu i kooperacji. Jednym z zagadnień, które są rozważane, są gry z naturą. W tego typu grach przeciwnikiem jest natura, która może być również obiektem, człowiekiem czy zagrożeniem. Przeciwnik ten posiada jedną ważną cechę – nie jest zainteresowany wynikiem gry. Strategia działania (nazywana stanem natury), którą podejmie przeciwnik, jest nieprzewidywalna. Zatem gracz, który mierzy się z naturą, powinien w pierwszej kolejności określić istotne dla niego kryteria decyzyjne. Reguła minimalnego żalu (kryterium Savage'a) ma na celu zminimalizowanie żalu podjęcia błędnej decyzji. Według tego kryterium należy zidentyfikować maksymalną wygraną, następnie od tej wartości odjąć pozostałe wartości (wygrane) w kolumnie, tworząc macierz żalu. W kontekście gry z naturą, gdzie przeciwnikiem jest powódź maksymalną, wygraną jest minimalna strata

W publikacji *Zabezpieczenie logistyczne służb ratowniczych w akcjach przeciwpowodziowych* dokonano analizy zabezpieczenia logistycznego służb ratowniczych biorących udział w akcjach powodziowych, które wystąpiły na terenie Polski w 2010 r., na przykładzie działań Państwowej Straży Pożarnej (PSP). Z analizy dostępnych materiałów źródłowych wynika, że współpraca poszczególnych służb w chwili wystąpienia zagrożenia powodziowego i powodzi jest niezbędna, jednakże niejednokrotnie niesie ze sobą również problemy takie jak brak podglądu w zasoby innych służb. Zdaniem autorów niezmiernie ważne jest stworzenie systemu zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych, którego głównym zadaniem powinno być podnoszenie efektywności systemu ochrony przeciwpowodziowej w Polsce.

W publikacji *Narzędzie teleinformatyczne wspomagające zarządzanie działaniami logistycznymi podczas prowadzenia długotrwałych i wielopodmiotowych akcji ratowniczych* zaprezentowano nowoczesne oprogramowanie komputerowe w połączeniu z środkami bezprzewodowej telekomunikacji i przenośnymi urządzeniami typu

smartfon i tablet, mogące posłużyć do wspomagania pracy dużej grupy osób zaangażowanych w prowadzenie działań ratowniczych. Szczególnie interesujące jest wspomaganie pracy Kierującego Działaniami Ratowniczymi w czasie długotrwałych akcji ratowniczych, które często charakteryzują się koniecznością koordynacji działań różnych podmiotów, a także grup osób nie wyposażonych we własne środki telekomunikacji. Długi, liczony w dniach a nawet tygodniach, czas działań wysuwa na pierwszy plan konieczność zapewnienia dostaw i realizacji potrzeb logistycznych. Nawet najlepiej przeszkoleni i silnie zmotywowani ludzie nie są w stanie skutecznie działać bez zapewnienia odpowiednich środków, w tym materiałów eksploatacyjnych, paliwa, wody i żywności. Ważna jest również kwestia zakwaterowania osób, w tym osób ewakuowanych. W tego typu działaniach przydatne jest wykorzystanie scentralizowanej bazy danych do szybkiego i automatycznego przeliczania potrzeb logistycznych poszczególnych podmiotów oraz przygotowania raportów i dokumentacji opisującej przebieg prowadzonych działań. Dodatkowym atutem systemu teleinformatycznego jest prezentacja wszystkich danych w czasie rzeczywistym na mapie, co może być niezwykle przydatne do podejmowania szybkich trafnych decyzji.

Rola, jaką odgrywa system logistyczny w Państwowej Straży Pożarnej, ma istotne znaczenie, o nim przekonujemy się w trakcie wykonywanych działań ratowniczo-gaśniczych. Zakłada się, że zabezpieczenie logistyczne działań ratowniczych powiązane jest z akcjami dużymi i długotrwałymi [1], gdy wykorzystujemy w maksymalny sposób możliwości zaplecza logistycznego na potrzeby strażaków-ratowników realizujących zleczone działania. W praktyce każde, nawet najdrobniejsze działanie wymagające interwencji jednostki ratowniczej, uzależnione jest od sprawnie zarządzanego systemu logistycznego. Istotne jest znaczenie zarządzania logistycznego, nie tylko w prawidłowym funkcjonowaniu Państwowej Straży Pożarnej, ale również w kształtowaniu bezpieczeństwa na różnych poziomach zarządzania [2]. Trudno ocenić efektywność systemu logistycznego stosowanego w PSP, wiemy jednak, że wymaga on nieustannej transformacji uwzględniającej wszystkie możliwe rozwiązania w tym zakresie, przy wykorzystaniu najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie. Sprawny systemem logistyczny przyczynia się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa, z drugiej strony zaś jest sposobem optymalizacji kosztów. Doświadczenia i wnioski z przeprowadzonych akcji ratowniczo-gaśniczych stały się przyczynkiem do podjęcia próby analizy systemu zarządzania eksploatacją sprzętu, a także zarządzania logistycznego w celu podwyższenia efektywności tworzenia oraz wykorzystania istniejącego potencjału ratowniczego dla potrzeb szeroko rozumianego bezpieczeństwa publicznego (przy zaadaptowaniu najnowszych osiągnięć i rozwiązań w dziedzinie zarządzania logistycznego i procesami eksploatacji) [3–4].

Część III *Innowacyjne systemy gaśnicze w działaniach ratowniczo-gaśniczych* zawiera informacje związane z wykorzystaniem nowych konstrukcji sprzętu w szeroko pojętych działaniach ratowniczo-gaśniczych. W ramach projektu „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy” realizowanego przez konsorcjum w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony

Przeciwożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii oraz JAS technologie Sp. z o.o. – jest opracowany demonstrator technologii mobilnego turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego pozwalający na gaszenie pożarów dużych instalacji technologicznych, obiektów wielkokubaturowych oraz pożarów lasów na dużej przestrzeni, a także możliwość wykorzystania w dekontaminacji masowej oraz ograniczaniu rozprzestrzeniania i likwidacji skażeń. W ramach projektu wypracowano rozwiązania systemowe wspierające organizację zabezpieczenia logistycznego długotrwałych akcji ratowniczych – osiągnięto zadowalający stopień spójności i sprawności podmiotów zarządzających zabezpieczeniem logistycznym tych akcji ratowniczych i realizujących je.

Celem działań zespołu projektowego było opracowanie demonstratora technologii na poziomie możliwości zastosowania w przewidywanych warunkach. Ze względu na bardzo duże zainteresowanie gestora posiadaniem sprzętu gotowego do użycia konsorcjum podjęło działanie zmierzające do przygotowania takiego systemu. Znane są rozwiązania zagraniczne turbinowych systemów gaśniczych, jednakże posiadają one szereg ograniczeń, które były wyeliminowane w toku trwania projektu. Demonstrator jest kompatybilny z obecnie używaną armaturą pożarniczą jednostek ratowniczych w Polsce również w zakresie współpracy z samochodami oraz agregatami proskowymi. W ramach projektu zostaną wytworzone:

- mobilny demonstrator turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego posiadający wszelkie niezbędne dopuszczenia konieczne do praktycznego wykorzystania w działaniach ratowniczo-gaśniczych;
- zbiór wymagań certyfikacyjnych dla technologii turbinowych systemów gaśniczych;
- dokumentacja techniczna demonstratora technologii;
- taktyka działań ratowniczo-gaśniczych z wykorzystaniem demonstratora, ze szczególnym uwzględnieniem armatury współdziałającej;
- wyniki badań dotyczące zasięgu i stopnia rozproszenia prądów wody i roztworów wodnych w zależności od dodatków;
- wyniki badań wpływu stopnia rozproszenia neutralizatora na przebieg procesu neutralizacji.

W ramach badania demonstratora i weryfikacji jego funkcjonalności przeprowadzone zostaną badania skuteczności dekontaminacji przy użyciu poszczególnych środków nanoszonych za pomocą turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego, zostaną sporządzone charakterystyki użytkowe pod kątem zasięgu rzutu, skuteczności gaśniczej, charakterystyki chłodniczej podczas działań w obronie, możliwości prowadzenia działań w trudnym terenie oraz współdziałania z dotychczas stosowanym sprzętem pożarniczym.



## **CZĘŚĆ I**

# **NADZÓR NAD EKSPLOATACJĄ WYBRANYCH OBSZARÓW WYPOSAŻENIA STRAŻY POŻARNEJ W ZAKRESIE NIEZAWODNOŚCI I SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA**



# OPRACOWANIE METODOLOGII STAŁEGO NADZORU EKSPLOATACJI WYBRANYCH OBSZARÓW WYPOSAŻENIA STRAŻY POŻARNEJ W ZAKRESIE NIEZAWODNOŚCI I SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA

Jacek Roguski

Celem projektu jest stworzenie demonstratora technologii – systemu teleinformatycznego zbierającego i przetwarzającego dane oraz wspierającego zadania logistyczne w zakresie serwisowania oraz zakupów sprzętu ratowniczego, a także zawierającego bazę świadectw dopuszczenia wydawanych przez CNBOP-PIB przy wykorzystaniu zaawansowanych technologii informatycznych wspomagających zarządzanie kryzysowe i ratownictwo. Powyższy efekt osiągnięto, realizując następujące cele szczegółowe:

1. Opracowanie metod stałego nadzoru i kontroli umożliwiających nadzór i analizę niezawodności wyposażenia ratowniczego – aplikacja komputerowa (określenie newralgicznych parametrów wyposażenia).
2. Opracowanie metod doskonalenia tych parametrów w celu poprawy bezpieczeństwa ratownika i skuteczności prowadzonych działań z uwzględnieniem potrzeb i oczekiwań ratowników w kontekście działań ratowniczych – samodzielne oprogramowanie.
3. Wypracowanie rekomendacji do nowelizacji wymagań techniczno-użytkowych wyposażenia straży pożarnej.
4. Demonstracja systemu w warunkach operacyjnych.
5. Opracowanie dokumentacji technicznej systemu.
6. Określenie metod badań eksploatacyjnych wyposażenia (w tym ankietowych) oraz procedury wdrażania wyników badań.

Efektom realizacji projektu jest demonstrator systemu diagnostyki technicznej wyposażenia straży pożarnej, w skład którego wchodzi:

- system sensorów monitorujący stan wybranych urządzeń;
- system łączności pozwalający na przesyłanie na bieżąco w warunkach operacyjnych danych pozyskanych z sensorów do systemu informatycznego oraz pozwalający na zdalny dostęp do stworzonego systemu;
- system informatyczny zbierający i przetwarzający dane oraz wspierający zadania logistyczne w zakresie serwisowania oraz zakupu sprzętu ratowniczego.

Stworzony system informatyczny wraz z systemem diagnostyki technicznej środków wyposażenia straży pożarnej zwiększy niezawodność sprzętu ratowniczego,



co z kolei przełoży się na wyższą gotowość straży pożarnej do podejmowania działań ratowniczo-gaśniczych (R-G). Wybrane dane lub całe raporty generowane przez system mogą trafić bezpośrednio do systemu służącemu budowie planów zarządzania kryzysowego. Systemy te mogą być ze sobą sprzężone w zakresie określonym na podstawie wymagań zawartych w metodologii budowy planów zarządzania kryzysowego. Ponadto z systemu będzie można zaczerpnąć dane do budowanych w przyszłości systemów dowodzenia działaniami ratowniczymi [1–2].

Zdalne monitorowanie oraz badania przyspieszonego starzenia połączone z wysoce zaawansowanym systemem analizującym, przeznaczonym dla Straży Pożarnej, mogą znaleźć zastosowanie w wielu branżach [3]. Obecnie pracuje się nad wieloma podobnymi systemami dedykowanymi (np. MONIT-PP). System monitoringu urządzeń oraz wsparcia logistycznego będzie, dzięki zastosowaniu algorytmów sztucznej inteligencji, systemem uczącym się w trakcie działania poprzez wprowadzenie nowych informacji dotyczących eksploatacji danego urządzenia w regułach wnioskujących i zmiany w tworzonych raportach. Dzięki systemom sztucznej inteligencji będzie możliwe także, po wdrożeniu systemu, wprowadzenie do systemu nowych urządzeń, w których raporty dotyczące eksploatacji będą generowane wyłącznie na podstawie danych dodanych do systemu.

Dodatkowo podczas realizacji projektu zostaną osiągnięte nowatorskie efekty:

- określenie wzorcowych parametrów diagnostycznych sprawnego sprzętu pożarniczego;
- określenie wartości parametrów diagnostycznych w funkcji zużycia/starzenia sprzętu pożarniczego;
- określenie wartości parametrów diagnostycznych odpowiadających wytypowanym najczęstszym uszkodzeniom sprzętu pożarniczego;
- opracowanie algorytmów diagnozowania, prognozowania i genezowania stanu technicznego wybranego sprzętu pożarniczego.

W ramach etapu I zrealizowano 11 zadań badawczych w VI PGT, wykonywanych przez poszczególnych konsorcjantów [4].

1. W SGSP wykonano:

**Zadanie nr 1.** Identyfikacja i charakterystyka działań ratowniczo-gaśniczych w ochronie przeciwpożarowej.

**Zadanie nr 3.** Opracowanie scenariusza działań ratowniczo-gaśniczych.

**Zadanie nr 4.** Opracowanie procedur badawczych i dokumentacji do stanowisk badawczych.

**Zadanie nr 11.** Weryfikacja założeń dla systemu monitorowania i analizy.

W ramach prowadzonych prac badawczych związanych z realizacją I etapu zespół Szkoły Głównej Służby Pożarniczej był odpowiedzialny za realizację czterech zadań badawczych. Wynikiem końcowym prowadzonych prac są szczegółowe sprawozdania z prowadzonych prac badawczych. Osiągnięto założony poziom gotowości

technologicznej. W przypadku Zadania 1 (11010701) dokonano identyfikacji i charakterystyki działań ratowniczo-gaśniczych w ochronie przeciwpożarowej. Zaprojektowano i wykorzystano ankietę dotyczącą niezawodności sprzętu i pojazdów. Na podstawie wykonanych analiz statystyk uszkodzeń, badań ankietowych oraz analizy operacyjnej dotyczącej krytycznego ze względów bezpieczeństwa działań ratowniczych sprzętu wytypowany został sprzęt oraz podzespoły pojazdu gaśniczego, dla których opracowana zostanie metoda monitorowania stanu technicznego.

W ramach Zadania 3 (11081503) opisano przesłanki mówiące o rozpoczęciu kierowania działaniem ratowniczym oraz jego ustaniu. Przedstawiono kompetencje kierujących działaniami ratowniczymi na każdym poziomie kierowania. Przedstawiono przykładowe scenariusze uszkodzeń pojazdów podczas prowadzonych przez Państwową Straż Pożarną działań ratowniczo-gaśniczych. W trakcie prac przedstawiono funkcjonalną koncepcję struktury systemu monitorowania sprzętu. W zadaniu 4 (11051504) opracowano metodykę badań motopompy, zbudowano stanowisko do wykonania badań laboratoryjnych. Na podstawie spostrzeżeń podczas badań motopompy sformułowano ogólne zalecenia dotyczące warunków eksploatacyjnych, w tym środowiskowych, systemu stałego monitorowania stanu motopompy. Opracowano wytyczne dotyczące minimalnych parametrów technicznych przemysłowych czujników zastosowanych w systemie stałego monitorowania stanu. W zadaniu 4 (11091511) oceniono przydatność opracowanej metody w systemie stałego nadzoru stanu technicznego motopompy.

## 2. W CNBOP-PIB wykonano:

**Zadanie nr 2.** Identyfikacja i charakterystyka wykorzystywanego sprzętu w działaniach ratowniczo-gaśniczych w ochronie przeciwpożarowej.

**Zadanie nr 5.** Opracowanie procedur badawczych i dokumentacji do stanowisk badawczych oraz organizacja konferencji.

Zadanie 2 (12010702) „Identyfikacja i charakterystyka wykorzystywanego sprzętu w działaniach ratowniczo-gaśniczych w ochronie przeciwpożarowej” podzielono na 3 podzadania. Wszystkie podzadania podzielono ze względu na 4 grupy sprzętowe zawierające identyfikację i charakterystykę wykorzystywanego sprzętu w działaniach ratowniczo-gaśniczych, w ochronie przeciwpożarowej w zakresie:

- pompy pożarnicze;
- pojazdy pożarnicze;
- sprzęt ratowniczy dla straży pożarnej;
- wyposażenie i środki ochrony indywidualnej strażaka.

Zadanie polegało na przeprowadzeniu analizy stosowanych rozwiązań technicznych w zakresie sprzętu stosowanego w ochronie przeciwpożarowej na podstawie istniejących baz danych Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, Komend Wojewódzkich PSP, Komend Powiatowych/Miejskich PSP oraz wybranych jednostek Ochotniczej Straży Pożarnej, ze szczególnym uwzględnieniem pojazdów,

motopomp, autopomp i armatury wodno-pianowej, czyli sprzętu najczęściej stosowanego podczas akcji ratowniczo-gaśniczych.

W zadaniu nr 12010702 dokonano identyfikacji, charakterystyki, analizy ilościowej oraz jakościowej sprzętu wykorzystywanego w ochronie ppoż. w czterech ww. grupach.

Na podstawie statystyk, analizy literatury wyszczególniono rodzaj oraz czas wprowadzenia do użytku ww. sprzętu.

Analiza pozwala na pełną identyfikację wykorzystywanego sprzętu w ochronie przeciwpożarowej i może stanowić wytyczne do prognozowania zakupów, w tym uzupełnienia ilościowego i jakościowego jednostki ochrony ppoż. w sprzęt, z uwzględnieniem zagrożeń.

PZ2 zawiera identyfikację i charakterystykę wykorzystywanego sprzętu w działaniach ratowniczo-gaśniczych, w ochronie przeciwpożarowej w zakresie:

- armatura i osprzęt pożarniczy;
- pojazdy pożarnicze;
- narzędzia ratownicze, pomocnicze i osprzęt dla straży pożarnej;
- wyposażenie i środki ochrony indywidualnej strażaka.

W kolejnych etapach realizacji zadań badawczych zostały poddane analizie pozostałe wyroby z ww. czterech grup sprzętowych.

Efekt badań zadania nr 12010702 pozwolił m.in. na stworzenie procedur badawczych przyspieszonego starzenia sprzętu stosowanego w ochronie przeciwpożarowej.

Ponadto przeprowadzona analiza pozwoliła na wytypowanie do badań trwałości i niezawodności sprzętu najczęściej wykorzystywanego w ochronie przeciwpożarowej.

W zadaniu 5 (12081505) „Opracowanie procedur badawczych i dokumentacji do stanowisk badawczych” zrealizowane zostały następujące podzadania:

a) Przeprowadzono walidację użytkową wykorzystywanego sprzętu, dokonano wyboru reprezentatywnej próbki do badań oraz parametrów istotnych do dokonania zakupów sprzętu do badań:

1. autopomp A16/8 i A24/8 ze stopniami wysokiego ciśnienia;
2. motopompy pożarniczej, motopompy do wody zanieczyszczonej oraz pływakącej;
3. zestawu narzędzi hydraulicznych;
4. sprzętu do badań, instalacji doświadczalnej oraz zestawu narzędzi pomiarowych wraz z urządzeniami peryferyjnymi.

b) Sporządzona została dokumentacja odbiorcza dla dokonania odbiorów technicznych, określone zostały rodzaje uszkodzeń, średni czas pomiędzy uszkodzeniami oraz intensywność użytkowania wytypowanych wyrobów.

c) Przygotowane zostały procedury badawcze przyspieszonego starzenia dla badanych wyrobów oraz została opracowana dokumentacja instalacji doświadczalnych.

3. W CMGI zrealizowano:

**Zadanie nr 6.** Identyfikacja dostępnych technologii w zakresie opracowania demonstratora oprogramowania wspomagającego monitoring eksploatacji wybranych środków wyposażenia.

**Zadanie nr 7.** Opracowanie wymagań funkcjonalnych dla systemu monitorowania i analizy niezawodności eksploatacji wybranych środków wyposażenia straży pożarnej.

Celem Zadania 6 (13010706) był przegląd dostępnych na rynku rozwiązań i technologii w zakresie sprzętu i oprogramowania, związanych z tematyką projektu. Aby osiągnąć ten cel, dokonano analizy rozwiązań stosowanych w rozpatrywanym zakresie w wybranych organizacjach związanych z bezpieczeństwem narodowym oraz rozwiązań dostępnych na rynku. Analizie w tym zakresie poddano Siły Zbrojne, Policję oraz Państwową Straż Pożarną. Rezultaty badań pozwalają na stwierdzenie, że Policja i PSP nie dysponują w istotnym dla projektu zakresie technologiami. W Siłach Zbrojnych RP realizowany jest obecnie program TYTAN, zakładający wykorzystanie technologii pozwalających na funkcjonowanie żołnierzy i pododdziałów w środowisku sieci, co wiąże się z transmisją różnych danych z wykorzystaniem różnych technologii. Jednakże istota programu związana z monitorowaniem jest ukierunkowana głównie na problemy taktyczno-techniczne. Oznacza to monitorowanie położenia poszczególnych żołnierzy i pododdziałów i dopiero w dalszych etapach, kontrolowanie stanu techniki bojowej. Nadzorowanie tego rodzaju będzie jednak ograniczone do wybranych parametrów, związanych głównie ze zdolnością bojową, mniej ze stanem technicznym, dotycząc np. ilości amunicji i paliwa w poszczególnych wozach bojowych. Z tego względu technologie te jedynie w ograniczonym zakresie mogą być wykorzystane w projekcie.

Analiza rozwiązań technologicznych dostępnych na rynku upoważnia do konstatacji, iż dotyczą one monitorowania różnych obszarów problemowych, związanych głównie z:

- urządzeniami ciepłno-mechanicznymi;
- budowlami inżynierskimi;
- obiektami (konstrukcjami budynków);
- procesami technologicznymi;
- konstrukcją obiektów latających;
- monitoringiem obiektów różnego typu (dla zapewnienia bezpieczeństwa).

W zakresie konstrukcji obiektów latających szczególnie interesująco przedstawiają się planowane rozwiązania opracowywane przez AGH, a dotyczące systemu monitorowania stanu technicznego samolotu PZL-Orlik TC II. Znajdują się one jednak na etapie projektów i czas ich rzeczywistego wykorzystania jest trudny do określenia.

Rezultaty badań i rozważań prowadzą do wniosku, iż na tym tle (w zakresie dostępnych na rynku technologii) szczególnie interesujące wydają się

rozwiązania proponowane przez firmę EMERSON, grupującą technologie w systemie o nazwie *Machinery Health Manager*. Zastosowane w nim rozwiązania zapewniają:

- narzędzia analityczne do diagnozowania i prognozowania stanu technicznego maszyn i urządzeń;
- integrację informacji na temat stanu technicznego sprzętu z systemami automatycznego sterowania procesami;
- integrację z technologiami predykcyjnego utrzymania ruchu zapewniającą kompleksową informację na temat stanu technicznego parku maszynowego.

Zgodnie z założeniami *Machinery Health Manager* łączyć ma funkcjonalność, związaną z prognozowaniem koniecznej obsługi technicznej, z kompleksowymi narzędziami analitycznymi, co pozwala na przeprowadzenie stosunkowo prostej, ale jednocześnie dokładnej oceny stanu technicznego posiadanych maszyn i urządzeń.

Technologie stosowane w systemie zapewnić mają:

- przenośną analizę drgań;
- ciągły monitoring maszyn i urządzeń realizowany w trybie online;
- bezprzewodową analizę drgań;
- analizę smarowania;
- termografię;
- diagnostykę silników zasilanych prądem zmiennym;
- osiowanie laserowe;
- wyważanie dynamiczne.

Choć dokładna analiza rozwiązań technologicznych wskazuje na ich zastosowanie raczej w procesach produkcji, wydaje się, iż wybrane, związane z monitoringiem maszyn, mogą znaleźć zastosowanie w projekcie. Wynikiem końcowym etapu pierwszego jest konstatacja, iż jak dotąd organizacje związane z bezpieczeństwem państwa nie stosują technologii interesujących z punktu widzenia projektu. Na rynku dostępnych jest wiele technologii, które choć projektowane dla różnych innych celów, mogą być brane pod uwagę podczas dalszych prac.

Celem kolejnego podzadania był przegląd obecnie funkcjonujących zasad i ustaleń regulujących monitorowanie stanu ilościowego i technicznego sprzętu Państwowej Straży Pożarnej. Aby osiągnąć ten cel, dokonano przeglądu obecnego stanu prawnego. Przenalizowane akty prawne regulują organizację i funkcjonowanie Państwowej Straży Pożarnej oraz wskazują na pewne kierunki dotyczące monitorowania stanu ilościowego i technicznego sprzętu straży pożarnej. Rezultaty badań prowadzą do stwierdzenia, że w istniejącym porządku prawnym nie brakuje zapisów, które wskazywałyby na odpowiednie monitorowanie ilości i stanu technicznego sprzętu PSP. W wyniku badań można stwierdzić z wysokim prawdopodobieństwem, że podstawy prawno-normatywne na poziomie centralnym, wojewódzkim i powiatowym lakonicznie formułują zadania komendantów, komórek organizacyjnych poszczególnych komend odpowiednich dla poziomów Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego.

W wyniku realizacji procesu badawczego zostały zidentyfikowane podstawowe zalecenia, obowiązki, zadania funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej dotyczące organizowania, zabezpieczania oraz analizowania stanu technicznego i ilościowego wyposażenia sprzętowego PSP. Stwierdzono również brak rozwiązań informatycznych, które wspomagałyby prace strażaków i informowały o stanie ilościowym i technicznym sprzętu na wszystkich szczeblach kierowania w Państwowej Straży Pożarnej. Wytyczne odnośnie do monitorowania stanu ilościowego i technicznego sprzętu PSP zostały określone na trzech poziomach: centralnym, wojewódzkim oraz powiatowym. Dodatkowo jednostki ratowniczo-gaśnicze (jako podstawowe ogniwo w KSRG) są włączone w proces monitorowania ilości i stanu technicznego PSP, a ich zadania zostały opisane w regulaminach organizacyjnych komend powiatowych lub miejskich.

W analizowanych dokumentach prawnych zostały zawarte następujące ustalenia dotyczące monitorowania ilości i stanu technicznego na poziomie centralnym, wojewódzkim, powiatowym:

- W ramach monitorowania eksploatacji sprzętu należy analizować zużycie sprzętu i środków gaśniczych, pochłaniających i neutralizujących, a powołany sztab w zakresie swoich kompetencji będzie gromadził i przetwarzał odpowiednie informacje dotyczące zużycia tych środków (Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych o Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym, Dz.U. z 2011, nr 46, poz. 239.).
- W Systemie Wspomagania Decyzji należy monitorować parametry pracy systemu, a w przypadku wykrycia pewnych nieprawidłowości przywracać im właściwe wartości. Zaleceniem związanym z ciągłym działaniem systemu jest to, aby jego użytkownicy wykonywali kopie bezpieczeństwa oraz okresowe przeglądy i konserwacje (Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych w sprawie Systemu Wspomagania Decyzji Państwowej Straży Pożarnej, Dz.U. 2013, poz. 1723.).
- Zgodnie z Regulaminem funkcjonowania Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej zadania związane z monitorowaniem stanu ilościowego i technicznego zostały sformułowane jako:
  - określanie potrzeb w zakresie standaryzacji i normalizacji sprzętu i pojazdów oraz prowadzenie spraw związanych z wyposażeniem użytkowym w jednostkach organizacyjnych PSP;
  - wykonywanie zadań związanych z nadzorem nad gospodarką transportową w jednostkach organizacyjnych PSP;
  - realizowanie programów centralnego zaopatrzywania w pojazdy pożarnicze i sprzęt ratowniczy;
  - opracowywanie analizy technicznego wyposażenia jednostek KSRG na obszarze województwa;
  - realizowanie zadań w zakresie monitorowania, prognozowania i analiz dla potrzeb Wojewódzkiego Zespołu Reagowania Kryzysowego;

- planowanie zakupów pojazdów, sprzętu i innych urządzeń oraz paliwa, części zamiennych i materiałów niezbędnych dla zapewnienia prawidłowej eksploatacji tych przedmiotów;
- nadzorowanie i analizowanie prawidłowości prowadzenia dokumentacji związanej z eksploatacją pojazdów i sprzętu silnikowego, a w szczególności prowadzenie ewidencji i archiwizowanie kart pracy pojazdów i sprzętu silnikowego oraz sporządzenie wymaganych zestawień sprawozdawczości w tym zakresie.

W wyniku realizacji zadań zostały sformułowane ponadto następujące wnioski:

- Na podstawie istniejących unormowań i wytycznych w PSP funkcjonuje system SWD ST wykorzystujący sieć internetową, pozwalający na przekazywanie (nie tylko) informacji o stanie technicznym i ilościowym sprzętu PSP.
- System ten obejmuje wszystkie poziomy kierowania PSP od JRG do szczebla centralnego.
- Wprowadzanie danych do systemu (zmian w danych obrazujących rzeczywisty stan ilościowy i techniczny), począwszy od poziomu JRG PSP (Punktu Alarmowego – PA), odbywa się w reżimie ręcznym, zasadniczo raz na dobę, podczas przekazywania służb dyżurnych; na poziomie PA odbywa się to codziennie w godz. 7.00–7.30.
- System umożliwi aktualizację danych na wszystkich poziomach kierowania w przypadku nastąpienia zmian w stanie technicznym i ilościowym sprzętu w dowolnym czasie.

Celem Zadania 7 (13041307) była analiza założeń do oprogramowania pod względem przydatności dla działań operacyjnych i działalności logistycznej w ochronie przeciwpożarowej. Aby osiągnąć tak opisany cel badawczy, sformułowano następujący problem badawczy: jakie wymagania funkcjonalne powinien spełniać docelowy system monitorowania, aby zaspokoić potrzeby informacyjne wynikające ze specyfiki działań operacyjnych PSP oraz funkcjonowania systemu zabezpieczenia logistycznego Straży Pożarnej. Dążąc do znalezienia odpowiedzi na tak sformułowany problem badawczy, wyspecyfikowana została hipoteza robocza o następującym brzmieniu: specyfika funkcjonowania PSP w aspekcie operacyjnym i logistycznym generować będzie potrzeby wobec funkcjonalności systemu w zakresie wprowadzania i korzystania z danych (informacji) o stanie technicznym i ilościowym sprzętu technicznego będącego na jej wyposażeniu. Wymagania te będą w ogólnym zarysie podobne w kontekście operacyjnym i logistycznym, choć różnić się będą specyfiką wynikającą z istoty działań PSP – działań ratowniczo-gaśniczych i funkcjonowania systemu zabezpieczenia logistycznego tej służby państwowej. W trakcie badań główny wysiłek skupiony został na dążeniu do wygenerowania założeń funkcjonalnych do oprogramowania docelowego systemu monitorowania, przy uwzględnieniu specyfiki potrzeb operacyjnych i logistycznych Państwowej Straży Pożarnej. Aby rozwiązać wyspecyfikowany problem badawczy, dążono do znalezienia naukowo uzasadnionych odpowiedzi na następujące pytania problemowe:

- Na czym w swej istocie polega działalność „operacyjna” PSP i jaka jest w tym aspekcie specyfika wynikających operacyjnych potrzeb monitorowania sprzętu PSP?
- Co i dlaczego jest ważne w zakresie informacji o ilości i jakości sprzętu PSP z punktu widzenia dowodzenia działaniami typowymi dla katalogu działań PSP?
- Biorąc pod uwagę powyższe – jakie wymagania funkcjonalne z tego wynikają?

W podobny sposób zespół badawczy podszedł do funkcjonalności systemu monitorowania, istotnych z punktu widzenia logistyki PSP. W tym przypadku kluczowe było znalezienie odpowiedzi na wyspecyfikowane problemy:

- W czym wyraża się istota i specyfika systemu logistycznego PSP?
- Co i dlaczego jest ważne w zakresie informacji o ilości i jakości sprzętu PSP z punktu widzenia zabezpieczenia logistycznego działań i ogólnego funkcjonowania PSP?
- Jakie wymagania funkcjonalne dla systemu monitorowania z tego wynikają?

Rezultaty przeprowadzonych zgodnie z metodyką badań i rozważań doprowadziły do wygenerowania wniosków w postaci zbioru wymogów funkcjonalnych systemu monitorowania, aby mógł spełniać wymogi operacyjne i logistyczne właściwe dla realizacji zadań przez PSP.

Celem ostatniego podzadania było określenie akceptowalnie szczegółowych wymagań funkcjonalnych dla systemu monitorowania i analizy wybranych środków wyposażenia straży pożarnej pod kątem przydatności dla działalności operacyjnej i logistycznej Straży oraz dokonanie podstawowej weryfikacji tych założeń do oprogramowania pod kątem przydatności dla użytkownika końcowego.

Wyniki badań i rozważań zostały zgrupowane w trzech częściach merytorycznych.

W części pierwszej – Użytkownicy systemu – wskazano osoby funkcyjne, które będą jego zasadniczymi beneficjentami, zarówno punktu widzenia bezpośredniego użycia, jak i korzystania z sumy uogólnionych informacji dla celów statystycznych i planistycznych.

W części drugiej – Zakres informacji generowanych przez system monitorowania dla użytkowników systemu – przedstawiono, jakie informacje powinny być generowane, przedstawiany i przesyłane w trakcie wykorzystania systemu. Jakie potencjalne korzyści można uzyskać dzięki wdrożeniu oprogramowania w praktyce gospodarczej.

#### 4. W MLABS wykonano:

**Zadanie nr 8.** Identyfikacja potrzeb technicznych w zakresie budowy sieci sensorowej i demonstratora oprogramowania w warunkach operacyjnych.

**Zadanie nr 9.** Projekt demonstratora systemu monitorującego eksploatację wybranych środków wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania.



W okresie sprawozdawczym została zakończona realizacja zadania 8 (14010808). W zadaniu 8 zakończono pracę nad identyfikacją potrzeb technicznych w zakresie budowy sieci sensorowej i demonstratora oprogramowania w warunkach operacyjnych. Zadanie to zostało podzielone na trzy podzadania badawcze:

- 8.1. Opracowanie diagramu architektury systemu wraz z listą interfejsów.
- 8.2. Opracowanie rekomendacji dotyczącej technologii, w których wykonane mają zostać węzły monitorujące.
- 8.3. Opracowanie specyfikacji wymagań dla węzłów sensorowych oraz obu wariantów konsoli operatorskiej.

**W podzadaniu 8.1** na podstawie wcześniej zdefiniowanej architektury systemu oraz bazując na liście elementów wchodzących w skład systemu, wyspecyfikowano wymagania stawiane modułowi JAD (Jednostka Akwizycji Danych), tak aby dane wstępnie były przetwarzane przez ww. moduł wyposażony w podstawowe algorytmy diagnostyczne. Wyszczególniono proponowane rozwiązanie modułu komunikacyjnego, zapewniającego łączność pomiędzy wszystkimi elementami systemu. Przeanalizowano dostępne protokoły i usługi sieciowe służące do stworzenia interfejsu wspólnego dla wszystkich aplikacji, tak aby zapewnić późniejszą łatwą integrację. Została zaproponowana technologia dwukierunkowej komunikacji pomiędzy serwerem a aplikacją webową, przy uwzględnieniu szyfrowania danych oraz przeprowadzono rozeznanie co do wyboru optymalnej bazy danych do przechowywania informacji gromadzonych podczas pracy systemu. Podczas trwania tego podzadania została zaproponowana architektura skalowalnej, wysoko dostępnej platformy serwerowej. Na podstawie wcześniej zdefiniowanej architektury systemu zaproponowano rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo danych w przypadku awarii jednego z elementów systemu, tak aby zgromadzone informacje były zabezpieczone przed utraceniem.

**W podzadaniu 8.2** wyspecyfikowano wymagania, jakie muszą zostać spełnione od strony formalnej i technicznej poszczególnych komponentów. Opracowane w kwartale wcześniejszym wymagania zostały rozszerzone o te dotyczące odporności mechanicznej poszczególnych podzespołów instalowanych na sprzęcie oraz odporności elektromagnetycznej EMC, tak aby zapewnić odporność na zakłócenia, a tym samym bezpieczną i prawidłową pracę systemu. W podzadaniu tym opracowano również wymagania dotyczące interfejsów komunikacyjnych pomiędzy poszczególnymi komponentami w celu zapewnienia prawidłowego przepływu danych. Wyszczególniono najbardziej popularne typy interfejsów, w jakie wyposażone są różnego rodzaju sensory przemysłowe, tak aby podczas projektowania systemu zapewnić możliwość współpracy z najszerszą grupą dostępnych na rynku czujników pomiarowych. W podzadaniu 8.2 wyspecyfikowano również szczegółowe wymagania, jakie muszą zostać spełnione przez Jednostkę Akwizycji Danych. Finalnie został przedstawiony schemat blokowy modułu JAD. Doprecyzowano wymagania dotyczące modułów pomiarowych i przedstawiono schemat blokowy modułu pomiarowego zawierającego uniwersalne interfejsy wejściowe obsługujące różne czujniki pomiarowe.

**W podzadaniu 8.3** rozszerzono wymagania dotyczące technologii sprzętowej pod kątem mechaniczno-elektrycznym o analizę i rekomendację dostępnych typów złącz sygnałowych, które znajdują się bezpośrednio na modułach. Określono typy złącz, ich wady i zalety oraz wstępnie poszeregowano wg możliwego zastosowania w projektowanym systemie. Przeprowadzona została analiza pod kątem niezawodności i trwałości dostępnych źródeł zasilania, jakie mogą zostać wykorzystane i montowane na przenośnych urządzeniach, w celu zapewnienia długiej i bezproblemowej pracy urządzeń zbierających i wysyłających dane. Mając w dalszym ciągu na uwadze trudne warunki pracy niektórych modułów montowanych na sprzęcie wyośnym, przeprowadzono rozeznanie typów obudów, tak by zapewnić wodoszczelność, pyłoszczelność, a jednocześnie prawidłowe odprowadzanie ciepła z urządzeń elektronicznych umieszczonych wewnątrz.

Opracowano także wymagania dla konsol operatorskich – stacjonarnej oraz mobilnej. Pierwsza wykorzystywana będzie na stanowisku operatorskim do analizy wszystkich danych gromadzonych w systemie. Druga, przenośna, przeznaczona będzie do wykorzystania w terenie, na którym znajduje się monitorowany sprzęt. W ramach wymagań przedstawiono zalecaną architekturę sprzętową oraz system operacyjny. Opracowano również ogólne wymagania dotyczące architektury aplikacji użytkownika.

W okresie sprawozdawczym zrealizowano Zadanie 9 (14091509) „Projekt demonstratora systemu monitorującego eksploatację wybranych środków wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”, kontynuowano projektowanie warstwy komunikacji dla sieci sensorowej. Realizowano prace projektowe związane z budową węzłów pomiarowych, tak aby zapewnić ich modułowość, skalowalność oraz uniwersalność współpracy z różnym zestawem czujników pomiarowych. Równolegle prowadzono prace projektowe nad Jednostką Akwizycji Danych (JAD), zbierającą i wstępnie przetwarzającą dane z sensorów pomiarowych. Prace projektowe nad wyżej wymienionymi modułami obejmowały projektowanie lub dobór gotowych elementów i modułów elektronicznych, mechanicznych oraz protokołów komunikacji między nimi, bazując na rozpoznaniu i wytycznych z zadania wcześniejszego (14010808). Projektowanie systemu od strony software’owej skupiło się na sposobach wizualizacji i reprezentacji danych zbieranych z poszczególnych jednostek JAD. Zaprojektowano komponenty serwerowe, komunikację w systemie oraz interfejsy użytkownika.

5. W TELDAT wykonano:

**Zadanie nr 10.** Identyfikacja środków transmisyjnych i budowa rozproszonego środowiska badawczego

W etapie I w firmie TELDAT realizowano Zadanie 10 (15011210).

W ramach realizowanego zadania dokonywany jest przegląd środków transmisyjnych możliwych do zastosowania w budowanym demonstratorze. Sprecyzowano założenia do budowy systemu i środowiska testowego, w tym:

- system łączności pozwalający na przesyłanie na bieżąco w warunkach operacyjnych danych pozyskanych z sensorów do systemu informatycznego oraz pozwalający na dostęp zdalny;
- mobilność monitorowanych stacji;
- możliwości transmisji danych – jakość transmisji, stopa błędów;
- dostęp zdalny do urządzeń – możliwości dostępu zdalnego do poszczególnych urządzeń budowanego systemu w celu zbierania danych, rekonfiguracji, monitorowania działania;
- niezawodność połączeń – stabilność łączy, pewność działania;
- prędkość transmisji – możliwości szybkiej transmisji danych z uwzględnieniem wielkości danych koniecznych do przesyłania;
- zasięgi.

Kontynuowano rozpoznanie środków transmisji możliwych do wykorzystania w projekcie, w tym:

- radiostacje UKF;
- radiostacje KF;
- transmisja w sieciach Wi-Fi;
- transmisja w technologii Wi-Max;
- transmisja satelitarna;
- transmisja w sieciach komórkowych.

Rozpoznane środki transmisji zostały poddane teoretycznej i częściowo praktycznej analizie pod kątem zastosowania i ich możliwych parametrów:

- zasięgów transmisji;
- prędkości transmisji;
- stabilności łączy;
- protokołów transmisji danych;
- wymaganej architektury;
- warunków pracy;
- wymagań na zasilanie.

Na podstawie wykonanych już analiz kontynuowano typowanie możliwych technologii poprzez prowadzenie eksperymentów badawczych. Wykorzystywano środowisko testowe, które służy do sprawdzania empirycznego i potwierdzania możliwości wybranych technologii transmisji do realizacji projektu. Wybrano narzędzia do sprawdzania łączności w technologiach TCP i UDP. Ponadto zgromadzono następujący zestaw środków łączności:

- radiostacje szerokopasmowe SpearNet, które pozwalają na pracę w trybie *hop by hop*;
- moduły WLAN do testów transmisji Wi-Fi (tryb *bridge* i *access-point*);
- terminal satelitarny EXPLORER do testów transmisji satelitarnej;
- radiostacje F@stNet 9311 oraz PR4G do testów danych w technologii UKF;
- radiostacje RKS 8000 do testów transmisji w technologii KF;
- modemy CDMA.

W ramach realizacji niniejszego zadania dokonano wyboru możliwych do użycia środków łączności oraz protokołów wymiany danych. Ze względu na parametry i warunki pracy systemu najlepszym rozwiązaniem dla budowanego demonstratora będzie wybór:

- środków łączności: CMDA/3G/LTE oraz Wi-Fi;
- protokołu UDP do transmisji danych z zapewnieniem gwarancji dostarczenia danych na poziomie aplikacji.

Wytworzony raport końcowy zawiera porównanie środków będących na wyposażeniu straży pożarnej oraz nowych, dostępnych na rynku rodzimym i zagranicznym, które umożliwiają monitorowanie wyposażenia ratowniczego pod kątem transmisji danych (zgodnie z wnioskiem p. D6). Ciągłe monitorowanie i nadzorowanie sprzętu ratowniczo-gaśniczego pozwoli na zaoszczędzenie środków zużywanych w procesie eksploatacji na działalność obsługową, naprawczą i prowadzone prace serwisowe. Osiągnięcie planowanego efektu umożliwić będzie wnikliwa analiza zużycia sprzętu R-G podczas akcji oraz w przyszłości dysponowanie urządzeniami najlepiej dostosowanych do wykonania danego zadania. Dzięki jego wdrożeniu możliwe będzie wygenerowanie oszczędności na poziomie danych jednostek, co powinno przełożyć się na oszczędności w całej służbie, więc i całej branży. Oprócz tego oczekuje się, że dzięki ciągłemu monitorowaniu sprzętu R-G możliwe będzie wytypowanie producentów, których sprzęt jest najniższej jakości i/lub najmniej odporny na eksploatację. Ponadto zainteresowanie pozostałych potencjalnych odbiorców może być wynikiem rosnącej świadomości, w jakich obszarach i w jaki sposób można wykorzystać i skomercjalizować rezultaty niniejszego projektu.

W ramach II etapu zrealizowano 5 zadań badawczych w VII PGT wykonywanych przez poszczególnych konsorcjantów [5]:

1. W **CNBOP-PIB** realizowane było Zadanie nr 1 (25172501) – Badania przyspieszonego starzenia. Dobór parametrów do monitorowania – budowa lokalnego środowiska badawczego.

W okresie podlegającym sprawozdaniu rozpoczęto realizację zadania badawczego 25172501 – Badania przyspieszonego starzenia. Dobór parametrów do monitorowania – budowa lokalnego środowiska badawczego dla:

- pomp pożarniczych;
- sprzętu ratowniczego dla straży pożarnej.

Efekty badań w zadaniu nr 22162501 pozwoliły m.in. na stworzenie profesjonalnego środowiska laboratoryjnego do badań przyspieszonego starzenia z wykorzystaniem urządzeń peryferyjnych do analizy otrzymanych danych. Przeprowadzone analizy wyników prób starzeniowych dla badanych grup sprzętowych spowodowały konieczność modyfikacji procedur badawczych w zakresie czasu trwania prób oraz stosowanych obciążeń. W wyniku braku awarii, zgodnie ze sprawozdaniami z badań przyspieszonego starzenia autopomp i motopomp zostało zmodyfikowane środowisko pracy, tak aby intensywność starzenia wywołana metodami przyspieszonymi

była większa od szybkości starzenia w warunkach eksploatacyjnych. Zostało to osiągnięte poprzez:

- wydłużenie czasu eksploatacji z 7-godzinnej pracy na dobę do pracy ciągłej;
- wprowadzenie pompy w stan kontrolowanej kawitacji.

2. W ramach realizacji etapu II w firmie **MLABS** realizowano:

**Zadanie nr 2.** 25172502 – Budowa środowiska testowego.

**Zadanie nr 3.** 25172503 – Wykonanie demonstratora – podsystem informatyczny, podsystem sensorów.

W ramach zadania 25172502 „Budowa środowiska testowego” wykonano podzadanie 1, dotyczące stworzenia środowiska wytwórczego. Do przechowywania kodu uruchomiono system kontroli wersji. Umożliwia on śledzenie oraz kontrolę zmian wprowadzanych w rozwijanym produkcie. System umożliwia bezpieczną komunikację i uwierzytelnianie z wykorzystaniem pary kluczy SSH oraz możliwość ograniczenia dostępu dla określonych osób do określonych projektów. Jako system zarządzania repozytoriami kodu wybrano projekt Gitolite. Na system zarządzający automatycznym budowaniem wybrano system Team City. Umożliwia on ustawienie konfiguracji, które definiują, kiedy projekt ma zostać przebudowany oraz w jaki sposób. Z każdą konfiguracją przechowywana jest historia wszystkich kompilacji oraz ich wyników. Podczas rozwoju systemu niezbędne było efektywne zarządzanie listą zadań oraz wykrytych błędów i koniecznych poprawek. Wybrano, zainstalowano i uruchomiono system YouTrack. Posiada on wszystkie wymagane funkcjonalności, m.in.: kategoryzację zadań, historię zmian w zadaniach, system autoryzacji dostępu do podzbioru przechowywanych informacji, generowanie raportów oraz wsparcie dla zwinnych metodyk rozwoju oprogramowania.

Na potrzeby budowy środowiska wytwórczego oraz testowego, w ramach podzadania 2, zakupiono cztery serwery. Serwery zostały uruchomione w systemie klastra, wykorzystując platformę OpenStack. Serwery aplikacyjne oraz niezbędne do działania usług projektowych uruchamiane są w postaci maszyn wirtualnych. Serwery wirtualne mogą pracować pod kontrolą innego systemu operacyjnego niż system operacyjny gospodarza zależenie od potrzeb oprogramowania.

W ramach podzadania 3 „Budowa stanowiska testowego” konieczne było zakupienie sprzętu, który umożliwi wstępne sprawdzenie systemu w laboratorium, jeszcze przed właściwą instalacją na sprzęcie ratowniczym zakupionym w projekcie przez konsorcjanta CNBOP-PIB. Zdecydowano się zakupić dwie pompy różnych typów. Urządzenia te posłużyły do wstępnej weryfikacji założeń projektowych i wprowadzania zmian na bieżąco zarówno w zakresie prac nad elementami mechanicznymi koniecznymi do zaprojektowania, jak również jako jednostka do szybkiego testowania elementów systemu. W celu umożliwienia przeprowadzania testów wewnętrznych poprawności transmitowanych danych i właściwego odbierania tych danych przez serwer konieczne było pozyskanie tymczasowego środka łączności. Zakupione zostały dwa routery TP-Link TL-MR3420 oraz dwa modemy GSM na złącze USB HUAWEI E3131 i karty SIM zapewniające łączność podczas

testów terenowych. Routery zostały wyposażone w obudowy odporne na warunki atmosferyczne, aby umożliwić ich tymczasową instalację na urządzeniach i przeprowadzenie testów w terenie. W celu przetestowania działania modułów z wejściami temperaturowymi oraz z wejściami uniwersalnymi została zaprojektowana i wykonana seria modułów pomiarowych z układami zapewniającymi odpowiednie poziomy zasilania. Dzięki temu zestawowi możliwe było napisanie oprogramowania testującego i weryfikującego możliwości modułów. Wraz z postępem prac nad systemem zakupione urządzenia były sukcesywnie wyposażane w poszczególne elementy sieci sensorowej, tak aby w końcowej fazie zadania możliwe było przeprowadzenie testów niemalże kompletnego i bliźniaczego zestawu czujników oraz modułów, jakie zostaną zainstalowane na urządzeniach CNBOP-PIB.

W ramach prac nad częścią serwerową środowiska testowego przygotowano maszynę wirtualną z systemem Linux, przeznaczoną do uruchomienia aplikacji serwerowej. Utworzony został skrypt do konfiguracji, instalujący wszystkie wymagane przez aplikację serwerową pakiety, takie jak PostgreSQL, RabbitMQ, Mono, nginx, InfluxDB, Redis. Skrypt ten kopiuje także wcześniej przygotowaną konfigurację składników systemu. Do testowania aplikacji serwerowej na komputerze programisty skonfigurowano narzędzie Vagrant, służące do szybkiej konfiguracji maszyn wirtualnych. W celu zautomatyzowania wgrywania aplikacji serwerowej na serwer testowy oraz lokalny serwer programisty użyto narzędzia Capistrano. Tak przygotowane środowisko pozwala na weryfikację implementacji systemu informatycznego oraz przeglądanie wykresów serii danych odebranych od urządzeń.

Aby umożliwić dostęp do zbieranych danych i ich analizę, zainstalowano i skonfigurowano narzędzie Grafana, które połączone z bazą danych InfluxDB rysuje wykresy mierzonych wartości, a także danych statusowych urządzeń, takich jak np. stan baterii, poziom paliwa. Do testowania i diagnostyki przygotowywanego systemu zainstalowano konsolę RabbitMQ, która udostępnia informacje o podłączonych Jednostkach Akwizycji Danych, statystyki dotyczące ilości przesyłanych komunikatów, a także ewentualną listę błędnych komunikatów od urządzeń, która pomaga w weryfikacji poprawności.

Aby umożliwić przeprowadzenie testów w terenie podczas różnych warunków pogodowych (deszcz, śnieg itp.) z równoczesnym dostępem do rejestrowanych danych pochodzących z sensorów, konieczne było zakupienie komputerów przenośnych o odpowiedniej odporności.

Testy terenowe zostały przeprowadzone na Warcie na terenie Szkoły Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu. Zostały również pozyskane odpowiednie pozwolenia na dostęp do rzeki Warty, niezbędne do przeprowadzenia testów. Przygotowane w ten sposób środowisko pozwoliło przeprowadzić testy podzespołów systemu zarówno w laboratorium, jak i w terenie. Możliwe było również wprowadzanie zmian i poprawek na bieżąco przed etapem realizacji i przygotowywania wersji ostatecznych rozwiązań.

W ramach podzadania 4 dokonano próby pozyskania danych historycznych, które mogłyby być wykorzystane w procesie uczenia systemu. Pozyskano zbiór danych eksploatacyjnych z Komendy Wojewódzkiej PSP w Poznaniu. Dane, które udało się pozyskać, to dwie tabele odnoszące się do pojazdów oraz pomp. Oba zbiory danych zawierają opis danego urządzenia (nazwę, markę, nr seryjny, parametry), dane jednostki użytkownika i operatora, miejsce magazynowania oraz informacje dotyczące przeprowadzanych napraw. Niestety spora część rekordów nie zawiera informacji (np. o numerach seryjnych urządzeń), przez co dokładna interpretacja danych jest niemożliwa (np. które rekordy odnoszą się do tego samego fizycznego urządzenia).

W dostępnych danych brakuje atrybutów mówiących o jakichkolwiek innych parametrach urządzeń mierzonych podczas ich użytkowania. W tabelach nie ma nawet informacji, jak długo dane urządzenie pracowało przed wystąpieniem awarii, nie wspominając o bardziej szczegółowych charakterystykach pracy jak mierzone temperatury, ciśnienia, itp. Z tego powodu nie jest możliwe, aby na podstawie dostępnych danych automatycznie nauczyć jakikolwiek klasyfikator rozpoznawać, czy parametry pracy urządzenia są w normie, czy nie. Stąd, używając metod uczenia maszynowego, nie da się nauczyć systemu ani na jakiej podstawie, ani kiedy powinien on wysłać ostrzeżenie operatorowi z informacją, że coś nie działa poprawnie, ani tym bardziej żadnej bardziej szczegółowej informacji umożliwiającej szybką i prawidłową reakcję operatora.

Podsumowując, z tak skromnych dostępnych danych nie da się wiarygodnie ustalić chociażby przypuszczalnej daty kolejnej awarii danego urządzenia. Należy dodatkowo pamiętać, że w dostępnej bazie tylko dwa urządzenia mają więcej niż 8 rekordów, a zdecydowana większość urządzeń była naprawiana jednokrotnie.

W zadaniu 25172503 „Wykonanie demonstratora – podsystem informatyczny, podsystem sensorów” celem podzadania 1 było opracowanie i wytworzenie testowej sieci węzłów sensorowych, monitorujących stan wybranych urządzeń PSP zakupionych w projekcie.

Celem podzadania 2 było opracowanie i wytworzenie podsystemu informatycznego, monitorującego stan wybranych urządzeń PSP zakupionych w projekcie, które mają podlegać stałemu kontrolowaniu. W ramach budowy podsystemu informatycznego stworzono serwer systemu o następujących funkcjonalnościach:

- zarządzanie sprzętem: dodawanie, edycja, konfiguracja;
- komunikacja z urządzeniami;
- przechowywanie danych w bazie typu *time-series*;
- dostęp do danych historycznych;
- odbieranie danych surowych;
- odbieranie danych telemetrycznych;
- baza świadectw dopuszczenia.

Implementację serwera systemu oparto o następujące założenia:

- API klienckie oparte o paradygmat REST;
- komunikacja z urządzeniami protokołem AMQP;

- uwierzytelnianie urządzeń certyfikatami SSL;
- warstwa usług bezstanowa;
- cała komunikacja szyfrowana HTTPS;
- architektura bezpieczna, skalowalna i wysokodostępna.

W toku prac nad aplikacją serwerową wykonano szereg zadań związanych z komunikacją z urządzeniami, przechowywaniem danych, integracją zebranych informacji i udostępnianiem ich aplikacji operatora. W ramach wymiany informacji między serwerem a urządzeniami zaimplementowano zdalną konfigurację urządzeń na podstawie metadanych wysłanych przez urządzenie, odbieranie surowych danych z sensorów i umieszczanie ich w bazie. Przygotowana została także konsola mobilna w postaci aplikacji na system Android, umożliwiająca diagnostykę pompy zarówno będącej w zasięgu sieci WiFi, jak i dostępnej zdalnie. W przypadku komunikacji bezpośredniej dane statusowe i pomiarowe przesyłane są na bieżąco w sieci lokalnej, a w przypadku urządzeń zdalnych – za pośrednictwem aplikacji serwerowej. W drugim przypadku dane dochodzą z pewnym opóźnieniem, wynikającym z mniejszej częstotliwości synchronizacji danych z serwerem.

W ramach podzadania 2 wykonana została również aplikacja desktopowa uruchamiana na urządzeniach z systemem Windows, przeznaczona dla operatorów sprzętu. Aplikacja ta została zaprojektowana jako główny element zarządzania systemem LUME, a w szczególności obiektami, które w nim się znajdują i są bezpośrednio widoczne dla końcowego użytkownika. Takimi obiektami są:

- sprzęt (pompy) – dostępne: usuwanie, dodawanie, edycja;
- akcje ratowniczo-gaśnicze – dostępne: usuwanie, dodawanie, edycja;
- świadectwa dopuszczenia – dostępne: usuwanie, dodawanie, edycja;
- certyfikaty urządzeń – dostępne: tworzenie;
- użytkownicy w systemie – dostępne: usuwanie, dodawanie, edycja;
- jednostki ratowniczo-gaśnicze (JRG) – dostępne: usuwanie, dodawanie, edycja;
- jednostki aktywizacji danych (JAD) – dostępny tylko podgląd.

Operator uzupełnia stan systemu, tworząc odpowiednie obiekty w systemie i odwzorowując tym samym stan rzeczywistości. Dzięki aplikacji jej użytkownik może zobaczyć wszystkie urządzenia rozmieszczone na mapie. Wyświetlane są na niej podstawowe informacje dotyczące konkretnego sprzętu.

Podczas testów (podzadanie 3) weryfikowano poprawność działania czujników. Dla niektórych czujników wykryto niedociągnięcia w przetwarzaniu sygnału, co poprawiono. Dla ewykroczenia wejścia razem z czujnikami pomiarowymi należy jeszcze skalibrować z użyciem mierników wzorcowych. JAD komunikuje się z serwerem za pomocą sieci Internet z wykorzystaniem protokołu Rabbit MQ. Prze-testowano działanie powyższej komunikacji w różnych sytuacjach (podłączenie modułu JAD-a do różnych sieci WiFi, praca z wykorzystaniem sieci 3G, rozłączanie sieci w trakcie komunikacji, brak sieci w momencie włączenia urządzenia itp.). W wyniku powyższych testów zweryfikowano działanie komunikacji i wykonano wiele drobnych poprawek.



Poza przeprowadzonymi testami, w toku prac nad implementacją aplikacji serwerowej przygotowano zestaw testów automatycznych, które służą do kontroli poprawności działania wybranych komponentów.

Sprawdzono także przełączanie pomiędzy danymi z tabletu systemu w zasięgu WiFi oraz danymi zdalnymi z serwera po utracie połączenia lokalnego.

Oprócz testów w laboratorium przeprowadzono również kilka prób pracy systemu w terenie, mających na celu kompleksowo zweryfikować współdziałanie wszystkich elementów systemu. Podczas testów sprawdzano jakość transmisji danych za pośrednictwem sieci GSM. Mając do dyspozycji przenośną konsolę z dostępem do aplikacji Grafana, można było na bieżąco śledzić rejestrowane zmiany wartości, które pojawiały się na serwerze. Część wniosków i poprawek wymienionych powyżej jest właśnie wynikiem przeprowadzenia testów terenowych. Testy przeprowadzane były w różnych warunkach pogodowych.

3. W ramach realizacji etapu II w firmie **TEL DAT** realizowano:

**Zadanie nr 4.** (25172504) – Wykonanie demonstratora – podsystem transmisyjny.

**Zadanie nr 5.** (25172505) – Opracowanie planu testów demonstratora. Przeprowadzenie testów i wyciągnięcie wniosków z praktycznego zastosowania systemu łączności: możliwości transmisji danych, dostępu zdalnego do urządzeń, niezawodności połączeń, prędkości transmisji.

Celem zrealizowanego zadania było opracowanie podsystemu łączności w demonstratorze oprogramowania wspomagającego monitoring eksploatacji wybranych środków wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania.

Niniejsze zadanie zrealizowane zostało za pomocą następujących materiałów źródłowych niezbędnych do osiągnięcia założonego celu badawczego:

- raportów i protokołów z testów środków łączności w różnych warunkach środowiskowych, wykonywane przez Wojsko Polskie podczas ćwiczeń krajowych i międzynarodowych;
- raportów końcowych z realizacji poprzednich zadań.

Rezultatem realizacji zadania było wykonanie podsystemu komunikacyjnego w demonstratorze technologii. Zgodnie z powstałym wcześniej projektem dokonano prac implementacyjnych. W trakcie prac zastosowano metodę eksperymentalną, na bieżąco analizowano i oprogramowywano warunki brzegowe wynikające z uzyskiwanych wyników empirycznych. Pod uwagę zostały wzięte takie elementy jak:

- możliwości transmisji danych – jakość transmisji, stopa błędów;
- dostęp zdalny do urządzeń – możliwości dostępu zdalnego do poszczególnych urządzeń budowanego systemu w celu zbierania danych, rekonfiguracji, monitorowania działania;
- niezawodność połączeń – stabilność łączy, pewność działania;
- prędkość transmisji – możliwości szybkiej transmisji danych z uwzględnieniem wielkości danych koniecznych do przesyłania.

W trakcie prac produkt badany był na bieżąco w laboratorium. Oprogramowane zostały czujniki oraz poszczególne źródła i odbiorcy sygnału. Efektem jest

demonstrator umożliwiający uzyskanie przedstawionych założeń w kontekście łączności. Produktem końcowym etapu implementacji podsystemu komunikacji jest system łączności pozwalający na przesyłanie na bieżąco, w warunkach operacyjnych, danych pozyskanych z sensorów do systemu informatycznego oraz pozwalający na zdalny dostęp do stworzonego systemu.

Celem kolejnego zadania było wykonanie planu testów systemu łączności pozwalającego na przesyłanie na bieżąco, w warunkach operacyjnych, danych pozyskanych z sensorów do systemu informatycznego oraz pozwalającego na zdalny dostęp do stworzonego systemu.

Zadanie to realizowano za pomocą następujących materiałów źródłowych niezbędnych do osiągnięcia założonego celu badawczego:

- raportów i protokołów z testów środków łączności w różnych warunkach środowiskowych, wykonywanych przez Wojsko Polskie;
- raportów końcowych z realizacji poprzednich zadań.

W ramach realizacji niniejszego zadania zbudowano demonstrator technologii podsystemu komunikacyjnego został zainstalowany i sprawdzony w warunkach operacyjnych. Ponieważ nie zakłada się na tym etapie konieczności wprowadzenia zmian, została zastosowana metoda obserwacyjna. W tym celu przygotowano plany testów demonstratora, tak aby na ich podstawie można było sprawdzić i ocenić system łączności w następujących aspektach:

- możliwości transmisji danych;
- dostęp zdalny do urządzeń;
- niezawodność połączeń;
- prędkość transmisji.

Przeprowadzone testy powinny zweryfikować założenia systemu oraz wymagania na poszczególne elementy składowe. Wyniki sprawdzenia powinny umożliwić lokalizację miejsc koniecznych do poprawy przed operacyjnym wykorzystaniem rozwiązania.

Produktami końcowymi wynikającymi z realizacji niniejszego zadania badawczego są plany testów oraz metodyka walidacji:

- możliwości transmisji danych demonstratora;
- dostępu zdalnego do urządzeń demonstratora;
- niezawodności połączeń demonstratora;
- prędkości transmisji danych demonstratora.

Przeprowadzenie testów pozwoliło na sprawdzenie wszystkich funkcji i uzyskanie informacji zwrotnej o ewentualnych brakach w zakresie niezawodności i skuteczności działania podsystemu komunikacyjnego demonstratora technologii. Końcowym wynikiem etapu jest raport zawierający przebieg budowy demonstratora technologii podsystemu komunikacji oraz jego plany testów. Raport stanowi sprawozdanie z realizacji zadania badawczego i zawiera opis budowy demonstratora, jego możliwości oraz konfigurację do pracy w systemie, a także plany testów, które umożliwiają sprawdzenie

demonstratora pod kątem możliwości transmisji danych, dostępu zdalnego do urządzeń, niezawodności połączeń oraz prędkości transmisji danych.

W ramach etapu III realizowanych jest 9 zadań badawczych w VIII PGT, wykonywanych przez poszczególnych konsorcjantów. Zadania dotyczą weryfikacji testów demonstratora oraz opracowania wniosków i rekomendacji w celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa i skuteczności działań R-G (SGSP), rekomendacji i wytycznych w celu odskonalenia sprzętu i aktualizacji wymagań techniczno-użytkowych (CNBOP-PIB), opracowania rekomendacji do wdrożenia wyników badań naukowych i prac rozwojowych w praktyce gospodarczej oraz metodyk wykorzystania oprogramowania informatycznego do doskonalenia demonstratora (CMGI) oraz zaplanowania testów i przeprowadzenia demonstracji systemu w warunkach operacyjnych (MLABS, TELDAT). W ramach realizowanych zadań wykonano analizy niezbędne do osiągnięcia celu wdrożeniowego projektu oraz zbudowania studium w oparciu o analizę rynku i potencjalnych odbiorców zainteresowanych wdrożeniem wyników prac rozwojowych. Zainteresowanie pozostałych potencjalnych odbiorców może być wynikiem rosnącej świadomości, w jakich obszarach i w jaki sposób można wykorzystać i skomercjalizować rezultaty niniejszego projektu.

Szacuje się, że względu na różne czynniki wynikające z projektu istotnymi z punktu widzenia starzenia się technologii wynikami projektu są:

- zaawansowane technologie informatyczne wspomagające zarządzanie kryzysowe i ratownictwo – szacuje się, że powinny być wykorzystane w przeciągu 3 lat ze względu na szybkość rozwoju technologii;
- system teleinformatyczny zbierający i przetwarzający dane oraz wspierający zadania logistyczne w zakresie serwisowania oraz zakupów sprzętu ratowniczego, a także zawierającego bazę świadectw i dopuszczeń wydawanych przez CNBOP-PIB – szacuje się, że powinien być wykorzystany w przeciągu 7 lat ze względu na szybkość zmian w użytkowanym sprzęcie ratowniczym, a około 3 lat ze względu na bazę świadectw certyfikacji i dopuszczeń;
- opracowanie metod stałego nadzoru i kontroli umożliwiających nadzór i analizę niezawodności wyposażenia ratowniczego – ze względu na możliwą ogólność specyfiki metodyk można założyć 10 lat;
- wypracowanie rekomendacji do nowelizacji wymagań techniczno-użytkowych (WTU) wyposażenia straży – ze względu na zmieniające się przepisy (co jest trudne do przewidzenia) można prawdopodobnie założyć okres około 10 lat.

Podsumowując okres, w jakim projekt powinien być wdrożony, uwzględniając najkrótszy z analizowanych powyżej aspektów, szacuje się na około 3 lata [3].

## Promocja projektu

W celu promocji projektu przygotowane zostały poniższe publikacje oraz referaty wygłoszone na konferencjach naukowych w 2014 i 2015 roku.

**Publikacje:**

1. W. Kupicz, P. Ogrodnik, *Problemy eksploatacji pojazdów i sprzętu ratowniczo-gaśniczego w Państwowej Straży Pożarnej*, „Logistyka” 2014, nr 6.
2. T.Z. Kosowski, M. Jeliński, P. Stosik, R. Motylewski, *Systemy łączności do monitorowania wyposażenia i jednostek straży pożarnej*, „Studia i Materiały Informatyki Stosowanej” 2014, tom 6, nr 16.
3. W. Kupicz, P. Ogrodnik, *Badanie wpływu symulowanych uszkodzeń na wartość parametrów diagnostycznych motopompy pożarniczej OTTER 6/5*, „Logistyka” 2015, nr 3.
4. J. Roguski (red.), *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w Straży Pożarnej*, Józefów, 2015.

**Referaty na konferencjach naukowych:**

XXIV Konferencja naukowo-praktyczna „Aktualne Problemy bezpieczeństwa pożarowego”, Moskwa 2014.

Lp.	Tytuł referatu	Nazwiska autorów	Jednostka naukowa/ Firma	UWAGI: afiliacja
1.	<i>Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania</i>	1. J. Roguski, 2. D. Wróblewski, 3. Y. Mazur	CNBOP-PIB	(1)

Konferencja naukowa „Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w Straży Pożarnej”, 26–27.03.2015 r.

Lp.	Tytuł referatu	Nazwiska autorów	Jednostka naukowa/ Firma	UWAGI: afiliacja
1.	<i>Metodyka i kryteria wyboru obiektów do badań</i>	1. st. bryg. mgr inż. D. Czerwienko, 2. mgr inż. L. Jurecki, 3. dr inż. J. Roguski	CNBOP-PIB	(1)
2.	<i>Wymagania funkcjonalne dla systemu monitorowania i analizy niezawodności eksploatacji wybranych środków wyposażenia Państwowej Straży Pożarnej</i>	1. prof. dr hab. inż. J. Kręcikij, 2. D. Rzemek	Akademia im. A.F. Modrzewskiego (Kraków), CMGI	(2)

Lp.	Tytuł referatu	Nazwiska autorów	Jednostka naukowa/ Firma	UWAGI: afiliacja
3.	<i>Bezpieczeństwo transmisji danych w systemach monitorowania wyposażenia straży pożarnej</i>	1. dr Ł. Apiecionek, 2. mgr inż. R. Motylewski, 3. mgr inż. Paweł Stosik	Uniwersytet KW w Bydgoszczy TELDAT TELDAT	(3)
4.	<i>Sieć sensorowa systemu pomiaru i diagnozowania pomp stosowanych w jednostkach ratowniczo-gaśniczych</i>	1. mgr inż. M. Pasięka 2. dr inż. M. Sobczak 3. mgr inż. Bartosz Kukawka	MLABS Polit.Pozn.	(4)
5.	<i>Badanie wpływu wybranych uszkodzeń na parametry pracy motopompy</i>	1. dr inż. W. Kupicz, 2. st. kpt. dr inż. P. Ogrodnik	WITPIS SGSP	(5) (6)

XI Międzynarodowa konferencja „Aktualne pytania bezpieczeństwa pożarowego i ochrony przeciwpożarowej oraz bezpieczeństwa technicznego obiektów infrastruktury krytycznej na Ukrainie”, Kijów, 3–5 grudnia 2015 r.

Lp.	Tytuł referatu	Nazwiska autorów	Jednostka naukowa/ Firma	UWAGI: afiliacja
1.	<i>Моніторинг технічного стану забезпечення пожежно-рятувальних підрозділів в надзвичайних ситуаціях</i>	1. Y. Mazur 2. J. Roguski, 3. D. Wróblewski	CNBOP-PIB	(1)

Konferencja naukowa „Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych”, CNBOP-PIB, 8 grudnia 2015 r.

Lp.	Tytuł referatu	Nazwiska autorów	Jednostka naukowa/ Firma	UWAGI: afiliacja
1.	<i>Monitorowanie stanu technicznego wyposażenia jednostek Ochrony Przeciwpożarowej w działaniach ratowniczo-gaśniczych</i>	1. dr inż. J. Roguski, 2. st. bryg. mgr inż. D. Czerwienko, 3. mgr inż. L. Jurecki	CNBOP-PIB	(1)
2.	<i>Monitorowanie stanu technicznego wyposażenia jednostek Ochrony Przeciwpożarowej w działaniach ratowniczo-gaśniczych</i>	1. dr inż. J. Roguski, 2. st. bryg. mgr inż. D. Czerwienko, 3. mgr inż. L. Jurecki	CNBOP-PIB	(1)

## Aktualne wyróżnienia projektu:

1. Złoty Medal MTP na Międzynarodowych Targach Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO 2016 za opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia Straży Pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania.
2. Medal Prezesa Zarządu Głównego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych RP za opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia Straży Pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania.
3. GRAND PRIX SAWO 2016 w kategorii 1.5. Kształtowanie i promocja kultury bezpieczeństwa i higieny pracy za opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia Straży Pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania.
4. Srebrny medal na Międzynarodowych Targach Innowacji Gospodarczych i Naukowych INTARG 2016.
5. Złoty medal na targach EUROINVENT 2016 imiennie za monografię *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w Straży Pożarnej*.
6. Dyplom MNiSW 2015 za opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia Straży Pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania.
7. Srebrny medal na targach INST 2014 w Taipei na Tajwanie za projekt „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia Straży Pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania.



# JAKOŚĆ I WYDAJNOŚĆ TRANSMISJI DANYCH W SIECI WI-FI MESH WDS SYSTEMU MONITOROWANIA URZĄDZEŃ EKSPLOATOWANYCH W STRAŻY POŻARNEJ

Wojciech Makowski  
Rafał Motylewski  
Paweł Stosik  
Marek Jeliński  
Łukasz Apiecionek

## Wprowadzenie

Aby umożliwić dozór nad urządzeniami eksploatacyjnymi straży pożarnej, systemy monitoringu wymagają zastosowania rozległych sieci bezprzewodowych. Tego typu łącza pozwalają na ciągłe monitorowanie wykorzystywanego sprzętu na całej powierzchni akcji ratowniczo-gaśniczej.

Cechą bezprzewodowych sieci mesh WMN (ang. *Wireless Mesh Network*) są nieruchome, bezprzewodowe węzły przekaźnikowe, tworzące szkielet sieci dla mobilnych węzłów dostępowych.

Przekazywanie danych w sieci mesh odbywa się poprzez wykonanie wielu przeskoków. Podstawową zaletą tego typu sieci jest łatwość rozbudowy. Sieci mesh charakteryzują się także dużą przepustowością oraz umiejętnością reakcji na awarie. Bazą dla rozwiązań typu mesh są routery Wi-Fi, które działają w układzie *Infrastructure/Backbone*, gdzie punkty dostępowe tworzą (w formie *Infrastructure*) strefy dostępu dla klientów. Transmisję w szkielecie sieci (ang. *backbone*) zapewniają specjalistyczne routery wykorzystujące przynajmniej dwie karty sieciowe. Druga generacja sieci typu mesh cechuje się wykorzystaniem urządzeń posiadających dwa interfejsy sieciowe. Pierwszy z nich, działający w paśmie 2,4 GHz, służy do połączenia pomiędzy routerem a klientami. Drugi, na pasmach z zakresu 5 GHz łączy się z innymi węzłami. Wieloetapowa transmisja danych pomiędzy węzłami wykonywana jest poprzez tzw. przeskoki. Węzły sieci mesh trzeciej generacji wyposażone są nawet w sześć kart sieciowych, co umożliwia wielokanałową pracę, jednocześnie na wielu interfejsach radiowych. W ten sposób możliwa do uzyskania jest łączność typu *full-duplex* w nieinterferujących kanałach radiowych. Transmitowanie ramek z węzła szkieletowego sieci jest zapewnione w warstwie 1 i 2 modelu OSI, w przeciwieństwie do dotychczasowych rozwiązań poprzez optymalizację protokołów routingu w warstwie 3.



## Sieć MESH WDS

Jednym z rozwiązań sieci typu mesh jest WDS (ang. *Wireless Distribution System*). Technologia ta wykorzystuje własny protokół HWMP+ (ang. *Hybrid Wireless Mesh Protocol+*), którego głównym zadaniem jest zapewnienie optymalnego routingu z ominięciem pętli w sieci mesh. Protokół HWMP+ działa w drugiej warstwie modelu OSI. Jest on podobny do protokołu HWMP, którego opis zawarto w standardzie IEEE 802.11s [1]. Powyższe protokoły nie są ze sobą kompatybilne ze względu na różnice w architekturze.

WDS to technologia pozwalająca na tworzenie bezprzewodowego mostu pomiędzy urządzeniami sieciowymi pracującymi w standardzie Wi-Fi. Gdy punkt dostępowy lub bezprzewodowy router posiadają funkcję WDS, możliwe jest bezprzewodowe łączenie tych urządzeń – drugi punkt dostępowy otrzymuje sygnał od pierwszego, wzmacnia go i rozsyła dalej w granicach swojego zasięgu. Przykładowa architektura sieci wykorzystującej WDS została przedstawiona na rysunku 1.



**Rysunek 1.** Przykładowa architektura technologii WDS

Źródło: opracowanie własne

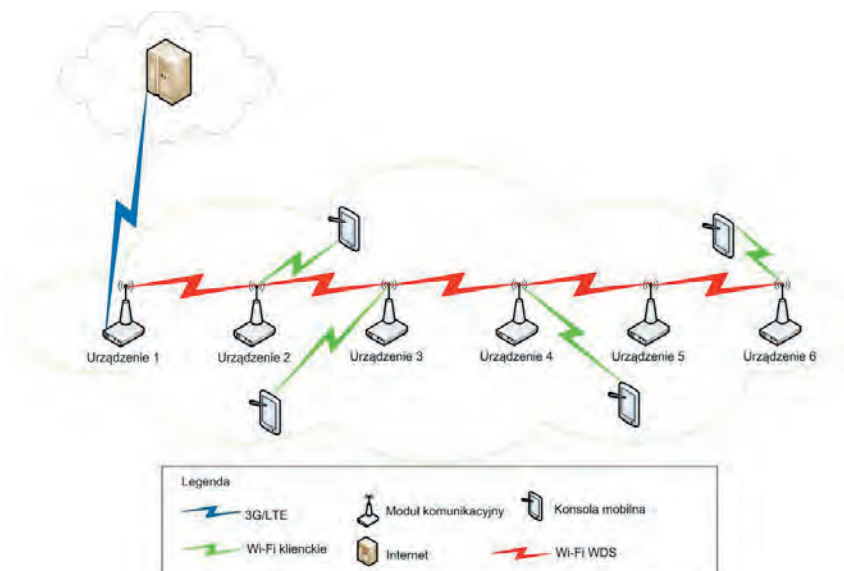
Główne założenia sieci typu WDS są następujące:

- punkt dostępowy 1 jest jednocześnie urządzeniem brzegowym i serwerem DHCP dla punktu dostępowego 2;
- wszystkie punkty dostępowe:
  - są w tej samej sieci LAN;
  - mają taki sam SSID (*identyfikator sieciowy*) oraz klucz zabezpieczający;
  - rozgłaszane są na tym samym kanale radiowym.

Urządzenia działające w trybie WDS cechują się możliwością jednoczesnej pracy jako punkt dostępowy, a także most bezprzewodowy pomiędzy innymi punktami dostępowymi. Rozwiązanie to pozwala na tworzenie szkieletu sieci o wielu strukturach. Zaletą sieci bezprzewodowej wykorzystującej tryb WDS jest znacznie większy obszar zasięgu, jaki może osiągnąć sieć bez konieczności zmiany anteny na większą o silniejszym sygnale.

W ramach projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania” (nazywanego *Monitoring*) zbudowano Moduł Komunikacji wykorzystujący

technologię WDS [2]. Podczas trwania projektu dokonano badań nad omawianą technologią przy pomocy zbudowanego demonstratora. Przykładowa architektura systemu wykorzystanego podczas badań została przedstawiona na rysunku 2.



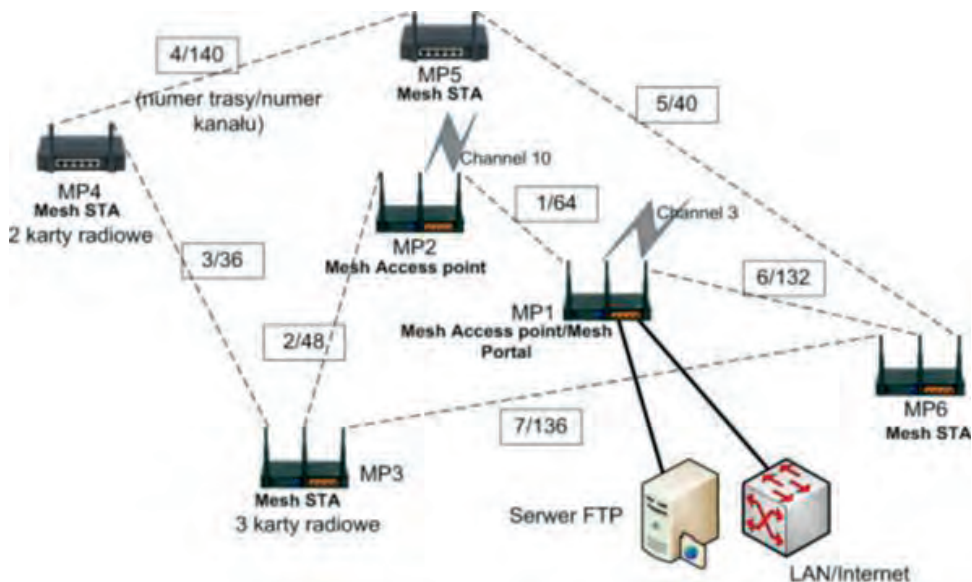
**Rysunek 2.** Architektura badanego systemu [3]

Podstawowym medium łączności pomiędzy Modułami Komunikacji jest Wi-Fi pracujące w trybie WDS. Połączone w ten sposób routery Modułu Komunikacji tworzą jedną sieć mesh na terenie akcji ratowniczo-gaśniczej. Do tej sieci, poprzez Wi-Fi klienckie, podłączone są konsole mobilne. Dostęp do publicznej sieci Internet umożliwia modem 3G/LTE jednego z Modułów Komunikacji. Jeżeli urządzenie 6 wykorzystywane podczas akcji ratowniczo-gaśniczej będzie znajdowało się na terenach pozbawionych zasięgu sieci 3G/LTE, a urządzenie 1 będzie pracować w tej sieci, monitoring lokalnych urządzeń PSP będzie możliwy dzięki zastosowaniu bezprzewodowej sieci Wi-Fi.

## Analiza badań technologii WDS

Technologia bezprzewodowa sieci typu mesh WDS została przetestowana przez badaczy z Politechniki Opolskiej. Autor publikacji *Badania wpływu transmisji wieloskokowej na wartość wybranych parametrów oceny wydajności bezprzewodowej sieci kratowej* [4] wykonał szereg badań eksploatacyjnych transmisji sieciowej. W ramach testów zbudowana została sieć typu mesh, umożliwiającą przeprowadzenie badań i doświadczeń w terenie otwartym oraz na kampusie Politechniki Opolskiej. Do jej budowy wykorzystano 6 routerów RouterBOARD 433AH firmy Mikrotik wyposażonych w trzy niezależne interfejsy sieciowe standardu IEEE 802.11 a/b/g/n. Umożliwiło to wykorzystanie trzech różnych kanałów radiowych. Aby zapewnić

funkcjonalność przesyłania plików w sieci oraz przeprowadzenia badań wydajności transmisji, do sieci przyłączono serwer FTP. Architektura środowiska sieciowego, przedstawiona na rysunku 3, pozwoliła na badanie wydajności transmisji w zależności od: liczby przeskoków, doboru parametrów kształtujących transmisję radiową oraz rodzaju protokołu warstwy czwartej modelu OSI [4].



**Rysunek 3.** Testowa sieć Wi-Fi WDS zainstalowana w kampusie nr 1 Politechniki Opolskiej z ponumerowanymi trasami szkieletu sieci oraz numerami kanałów radiowych [4]

Podczas testów wykonano wiele badań eksploatacyjnych transmisji sieciowej. Dotyczyły one określenia wpływu wyboru protokołu warstwy sieciowej TCP oraz UDP na wydajność transmisji w sieci typu mesh. Każde badanie trwało 30 sekund, rozmiar pakietu dla obydwu protokołów został ustawiony na 1500 bajtów. W ramach testów została zmierzona przepustowość łącza oraz liczba utraconych podczas transmisji pakietów. Badania zostały przeprowadzone dla 1–4 oraz 5 przeskoków pomiędzy routerami [4].

Podczas badania transmisji z wykorzystaniem protokołu TCP nie zaobserwowano utraty pakietów. Średnia liczba pakietów straconych w czasie 1 s dla protokołu UDP wynosiła 250 [4].

Zastosowanie protokołu TCP obniżyło prędkość transmisji danych o około 6 Mb/s w stosunku do transmisji wykorzystującej protokół UDP, jest to jednak strata rekompensowana niższym współczynnikiem strat pakietów. Testy dowiodły, że liczba utraconych danych może zostać znacznie zmniejszona dzięki zastosowaniu mechanizmów wykorzystywanych w protokole połączeniowym TCP. Podczas testu trwającego 5 minut, mechanizm retransmisji został zastosowany 35 razy dla każdej trasy wyznaczonej przez przeskok [4].

Wraz ze wzrostem liczby przeskoków zauważono spadek przepustowości łącza. Przy przesłaniu danych za pomocą dwóch przeskoków przepustowość łącza wyniosła tylko 10,9 Mb/s. Wzrost liczby przeskoków do pięciu spowodował gwałtowny spadek przepustowości łącza do zaledwie 2 Mb/s [4].

Przedstawione powyżej wyniki badań sieci mesh zbudowanej na Politechnice Opolskiej potwierdziły, że obecnie zostały stworzone podstawy do realizacji rozległego środowiska sieciowego, w którym przełączanie transmisji pomiędzy węzłami jest prowadzone z wykorzystaniem niezależnych kanałów radiowych. Pozwala ono na uzyskanie wydajnej komunikacji sieciowej nawet po wykonaniu pięciu przeskoków. Przeprowadzone badania wydajności wieloetapowych transmisji danych pokazały, że wartość przepustowości transmisji w szkielecie sieci nie zmniejsza się po wykonaniu kolejnych skoków, a wartość opóźnienia transmisji osiągnięta nawet po pięciu skokach jest wystarczająca do zapewnienia prowadzenia rozmów VoIP [4].

## Moduł komunikacji wykorzystujący WDS

Do przeprowadzenia badań wykorzystano urządzenia łączności powstałe podczas projektu *Monitoring* [2].

Moduł Komunikacji to podstawowe urządzenie sieciowe zapewniające łączność pomiędzy wszystkimi elementami systemu. Pozwala on na łączność z lokalną siecią Wi-Fi WDS, a także z siecią Internet poprzez zastosowany interfejs 3G/LTE.

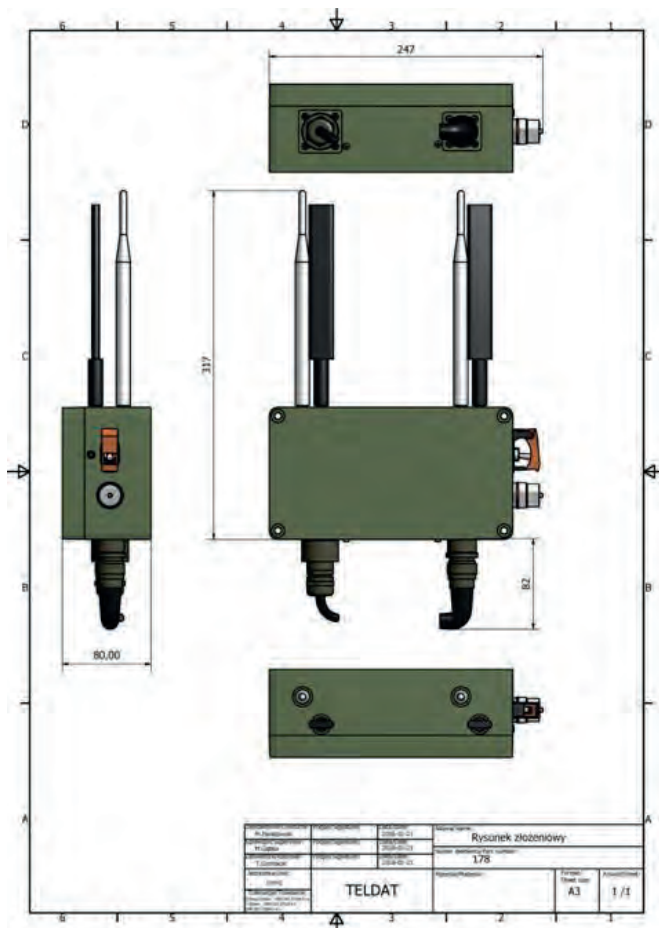
Moduł Komunikacji składa się z dwóch głównych elementów, zabudowanych w ragedyzowanej obudowie. Są to: modem 3G/LTE i router WDS [5].

Elementy te zostały umieszczone w obudowie odpornej na zachlapania. Zastosowano także technologię pozwalającą na pracę urządzenia podczas wstrząsów, np. generowanych przez motopompy. Moduł Komunikacji posiada wyprowadzone cztery anteny: dwie Wi-Fi oraz dwie sieci komórkowej, które umożliwiają uzyskanie lepszych osiągnięć tej sieci oraz poprawiają zasięg modemu. Na dłuższej ścianie bocznej znajduje się złącze zasilania oraz Ethernet. Umieszczona została także dioda LED, sygnalizująca status włączenia i wyłączenia urządzenia. Moduł Komunikacji wyposażono również w bezpiecznik chroniący przed uszkodzeniami związanymi ze skokami napięcia.

Modem jest urządzeniem sieciowym modelującym sygnał w celu zakodowania informacji cyfrowych, tak aby mogły być przesyłane w wybranym medium transmisyjnym. Demoduluje on także zakodowany sygnał w celu dekodowania odbieranych danych. Modem Modułu Komunikacji umożliwia bezprzewodowy dostęp do sieci Internet. Zadaniem tego urządzenia jest nawiązanie połączenia GSM, może on pracować w trybie sieci 3G lub LTE, w zależności od zasięgu dostępnej sieci. Preferowaną siecią jest LTE, zapewniająca lepszą jakość oraz wyższą prędkość transmisji danych niż 3G. W przypadku braku lub bardzo słabego zasięgu, uniemożliwiającego prawidłowe funkcjonowanie podsystemu transmisyjnego, modem będzie pracował w dostępnej sieci 3G.

Router to urządzenie komunikacyjne służące do sprzęgania sieci cyfrowych. Jego zadaniem jest połączenie sieci w jednolitą całość. Umożliwia on współdzielenie łącza sieciowego przez kilku użytkowników. Urządzenie to jest zgodne ze standardem IEEE 802.11n, co oznacza że pozwala tworzyć bezprzewodowe sieci o prędkości transmisji 300Mb/s, ograniczając straty sygnału powstałe na skutek dużych odległości lub przeszkód (stalowych lub betonowych ścian budynków). Ponadto, w porównaniu do produktów starszego standardu 11g, routery 11n umożliwiają transmisję sygnału bezprzewodowego na znacznie dalsze odległości. Standard ten pozwala na efektywne wykorzystanie nie tylko sieci 3G, ale także 4G/LTE [6]. Za bezpieczeństwo transmisji bezprzewodowej w sieci LAN rozgłaszanej przez router odpowiada szyfrowanie WPA i WPA2 [7]. Router Modułu Komunikacji wspiera technologię WDS.

Rysunek 4 przedstawia projekt konstrukcyjny Modułu Komunikacji wykonany przez inżynierów firmy TELDAT. Na rysunku 5 widać Moduł Komunikacji podczas testów wibracyjnych.



**Rysunek 4.** Moduł Komunikacji – rysunek złożeniowy [5]

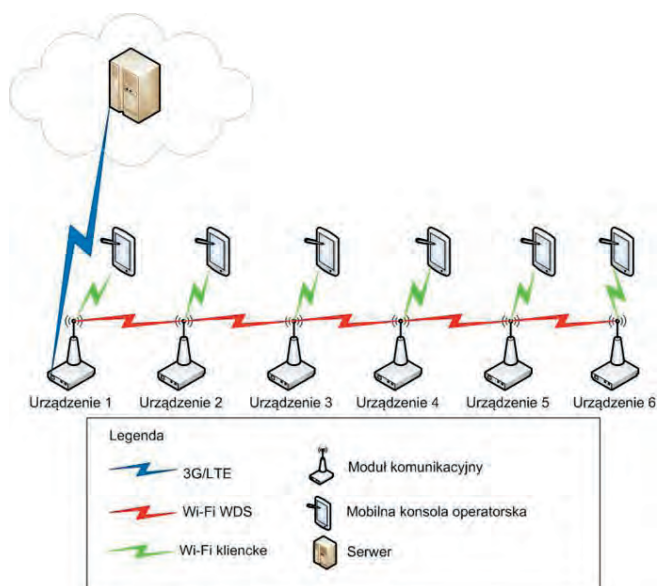


Rysunek 5. Moduł Komunikacji – testy wibracyjne [3]

### Badania nad WDS

W procesie badań nad WDS wykorzystano omawiany Moduł Komunikacji oraz aplikację *IPerf*. Jest to narzędzie do pomiaru wydajności łącza. Aplikacja ta dostępna jest dla wielu systemów operacyjnych, w tym dla systemów Windows (jako JPerf) oraz Android. Dzięki jej multiplatformowości badania łącza są możliwe zarówno na urządzeniach przenośnych, jak i stacjonarnych [3].

Sprzęt laboratoryjny stanowiło sześć Modułów Komunikacji połączonych ze sobą za pomocą WDS, jak przedstawia rysunek 6. W tabeli 1 zamieszczono konfigurację sieci laboratoryjnej.



Rysunek 6. Architektura sieci laboratoryjnej

Źródło: opracowanie własne

**Tabela 1.** Adresacja LAN routerów WDS [3]

Numer urządzenia	Adres IP
PM-MK-01	192.168.0.1
PM-MK-02	192.168.0.2
PM-MK-03	192.168.0.3
PM-MK-04	192.168.0.4
PM-MK-05	192.168.0.5
PM-MK-06	192.168.0.6

Źródło: Opracowanie własne

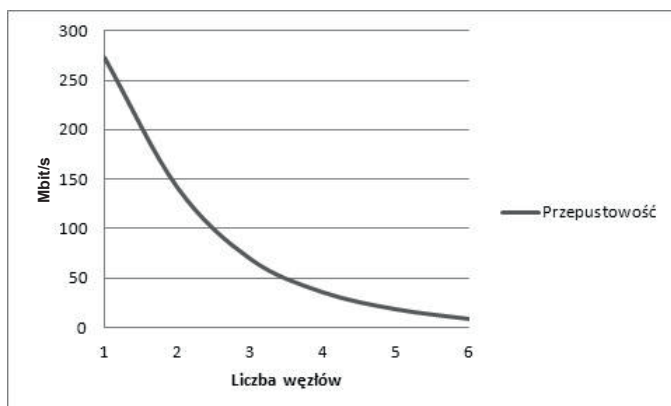
Pierwsze urządzenie, o numerze PM-MK-01 stanowiło Access Point do sieci Internet poprzez wbudowany modem GSM. Kolejne urządzenia były ze sobą połączone za pomocą technologii WDS na zasadzie łańcucha. Utworzona sieć miała jednakowe SSID. Za bezpieczeństwo odpowiadało hasło szyfrowane przy użyciu protokołu WPA2 [7]. Sieć rozgłaszana była na kanale 7, routery rozstawiono, tak aby były w zasięgu wyłącznie sąsiedzkich urządzeń. Podczas badań nie odnotowano zakłóceń spowodowanych przez inne sieci Wi-Fi [3].

Badania nad niezawodnością połączeń pozwoliły ocenić, czy wszystkie mosty bezprzewodowe WDS zostały prawidłowo zestawione. W tym celu sprawdzono integralność pakietów danych przy pomocy protokołu ICMP. Do sieci rozgłaszanej przez ostatnie urządzenie, PM-MK-06, zostało przyłączone urządzenie mobilne. Za jego pośrednictwem wysłano polecenie PING na adres 192.168.0.1. Wszystkie pakiety zwrotne otrzymano, opóźnienia, które wystąpiły były minimalne, rzędu 1ms. Następnie podłączono kolejne urządzenie mobilne do sieci rozgłaszanej przez urządzenie PM-MK-01. Na obu tabletach uruchomiony został program IPerf. Jeden z tabletów działał jako serwer, drugi jako klient. Czynność tę powtarzano, odłączając kolejno ostatnie ogniwa łańcucha. W ten sposób sprawdzono przepustowość łącza w sieci lokalnej. Rezultaty tych badań prezentuje tabela 2 oraz wykres na rysunku 7.

**Tabela 2.** Wyniki badań

Liczba węzłów	Przepustowość [Mbit/s]
1	272,81
2	141,54
3	69,35
4	35,48
5	18,45
6	8,62

Źródło: opracowanie własne



**Rysunek 7.** Spadek przepustowości w stosunku do liczby węzłów  
Źródło: opracowanie własne

## Podsumowanie i wnioski

Podczas testów zauważono tendencję spadkową prędkości transmisji po podłączeniu większej liczby urządzeń. Utworzenie każdego kolejnego mostu bezprzewodowego WDS powodowało spadek prędkości transmisji o blisko połowę. Przepustowość 8,62 Mbit/s osiągnięta przy wykorzystaniu maksymalnej liczby sześciu routerów jest wystarczająca, aby prowadzić pomiędzy nimi *streaming* obrazu, nawet w jakości HD.

Zastosowanie protokołu WDS pozwala na sprawne przesyłanie danych w sieci lokalnej systemu monitorowania. Dzięki jego zastosowaniu dowódca ma pełny wgląd w czasie zbliżonym do rzeczywistego do parametrów i statusu wszystkich urządzeń wykorzystywanych podczas prowadzonej akcji ratowniczo-gaśniczej, na całej powierzchni objętej operacją.





# ANALIZA DZIAŁANIA KOMPONENTÓW ZINTEGROWANEGO SYSTEMU MONITOROWANIA SPRZĘTU POŻARNICZEGO

Bartosz Kukawka  
Mikołaj Sobczak  
Michał Tomczyk  
Marek Wąsik

## Wstęp

Podczas akcji ratowniczo-gaśniczych straży pożarnej [1–2] kluczową sprawą jest niezawodność sprzętu [3]. Z tego względu stosuje się różne zabiegi mające na celu zapewnienie jego bezawaryjności. Głównie sprowadza się to do stosowania sprzętu wytrzymującego bardzo ciężkie warunki oraz częstego serwisowania i kontrolowania urządzeń.

Aby zwiększyć niezawodność urządzeń, zaprojektowano zintegrowany system monitorowania sprzętu pożarniczego. Został on zrealizowany w ramach projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w konkursie dotyczącym obronności i bezpieczeństwa państwa.

System pozwala monitorować w czasie rzeczywistym funkcjonowanie urządzeń, na których został zainstalowany, oraz gromadzić dane o ich działaniu. Bezpośrednio na urządzeniach są instalowane czujniki i moduły mierzące podstawowe parametry pracy urządzenia (rys. 1). Wartości pomiarów są automatycznie analizowane, aby w przypadku nieprawidłowości zgłosić odpowiedni komunikat. Pozwala to na szybką reakcję i uniknięcie potencjalnych awarii.

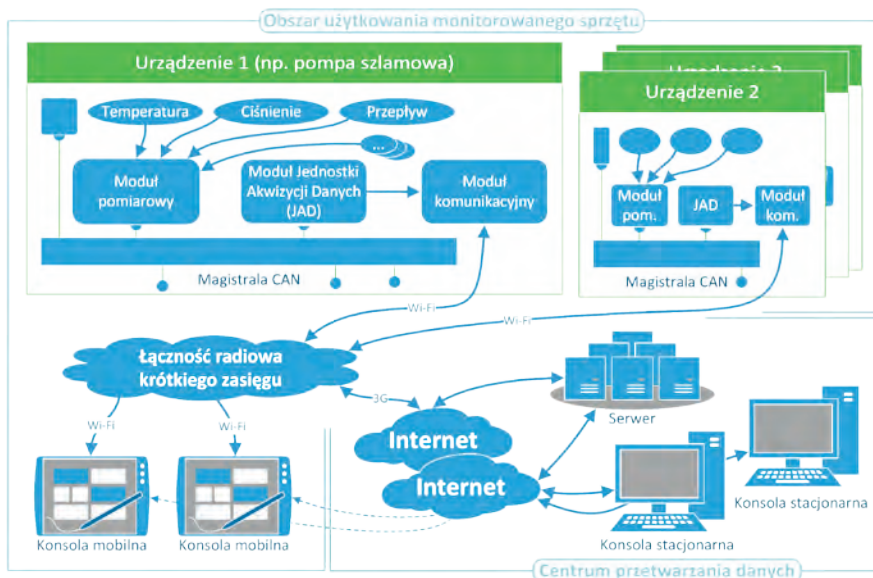
Podgląd danych i komunikatów w pobliżu urządzeń jest możliwy dzięki aplikacji mobilnej uruchamianej na tablecie. Poza tym wszystkie dane są buforowane i po uzyskaniu dostępu do sieci Internet (np. gdy urządzenie znajdzie się w zasięgu sieci Wi-Fi po powrocie do jednostki macierzystej lub jest na terenie z zasięgiem 3G) są wysyłane do centralnego serwera. Aktualne i historyczne dane z wszystkich urządzeń można przeglądać w aplikacji operatora uruchamianej na dowolnym komputerze z dostępem do Internetu. Pozwala to na dokładną analizę danych oraz generowanie raportów w celu optymalizacji wykorzystywania sprzętu.



**Rysunek 1.** Dwa przykładowe urządzenia na których został zainstalowany system: pompa pływająca Niagara 1 (po lewej) i pompa półszlamowa Honda SST50 (po prawej)  
Źródło: opracowanie własne

## Architektura systemu monitorowania sprzętu pożarniczego

Część sprzętowa systemu montowana na nadzorowanym urządzeniu składa się z odpowiednio dobranych czujników, modułu pomiarowego, Jednostki Akwizycji Danych (moduł JAD), modułu baterii i modułu komunikacyjnego. Modułowa budowa systemu zapewnia dużą elastyczność i pozwala na wykorzystanie go na różnorodnym sprzęcie. Architekturę systemu przedstawiono na rysunku 2.



**Rysunek 2.** Schemat przedstawiający architekturę zintegrowanego systemu monitorowania sprzętu przeciwpożarowego  
Źródło: opracowanie własne

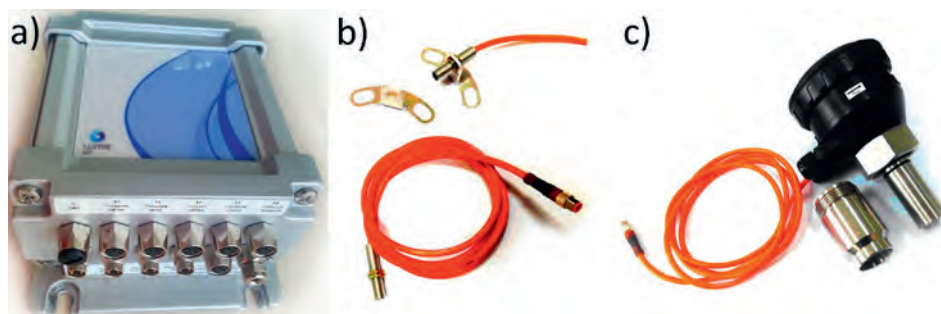
W zależności od typu urządzenia instalowane czujniki można dostosować do określonych potrzeb. Wykonują one pomiary, które są odczytywane przez moduł pomiarowy i transmitowane po magistrali CAN [4]. W dalszej kolejności moduł Jednostki Akwizycji Danych (JAD) odbiera dane z magistrali CAN zapewniając ich buforowanie i przetwarzanie. Za pośrednictwem modułu komunikacyjnego informacje są przesyłane do pozostałej części systemu, czyli do konsoli mobilnych i stacjonarnych. Poszczególne elementy przedstawiono w kolejnych podrozdziałach.

### **Sensory i moduł pomiarowy**

Wybór odpowiednich czujników ściśle zależy od rodzaju monitorowanego sprzętu, przy czym architektura systemu dopuszcza wykorzystanie dowolnych rodzajów przetworników pomiarowych. Są one podłączane do modułu pomiarowego, który został wyposażony w wiele różnych interfejsów wejściowych. Dysponuje on wejściami:

- temperaturowymi do podłączania przetworników termopary;
- analogowymi dla czujników z wyjściem prądowym lub napięciowym;
- mierzącymi sygnały częstotliwościowe;
- uniwersalnym z interfejsem RS485.

Moduł sekwencyjnie odczytuje wartości pomiarów z wszystkich czujników zgodnie z zadaną konfiguracją, dokonuje ich wstępnej obróbki i rozsyła je na magistrali CAN. Moduł razem z przykładowymi czujnikami, które są do niego podłączane został przedstawiony na rysunku 3.



**Rysunek 3.** Zmontowany moduł pomiarowy (a) oraz przykładowe czujniki używane w systemie: czujnik Halla do pomiaru prędkości obrotowej wału autopompy (b) i elektromagnetyczny przepływomierz wody dla pompy Niagara (c)

Źródło: opracowanie własne

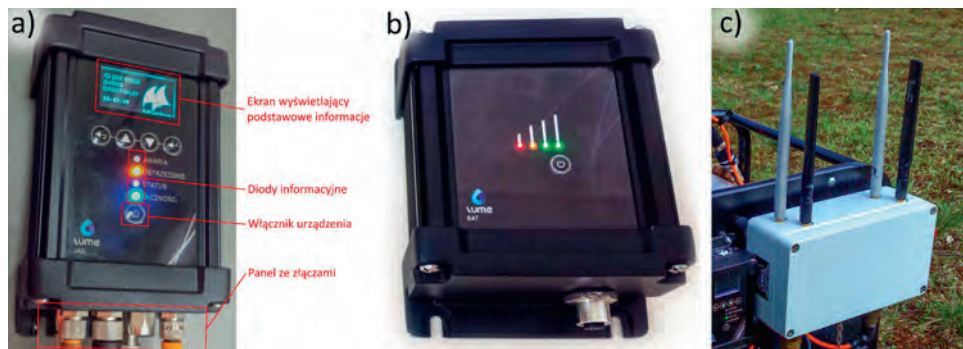
### **Moduł Jednostki Akwizycji Danych (JAD), moduł baterii i moduł komunikacyjny**

Moduł JAD (rys. 4a) odpowiada za zbieranie pomiarów z całego urządzenia oraz ich dalsze przetwarzanie. Do odbierania danych wykorzystuje magistralę CAN, która gwarantuje wysoką niezawodność transmisji oraz zapewnia możliwość rozbudowy systemu. Moduł JAD buforuje wszystkie wyniki, tak aby zachować ciągłość

zbieranych pomiarów, a w momencie nawiązania połączenia z Internetem przesyła je na serwer. Moduł JAD obsługuje również algorytmy diagnostyczne, które w zależności od potrzeb mogą być dowolnie rozbudowywane i wgrywane do jego pamięci. Dzięki dostępowi do wszystkich wartości pomiarowych algorytmy diagnostyczne na podstawie analizy pomiarów zgłaszają odpowiednie ostrzeżenia i awarie. Są one sygnalizowane za pomocą diod informacyjnych na panelu modułu, a dalej przekazywane są do aplikacji: mobilnej i operatora.

Moduł JAD kontroluje działanie podsystemu zainstalowanego na pompie, zgodnie z danymi konfiguracyjnymi odebranymi z serwera. Nadzoruje również automatyczne włączanie systemu w momencie uruchomienia pompy oraz jego usypianie po określonym czasie bezczynności w celu oszczędzania energii. Podsystem na urządzeniu jest zasilany z modułu baterii (rys. 4b) opartego na ogniwach litowo-żelazowych. Posiada on wszystkie podstawowe zabezpieczenia i funkcje takie jak nadzorowanie procesu ładowania, balansowanie napięcia poszczególnych ogniw czy pomiar zgromadzonej i zużytej energii w pakiecie.

Moduł JAD przesyła dane za pośrednictwem modułu komunikacyjnego (rys. 4c), z którym komunikuje się przez lokalne połączenie Ethernet. Głównym zadaniem modułu komunikacyjnego jest zapewnienie łączności z serwerem, która powinna nastąpić albo przez sieć Wi-Fi (jeżeli urządzenie znajdzie się w jej zasięgu w jednostce macierzystej), albo za pośrednictwem sieci komórkowej 3G w przypadku jej dostępności. Drugim zadaniem modułu jest tworzenie lokalnej sieci mesh pomiędzy urządzeniami znajdującymi się na terenie przeprowadzania akcji, tak aby umożliwić aplikacji mobilnej podłączenie się do niej i uzyskanie dostępu do danych.



**Rysunek 4.** Zdjęcia elementów systemu: moduł Jednostki Akwizycji Danych (JAD) (a), moduł baterii (b), moduł komunikacyjny (c)

Źródło: opracowanie własne

### **Aplikacja serwerowa**

Aplikacja serwerowa systemu została zaprojektowana, tak aby mogła pracować w chmurze na wielu serwerach rozproszonych w Internecie i obsługiwać dużą liczbę użytkowników stacjonarnych i mobilnych [5]. Pełna skalowalność rozwiązania powoduje, że liczba nadzorowanego sprzętu jest nieograniczona. Wszystkie dane

napływające do systemu z Jednostek Akwizycji Danych są rozsyłane do uruchomionych aplikacji operatora i mobilnej oraz zapisywane w bazie danych w celu analizy w późniejszym czasie. Aplikacja serwerowa pośredniczy w zdalnej konfiguracji urządzeń, zarządzaniu sprzętem przez aplikację operatora, a także przesyła ostrzeżenia o anomaliach w pracy sprzętu bądź koniecznych do wykonania czynnościach eksploatacyjnych.

### **Aplikacja mobilna**

Aplikacja mobilna (rys. 5a) jest przeznaczona dla tabletów pracujących pod kontrolą systemu Android. Na potrzeby projektu wykorzystano urządzenie Ruggon PA-501 o zwiększonej odporności na trudne warunki terenowe. Aplikacja pozwala przebywającemu w terenie strażakowi na nadzorowanie urządzeń pracujących w zasięgu lokalnej sieci bezprzewodowej. W przypadku dostępu do sieci Internet, również tych oddalonych, zgodnie z uprawnieniami zdefiniowanymi w systemie. Oprogramowanie pozwala wygodnie monitorować urządzenia, odczytywać z nich wszystkie istotne parametry oraz analizować je za pomocą wykresów. W przypadku wykrycia awarii lub ostrzeżenia w aplikacji jest wyświetlana odpowiednia notyfikacja umożliwiająca szybką reakcję.



**Rysunek 5.** Widok aplikacji mobilnej na tablecie (a) i widok aplikacji operatora na komputerze z dostępem do Internetu (b)

Źródło: opracowanie własne

## **Aplikacja operatora**

Aplikacja operatora (rys. 5b) uruchamiana jest na komputerze z systemem operacyjnym Windows i dostępem do Internetu. Za pośrednictwem serwera pozwala ona na dostęp do całego systemu. Program udostępnia podgląd wszystkich danych historycznych, umożliwiając dokonywanie dokładnych analiz oraz generowanie raportów. Aplikacja pozwala również na monitorowanie pracujących urządzeń łącznie z ich lokalizowaniem na podstawie map cyfrowych. W sytuacji wystąpienia awarii lub ostrzeżeń wyświetlana jest odpowiednia notyfikacja. Umożliwia również zaawansowane zarządzanie sprzętem i zdalną konfigurację systemów sensorowych zainstalowanych na urządzeniach.

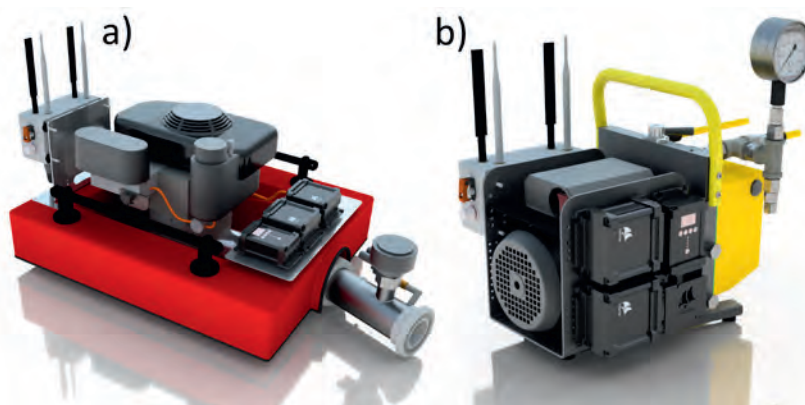
## **Instalacja i uruchomienie systemu**

Modułowa budowa systemu sprzyja dostosowaniu do różnego rodzaju urządzeń wykorzystywanych w straży pożarnej. Aby przetestować jego możliwości, w ramach projektu system zainstalowano i przystosowano do użycia na następujących urządzeniach będących na wyposażeniu PSP:

- pompie półszlamowej Honda SST50;
- pompie pływającej Niagara 1;
- motopompie Tohatsu VC72AS;
- autopompach Moto-Truck A 16/8 i A 24/8;
- agregacie hydraulicznym Weberrescue REA 3,3/1,1-6.

W zależności od urządzenia konieczne było mierzenie innych parametrów i tym samym zastosowanie różnych czujników. Po rozpoznaniu potrzeb zapewniono dla motopomp i autopomp pomiar następujących parametrów: temperatury oraz ciśnienia wody po stronie ssawnej i tłocznej, a także przepływ wody. Dla motopomp mierzone są dodatkowo parametry pracy silnika takie jak: poziom i zużycie paliwa, temperatura spalin, temperatura oleju oraz położenie przepustnicy. W agregacie hydraulicznym, który ma napęd elektryczny, mierzone są: temperatura i ciśnienie oleju, temperatura silnika, pobór prądu i całkowita moc pobrana.

Poza wybraniem i zainstalowaniem powyższych czujników, w zależności od urządzenia, konieczne było odpowiednie skonfigurowanie automatycznego włączania pompy, aby elektronika uruchamiała się w momencie rozruchu motopompy. System po zainstalowaniu na urządzeniu tworzy jego integralną całość (rys. 6). Mierzenie wymienionych parametrów pozwoliło dokładnie obserwować pracę urządzeń oraz stworzyć proste algorytmy diagnostyczne, które zgłaszają odpowiednie ostrzeżenia.



**Rysunek 6.** Wizualizacja zamontowanego systemu monitorowania sprzętu na dwóch przykładowych urządzeniach: agregat hydrauliczny Weberrescue REA 3,3/1,1-6 (a) i pompie pływającej Niagara 1 (b)

Źródło: opracowanie własne

## Realizacja testów w warunkach rzeczywistych

Prace nad projektem wiązały się z wykonaniem różnych testów. Początkowe testy były przeprowadzane w laboratorium firmy MLabs, gdzie system opracowywano. Toczyły się one równolegle z tworzeniem kolejnych komponentów systemu, aby zapewnić jak najwyższą jakość. Od momentu zainstalowania kompletnego systemu na pierwszym z urządzeń realizowano eksperymenty nad rzeką Wartą w zróżnicowanych warunkach pogodowych (rys. 7).



**Rysunek 7.** Testy pompy półszlamowej Honda SST50 prowadzone nad rzeką Wartą w jesiennych i zimowych warunkach

Źródło: opracowanie własne

Testy były istotnym etapem podczas tworzenia systemu i dostarczały licznych wniosków na temat poprawek, które wprowadzano na bieżąco.



We wrześniu 2016 przeprowadzono ostateczne testy systemu w warunkach operacyjnych na poligonie Zamczysko w Puszczy Kampinoskiej (rys. 8). Zasymulowano wypadek samochodowy, podczas którego gaszono płonący pojazd za pomocą autopompy, a następnie rozcinano go nożycami hydraulicznymi. W dalszej części testów symulowano pożar, który gaszono za pomocą pomp Niagara, Tohatsu, Honda i samochodu gaśniczego z zainstalowanym zastawem czujników pomiarowych na autopompie.

Testy zakończyły się sukcesem. Przebieg pracy służb nie został zakłócony, a osoby odpowiedzialne za nadzór akcji mogły na bieżąco monitorować sprzęt na tablicy. Nie zgłoszono żadnych problemów wynikających z działania systemu, a przepływ danych był nieprzerwany. Umożliwiło to właściwe zarejestrowanie wyników, które później poddano weryfikacji i analizie przy wykorzystaniu aplikacji operatora.



**Rysunek 8.** Testy systemu w warunkach operacyjnych na poligonie Zamczysko w Puszczy Kampinoskiej

Źródło: opracowanie własne

## Możliwości i wykorzystanie systemu

System dysponuje dużymi możliwościami, głównie ze względu na ciągłe monitorowanie pracy pomp i zbieranie danych o ich funkcjonowaniu.

Z punktu widzenia strażaka-ratownika korzystającego ze sprzętu podczas akcji system nie zakłóca jego pracy i nie wymaga od niego podejmowania żadnych dodatkowych czynności. Dowódca akcji, używając systemu, otrzymuje dodatkowe narzędzie, które w zależności od potrzeb może wykorzystać do kontrolowania przebiegu akcji. Tablet z aplikacją mobilną umożliwia mu podgląd aktualnego rozmieszczenia pomp i urządzeń na cyfrowej mapie, łącznie z informacją o ich statusie. W razie potrzeby może skontrolować m.in. czy pompa jest włączona, jaką temperaturę ma ssana woda lub jaki jest aktualny poziom paliwa. W skrajnej sytuacji, gdy algorytmy diagnostyczne zainstalowane na urządzeniu wykryją

niepokojącą sytuację, na tablecie zostanie od razu wyświetlona odpowiednia notyfikacja, pozwalająca na szybką reakcję dowódcy.

Z poziomu zarządzania jednostką ratowniczo-gaśniczą główną zaletą jest gromadzenie pełnego kompletu danych o wykorzystaniu i pracy dowolnego urządzenia, dostępnych z poziomu aplikacji operatora na komputerze stacjonarnym. Najistotniejszą informacją jest historia wykorzystywania danego urządzenia oraz jego całkowity czas pracy liczony w motogodzinach. Przydatna jest również możliwość podejrzenia na wykresie parametrów pracy danego urządzenia podczas dowolnej historycznej akcji, co pozwala określić jej sprawność, ułatwić diagnostykę np. pompy, a w razie konieczności przeanalizować przebieg akcji i wykorzystanie sprzętu.

Na podstawie zbieranych danych można dokonać wielu prognoz, analiz i raportów. Dotyczy to jednak przede wszystkim sytuacji, w której system będzie używany ze znacznie większą liczbą urządzeń w wielu jednostkach strażackich, ponieważ dalsze interpretacje będą musiały bazować na założeniach statystycznych. Poprzez wykorzystanie systemu można wyznaczyć poziom awaryjności sprzętu i zalecić częstsze przeglądy. Korzystając z odpowiednio dużej ilości danych, możliwe jest ustalenie zależności pomiędzy mierzonymi parametrami pracy urządzenia, które zwiastują potencjalne uszkodzenie. Dzięki temu możliwa będzie wymiana lub serwisowanie jeszcze przed wystąpieniem awarii.

Wdrożenie systemu może w istotny sposób wpłynąć na poprawę szeroko pojętego bezpieczeństwa, a także podnieść skuteczność akcji ratowniczo-gaśniczych. To sprawi, że sprzęt uczestniczący w akcji będzie podlegać ciągłej kontroli, a ryzyko wykorzystania nadmiernie wyeksploatowanego, niesprawnego sprzętu zostanie zminimalizowane.



# WSPOMAGANIE DOWODZENIA PODCZAS DZIAŁAŃ RATOWNICZO-GAŚNICZYCH PRZEZ MONITOROWANIE SYSTEMU EKSPLOATACJI

Włodzimierz Kupicz  
Paweł Ogrodnik

## Wstęp

Podstawą gotowości jednostek ratowniczo-gaśniczych jest odpowiednio wysoki poziom gotowości technicznej sprzętu wykorzystywanego w działaniach ratowniczych. Przy obecnym zaawansowaniu technicznym sprzętu ratowniczego nie jest możliwa jego prawidłowa eksploatacja bez wykonywanego odpowiednio często procesu diagnozowania i oceny stanu technicznego określającego jego chwilową zdolność do wykonania zadań [1–2]. W ramach projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania” nr DOBR-BIO4/051/13087/2013 opracowano system stałego monitorowania stanu technicznego wybranego sprzętu ratowniczo-gaśniczego, w tym elementów układu wodno-pianowego średniego pojazdu pożarniczego. Odpowiednio zaimplementowane algorytmy pozwalają w sposób automatyczny nadzorować zdolność sprzętu do wykonania zadania i wspomagają służby, w tym dyspozytora i osoby odpowiedzialne za planowanie eksploatacji, w procesie jego racjonalnego wykorzystania. Oprogramowanie w sposób automatyczny informuje dowódcę zastępu oraz dyspozytora o kluczowych parametrach działającego sprzętu i jeszcze przed wystąpieniem uszkodzenia/nieprawidłowego działania alarmuje o konieczności interwencji technicznej bądź wycofania i zastąpienia innym sprawnym urządzeniem. W części pierwszej artykułu przedstawiono montaż systemu na pojeździe oraz metodykę przeprowadzenia badań.

## System monitorowania na samochodzie ratowniczo-gaśniczym w JRG SGSP

Jednym z pojazdów stanowiących wyposażenie Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej jest średni samochód ratowniczo-gaśniczy o numerze operacyjnym 250W22. Pojazd ten został zbudowany na seryjnym podwoziu Renault-Midlum 220.14 z napędem 4x4. Szkielet konstrukcji pojazdu wykonany został metodą spawania z wysokogatunkowej stali nierdzewnej. Zamontowany zbiornik na wodę wykonany jest z tworzywa wielowarstwowego. Dodatkowo zbiornik wyposażony został także w falochrony, układ napełniania, przelewowy, ssący oraz pomiaru poziomu wody. Opisany pojazd ratowniczo-gaśniczy wyposażony został w autopompę RUBERG R 30/2,5. Pompa ta jest wielostopniową odśrodkową pompą pożarniczą. Posiada ona jeden stopień normalnego ciśnienia, a także trzy stopnie wysokiego ciśnienia. Obudowa, wirnik i dyfuzory zostały wykonane z brązu, a wał ze stali nierdzewnej. Zastosowane materiały pozwalają na używanie wody morskiej lub zanieczyszczonej chemicznie bez ryzyka uszkodzenia pompy[4].

Na opisywanym pojeździe zostały zamontowane następujące elementy systemu monitorowania stanu technicznego obiektu:

1. Czujnik ciśnienia ssania Wika A-10-1/16 bar.
2. Czujnik temperatury wody Introl CE2 x2.
3. Uchwyt mocowania modułów.
4. JAD – jednostka akwizycji danych.
5. Moduł baterii.
6. Moduł pomiarowy.
7. Czujnik obrotów wału ZM7.
8. Przepływomierz wody FLS X3 F3.00.
9. Mocowanie modułu łączności wraz z modułem Teldat.
10. Czujnik ciśnienia tłoczenia Wika A10-1/16 bar.
11. Antena GPS.
12. Króciec ssania ZM11.



**Rysunek 1.** Elementy systemu monitorowania zamontowane w pojeździe Renault-Midlum 220.14

## Metodyka badań

### ***Sprawdzenia funkcjonalne***

Sprawdzenie ma na celu potwierdzenie poprawności funkcjonowania urządzeń systemu zamontowanych na wybranym sprzęcie oraz oprogramowania do jego obsługi, gromadzenia danych oraz analiz. W ramach tego zadania należy wykonać następujące czynności:

- załączyć system monitoringu w pojeździe, w JRG uruchomić oprogramowanie systemu, załączyć tablet dowódcy i oprogramowanie systemu;
- sprawdzić poprawność komunikacji pomiędzy pojazdem a serwerem JRG poprzez sieć Wi-Fi, GSM oraz pozycjonowanie GPS;
- umieścić w pojeździe w przeznaczonych do tego celu skrytkach poszczególne jednostki sprzętu podlegające monitorowaniu, sprawdzić poprawność logowania w systemie pojazdu oraz JRG;
- załączyć kolejno sprzęt i obserwować zachowanie oprogramowania na tablecie dowódcy oraz na serwerze JRG;
- po zakończeniu sprawdzeń zweryfikować poprawność przesyłania danych do wyższego szczebla, wygenerować raport dotyczący przebiegu sprawdzenia w systemie;
- wynik badania przedstawić w formie opisowej, za pomocą dokumentacji zdjęciowej oraz wydruków z systemu.

### ***Sprawdzenia pod kątem poprawności zamontowania, braku kolizji, i możliwości obsługi***

Celem sprawdzenia jest weryfikacja poprawności montażu czujników sterowników i modułów komunikacji na poszczególnych jednostkach sprzętowych, możliwości poprawnej obsługi przez strażaków bez ryzyka uszkodzenia, zarówno podczas działań, jak i transportu. W ramach tego zadania wykonać następujące sprawdzenia:

- zweryfikować, czy podczas pracy oraz transportu nie dochodzi do kolizji mechanicznych pomiędzy poszczególnymi modułami systemu a elementami obudowy;
- sprawdzić możliwość przenoszenia i obsługiwanie w rękawicach ochronnych bez ryzyka uszkodzenia przewodów, czujników i modułów;
- zweryfikować możliwość obsługi tabletu dowódcy w rękawicach ochronnych;
- obserwacje prowadzić podczas całego okresu badań, dokumentując ew. uszkodzenia i nieprawidłowości.

## **Sprawdzenie poprawności wskazań urządzeń pomiarowych systemu**

### **1. Sprawdzenie poprawności pozycjonowania pojazdu.**

W ramach badań należy wykonać następujące czynności:

- obserwować położenie pojazdu na mapie systemu w JRG;
- po zatrzymaniu pojazdu w wybranym przez kierowcę miejscu nawiązać łączność telefoniczną i zweryfikować położenie wg systemu z rzeczywistą pozycją pojazdu. Wykonać kilka sprawdzeń na terenie zabudowanym – rejonie chronionym przez JRG SGSP;
- czynności powtórzyć na terenie niezabudowanym odkrytym oraz zalesionym; wykorzystać w tym celu bazę SGSP Zamczysko;
- udokumentować wyniki w postaci wydruków z systemu oraz opisu rzeczywistego położenia pojazdu.

### **2. Sprawdzenie poprawności wskazań pozycjonowania motopomp**

W ramach badań należy wykonać następujące czynności:

- obserwować położenie pomp na mapie systemu w JRG oraz na tablecie dowódcy;
- umieścić motopompy w pomieszczeniu laboratorium sprzętu ratowniczo-gaśniczego SGSP i sprawdzić poprawność wskazań systemu;
- umieścić motopompę pływającą na zbiorniku wodnym np. kanałku na Kępie Potockiej; przemieszczając pompę, obserwować wskazania systemu; zatrzymać motopompę w charakterystycznym punkcie (jak np. wiadukt Trasy Toruńskiej), nawiązać łączność z pojazdem i JRG i zweryfikować pozycję wskazywaną przez system z rzeczywistym położeniem pompy; czynności powtórzyć dla motopompy szlamowej przemieszczając ją np. po wałach przeciwpowodziowych w Warszawie lub w okolicy bazy Zamczysko;
- udokumentować wyniki w postaci wydruków z systemu oraz opisem rzeczywistego położenia pomp. Oszacować błąd pozycjonowania dokonując pomiarów odległości od charakterystycznych punktów w terenie.

### **3. Sprawdzenie siły i ciśnień urządzeń hydraulicznych**

W ramach badań należy wykonać następujące czynności:

- sprawdzić powtarzalność wskazań siły cięcia nożyc na podstawie próby wielokrotnego przecinania pręta stalowego o znanej średnicy; wykonać minimum 20 cięć, zarejestrować wyniki, określić powtarzalność za pomocą odchylenia standardowego;
- podstawić podnośnik hydrauliczny pod obiekt o znanej masie; podnieść i porównać wskazania systemu z rzeczywistą siłą ciężkości podnoszonego obiektu. pomiary powtórzyć wielokrotnie;
- przedstawić wyniki w postaci obliczeń; oszacować błąd wskazań na podstawie różnic między wskazaniami systemu a rzeczywistą masą podnoszoną przez rozpieracz; określić powtarzalność wyników cięcia nożycami tego samego materiału.

#### **4. Sprawdzenie parametrów motopomp na stanowisku SGSP**

W ramach badań należy wykonać następujące czynności:

- podłączyć motopompę szlamową do stanowiska badawczego w laboratorium sprzętu pożarniczego SGSP; zmierzyć uzyskiwane parametry: ciśnienie tłoczenia, wydajność, podciśnienie ssania temperatury zasysanej i tłocznej wody; pomiary prowadzić w ustalonych warunkach, w całym zakresie charakterystyki pompy; porównać uzyskane wyniki ze wskazaniami systemu monitorowania;
- motopompę pływającą umieścić w zbiorniku wodnym stanowiska badawczego laboratorium sprzętu pożarniczego SGSP; linię tłoczną podłączyć do stanowiska pomiarowego; zmierzyć uzyskiwane parametry: ciśnienie tłoczenia, wydajność, podciśnienie ssania temperatury zasysanej i tłocznej wody; pomiary prowadzić w ustalonych warunkach, w całym zakresie charakterystyki pompy; porównać uzyskane wyniki ze wskazaniami systemu monitorowania;
- przedstawić wyniki w postaci obliczeń i udokumentować odchylenia wartości wskazywanych przez system monitorowania względem wartości zmierzonych na stanowisku badawczym.

#### **5. Sprawdzenie parametrów autopompy przy użyciu stanowiska SGSP**

W ramach badań wykonać następujące czynności:

- podłączyć linię tłoczną układu wodno-pianowego pojazdu do stanowiska laboratorium sprzętu pożarniczego SGSP; zmierzyć uzyskiwane parametry: ciśnienie tłoczenia, wydajność, temperatury zasysanej i tłocznej wody. Pomiary prowadzić w ustalonych warunkach, w całym zakresie charakterystyki pompy (z ograniczeniem wynikającym z zakresu pomiarowego urządzeń laboratorium); porównać uzyskane wyniki ze wskazaniami systemu monitorowania;
- przedstawić wyniki w postaci obliczeń i udokumentować odchylenia wartości wskazywanych przez system monitorowania względem wartości zmierzonych na stanowisku badawczym.



### ***Sprawdzenie poprawności przesyłu danych szczegółowych po powrocie do JRG***

W ramach badań należy wykonać następujące czynności:

- zaobserwować, czy po powrocie do garażu JRG system/serwer JRG pobrał szczegółowe dane wykonanych pomiarów, a w tym: czas pracy urządzeń, historię położenia pojazdu i pomp, ilości zużytego paliwa, historię parametrów pracy urządzeń – ciśnień, temperatur, sił, wydajności;
- wynik badania przedstawić tabelarycznie w postaci ewentualnych różnic w wartościach parametrów zmierzonych na stanowiskach oraz wydruku podsumowania monitorowanych parametrów z systemu; określić czas przesyłu danych i aktualizacji bazy danych oraz możliwości pracy w systemie bez przerw i zakłóceń podczas aktualizacji.

### ***Sprawdzenie funkcjonowania oprogramowania systemu monitorowania i jego poszczególnych modułów.***

Po sprawdzeniu przesyłu danych należy dokonać badania poprawności i funkcjonalności oprogramowania systemu:

- na podstawie zapisanych danych sprawdzić, czy działają algorytmy diagnozowania, poprawność wyświetlanych komunikatów; ocenić intuicyjność i łatwość obsługi programu oraz kompletność danych;
- ocenić funkcjonalność oprogramowania tabletu dowódcy: łatwość obsługi, czytelność, intuicyjność, możliwość ustawienia istotnych informacji;
- wyniki sprawdzeń przedstawić w formie opisowej oceny, załączyć wydruki z systemu.

### ***Sprawdzenie działania poszczególnych elementów systemu po wymuszeniu/symulowaniu stanów awaryjnych***

Celem badania jest ocena, czy system monitorowania jest w stanie wykryć uszkodzenia monitorowanego sprzętu na podstawie wskazań mierzonych parametrów. W tym celu wykonać należy następujące sprawdzenia:

- wymusić wskazania wysokiej temperatury poprzez podgrzanie zamontowanych w systemie czujników np. suszarką do włosów; obserwować wskazania systemu (włącznie z komunikatami na tablecie dowódcy), zanotować, czy przekroczenie dopuszczalnych temperatur spowodowało wyświetlenie komunikatu awaryjnego, po powrocie do JRG przeanalizować, czy w bazie danych znajdują się zapisy o zaistniałym awaryjnym stanie pracy urządzenia;
- wymusić pracę motopomp przy minimalnym stanie paliwa w zbiorniku; obserwować wskazania systemu (włącznie z komunikatami na tablecie dowódcy), zanotować, czy niski stan paliwa spowodował wyświetlenie komunikatu awaryjnego, po powrocie do JRG przeanalizować, czy w bazie danych znajdują się zapisy o zaistniałym awaryjnym stanie pracy urządzenia.

Dodatkowo należy sprawdzić zdolność systemu monitorowania do samodia-  
gnozy. W tym celu wykonać następujące czynności:

- rozłączać wtyczki poszczególnych czujników i obserwować wskazania sys-  
temu;
- zainstalować akumulatory systemu o napięciu poniżej nominalnego i obser-  
wować wskazania systemu;
- wyniki sprawdzeń przedstawić w formie opisowej oceny, załączyć wydruki  
z systemu.

### **Sprawdzenie odporności systemu na działanie warunków środowiskowych**

Celem badania jest ustalenie odporności systemu monitorowania na działanie  
warunków środowiskowych, charakterystycznych dla normalnej eksploatacji. Na-  
leży wykonać następujące czynności:

- wybrany sprzęt o odpowiednich gabarytach umieścić w komorze niskich  
temperatur w temperaturze  $-15^{\circ}\text{C}$  i wychłodzić w całej objętości; po wyjęciu  
z komory załączyć system monitorowania i sprawdzić funkcjonowanie po-  
szczególnych modułów;
- przy włączonym systemie odczekać do chwili, kiedy urządzenie pokryje się  
kondensacyjnymi osadami (szronem i rosą); sprawdzić poprawność działania  
systemu;
- sprawdzić działanie systemu w podwyższonych temperaturach  $35^{\circ}\text{C}$ ; w tem-  
peraturze otoczenia lub przy niesprzyjającej pogodzie w nagrzanym pomiesz-  
czeniu przeprowadzić próbę min. półgodzinnej pracy; obserwować wskazania  
systemu;
- przy pracującym urządzeniu wykonać próbę bezpośredniego zachlapania  
zwartym strumieniem wody; sprawdzić, czy oblanie nie wpłynęło negatywnie  
na funkcjonowanie systemu;
- pracujące urządzenie poddać próbie oblewania rozproszonym strumieniem,  
symulując intensywne opady deszczu przez 5 minut;
- podczas pracy na poligonie w warunkach zapylenia powietrza obserwować,  
czy pył nie wpływa negatywnie na działanie systemu;
- podczas długotrwałej pracy urządzeń silnikowych obserwować, czy drgania  
i wibracje nie wpływają negatywnie na działanie systemu (niedopuszczalne  
są: luzowanie połączeń, obrywanie przewodów, a przesyłanie danych i reje-  
stracja powinna przebiegać bez zakłóceń); obserwacje prowadzić przez cały  
okres trwania projektu.

## **Sprawdzenie funkcjonowania systemu monitorowania podczas symulowanych akcji ratowniczych**

### **1. Działania podczas wypadku drogowego**

Przeprowadzić symulowaną akcję ratowniczą podczas wypadku drogowego wg następującego scenariusza:

- zgłaszanie gotowości pojazdu i wszystkich urządzeń;
- dyspozycja do wypadku drogowego;
- gaszenie przy pomocy szybkiego natarcia;
- długotrwała praca narzędzi hydraulicznych podczas ćwiczeń;
- dokończenie akcji, powrót do JRG;
- przesłanie danych, przygotowanie raportu o stanie technicznym i użyciu sprzętu, kontrola stanu i zaleceń odnośnie dalszej eksploatacji.

Podczas realizacji każdego z punktów scenariusza należy obserwować wskazania systemu. Ocenia się też funkcjonalność oprogramowania tabletu dowódcy, kompletność i adekwatność raportów oraz przydatność poszczególnych modułów.

### **2. Działania podczas akcji gaśniczej**

Przeprowadzić symulowaną akcję ratowniczą podczas pożaru wg następującego scenariusza:

- zgłaszanie gotowości pojazdu i wszystkich urządzeń;
- dyspozycja do pożaru;
- działania gaśnicze – autopompa, kolejno wszystkie linie gaśnicze;
- wyczerpanie wody, tankowanie z użyciem hydrantu;
- tankowanie za pomocą urządzenia zasysającego autopompy;
- tankowanie za pomocą motopompy pływającej;
- ponowne użycie linii gaśniczych, ew. działka wodnego;
- zakończenie akcji, powrót do JRG,
- przesłanie danych, przygotowanie raportu o stanie technicznym i użyciu sprzętu, kontrola stanu i zaleceń odnośnie dalszej eksploatacji.

Podczas realizacji każdego z punktów scenariusza należy obserwować wskazania systemu. Ocenia się też funkcjonalność oprogramowania tabletu dowódcy, kompletność i adekwatność raportów oraz przydatność poszczególnych modułów.

### **3. Działania podczas podtopień**

Przeprowadzić symulowaną akcję ratowniczą podczas zalania piwnicy wg następującego scenariusza:

- zgłaszanie gotowości pojazdu i wszystkich urządzeń;
- dyspozycja do zalanej piwnicy;
- długotrwała praca motopompy w pomieszczeniu (laboratorium SGSP w zamkniętym pomieszczeniu);
- zakończenie akcji, powrót do JRG;

- przesłanie danych, przygotowanie raportu o stanie technicznym i użyciu sprzętu, kontrola stanu i zaleceń odnośnie dalszej eksploatacji.

Podczas realizacji każdego z punktów scenariusza należy obserwować wskazania systemu. Ocenia się także funkcjonalność oprogramowania tabletu dowódcy, kompletność i adekwatność raportów, oraz przydatność poszczególnych modułów. Należy zwrócić uwagę na pozycjonowanie urządzeń w zamkniętym pomieszczeniu

#### **4. Działania podczas powodzi**

Przeprowadzić symulowaną akcję ratowniczą podczas powodzi wg następującego scenariusza:

- zgłoszenie gotowości pojazdu i wszystkich urządzeń;
- dyspozycja do powodzi;
- długotrwała praca pompy szlamowej i motopompy pływających w dużej odległości od siebie (np. na Kępie Potockiej lub nad Wisłą);
- zakończenie akcji, powrót do JRG;
- przesłanie danych, przygotowanie raportu o stanie technicznym i użyciu sprzętu, kontrola stanu i zaleceń odnośnie dalszej eksploatacji.

Podczas realizacji każdego z punktów scenariusza obserwować wskazania systemu. Ocenic funkcjonalność oprogramowania tabletu dowódcy, kompletność i adekwatność raportów, oraz przydatność poszczególnych modułów. Zwrócić uwagę na pozycjonowanie pojazdu oraz urządzeń w dużej odległości na otwartych przestrzeniach.

#### **5. Sprawdzenie funkcjonowania systemu monitorowania podczas ćwiczeń w Przeciwpożarowej Bazie Leśnej Zamczysko Nowe**

W ramach prac projektowych przeprowadzono badania funkcjonalne i testowe systemu monitorowania w czasie trwania ćwiczeń poligonowych w Przeciwpożarowej Bazie Leśnej w miejscowości Zamczysko Nowe. W ramach ćwiczeń dokonano następujących czynności:

- sprawdzenie działania systemu komunikacji dalekiego zasięgu, przesył danych, lokalizacja pojazdu itp.;
- przeprowadzenie ćwiczeń z rejestracją parametrów (sprawdzenie pojemności pamięci systemu przy długotrwałych wielodniowych akcjach);
- powrót do JRG;
- przesłanie danych, przygotowanie raportu o stanie technicznym i użyciu sprzętu, kontrola stanu i zaleceń odnośnie dalszej eksploatacji;
- sprawdzenie bazy danych oraz tendencji sygnałów po długotrwałej rejestracji;
- sprawdzenie modułów raportowania danych na poszczególne szczeble decyzyjne PSP.

## **6. Podsumowanie**

Przedstawione prace obejmowały montaż systemu monitorowania stanu technicznego wybranych urządzeń na samochodzie pożarniczym oraz opracowanie metodyki, która będzie podstawą wykonania kompleksowych badań potwierdzających przydatność opracowanego systemu w działaniach ratowniczych PSP. Opracowane metodyki oprócz badań laboratoryjnych obejmują sprawdzenia funkcjonalne w warunkach operacyjnych, dzięki czemu możliwa będzie ocena przydatności systemu w działaniach ratowniczo-gaśniczych. W opracowanych metodykach duży nacisk położono na funkcjonalność poszczególnych elementów, intuicyjność oprogramowania, odporność poszczególnych modułów na trudne warunki pracy sprzętu PSP.

## **CZĘŚĆ II**

### **LOGISTYKA WIELOPODMIOTOWYCH AKCJI RATOWNICZYCH**



# KONCEPCJA KRYTERIÓW WYBORU DECYZJI LOGISTYCZNYCH W WIELOPODMIOTOWYCH AKCJACH RATOWNICZYCH

Robert Piec  
Adrian Bralewski  
Rafał Wróbel

## Wprowadzenie

Bezpieczeństwo jest dobrem publicznym. Jednym z zadań państwa wynikającym m.in. z konstytucji jest zapewnienie bezpieczeństwa jego obywateli<sup>1</sup>. Aby zadanie to mogło być wykonywane sprawnie, efektywnie i z zachowaniem ciągłości, powołane zostały służby stojące na straży bezpieczeństwa. O ile praca służb w warunkach normalnych (obejmujących działania rutynowe) jest łatwa do określenia i wyznaczenia odpowiedzialności za poszczególne rodzaje działania, o tyle w sytuacjach wymagających koordynacji wielu podmiotów, pochodzących z różnych służb, nie jest to proste.

Według słownika języka polskiego<sup>2</sup> wszelkie działania mające na celu planowanie i organizację skomplikowanego przedsięwzięcia, a takimi bez wątpienia są wielopodmiotowe akcje ratownicze, nazywa się logistyką. Dostrzegając problem wynikający z koordynacji potrzeb logistycznych w wielopodmiotowych akcjach ratowniczych, konsorcjum realizujące projekt „System kompleksowego wsparcia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych” stworzyło narzędzie mające ułatwić pracę osób odpowiedzialnych za logistyczne zabezpieczenie akcji ratowniczych, w których udział bierze wiele różnych służb, firm, organizacji itp. Główną funkcjonalność systemu teleinformatycznego (aplikacji komputerowej) podzielono na cztery sfery tematyczne<sup>3</sup>:

- umożliwienie prowadzenia ewidencji zasobów i możliwości logistycznych, dostępnych podczas trwania akcji ratowniczej;

---

<sup>1</sup> Art. 5. Konstytucji RP: „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju”.

<sup>2</sup> <http://sjp.pwn.pl/szukaj/logistyka.html>, dostęp 14.11.2016.

<sup>3</sup> Podział sfer tematycznych odpowiada podziałowi funkcjonalności systemu teleinformatycznego opisanego w Zadaniu 5, projektu „System kompleksowego wsparcia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”.



- wsparcie generowania dokumentacji logistycznej wykonywanej podczas akcji ratowniczej;
- wsparcie generowania dokumentacji dyrektywnej Kierującego Działaniami Ratowniczymi (KDR);
- wsparcie generowania niezbędnej dokumentacji pomocniczej.

Wszystkie wymienione powyżej elementy mają posłużyć lepszej koordynacji działań wchodzących w kompetencje szefa logistyki w wielopodmiotowych akcjach ratowniczych.

Idea działania narzędzia opiera się na kilku podstawowych definicjach związanych ze sferą funkcjonowania służb. **Logistyka służb ratowniczych** (pierwsza z definicji) oznacza „w strukturach ratowniczych działania podjęte przez odpowiednie podmioty w zakresie zapewnienia zakwaterowania, zaopatrzenia, dowozu i komunikacji, administracji, konserwacji oraz remontów, ewakuacji poszkodowanych i chorych, jak również eksploatacji zasobów miejscowych, prowadzenia prac budowlanych oraz inwestycji. Połączenie obszaru działań strefy cywilnej i mundurowej z uwzględnieniem prowadzenia racjonalnych działań”<sup>4</sup>. **Wielopodmiotowe akcje ratownicze** (druga z definicji) oznaczają kompleksową, obejmującą jednocześnie kilka podmiotów prowadzących działania na różnych płaszczyznach operację. W takich akcjach może brać udział wiele jednostek KSRG oraz innych podmiotów ratowniczych, w tym jednostek (pododdziałów i oddziałów) Sił Zbrojnych RP (SZ RP), wspierających je lub współdziałających z nimi.<sup>5</sup>

Patrząc przez pryzmat tych definicji należy wskazać na złożoność obu haseł. Zestawienie ich ze sobą powoduje przeniesienie zadań i potrzeb wynikających z definicji logistyki na wiele podmiotów ratowniczych i wszystkie strefy ich działania. Logistyka w ujęciu funkcjonowania służb nasuwa zatem liczne pytania związane z koordynacją współpracy wielu podmiotów, m.in.:

- Jak szybciej transportować materiały i środki niezbędne w czasie akcji w odpowiednie miejsce prowadzonych działań?
- Jakie materiały będą potrzebne wszystkim podmiotom?
- Gdzie najbliżej można pozyskać potrzebne produkty?
- W jaki sposób ograniczyć koszty przewozu produktów do różnych podmiotów?
- W jaki sposób połączyć dostawy produktów?

Mając na uwadze powyższe, można powiedzieć, że głównym zadaniem logistyki w ujęciu prowadzonych działań ratowniczych jest dostarczenie określonym odbiorcom (ratownikom) towarów, które w danej chwili są im niezbędne do wykonywania ich zadań. Jak wskazuje prof. Dworecki, ważne jest, aby cały proces logistyczny odbył się przy minimalnych kosztach<sup>6</sup>. Podjęcie decyzji, której efektem będzie

<sup>4</sup> M. Kwiatkowski, I. Grabowska-Lepczak, M. Tryboń, *Zarządzanie logistyczne narzędziem optymalizacji i racjonalizacji działań z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa ludności cywilnej w sytuacjach kryzysowych realizowane przez państwową straż pożarną*, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2011, nr 41.

<sup>5</sup> Grzegorz Abgarowicz (red.), *Wsparcie logistyczne działań służb ratowniczych przez organy zarządzania kryzysowego*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2014, s.16.

<sup>6</sup> S. Dworecki, *Logistyka w bezpieczeństwie (zarządzanie jakością procesów zasileniowych)*, Warszawa 2015, s.74.

minimalizacja kosztów związanych z logistycznym wsparciem terenów, jest decyzją, w której należy bazować na wielu niewiadomych. Nieznana jest bowiem wielkość zdarzenia, nieznana jest ilość podmiotów, które będą musiały być zaangażowane w akcję, niewiadomy pozostaje sprzęt, jakiego należy użyć do akcji. Wszystkie z powyższych danych powodują, że szacowanie kosztów przyjmuje postać gier z naturą, w których jeden z graczy nie jest zainteresowany wynikiem końcowym.

Publikacja ma na celu przedstawienie koncepcji kryteriów wyboru decyzji logistycznych w wielopodmiotowych akcjach ratowniczych w oparciu o scenariusz przygotowany na potrzeby testów aplikacji. W tym celu posłużono się kryterium Savage'a nazywanym *regułą minimax*.

## Scenariusz wielopodmiotowej akcji ratowniczej

### Wprowadzenie (tło scenariusza)

Wędrujący z Włoch w kierunku Ukrainy niż przyniósł w środkowej i środkowo-południowej Europie ulewne deszcze, które w ciągu kilku dni doprowadziły do masowych podtopień i powodzi.

W Polsce pierwsze podtopienia zaczęły się na Śląsku Cieszyńskim, gdzie od 10 do 12 października spadło ponad 400 l deszczu na m<sup>2</sup>. Do podtopień doszło również w wielu miejscowościach województw: śląskiego, małopolskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego. W rejonach tych spadło ok. 200 l deszczu na m<sup>2</sup>. 13 października na Odrze i Wiśle powstały wezbrania stwarzające zagrożenie powodziowe. Pierwsza fala kulminacyjna na Wiśle dotarła do Krakowa 14 października i osiągnęła poziom 957 cm, najwyższy z zanotowanych poziomów w historii, i stopniowo przesuwiała się w dół biegu rzeki. Prawdopodobieństwo wystąpienia takich poziomów wód jest szacowane jako jedno na 1000 lat (0,1%). 16 października przed groźbą zatopienia stanęła stolica. Znaczna część sił i środków z północy kraju została zmobilizowana do obrony Warszawy i powiatów przyległych. Szczególnie trudna sytuacja panowała w powiecie Nowy Dwór Mazowiecki w miejscowości Kazuń. Znaczne tereny gminy Kazuń zostały zalane już po przejściu pierwszej fali kulminacyjnej.

Z biegiem czasu i rosnącym poziomem rzeki Wisły część wałów na wielu odcinkach zaczęła przeciekać. W wielu miejscach ich wysokość nie była wystarczająca do powstrzymania fali powodziowej. Stan wałów na odcinku środkowej Wisły nie pozwalał na powstrzymanie siły żywiołu. Liczne uszkodzenia wynikające z wieku oraz ingerencji bobrów w strukturę wałów zmusiły do mobilizacji, prócz straży pożarnej, również policję, wojsko, straż graniczną i organizacje ochotnicze. Wszystkie podmioty współpracowały ze sobą na różnych odcinkach biegu rzeki. Szczególnie trudna sytuacja panowała w miejscowości Kazuń, na odcinku dowodzenia o nazwie Leoncin.

## **Teren akcji ratowniczej**

W miejscowości Kazuń 17 października ok. godz. 3.00 Wisła osiągnęła najwyższy, nierejestrowany wcześniej, poziom wody 842 cm. Straż pożarna i ludność cywilna rozpoczęła wzmocnianie wału przeciwpowodziowego na tej rzece. Niestety wał nie wytrzymał naporu wody i pękł o godz. 6.40. Woda bardzo szybko zaczęła zalewać teren na północ od drogi Kazuń–Piaski Duchowne. Pod wodą znalazło się 10 km<sup>2</sup> terenu, na którym mieszka ponad 2000 osób. Z zalanych terenów rozpoczęto ewakuację ludzi, zwierząt gospodarczych i mienia. Niestety część osób, obawiając się o swój dobytek, odmówiła ewakuacji i pozostała w swoich miejscach zakwaterowania.

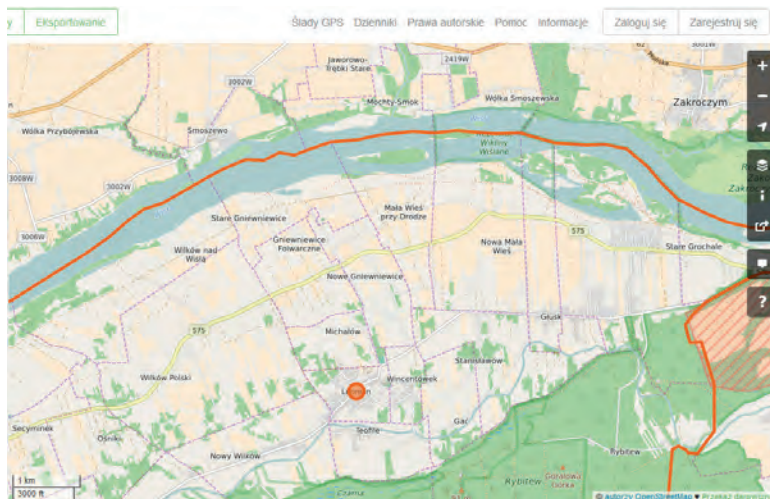
Do kierowania akcją ratowniczą w rejonie m. Kazuń wyznaczono KDR wraz ze sztabem. W składzie sztabu działa m.in. zastępca KDR ds. logistyki wraz ze swoim zespołem. Stanowisko dowodzenia (SD) akcją ratowniczą rozwinięto w rejonie odcinka bojowego Leoncin.

Na odcinku bojowym Leoncin wprowadzono 10 PTS z COO KSR-G z zadaniem: rozpoznania zalanego obszaru, wsparcia ewakuacji ludzi, zwierząt gospodarczych i mienia oraz dostarczania żywności osobom pozostałym na miejscu.

Obecnie w rejonie akcji ratowniczej stan Wisły jest ustabilizowany, prognozy pogody nie przewidują dalszych opadów deszczu.

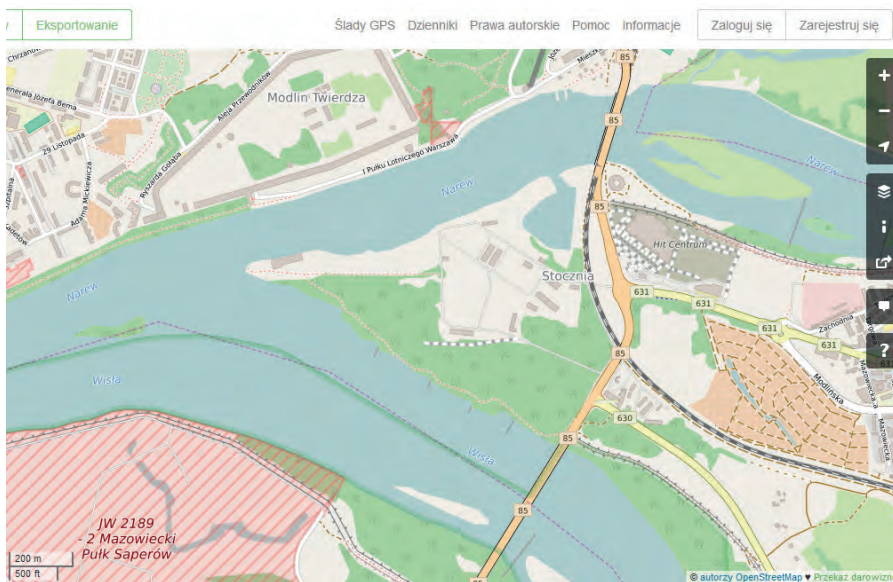
## **Charakterystyka terenu akcji ratowniczej**

Teren odcinka bojowego Leoncin obejmuje obszar 22 km<sup>2</sup>. Znajduje się tam 480 budynków mieszkalnych, 12 przedsiębiorstw produkcyjno-usługowych, farma drobiu.



**Rysunek 1.** Odcinek bojowy Leoncin

Źródło: openstreetmap.org, dostęp z 22.07.2016 r.



**Rysunek 2.** Lokalizacja sztabu akcji

Źródło: openstreetmap.org, dostęp z 22.07.2016 r.



**Rysunek 3.** Fragment miejsca akcji ratowniczej

Źródło: mapy.geoportal.gov.pl, dostęp dn. 11.05.2016 r.

**Do prowadzenia akcji ratowniczej wydzielono:****1) Jednostki KSR-G:**

- a) JR-G Nr 1 Nowy Dwór – 60 osób;
- b) OSP Czosnów – 40 osób;
- c) COO-SGSP – 40 osób;

**2) Inne jednostki i organy:**

- a) Komp. Policji – 60 osób;
- b) Jednostka wojskowa – 100 osób;
- c) Grupa wolontariuszy – 40 osób;
- d) Powiatowy Inspektorat Weterynarii Nowy Dwór;
- e) Powiatowy Inspektorat Nadzoru Budowlanego Nowy Dwór;
- f) Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna Nowy Dwór.

**Sytuacja logistyczna**

W toku długotrwałej akcji powodziowej wprowadzono scentralizowane zarządzanie zasobami logistycznymi i medycznymi. Potencjał logistyczny wydzielony do zabezpieczenia odcinka Leoncin prezentują tabele 1–3.

**Tabela 1.** Wykaz źródeł zaopatrzenia podmiotów ratowniczych uczestniczących w długotrwałej akcji powodziowej w m. Kazuń w dniu 20.10.2016 r.

Lp.	Rodzaj zaopatrzenia		Źródło zaopatrzenia			Uwagi
			nazwa	adres	telefon	
1	2		3	4	5	6
1.	Podstawowe środki zaopatrzenia	Woda do picia	Hurtownia spożywcza	06-562 Czosnów	696-742-332	ul. Akacyjowa 10
2.		Żywność a) pakiety żywnościowe b) całodzienne wyżywienie	KP PSP Szkoła podstawowa	07-341 Nowy Dwór 05-642 Czosnów	841-352-676 846-424-555	Magazyn KP PSP Stołówka szkolna
3.		Paliwa płynne a) ON b) BS	Stacja paliw	06-562 Leoncin	696-742-331	ul. Klonowa 15
4.		Woda do celów gospodarczych	KP PSP	07-341 Nowy Dwór	841-352-676	Hydrant na terenie KP PSP Nowy Dwór
5.		Specjalistyczne środki zaopatrzenia	Odzież ochronna a) ubrania robocze b) rękawice ochronne c) peleryna przeciwdeszczowa	KP PSP	07-341 Nowy Dwór	841-352-676

Lp.	Rodzaj zaopatrzenia		Źródło zaopatrzenia			Uwagi
			nazwa	adres	telefon	
1	2		3	4	5	6
6.	Specjalistyczne środki zaopatrzenia	Środki przeciwpowodziowe a) worki do piasku b) piasek c) folia PCV grub. 1,5 mm	Magazyn przeciwpowodziowy	07-341 Nowy Dwór	841-352-667	ul. Olchowa 17
7.	Inne	a) łopaty b) Micropur Forte MF-Blister c) maska przeciwpylowa	Magazyn przeciwpowodziowy	07-341 Nowy Dwór	841-352-677	ul. Olchowa 17
			Sklep z artykułami BHP		841-352-688	ul. Sosnowa 20

**Tabela 2.** Wykaz usługodawców świadczących usługi logistyczne i pomoc medyczną dla podmiotów ratowniczych uczestniczących w długotrwałej akcji powodziowej w m. Kazuń w dniu 20.10.2016 r.

Lp.	Rodzaj usługi		Podmiot świadczący usługi			Uwagi
			nazwa	adres	telefon	
1	2		3	4	5	6
1.	Usługi transportowe	Przewóz ludzi	KW PSP Nowy Dwór	08-721 Nowy Dwór	778-555- -678	Autobus
2.		Dowóz specjalistycznych środków zaopatrzenia a) ubrania ochronne b) rękawice ochronne c) worki do piasku d) piasek e) folia PCV grub. 1,5 mm f) łopaty	KP PSP Nowy Dwór	07-341 Nowy Dwór	841-352- -676	Samochód ciężarowy Star 266
3.		Evakuacja i remont sprzętu	KP PSP Nowy Dwór	07-341 Nowy Dwór	841-352- -676	Ciężki ciągnik samochodowy
	a) holowanie	KW PSP Warszawa	08-721 Warszawa	778-555- -678	Zestaw (ciągnik z przyczepą)	
	b) przewóz na przyczepie niskopodwoziowej c) remont sprzętu	REM- -TRANS Nowy Dwór	08-721 Nowy Dwór	676-444- -567	Pojazdy mechaniczne	

Lp.	Rodzaj usługi		Podmiot świadczący usługi			Uwagi
			nazwa	adres	telefon	
1	2		3	4	5	6
4.	Usługi gospodarczo- -bytowe	Całodzienne wyżywienie	Szkoła podstawowa	05-642 Czosnów	846-424-555	Stołówka szkolna
5.		Zakwaterowanie w obiektach stałych	Szkoła podstawowa	05-642 Czosnów	846-424-555	W pomieszczeniach szkolnych
		Zakwaterowanie w namiotach				We własnym zakresie
6.		Kąpiel	Szkoła podstawowa	05-642 Czosnów	846-424-555	W łaźni szkolnej
7.	Inne usługi	Dowóz wody gospodarczej	KP PSP Solec	07-341 Nowy Dwór	841-352-676	Autocysterna z przyczepą
8.		Tankowanie sprzętu a) ON b) BS	Stacja paliw	06-562 Leoncin	696-742-331	ul. Klonowa 15
9.	Pomoc medyczna	Kwalifikowana pierwsza pomoc	JR-G Nr 1	W rejonie akcji powodziowej	748-592-447 758-658-343	Ratownicy
10.		Medyczne czynności ratunkowe	Jw.	Jw.	Jw.	Ratownicy medyczni
11.		Ewakuacja medyczna a) transportem samochodowym b) transportem powietrznym	Stacja Pogotowia Ratunkowego LPR Warszawa	07-341 Nowy Dwór	841-755-855	Karetka pogotowia
					679-888-998	Śmigłowiec Mi-2 Plus
12.	Inne usługi a) nadzór sanitarny b) badanie wody gospodarczej	Szpital powiatowy	07-341 Nowy Dwór	777-899-999 787-899-999	Wyznaczony lekarz laboratorium	

**Tabela 3.** Wykaz zasobów logistycznych i medycznych w dyspozycji „gospodarza” długotrwałej akcji powodziowej w m. Kazuń w dniu 20.10.2016 r.

Rodzaj zasobu logistycznego/medycznego		Wielkość zasobu		Uwagi
		na początku dnia	na koniec dnia	
1		2	3	4
Zasoby ludzkie	1. Logistyczne organy kierowania	3 osoby		Skład plutonu: sekcja obozowiskowa, sekcja techniczno-zaopatrzeniowa
	2. Siły logistyczne	pluton logistyczny		
Środki zaopatrzenia	1. Zasoby własne			1b.W butelkach o poj. 1l; 1a, b. Hurtownia spożywcza Łomianki, ul. Dereniowa 15; 1c. W magazynie przeciwpowodziowym w Nowym Dworze, ul. Akacyjowa 25; 2a. Stacja paliw w m. Leoncin, ul. Jasna 14; 2b, 2c.W magazynie przeciwpowodziowym w Nowym Dworze, ul. Akacyjowa 25.
	a) pakiety żywnościowe	180 kpl.	70 kpl	
	b) woda butelkowana	2000 l	1040 l	
	c) odzież ochronna			
	– ubrania ochronne	50 kpl.	10 kpl	
	– rękawice ochronne	120 par	20 par	
	2. Zasoby terenowe			
	a) paliwa płynne			
	– ON	2000 l	200 l	
	– BS	400 l	240 l	
	b) środki p. powodziowe			
	– worki do piasku	1000 szt.	360 szt	
	– piasek	300 m <sup>3</sup>	140 m <sup>3</sup>	
	– folia PCV	700 mb	100 mb	
	grub. 1,5 mm			
	c) łopaty	200 szt.	40 szt	
Usługi logistyczne	1. Usługi transportowe			1a. 10 rejsów po 20 osób, KW PSP Warszawa, ul Domaniewska 40; 1b. PZZK w m. Nowy Dwór, ul. Ignacego Paderewskiego 1B; 1c. KP PSP Nowy Dwór, ul. Gospodarcza 1; KW PSP Warszawa, ul Domaniewska 40;
	a) przewóz ludzi	200 osób		
	b) dowóz specjalistycznych środków zaopatrzenia			
	– worki do piasku	640 szt.		
	– piasek	160 m <sup>3</sup>		
	– folia PCV grub. 1,5 mm	600 mb		
	c) ewakuacja sprzętu			
	– holowanie	2 pojazdy		
	– przewóz na przyczepie niskopodwozowej	2 pojazdy		



Rodzaj zasobu logistycznego/medycznego		Wielkość zasobu		Uwagi
		na początku dnia	na koniec dnia	
1		2	3	4
Usługi logistyczne	<b>2. Usługi gospodarczo-bytowe</b>			
	a) całodienne wyżywienie	220 osób		2a. szkoła podstawowa m. Czosnów;
	b) zakwaterowanie – w obiektach stałych – w namiotach	280 osób 40 osób		2b. szkoła podstawowa m. Czosnów KP PSP Nowy Dwór, ul. Gospodarcza 1;
	c) kąpiel	280 osób		2c. szkoła podstawowa m. Czosnów (180 osób) i szkoła podstawowa m. Łomianki (100 osób).
	<b>D. Usługi medyczne</b>			JR-G Nr 1 – 2 rat., Jedn.Woj. – 2 ratowników
	a) kwalifikowana pierwsza pomoc	4 – ratowników		JR-G Nr 1–1 rat. med., Jedn.Woj.– 1 rat. med.
	b) medyczne czynności ratunkowe	2 – ratowników med.		Stacja Pogotowia Ratunkowego w m. Nowy Dwór (na wezwanie)
	c) ewakuacja medyczna – transportem samochodowym – transportem powietrznym	1 – samochód sanitarny 1 – śmigł. sanitarny		LPR Warszawa (na wezwanie)
	d) nadzór sanitarny	1 – lekarz		Szpital Powiatowy w m. Nowy Dwór
	e) specjalistyczna pomoc medyczna			Szpital Powiatowy w m. Nowy Dwór
				Wojewódzki Szpital Zakaźny w Warszawie

## Skutki

### Oddziaływanie na człowieka

Przewiduje się, że zgony są bezpośrednim skutkiem powodzi. Jednak należy prawdopodobnie spodziewać się śmierci w fazie sprzątania (odbudowy), jako rezultatu zniszczeń w infrastrukturze takiej jak drogi, telekomunikacja, elektryczność, usługi medyczne itd.

Powódź spowoduje pojawienie się wielu rannych, zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio w wyniku uszkodzonej infrastruktury. W wyniku tego otrzymanie pomocy medycznej będzie stanowiło wyzwanie dla osób w potrzebie.

### **Skutki ekonomiczne i środowiskowe**

Powódź będzie miała poważne skutki ekonomiczne. Budynek i infrastruktura, prawdopodobnie nawet całe wsie, zostaną zniszczone i będą musiały zostać odbudowane. Ludzie przez dłuższy nie będą mogli pracować. Nastąpi zatrzymanie w produkcji i dystrybucji towarów. Na masową skalę będzie konieczna wypłata ubezpieczeń. Należy uwzględnić koszty wprowadzenia i utrzymania obozów ewakuacyjnych.

Znaczną ilość zniszczonych terenów będą stanowiły pola i grunty rolne. Liczne koszty wynikną z utraty bydła, pól uprawnych itp. Odbudowa zniszczonych pól zajmie lata.

Powodzie będą miały wpływ na duże obszary środowiska. Wały zostaną zniszczone. Rurociągi zostaną uszkodzone, obiekty przemysłowe i oczyszczalnie ścieków zniszczone, co doprowadzi do licznych wycieków. Główne koszty będą wynikały z rekultywacji środowiska przede wszystkim na początku.

### **Skutki polityczne/społeczne:**

Nastąpi brak usług publicznych na zagrożonych obszarach. Duże tereny będą niedostępne przez dłuższy czas. Transport publiczny zostanie wstrzymany z powodu zniszczonych dróg i kolei, zabraknie dopływu wody i kanalizacji do terenów dotkniętych powodzią, obozy dla ewakuowanych będą funkcjonowały z ograniczonym systemem usług itp. Nastąpią zakłócenia w dystrybucji żywności i wody. Energia elektryczna i telekomunikacyjna zostanie odcięta na zagrożonych terenach prawdopodobnie na miesiące. Dostęp do służby zdrowia będzie ograniczony.

Duża liczba trudno dostępnych obszarów i ograniczony dostęp do rzeczy pierwszej potrzeby mogą spowodować zaburzenia porządku i stabilności społecznej. Niektóre obszary doznają akumulacji rezerw. Stopień niezadowolenia populacji koreluje ze stopniem, w którym organy władzy postrzega się jako formę w kontroli i obsługi sytuacji w odpowiedni sposób.

### **Symulacja kosztów**

Mając na uwadze powyższy scenariusz oraz zaangażowane w akcję podmioty, należy dokonać analizy kosztów. Koszty dotyczące całości działań logistycznych składają się z dwóch składowych: kosztów związanych z poziomem interwencji oraz kosztów związanych ze stratami wywołanymi przez powódź mimo podjętej interwencji.

## **Reguła MINIMAX**

Istotą teorii gier jest wyznaczanie optymalnej strategii w warunkach konfliktu i kooperacji. Jednym z zagadnień, które są rozważane w teorii gier, są gry z naturą. W tego typu grach przeciwnikiem jest natura, która może być również obiektem, człowiekiem czy zagrożeniem. Przeciwnik ten posiada jedną ważną cechę – nie jest zainteresowany wynikiem gry. Strategia działania (nazywana stanem natury), którą podejmie przeciwnik, jest nieprzewidywalna. Zatem gracz, który mierzy się

z naturą, powinien w pierwszej kolejności określić istotne dla niego kryteria decyzyjne. Reguła minimalnego żalu (kryterium Savage'a) ma na celu zminimalizowanie żalu podjęcia błędnej decyzji. Według tego kryterium należy zidentyfikować maksymalną wygraną, następnie od tej wartości odejmujemy pozostałe wartości (wygrane) w kolumnie, tworząc matrycę żalu. W kontekście gry z naturą, gdzie przeciwnikiem jest powódź, maksymalną wygraną jest minimalna strata. Pierwszym elementem, który musi wykonać decydent, jest skonstruowanie matrycy kosztów. Matrycę kosztów (tabela 4) definiuje się przez dwa elementy:

- działanie (wielkość interwencji), którego może nie być w ogóle lub może mieć mały, średni lub duży zakres;
- stan natury – określane jako: wielkość zagrożenia/wielkość ryzyka/numer scenariusza, którego skutki mogą być znikomo małe, małe, średnie lub duże. W przedstawionym przykładzie używany będzie termin **wielkość zagrożenia**.

DZIAŁANIE (wielkość interwencji)	Wielkość zagrożenia			
	Znikomo małe	Małe	Średnie	Duże
Nie robić nic				
Mała interwencja				
Średnia interwencja				
Duża interwencja				

Tabela 4. Szablon matrycy kosztów

Zróznicowany zakres interwencji sprawia, że ich koszt różni się od siebie – będzie on rósł wraz ze wzrostem zakresu działań. Oznacza to, że im większy zakres interwencji, tym więcej nas będzie to kosztować.

Punktem odniesienia do dalszych rozważań jest zatem zdefiniowanie zakresów interwencji w ramach poszczególnych rodzajów działań, a następnie ich kosztów. I tak działania:

1. **Nic nie robić** (strategia rutynowego działania) oznacza, że:
  - żadne dodatkowe działania w stosunku do istniejących nie zostały podjęte;
  - realizowana jest rutynowa praca służb, straży i inspekcji;
  - zagrożenie jest monitorowane.
2. **Mała interwencja** wiąże się dodatkowo z:
  - zwiększeniem częstotliwości monitorowania zagrożenia;
  - sprawdzeniem obowiązującym procedur (przeglądem procedur);
  - weryfikacją stanów magazynowych;

- wzmocnieniem obsad osobowych podmiotów zajmujących się zagrożeniem (np. przesunięcie z innego działu);
  - ze zwołaniem posiedzenia zespołu doradczego.
3. **Średnia interwencja** sprowadza się dodatkowo do:
- wzmocnienia gotowości podległych sił i środków (np. zmiana dotychczasowego trybu pracy);
  - wstrzymaniem urlopów (dyżury);
  - koncentracja przynajmniej części zasobów w wyznaczonych miejscach (rejon koncentracji sił i środków);
  - zapewnienie gotowości udzielenia wsparcia przez inne podmioty do realizacji zdefiniowanych zadań.
4. **Duża interwencja** oznacza sięgnięcie po środki nadzwyczajne, mogące wpłynąć na płynność finansową podmiotu, np. związane z wprowadzeniem stanu nadzwyczajnego z uwagi na niewystarczający charakter zwykłych środków.

W przypadku większej interwencji poza elementami działań zdefiniowanych dla danej wielkości interwencji, elementy zdefiniowane dla mniejszych zakresów interwencji już zostały wcześniej zrealizowane.

Równocześnie należy zaznaczyć, iż dana strategia działania (wielkość interwencji) nie jest powiązana z wielkością zagrożenia. Jest to spowodowane faktem, że nie wiemy, jaki stan natury wystąpi. Zatem możemy zaplanować tylko zakres interwencji, który jest identyczny we wszystkich stanach natury.

Wielkość zagrożenia skutkuje natomiast kosztami związanymi z odbudową konieczną w przypadku wystąpienia negatywnych skutków zagrożenia. Koszty te, różne dla poszczególnych wielkości zagrożenia, powinny uwzględniać zakres interwencji; przyjmuje się, że wraz ze zwiększeniem zakresu interwencji koszty usuwania skutków powinny być odpowiednio mniejsze.

Uwzględniając powyższe rozważania, należy zauważyć, iż sporządzenie matrycy kosztów sprowadza się do odniesienia do dwóch kategorii kosztów:

- kosztów wynikających z podjętej interwencji;
- kosztów związanych z usuwaniem skutków zmaterializowania się zagrożenia.

Wypełnienie matrycy kosztów będzie zatem możliwe po zsumowaniu wartości kosztów podjętej interwencji na rzecz przeciwdziałania skutkom zagrożenia oraz interwencji związanych z ich usuwaniem. Poniżej zostaną przedstawione dwa przypadki.

#### **Przypadek 1 – Strategia działania „nie robić nic”.**

Oszacowanie wysokości kosztów w wierszu odnoszących się do tej strategii działania („nie robić nic”) i wielkości skutków zagrożenia sprowadza się do ustalenia odpowiedzi na 5 pytań:

1. Ile będzie kosztowała przyjęta strategia działania „nie robić nic”?
2. Jaki będzie łączny koszt odbudowy związany z usuwaniem skutków zmaterializowanego zagrożenia, których wielkość określono jako znikomo małe?

3. Jaki będzie łączny koszt odbudowy związany z usuwaniem skutków zmaterjalizowanego zagrożenia, których wielkość określono jako małe?
4. Jaki będzie łączny koszt odbudowy związany z usuwaniem skutków zmaterjalizowanego zagrożenia, których wielkość określono jako średnie?
5. Jaki będzie łączny koszt odbudowy związany z usuwaniem skutków zmaterjalizowanego zagrożenia, których wielkość określono jako duże?

Wybór strategii działania „nic nie robimy” sprawia, że nie ponosimy żadnych kosztów związanych z podejmowaniem działań na rzecz przeciwdziałania skutkom zagrożenia. W takim przypadku oszacowanie wysokości kosztów w wierszu odnoszących się do tej strategii działania („nie robić nic”) sprowadza się do oszacowania wysokości kosztów związanych z odbudową w razie wystąpienia zagrożenia. Można zauważyć, że koszty związane z odbudową rosną wraz wielkością skutków zmaterjalizowanego zagrożenia.

**Tabela 5.** Łączny koszt związany ze zmaterjalizowaniem się zagrożenia o zróżnicowanej skali skutków przy decyzji o niepodjęciu działań na rzecz zapobiegania zagrożeniu

DZIAŁANIE (wielkość interwencji)	Rodzaje kosztów	Wielkość zagrożenia			
		Znikomo małe	Małe	Średnie	Duże
Nie robić nic	Koszty związane z działaniami na rzecz zapobiegania	0	0	0	0
	Koszty związane z odbudową zmaterjalizowanego zagrożenia	10	20	40	70
SUMA		10	20	40	70

### Przypadek 2 – Strategia działania „mała interwencja”

Oszacowanie wysokości kosztów w wierszu odnoszących się do strategii działania „mała interwencja” i wielkości skutków zagrożenia sprowadza się do ustalenia odpowiedzi na następujące pytania:

1. Ile będzie kosztowała przyjęta strategia działania „mała interwencja”?
2. Jaki będzie łączny koszt odbudowy, pomimo podjęcia „małej interwencji”, związany z usuwaniem skutków zmaterjalizowanego zagrożenia, których wielkość określono jako znikomo małe?
3. Jaki będzie łączny koszt odbudowy, pomimo podjęcia „małej interwencji”, związany z usuwaniem skutków zmaterjalizowanego zagrożenia, których wielkość określono jako małe?
4. Jaki będzie łączny koszt odbudowy, pomimo podjęcia „małej interwencji”, związany z usuwaniem skutków zmaterjalizowanego zagrożenia, których wielkość określono jako średnie?

5. Jaki będzie łączny koszt odbudowy, pomimo podjęcia „małej interwencji”, związany z usuwaniem skutków zmaterializowanego zagrożenia, których wielkość określono jako duże?

Wybór strategii działania „mała interwencja” sprawia, że ponosimy określone koszty związane z podejmowaniem działań na rzecz przeciwdziałania skutkom zagrożenia (niezależnie od ich wielkości: znikomo małe, małe, średnie, duże). W takim przypadku oszacowanie wysokości kosztów w każdym z czterech pól wiersza odnoszących się do tej strategii działania („mała interwencja”) sprowadza się do oszacowania kosztów działań na rzecz zapobiegania zagrożeniu o danej wielkości skutków oraz oszacowania wysokości kosztów związanych z odbudową w razie wystąpienia zagrożenia o danej wielkości skutków, a następnie ich zsumowania (koszty w polu daje suma kosztów związanych z działaniami na rzecz zapobiegania zagrożeniu oraz kosztów związanych z odbudową).

**Tabela 6.** Łączny koszt związany ze zmaterializowaniem się zagrożenia o zróżnicowanej skali skutków przy wyborze strategii działania określanej jako „mała interwencja”

DZIAŁANIE (wielkość interwencji)	Rodzaje kosztów	Wielkość zagrożenia			
		Znikomo małe	Małe	Średnie	Duże
<b>Mała interwencja</b>	Koszty związane z działaniami na rzecz zapobiegania	5	5	5	5
	Koszty związane z odbudową zmaterializowanego zagrożenia	1	5	12	25
<b>SUMA</b>		<b>6</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>30</b>

Zaprezentowana w tabeli 6 wartość sumaryczna kosztów w kolumnach wskazuje, iż łączna suma kosztów rośnie każdorazowo wraz ze wzrostem wielkości skutków zmaterializowanego zagrożenia. Warto pamiętać, że koszty związane z odbudową po wystąpieniu zagrożenia o n-tych skutkach (np. małych) w przypadku strategii działania „mała interwencja” co do zasady powinny być mniejsze niż oszacowane w ten sam sposób skutki dla działania „nic nie robić”. Jeżeli okazałoby się, że jest inaczej, mogłoby to znaczyć, że mimo poniesionych pewnych kosztów na „małą interwencję” sytuacja jest gorsza – co oznaczać mogło, że kosztowne i tak działanie w ramach przygotowania przyczyniło się do spotęgowania start.

Potrzeba dalszych rozważań wymaga sporządzenia całkowicie wypełnionej macierzy kosztów. W tym celu dla pierwszych dwóch strategii działania (rozpatrzone wcześniej) wykorzystamy dane z wcześniejszych rozważań. W pozostałych dwóch przypadkach (średnia interwencja, duża interwencja) potrzebne dane oszacujemy ekspercko.

**Tabela 7.** Łączny koszt związany ze zmaterializowaniem się zagrożenia o zróżnicowanej skali skutków przy wyborze strategii działania

DZIAŁANIE (wielkość interwencji)	Rodzaje kosztów	Wielkość zagrożenia			
		Znikomo małe	Małe	Średnie	Duże
Nic nie robić	Koszty związane z działaniami na rzecz zapobiegania	0	0	0	0
	Koszty związane z odbudową zmaterializowanego zagrożenia	10	20	40	70
Mała interwencja	Koszty związane z działaniami na rzecz zapobiegania	5	5	5	5
	Koszty związane z odbudową zmaterializowanego zagrożenia	6	15	34	66
Średnia interwencja	Koszty związane z działaniami na rzecz zapobiegania	10	10	10	10
	Koszty związane z odbudową zmaterializowanego zagrożenia	3	11	28	55
Duża interwencja	Koszty związane z działaniami na rzecz zapobiegania	20	20	20	20
	Koszty związane z odbudową zmaterializowanego zagrożenia	1	4	17	32

Tabela 8. Matryca kosztów

DZIAŁANIE	Wielkość zagrożenia			
	Znikomo małe	Małe	Średnie	Duże
Nie robić nic	10	20	40	70
Mała interwencja	11	20	45	71
Średnia interwencja	13	21	38	65
Duża interwencja	21	24	37	57

Sporządzona matryca kosztów pozwoli wskazać największą stratę w przypadku podjęcia złej decyzji – za taką należy uznać każdą decyzję o podjęciu działań, która z uwagi na niewystąpienie zagrożenia wywołała największe możliwe straty dla n-tej skali skutków zagrożenia

Sporządzenie przywołanej macierzy żalu jest możliwe po:

- odszukaniu maksymalnej wygranej – najmniejszej wartości kosztów (najmniejsza wartość poniesionych kosztów) w kolumnach,
- odjęciu tej wartości kosztów od wartości kosztów zdefiniowanych w każdym polu matrycy kosztów.

Macierz żalu zaprezentowano w tabeli 9.

Tabela 9. Macierz żalu

DZIAŁANIE	Wielkość zagrożenia			
	Znikomo małe	Małe	Średnie	Duże
Nie robić nic	0	0	3	13
Mała interwencja	1	0	8	14
Średnia interwencja	3	1	1	8
Duża interwencja	11	4	0	0

Kolejnym krokiem jest wybór ze sporządzonej macierzy żalu wartości największej możliwej straty w ramach decyzji danego rodzaju (maksymalna wartość w wierszu). Otrzymane kolejno wartości kosztów to:

- dla strategii „nic nie robić” – 13,
- dla strategii „mała interwencja” – 14,
- dla strategii „średnia interwencja” – 8,
- dla strategii „duża interwencja” – 11.

Ponieważ w podejmowaniu decyzji chodzi o to, aby w przypadku ich nietrafienia ograniczyć maksymalny żal, toteż spośród zaprezentowanych czterech wartości kosztów wybieramy wartość minimalną, czyli 8. W praktyce oznacza to wybór najbardziej racjonalnego rozwiązania, które w przypadku nietrafienia z decyzją (zagrożenie nie materializuje się) da nam relatywnie najmniejszą stratę. Wartość 8



w świetle prowadzonych rozważań, dla zaprezentowanego przykładu, oznacza, że „pożądaną” decyzją jest „średnia interwencja”<sup>7</sup>.

## Podsumowanie

Wybór optymalnej decyzji podejmowanej w warunkach niepewności, gdy decydent posiada niepełną informację, jest bardzo trudny. Zapewnienie zakwaterowania, zaopatrzenia, dowozu i komunikacji, administracji, ewakuacji poszkodowanych i chorych czy zasobów niezbędnych do prawidłowej eksploatacji sprzętu lub prowadzenia prac budowlanych generuje bardzo duże koszty. Powódź jest natomiast zagrożeniem bardzo trudnym do przewidzenia. Podjęte działania związane z odpowiednim przygotowaniem logistyki służb ratowniczych można zatem potraktować jako grę z naturą w której zakładamy cztery możliwe stany natury odpowiadające wielkości strat spowodowanych wystąpieniem zagrożenia. Decydent musi zaplanować, działania aby zminimalizować potencjalne straty, które może spowodować wystąpienie powodzi. Nie wie jednak, jaka będzie wielkość zagrożenia. W takiej sytuacji pomocne jest kryterium Savage'a umożliwiające podjęcie decyzji, która minimalizuje straty, jeżeli podjęta decyzja będzie gorsza niż optymalna. Dodatkowym ważnym aspektem pojawiającym się w procesie wyboru decyzji jest zdefiniowanie zakresu działań adekwatnych do skali potencjalnego zagrożenia.

<sup>7</sup> Szerzej: J. Wolanin, *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli. Ochrona ludności na czas pokoju*, Danmar, Warszawa 2005, s. 92–93; W. Skomra (red.), *Metodyka oceny ryzyka na potrzeby systemu zarządzania kryzysowego RP*, Bellona, Warszawa 2015, s. 170–173.

# ZABEZPIECZENIE LOGISTYCZNE SŁUŻB RATOWNICZYCH W AKCJACH PRZECIWPOWODZIOWYCH

Dorota Riegert  
Zuzanna Śłosorz

## Wprowadzenie

Zabezpieczenie logistyczne akcji powodziowej jest przedsięwzięciem niezwykle trudnym i złożonym ze względu na prowadzenie jednoczesnych działań przez kilka lub kilkanaście podmiotów: służby ratownicze, organy administracji publicznej oraz podmioty gospodarcze [1].

Prowadzenie działań w obliczu zdarzeń niekorzystnych charakteryzuje się dużą dynamiką wynikającą ze zmienności warunków w trakcie jej trwania np. dostępności sił i środków, czasu trwania prowadzonej akcji, wielkości terenu oraz ilości uczestników (ratowników i poszkodowanych) biorących udział w zdarzeniu.

Autorki artykułu podjęły się analizy problematyki zabezpieczenia logistycznego służb ratowniczych biorących udział w akcjach powodziowych prowadzonych na terenie Polski w 2010 r., na przykładzie działań Państwowej Straży Pożarnej (PSP).

Mianem akcji ratowniczej, w tym powodziowej, określa się wszystkie działania lub czynności od wprowadzenia pogotowia przeciwpowodziowego do zakończenia wszelkich działań ratowniczych [2]. Ilość oraz rodzaje podmiotów biorących udział w akcji ratowniczej mogą się różnić w zależności od obszaru objętego powodzią.

Do organów najczęściej uczestniczących w trakcie prowadzenia działań powodziowych zalicza się: Państwową Straż Pożarną (PSP), Policję, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ), Wojewódzki Inspektorat Weterynarii (WIW), Wojewódzki Inspektorat Transportu Drogowego (WITD), Zarząd Gospodarki Wodnej (ZMiUW), Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (DDKiA), Wojewódzki Sztab Wojskowy (WSzW), Polski Czerwony Krzyż (ZW PCK), CARITAS, Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (WOPR), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), Narodowy Fundusz Zdrowia (NFZ), Pogotowie Ratunkowe, media oraz inne podmioty gospodarcze [3–4].

## Akcja ratownicza podczas powodzi w 2010 r.

Zgodnie z Krajowym planem Zarządzania Kryzysowego podmiotem dowodzącym działaniami na obszarze, na którym wystąpiła powódź, jest wojewoda [4]. Natomiast wiodącą służbą ratowniczą tj. służbą prowadzącą i nadzorującą działania ratownicze na terenie objętym powodzią, mające na celu ratowanie zdrowia i życia, jest Państwowa Straż Pożarna [5]. Każde działanie prowadzone przez służby ratownicze, organy administracji publicznej oraz podmioty gospodarcze wymaga zabezpieczenia logistycznego. Poprzez zabezpieczenie logistyczne należy rozumieć zasilanie podmiotu przez dostarczanie usług lub innych zasobów niezbędnych do prowadzenia działań taktycznych tj. zaopatrzenie, zabezpieczenie techniczne, medyczne i inne przedsięwzięcia lub procesy mające na celu zapewnienie podmiotom ratowniczym niezbędnych do prowadzenia akcji środków materialnych oraz niematerialnych. Do środków materialnych wykorzystywanych w trakcie prowadzenia działań ratowniczych można zaliczyć sprzęt ratowniczy, materiały, surowce, części zamienne. Natomiast przykładem środków niematerialnych są usługi oraz potencjał osobowy (zasoby ludzkie) [6–7].

W zależności od długości akcji wyróżnia się zabezpieczenie logistyczne akcji krótkotrwałych (działania ratownicze prowadzone są w czasie nie przekraczającym 6h) oraz długotrwałych, (działania wymagające zapewnienia zabezpieczenia logistycznego powyżej 6 h) [8]. W sytuacji wystąpienia powodzi mamy styczność z zabezpieczeniem logistycznym długotrwałych akcji ratowniczych.

W celu zobrazowania opisywanego zagadnienia zdefiniowano pojęcie powodzi oraz na przykładzie województwa małopolskiego przedstawiono działania ratownicze w trakcie trwania tego zjawiska w 2010 r.

Powodzią określamy przejściowe zjawisko hydrologiczne powodujące wezbranie wód w ciekach wodnych, które po przekroczenie korony wałów przeciwpowodziowych powodują zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego oraz zagrożenie ich mienia [9]. W przeciągu ostatnich 20 lat największe wezbrania zostały odnotowane w 1997 (powódź tysiąclecia) [10–11], 1998 [12], 2001 [13], 2008 [14], 2009 [15], 2010 [16–17] i 2013 roku.

Uwzględniając rodzaj wezbrania, na terenie Polski występują przede wszystkim powodzie opadowe, oprócz tego wyróżnia się powodzie roztopowe, sztormowe, a także śryżowe i zatorowe [17]. Najczęściej pojawiające się powodzie opadowe powodują gwałtowny wzrost stanu wód w głównych rzekach oraz w przypadku długotrwałego utrzymywania wysokiego poziomu wód - osłabienie infrastruktury ochronnej np. wałów przeciwpowodziowych.

W trakcie ostatniej dekady największą powódź odnotowano w 2010 r. Była ona spowodowana obfitymi, długotrwałymi opadami deszczu utrzymującymi się od początku maja do połowy czerwca. Opady te przyczyniły się do wzrostu stanu wód w głównych ciekach wodnych w Polsce – Wiśle i Odrze.

Powódź, która miała miejsce w 2010 roku, uważana jest za jedną z największych w ostatnich czasach. Podczas powodzi doszło do znacznych zniszczeń na obszarze

o powierzchni około 6800km<sup>2</sup> w 811 gminach. Zniszczeniom uległo 18 tys. budynków, 1300 przedsiębiorstw, 1625 mostów i przepustów, 166 oczyszczalni ścieków oraz ponad 210 km sieci wodociągowej, 50 km sieci energetycznej i 196 km sieci telekomunikacyjnej. Poszkodowanych zostało 266 tys. osób, a uszkodzonych – 400 km linii kolejowych, 80 tys. km dróg wojewódzkich, powiatowych i gminnych [9].

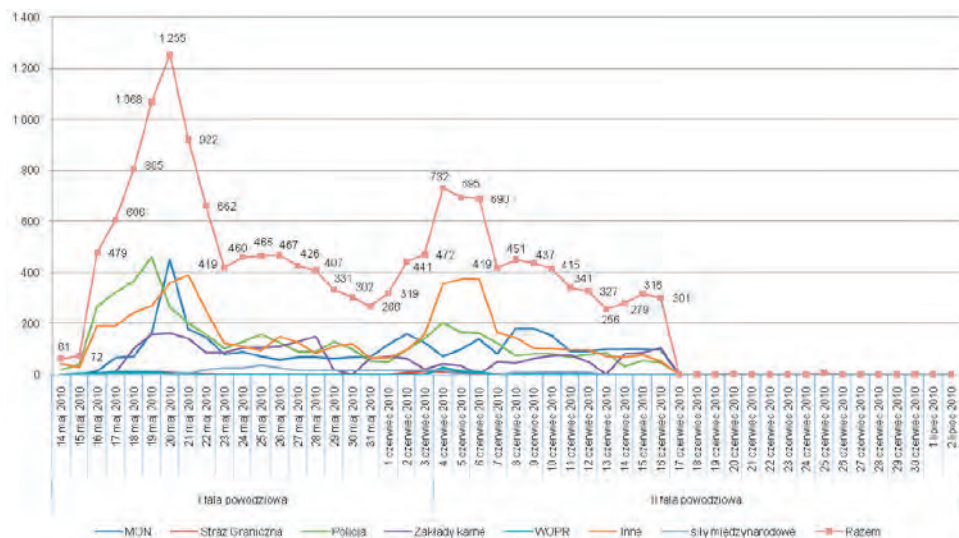
W trakcie powodzi w 2010 roku w licznie prowadzonych na terenie 14 województw Polski akcjach ochrony przeciwpowodziowej brało udział 8000 żołnierzy, ok. 90 pływających transporterów i 40 śmigłowców. Dodatkowo ratowników przez cały czas wspierali również wojskowi chemicy, saperzy, logistycy i psycholodzy. Prace wojska koncentrowały się na prowadzeniu ewakuacji ludzi i zwierząt z zagrożonych lub zalanych terenów przy użyciu amfibii i pojazdów terenowych. Wojsko ewakuowało ok. 7600 osób i ponad 5000 zwierząt hodowlanych. Siły Zbrojne przez cały czas trwania akcji uczestniczyły w budowie lub umacnianiu wałów przeciwpowodziowych, zarówno pracą ludzkich rąk, jak i z użyciem śmigłowców zrzucających worki z piaskiem i betonowe bloki w miejsca przerwania wałów. Armia brała również udział w dekontaminacji prowadzonej na terenach popowodziowych [18].

W artykule M. Misterka [19] opisuje sytuację powodziową oraz prowadzenie akcji ochrony powodziowej, w 2010 r. w Polsce. Wskazuje, że podczas akcji ratowniczych Państwowa Straż Pożarna współpracowała z Siłami Zbrojnymi RP, Policją, Strażą Graniczną i innymi podmiotami o kompetencjach do prowadzenia tego typu działań. Wykazuje, że dzięki współpracy straży z wojskiem prowadzone akcje przebiegały sprawniej i skuteczniej, a użycie sprzętu wojskowego zwiększyło również efektywność.

Jednym z poszkodowanych województw było województwo małopolskie. W tym okresie wielkość opadów atmosferycznych w Małopolsce wyniosła 352% miesięcznej normy, a w czerwcu 169%. Nasilone opady spowodowały przejście przez Wisłę dwóch fal powodziowych, które przyczyniły się do przerwania wałów, licznych zalań i podtopień.

Na terenie województwa małopolskiego służbą wiodącą – prowadzącą działania ratownicze w okresie zagrożenia powodzią w 2010 r. – była Państwowa Straż Pożarna (PSP). Jako Kierujący Działaniami Ratowniczymi PSP musiała określić priorytety prowadzenia akcji ratowniczej oraz zabezpieczenia logistycznego. Wśród najważniejszych działań w przypadku akcji ratowniczej wyróżnia się: ograniczenie obszaru rozprzestrzeniania się zagrożenia, zabezpieczenie zdrowia, życia i mienia poszkodowanych, prowadzenie działań ewakuacyjnych oraz działania porządkowe – przywracanie stanu sprzed wypadku. Wśród zadań logistycznych do PSP należało zabezpieczenie terenu, na którym była prowadzona akcja, zapewnienie zaplecza medycznego, zakwaterowania, transportu, sił i środków niezbędnych do prowadzenia akcji (zarówno sprzętu, materiałów, jak i wyżywienia ratowników) [1].

Państwowa Straż Pożarna prowadziła zadania ratownicze przy wsparciu jednostek Ochotniczej Straży Pożarnej (zarówno tych z KSRG, jak i spoza), Policji, wojska, Centrów Zarządzania Kryzysowego, sił międzynarodowych oraz innych podmiotów (rys.1) [19].

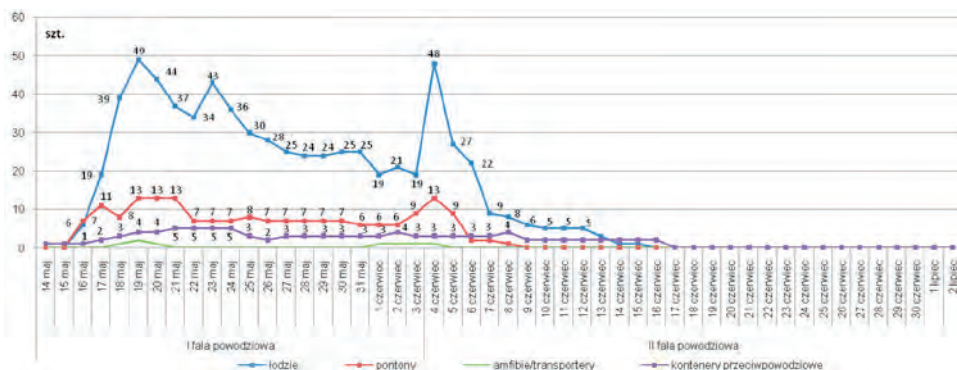


**Rysunek 1.** Służby biorące udział w działaniach powodziowych w województwie małopolskim w 2010 r.

Źródło: *Powódź w województwie małopolskim w 2010 roku*, Małopolski Ośrodek Badań Regionalnych, Kraków 2011

Prace wszystkich ratowników biorących udział w prowadzonych działaniach koncentrowały się na ewakuacji ludzi i ich mienia, także żywego inwentarza, umacnianiu wałów przeciwpowodziowych oraz podnoszeniu korny wałów poprzez układanie na nich zapór z worków z piaskiem lub rękawów przeciwpowodziowych. Najwięcej ratowników uczestniczyło w akcji w trakcie przechodzenia pierwszej fali powodziowej, było ich bowiem 24 808 [20], a w trakcie przejścia drugiej fali powodziowej – 13 293.

Podczas prowadzonych działań podmioty ratownicze wykorzystywały niezbędny sprzęt, były to głównie pompy pożarnicze różnej wydajności, łodzie, pontony, kontenery przeciwpowodziowe (kontener przeciwpowodziowy z pompami do wody zanieczyszczonej typu KPpPm [21], kontener przeciwpowodziowy z łodziami typu KPpŁ, kontener przeciwpowodziowy z łodziami typu KPpŁ [22], kontener przeciwpowodziowy z zaporami typu KPpZ [23]). W celu patrolowania, ewakuacji i udzielania doraźnej pomocy (ewakuacji ludzi, mienia oraz żywego inwentarza z zalanych terenów) wykorzystywano pojazdy mechaniczne (pojazdy gaśnicze, specjalne oraz autobusy i busy Straży Pożarnej) oraz amfibie/transportery (sprzęt MON) (rys. 2).



**Rysunek 2.** Sprzęt wykorzystywany podczas akcji powodziowej w woj. małopolskim w 2010r.  
Źródło: *Powódź w województwie małopolskim w 2010 roku*, Małopolski Ośrodek Badań Regionalnych, Kraków 2011

Każda zrealizowana akcja ratownicza pozwala ocenić stopień przygotowania (zarówno pod względem wyposażenia, jak i wyszkolenia) podmiotów biorących w niej udział. Ocena przeprowadzonych akcji ratowniczych przyczynia się do doskonalenia procesów kierowania tego typu działaniami poprzez szkolenie kadry zarządzającej, osób uczestniczących w akcji ratowniczej oraz rozwój zaplecza sprzętowego. Działania te skupiają się głównie na udoskonalaniu istniejących i poszukiwaniu nowych rozwiązań w ramach prac badawczych lub naukowo-badawczych.

W trakcie prowadzenia wielopodmiotowej akcji ratowniczej wykorzystywany jest potencjał logistyczny tj. potencjał ludzki, zasoby zaopatrzeniowe oraz usługowe. W realizacji zadań prowadzonych na obszarze powodzi, oprócz określenia priorytetu prowadzonych działań, niezbędne jest zapewnienie zabezpieczenia logistycznego podmiotów biorących udział w realizacji działań oraz przestrzegania ogólnie przyjętych norm m.in. bezpieczeństwa, BHP, ppoż, aktów normatywnych (prawnych).

Zabezpieczenie logistyczne jednostek KSRG uczestniczących w długotrwałych wielopodmiotowych akcjach ratowniczych realizowane jest częściowo przy użyciu własnego potencjału logistycznego, a częściowo zlecane innym podmiotom [3]. Niestety różnice strukturalne podmiotów oraz konieczność postępowania według ściśle określonych procedur norm (obowiązujących w danym podmiocie) mogą utrudnić sprawną realizację działań ratowniczych. Zarządzanie akcją bez dostępu do systemowej kontroli sił i zasobów sprzętowych nastęrcza osobom dowodzącym trudności. Prowadzenie akcji ratowniczej może być spowolnione, chociażby z powodu różnic proceduralnych (trudność w komunikacji i określeniu zasobów sił i środków wszystkich uczestników).

W celu zwiększenia integralności działań poszczególnych podmiotów biorących udział w akcjach ratowniczych i umożliwienia sprawniejszego przeprowadzenia akcji ratowniczej konsorcjum w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej (lider projektu), Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowy

Instytut Badawczy, Akademia Sztuki Wojennej, Sonovero sp. z o.o. podjęło się realizacji projektu pt. „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Realizacja tego projektu ma na celu opracowanie demonstratora technologii wyposażonego w kompleksowy program informatyczny wspomagający prowadzenie akcji wielopodmiotowej poprzez koordynację działań, rozdysponowanie dostępnych sił i środków przez jednostkę dowodzącą akcją. Wprowadzenie rozwiązań systemowych pozwoli na osiągnięcie zadowalającego stopnia spójności i sprawności podmiotów realizujących i zarządzających zabezpieczeniem logistycznym długotrwałych wielopodmiotowych akcji ratowniczych. Stworzony system zostanie wyposażony w funkcjonalności umożliwiające planowanie działań tj. będzie można tworzyć różne scenariusze zdarzenia w zależności od dostępności zasobów i jednocześnie nadzorować wyposażenie, zapasy żywności czy paliwa, koszty oraz inne alternatywne rozwiązania. System ten będzie zawierać między innymi dane umożliwiające lokalizację uczestników akcji ratowniczej, pozwoli dowodzącemu akcją sprawnie rozlokować dostępny sprzęt poszczególnych podmiotów oraz nadzorować działania ratownicze [24].

Niezmiernie ważnym aspektem systemu informatycznego powstającego w ramach realizacji projektu będzie więc łatwy i szybki wgląd w zasoby sił i środków wszystkich podmiotów biorących bezpośredni udział w prowadzonej wielopodmiotowej akcji ratowniczej, a także w zasoby stanowiące rezerwowe zaplecze sprzętowe, które może zostać wykorzystane w celu zwiększenia jakości i skrócenia akcji bądź też w celu zastąpienia uszkodzonego sprzętu.

Dodatkową równie ważną funkcjonalnością tworzonego systemu logistycznego będzie moduł raportowania. Moduł ten jest niezbędny w momencie zmian na stanowisku dowodzenia, dotychczasowe bowiem sposoby raportowania były bardzo czasochłonne i w głównej mierze prowadzone w wersji papierowej. Natomiast w nowym systemie moduł raportowania poza możliwością tworzenia wersji papierowej dokumentacji będzie dawać możliwość natychmiastowego podglądu, jakie siły i środki ma do dyspozycji – łącznie z rozmieszczeniem na mapie – nowy dowodzący akcją.

Wszystkie modele zawarte w systemie stworzonym w trakcie realizacji projektu „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych” mają na celu ułatwienie pracy osobom dowodzącym akcją, a co za tym idzie – zwiększenie wydajności prowadzonych działań.

## Podsumowanie

Podsumowując prowadzone działania oraz współpracę wielu służb, należy podkreślić, że w akcji ochrony przeciwpowodziowej prowadzonej w 2010 r. brało udział [19]: ok 20 tys. funkcjonariuszy PSP, 60 tys. druhow z OSP, 8 tys. żołnierzy,

3 tys. funkcjonariuszy Straży Granicznej, 3,5 tys. funkcjonariuszy Policji. W działaniach wykorzystywano również sprzęt, taki jak PTS czy śmigłowce, które są wyposażeniem wojska, a których PSP nie posiada.

Z analizy tematu [19, 25–26] wynika, że współpraca poszczególnych służb w chwili wystąpienia zagrożenia powodziowego i powodzi jest niezbędna, jednakże niejednokrotnie niesie ze sobą również problemy takie jak brak „podglądu” w zasoby innych służb. Dlatego niezmiernie ważne jest stworzenie systemu zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych, którego głównym zadaniem powinno być podnoszenie efektywności systemu ochrony przeciwpowodziowej w Polsce.

Niezmiernie ważne jest precyzyjne współdziałanie (komunikacja, rozdysponowanie sił i środków) między wszystkimi podległymi PSP podmiotami, które umożliwia sprawne prowadzenie działań ratowniczych, i prowadzi do sprawnej i całkowitej likwidacji zagrożenia.

Autorki uważają, że w celu usprawnienia prowadzenia wszelkich działań ratowniczych konieczne i niezbędne jest stworzenie kompleksowego systemu zawierającego komplet danych. W celu stworzenia takiego systemu podjęto współpracę między jednostkami naukowymi i przemysłem w ramach realizacji projektu „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”.





# NARZĘDZIE TELEINFORMATYCZNE WSPOMAGAJĄCE ZARZĄDZANIE DZIAŁANAMI LOGISTYCZNYMI PODCZAS PROWADZENIA DŁUGOTRWAŁYCH I WIELOPODMIOTOWYCH AKCJI RATOWNICZYCH

Andrzej Grabowski

## Wprowadzenie

Wyraźny postęp w różnych dziedzinach wiedzy i techniki stał się możliwy dzięki gwałtownemu rozwojowi mocy obliczeniowych komputerów. Zgodnie z tzw. prawem Moore'a, jednego z założycieli firmy Intel, liczba tranzystorów w mikroprocesorach podwaja się co około 24 miesiące. Nowoczesne komputery są nie tylko bardzo szybkie, z roku na rok stają się coraz mniejsze i bardziej energooszczędne. Za rozwojem mocy obliczeniowej nadąża rozwój łączy telekomunikacyjnych (np. techniki LTE). Przepustowość łączy bezprzewodowych wzrasta gwałtownie wraz z każdą kolejną generacją standardów telekomunikacyjnych.

Rozwój możliwości technicznych pozwala na zbudowanie nowych narzędzi teleinformatycznych wspomagających prowadzenie długotrwałych działań ratowniczych. Możliwe jest zbudowanie spójnego systemu komunikacji obejmującego swoim zakresem silnie heterogeniczne podmioty biorące udział w tego typu działaniach. System ten byłby niezależny od stosowanych dotychczas metod komunikacji, wspomagając je zamiast wypierać, dając przy tym możliwość łatwej integracji różnych służb i sprawnego koordynowania działań różnych podmiotów, w tym tych nie wyposażonych w żadne łącza telekomunikacyjne. System taki pozwalałby na akwizycję różnego rodzaju danych i wyświetlania ich zmian w czasie rzeczywistym na dowolnym komputerze podłączonym do systemu. W szczególności możliwe jest prezentowanie na mapie bieżącego położenia wszystkich dostępnych zasobów, zwłaszcza przemieszczających się pojazdów.

Scentralizowana baza danych z łatwym dostępem za pośrednictwem powszechnie wykorzystywanych łączy telekomunikacyjnych i komputerów klasy PC umożliwia przegląd i efektywne wykorzystanie posiadanych zasobów. Realizacja tego celu wymaga jednak odpowiedniego wyposażenia platformy dowódczej, dyspozytorów, umieszczenia w wybranych pojazdach terminali systemu oraz przygotowania oprogramowania komputerowego umożliwiającego zbieranie w czasie rzeczywistym wszystkich potrzebnych informacji oraz odpowiedniego interfejsu pozwalającego na przeglądanie, modyfikowanie i dodawanie nowej zawartości bazy danych [1–2].

## Struktura systemu teleinformatycznego

Wspomaganie prowadzenia wielopodmiotowej akcji ratowniczej, zwłaszcza długotrwałej, wymaga zastosowania odpowiedniej aparatury współpracującej z dedykowanym oprogramowaniem. Strukturę systemu w powiązaniu z używanym sprzętem przedstawia rysunek 1. Centralnym punktem jest opracowany kontener (rysunek 2) zawierający niezbędne wyposażenie do wspomagania pracy Kierującego Działaniami Ratowniczymi (KDR) oraz jego Zastępcę ds. Logistyki. Kontener wyposażony jest w własne źródło zasilania (z możliwością wykorzystania zewnętrznych źródeł zasilania), oświetlenie, klimatyzację i niewielkie zaplecze socjalne. Logicznie jest podzielony na dwie części, pierwszą przeznaczoną dla KDR i jego zastępców, wyposażoną w duży ekran do prezentacji danych na mapie taktycznej, drukarkę, skaner oraz centralny serwer zawierający oprogramowanie wspomagające zarządzanie działaniami ratowniczymi. W drugiej części, operacyjnej, przewidziane są stanowiska dla operatorów odpowiedzialnych za przekazywanie poleceń i koordynowanie konkretnych działań. Zarówno KDR, jak i jego zastępcy mają bezpośredni dostęp do operatorów. Stanowiska operatorów są wyposażone w laptopy łączące się drogą bezprzewodową z centralnym serwerem. Bezprzewodowe przesyłanie danych oraz zastosowanie laptopów umożliwia w łatwy sposób umieszczenie osób odpowiedzialnych za zarządzanie w dowolnym miejscu, dzięki czemu system nie jest ściśle powiązany z kontenerem i możliwe jest jego elastyczne stosowanie w oparciu o dowolną infrastrukturę, oczywiście po zabezpieczeniu źródeł zasilania i łączy telekomunikacyjnych.

Operatorzy komunikują się z osobami realizującymi działania ratownicze za pomocą terminali (rysunek 3) umieszczonych w pojazdach. Terminale mocowane są za pomocą czterech przyssawek do przedniej szyby pojazdu. Pozwalają na przesyłanie rozkazów oraz informacji o miejscu docelowym, do którego powinna udać się załoga pojazdu. Terminal wyświetla mapę taktyczną z informacjami o położeniu wszystkich pojazdów oraz trasy przejazdu. Terminal przesyła informacje o statusie pojazdu (m.in. położeniu, prędkości) oraz potwierdzania, w tym potwierdzenia otrzymania polecenia, jego wykonywania oraz jego wykonania. Wykorzystanie terminali nie zastępuje dotychczas stosowanych (np. w PSP) metod łączności, ale jest jego funkcjonalnym uzupełnieniem (np. poprzez wizualizację mapy) oraz unifikacją dla wszystkich podmiotów biorących udział w działaniach ratowniczych. W szczególności pozwalają one na objęcie tym samym medium telekomunikacyjnym pojazdów nietypowych, takich jak np. amfibie, a przede wszystkim pojazdów, które nie mają własnych środków łączności (takich jak pojazdy cywilne), a których wykorzystanie z pewnych powodów w działaniach ratowniczych jest niezbędne (przykładem takiego pojazdu może być koparko-ładowarka lub dźwig).



**Rysunek 1.** Struktura systemu wspomagającego prowadzenie długoterminowej, wielopodmiotowej akcji ratowniczej  
Źródło: opracowanie własne



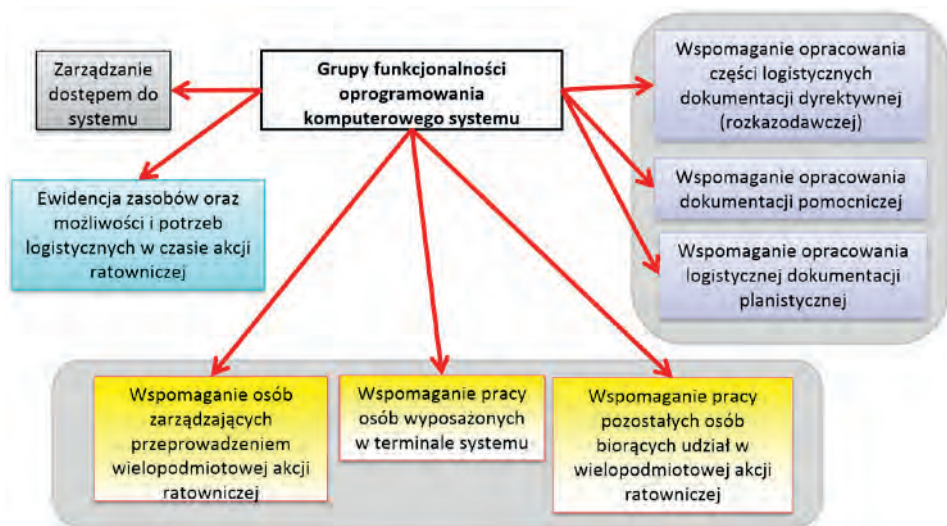
**Rysunek 2.** Kontener dowodzenia  
Źródło: opracowanie własne



**Rysunek 3.** Terminale systemu  
Źródło: opracowanie własne

## Wykorzystywane narzędzia teleinformatyczne

Oprogramowanie komputerowe wspomagające kompleksowe zabezpieczenie logistyczne długotrwałych działań ratowniczych jest przeznaczone dla kilku różnych grup: osób zarządzających działaniami ratowniczymi (KDR i jego zastępcy, operatorzy), załóg pojazdów wyposażonych w terminale systemu oraz pozostałych osób, które mają dostęp do systemu, a które mogą np. zajmować się ewidencjonowaniem posiadanych zasobów. Wśród głównych grup funkcjonalności systemu (rysunek 4) możemy wyróżnić: zarządzanie dostępem do systemu (oprócz standardowego logowania ta część obejmuje również rozbudowany konfigurator pozwalający na określenie dostępu do określonych funkcjonalności, a nawet danych wybranym podmiotom i/lub osobom), ewidencjonowanie posiadanych zasobów, ewidencjonowanie możliwości i potrzeb logistycznych w czasie prowadzonych działań ratowniczych oraz wspomaganie opracowywania dokumentacji (w tym dokumentacji dyrektywnej, pomocniczej i planistycznej).



**Rysunek 4.** Główne grupy funkcjonalności oprogramowania komputerowego

Źródło: opracowanie własne

## Architektura klient–serwer

Aplikacja do wspierania zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych przygotowana została w oparciu o architekturę klient–serwer. Architektura ta umożliwia podział ról, serwer ma za zadanie udostępniać usługi dla klientów, klient zaś ma zgłaszać do serwera żądania tych usług. Z jednego serwera może korzystać wiele klientów, tj. terminali z aplikacją. Schemat klient–serwer jest

wykorzystywany w większości obecnie spotykanych systemów zarządzania treścią CMS (ang. *Content Management System*).

Sposób komunikacji między serwerem a klientem definiuje się poprzez określenie zadań i zdefiniowanie ich trybów pracy. Strona klienta żąda dostępu do danej usługi lub zasobu bazy danych. Strona klienta działa więc w trybie aktywnym, wysyłając żądanie do serwera i oczekując od niego odpowiedzi. Strona serwera świadczy usługi i udostępnia zasoby. Działa więc w trybie pasywnym, czekając na żądania klientów, a w momencie otrzymania żądania, przetwarza je i wysyła od razu odpowiedź do klienta.

Zaletą architektury klient-serwer jest przechowywanie informacji w jednym miejscu na serwerze, wobec tego możliwe jest lepsze zabezpieczenie danych. Oprócz tego serwer może decydować, którzy klienci mają dostęp do danych zasobów, a którzy nie.

W przypadku aplikacji „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych” serwer przechowuje wszystkie dane i udostępnia je w zależności od poziomu dostępu odpowiednim użytkownikom systemu. Użytkownik, korzystając z aplikacji poprzez terminal – klienta, wysyła żądania serwerowi m.in. przy przeglądaniu i dodawaniu zasobów, raportów, przesyłaniu wiadomości do jednostek, generowaniu trasy przejazdu dla danej jednostki i przy korzystaniu z reszty funkcji mapy akcji ratowniczej. Serwer odbiera te żądania, wyszukuje informacje z bazy danych lub wykonuje funkcje i wysyła odpowiedź do klienta – terminala użytkownika. Terminal odpowiednio reaguje na otrzymane dane i prezentuje je. Po prezentacji danych terminal umożliwia kontynuowanie połączenia z serwerem w celu wysłania do niego żądania wykonania kolejnej usługi lub udostępnienia zasobu.

Przy tworzeniu architektury w aplikacji wykorzystano kilka technologii. Użyto protokołów http, https [3] i techniki AJAX [4]. Do pobierania zasobów z bazy i wysyłania zasobów do bazy wykorzystano http i https. Do pobierania zasobów z bazy bez przeładowywania strony wykorzystano technikę AJAX.

## **Graficzny interfejs użytkownika**

Interfejs graficzny aplikacji do wspierania wielopodmiotowych akcji ratowniczych przygotowany został w oparciu o framework (czyli szkielet do budowy aplikacji) Bootstrap 3 [5]. Bootstrap jest frameworkiem CSS [6] zawierającym zestaw przydatnych narzędzi ułatwiających tworzenie interfejsu graficznego. Bazuje on głównie na gotowych rozwiązaniach HTML5 oraz stylach CSS3. Jest stosowany m.in. do stylizacji takich elementów jak teksty, formularze, przyciski, wykresy, nawigacje i inne komponenty aplikacji. Framework korzysta także z języka JavaScript udostępniając gotowe rozwiązania najczęściej wykorzystywanych funkcji tego języka.

Interfejs użytkownika aplikacji do wspierania wielopodmiotowych akcji ratowniczych został przygotowany jako siatka. Na każdym poziomie, tj. zarówno

całego ekranu przeglądarki, jak i pojedynczego kontenera (znacznika `div HTML`), mamy podział takiej jednostki na 12 kolumn. Za pomocą odpowiednich klas CSS określono, ile kolumn zawiera dany element w kontenerze. Elementy w kolumnach zgrupowano również horyzontalnie w wiersze.

Główny szablon aplikacji tworzy pasek nawigacyjny na górze strony z zablokowaną pozycją, powodującą, że pasek pozostaje widoczny nawet przy przesuwaniu strony w dół. W panelu nawigacyjnym znajdują się linki do kolejnych modułów aplikacji: mapy, bazy, zasobów, formularzy, dokumentacji i panelu użytkownika. W głównym widoku strony obecny jest baner graficzny o zmiennej wielkości zależnej od treści strony, a pod nim informacja o aktualnie otwartej stronie i główna treść strony.

W procesie tworzenia interfejsu użyto różnorodnych komponentów frameworka Bootstrap. Panel nawigacyjny utworzono przy pomocy komponentu `navbar`, zmienny baner graficzny przy pomocy komponentu `jumbotron`, informacje o aktualnej stronie przy pomocy komponentu `breadcrumb`, stopkę dzięki komponentowi `footer`, a główną treść za pomocą `container`, który w zależności od potrzeby był wyśrodkowany i zwężony bądź ustawiony na całą szerokość strony.

W interfejsie użytkownika użyto również skryptów JavaScript frameworka Bootstrap. Użyto `m.in.` okna `Modal` do wyświetlania wyskakujących okienek, listy rozwijanej dla nawigacji `Dropdown`, pomocy dla użytkownika po najechaniu kursorem na komponent `Tooltips`, wyświetlanych wiadomości o statusie aplikacji czy błędach `Alert`, zmiennych stanów przycisków `Buttons`, rozwijanych zakładek `Collapse`.

## Wyświetlanie mapy

Funkcje mapy aplikacji do wspierania wielopodmiotowych akcji ratowniczych przygotowano w oparciu o interfejs programowania map Google. Interfejsy `Map Google` to zbiór interfejsów `API (Application Programming Interface)`, które pozwalają nakładać własne dane na niestandardowej mapie Google (rysunek 5). Zaawansowana innowacyjna platforma Google do tworzenia map obejmująca zdjęcia satelitarne, zdjęcia `Street View`, profile wysokości względnej, wskazówki dojazdu, mapy z własnym stylem, dane analityczne oraz obszerną bazę miejsc ułatwiła opracowanie atrakcyjnej aplikacji.

Wszystkie funkcje korzystające z map w aplikacji do kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych zostały opracowane w języku JavaScript, języku programowania stosowanym do tworzenia interaktywnych, dynamicznych stron (aplikacji) internetowych. Skrypty JavaScript zostały zastosowane w module mapy aplikacji `m.in.` do wyświetlania różnego rodzaju okien dialogowych, usprawnienia działania formularzy na stronach przez sprawdzanie poprawności wprowadzanych danych oraz ułatwienie edycji danych (np. okienka do wyboru daty).





## Przykłady realizowanych funkcji

Zarządzanie dostępem do systemu:

- dodawanie i usuwanie użytkowników systemu;
- definiowanie roli użytkownika;
- modyfikowanie praw dostępu użytkowników do danych;
- modyfikowanie praw dostępu użytkowników do funkcjonalności;
- określenie możliwości użytkownika w zależności od sposobu, miejsca i czasu łączenia się z systemem.

Ewidencja zasobów oraz możliwości i potrzeb logistycznych w czasie akcji ratowniczej:

- system zarządzania scentralizowaną bazą danych zasobów wykorzystywanych w czasie akcji ratowniczej;
- ewidencja norm zaopatrzenia w podstawowe środki materiałowe;
- prowadzenie ewidencji źródeł zaopatrzenia;
- powadzenie ewidencji podmiotów świadczących usługi logistyczne i medyczne;
- prowadzenie katalogu możliwości logistycznych gospodarza logistycznego akcji ratowniczej;
- prowadzenie ewidencji podmiotów ratowniczych i ich potrzeb logistycznych;
- dodawanie informacji o nowych zasobach, które są dostępne (w tym z uwzględnieniem ich położenia);
- dodawanie nowej kategorii zasobów;
- aktualizacja i modyfikacja parametrów opisujących określone zasoby (np. dostępna ilość, lokalizacja);
- wyszukiwanie najbliższych dostępnych zasobów określonego rodzaju z uwzględnieniem czasu ostatniej modyfikacji informacji na temat dostępności danego zasobu;
- określanie możliwości dostępu do zasobów w zależności od rodzaju podmiotu biorącego udział w akcji ratowniczej;
- wspomaganie realizacji potrzeb logistycznych podmiotów ratowniczych;
- rezerwacja określonego zasobu dla potrzeb wybranego podmiotu;
- blokowanie możliwości wielokrotnego/jednoczesnego wykorzystania zasobu, w przypadkach gdy jest to niemożliwe do realizacji,
- importowanie struktury zasobów i stanu zasobów z pliku tekstowego.

Wspomaganie opracowania logistycznej dokumentacji planistycznej:

- wspomaganie przygotowania planu dostaw zaopatrzenia dla jednostek PSP i wspomagających podmiotów ratowniczych;
- wspomaganie przygotowania planu świadczenia usług logistycznych jednostkom PSP i wspomagającym jednostkom ratowniczym;
- wspomaganie przygotowania planu świadczenia pomocy medycznej/ewakuacja medyczna;

- wspomaganie opracowania części logistycznych dokumentacji dyrektywnej (rozkazodawczej);
- wspomaganie przygotowania wzorów punktów logistycznych do rozkazów (zarządzeń) Kierującego Działaniami Ratowniczymi (KDR);
- wspomaganie przygotowania wzorów aneksów logistycznych do rozkazów (zarządzeń) Kierującego Działaniami Ratowniczymi (KDR).

Wspomaganie opracowania dokumentacji pomocniczej:

- wspomaganie przygotowania „Meldunku danych logistycznych i medycznych do zamiaru taktycznego Kierującego Działaniami Ratowniczymi (KDR)”;
- aktualizacja wzorów dokumentów logistycznych;
- generowanie raportów o aktualnie dostępnych zasobach z uwzględnieniem czasu ostatniej aktualizacji informacji;
- generowanie raportów o potrzebach logistycznych podmiotów;
- generowanie raportów prezentujących zmiany zaistniałe w wybranym okresie;
- generowanie wykresów pokazujących m.in. stan zasobów, stopień zużycia zasobów w funkcji czasu, podział zużycia zasobów pomiędzy różne podmioty;
- eksport zawierających wykresy raportów do pliku PDF.

Wspomaganie osób zarządzających przeprowadzeniem wielopodmiotowej akcji ratowniczej:

- wyświetlanie mapy miejsca prowadzenia akcji ratowniczej;
- wyświetlanie aktualnego położenia zasobów zarejestrowanych w systemie (np. pojazdu wyposażonego w terminal);
- możliwość komunikacji tekstowej z osobami wyposażonymi w odbiorniki systemu (terminale);
- możliwość kontroli czasu przebywania jednostek w akcji;
- możliwość drukowania raportów zawierających status i wyposażenia wszystkich jednostek przebywających w akcji;
- możliwość rejestrowania przebiegu akcji i przechowywania całej komunikacji pomiędzy jednostkami, historii poruszania się jednostek wyposażonych w terminale;
- wyznaczanie na mapie stref zagrożenia (np. związanego z obecnością niebezpiecznych substancji chemicznych);
- prezentowanie informacji dotyczącej czasu udziału załóg pojazdów lub poszczególnych osób w akcji;
- graficzne wskazanie na mapie miejsca, do którego powinna udać się dana jednostka;
- wyświetlanie na żądanie statusu danej jednostki (np. informacji o posiadanych zasobach);
- wysyłanie żądania aktualizacji przez daną jednostkę informacji o posiadanych zasobach;
- prezentacja informacji o poszczególnych pojazdach w sposób abstrakcyjny (symbole pojazdów) i obrazkowy (ikony zawierające obraz pojazdu danego typu);

- konfigurator pozwalający określić, jakie informacje o danej jednostce powinny być wyświetlane zawsze na głównym ekranie, a jakie na żądanie (np. po kliknięciu na ikonę danego pojazdu);
- wyświetlanie trajektorii ruchu pojazdów (w tym z uwzględnieniem punktu docelowego);
- filtrowanie i wyszukiwanie określonych jednostek (np. wyświetlanie jednostek tylko danego typu lub o określonym statusie);
- prezentowanie informacji o tym, kiedy skończą się posiadane zasoby (w postaci tabelarycznej i graficznej, tzn. wykresów);
- grupowanie uczestników akcji ratowniczej w zespoły m.in. w celu oceny ich czasu pracy;
- alerty nt. czasu pracy osób;
- alerty nt. czasu przebywania w strefie zagrożenia (skażenia);
- alerty nt. kończących się zasobów.

Wspomaganie pracy osób wyposażonych w terminale systemu:

- wyświetlanie mapy miejsca akcji ratowniczej z uwzględnieniem położenia pojazdu wyposażonego w terminal (aplikacja powinna mieć możliwość wykorzystywania plików map ładowanych z serwera oraz plików map przechowywanych lokalnie);
- wyświetlanie na mapie lokalizacji zasobów, pojazdów wyposażonych w terminale, miejsca docelowego prowadzenia działań, stref zagrożenia;
- komunikacja tekstowa z centrum dowodzenia;
- zgłaszanie potrzeb logistycznych;
- automatyczne przesyłanie w czasie rzeczywistym informacji o statusie pojazdu (np. w postaci aktualnego położenia).

Wspomaganie pracy pozostałych osób biorących udział w wielopodmiotowej akcji ratowniczej, w zależności od praw dostępu:

- wyświetlanie mapy z zaznaczonymi zasobami;
- modyfikacja bazy danych posiadanych zasobów;
- zgłaszanie potrzeb logistycznych.

## Podsumowanie

Nowoczesne oprogramowanie komputerowe w połączeniu z środkami bezprzewodowej telekomunikacji i przenośnymi urządzeniami typu smartfon i tablet mogą posłużyć do wspomaganie pracy szerokiej grupy osób zaangażowanych w prowadzenie działań ratowniczych. Szczególnie interesujące jest wspomaganie pracy Kierującego Działaniami Ratowniczymi w czasie długotrwałych akcji ratowniczych, które często charakteryzują się koniecznością koordynacji działań różnych podmiotów, a także grup osób niewyposażonych we własne środki

telekomunikacji. Długi, liczony w dniach, a nawet tygodniach, czas działań wysuwa na pierwszy plan konieczność zapewnienia dostaw i realizacji potrzeb logistycznych. Nawet najlepiej przeszkoleni i silnie zmotywowani ludzie nie są w stanie skutecznie działać bez zapewnienia odpowiednich środków, w tym materiałów eksploatacyjnych, paliwa, wody i żywności. Ważna jest również kwestia zakwaterowania osób, w tym osób ewakuowanych. W tego typu działaniach przydatne jest wykorzystanie scentralizowanej bazy danych do szybkiego i automatycznego przeliczania potrzeb logistycznych poszczególnych podmiotów oraz przygotowania raportów i dokumentacji opisującej przebieg prowadzonych działań. Dodatkowym atutem systemu teleinformatycznego jest prezentacja wszystkich danych w czasie rzeczywistym na mapie, co może być niezwykle przydatne do podejmowania szybkich trafnych decyzji.



## **CZEŚĆ III**

### **INNOWACYJNE SYSTEMY GAŚNICZE W DZIAŁANIACH RATOWNICZO-GAŚNICZYCH**



# SYSTEMY GAŚNICZE BAZUJĄCE NA SILNIKACH ODRZUTOWYCH I ICH WYKORZYSTANIE W RZECZYWISTYCH DZIAŁANIACH

Tomasz Węsierski  
Bernard Król

Duże zdarzenia katastroficzne cechują się trudnym do przewidzenia przebiegiem [1–10]. Jest to przyczyną komplikacji przy prowadzeniu działań ratowniczo-gaśniczych zarówno w kwestiach organizacyjnych, jak i sprzętowych [9, 11]. W sytuacji zaistnienia ryzyka dla zdrowia i życia ratowników osoba kierująca działaniami ratowniczymi (KDR) często jest zmuszona do podjęcia decyzji o wycofaniu ich ze strefy zagrożenia. Powodem takiego stanu rzeczy może być zaistnienie ryzyka wybuchu, niekontrolowanego przebiegu pożaru, jak również ryzyko odcięcia kontaktu z ratownikami znajdującymi się wewnątrz strefy zagrożenia [12]. Przebieg zdarzeń katastroficznych, zwłaszcza w dużych kompleksach przemysłowych, może także spowodować problemy logistyczne przy przemieszczaniu się sprzętu oraz rot ratowniczych. Bezpieczeństwo działań w takim przypadku zapewnia zastosowanie technologii umożliwiających podawanie środków gaśniczych na znaczne dystanse.

Jednym z rozwiązań technicznych umożliwiających podawanie prądów wody na znaczne odległości jest zastosowanie technologii posiadających nasobną turbinę samolotową. Mechanizm działania polega na wykorzystaniu dużej energii kinetycznej gazów wylotowych powstających w turbinie podczas procesu spalania paliwa lotniczego. Prąd gaśniczy wprowadzany równoległe do strumienia gazów wylotowych jest przez nie unoszony, o ile wprowadzanie cieczy gaśniczych nastąpi odgórnie. Duża energia kinetyczna gazów powoduje rozbitcie strumienia zwartego cieczy na mniejsze krople. Efektem tego stanu rzeczy jest powstanie prądu mgłowego cieczy mogącego posiadać średnicę kropeł cieczy poniżej 400 mm. Wiadome jest że energia kinetyczna zmniejsza się wraz z odległością od ujścia turbiny. Tak więc poprzez regulację punktu wprowadzania cieczy gaśniczej w strumień gazów wylotowych można byłoby w pewnym sensie regulować kroplistość cieczy. Duża energia kinetyczna gazu powoduje także ekstremalnie duży zasięg technologii który jest nieosiągalny dla prądu mgłowego podawanego w inny sposób. Technologie można w ten sposób wykorzystać wielokierunkowo między innymi:

- w działaniach gaśniczych na dużej powierzchni oraz w przestrzeniach zamkniętych (halach magazynowych, tunelach);
- w wielkopowierzchniowych działaniach neutralizacyjno-dekontaminacyjnych;



- w przestrzennej likwidacji chmur substancji niebezpiecznych rozpuszczalnych w wodzie;
- w działaniach chłodzących;
- w ogólnie pojętych działaniach obronnych w dystansie.

Pierwsze próby zastosowania silnika turbinowego podającego prądy gaśnicze w postaci mgły wodnej odbyły się już w 1961 roku podczas gaszenia pożarów pól naftowych i gazowych na terenie byłego ZSRR [13]. Pierwsze pojazdy posiadały turbinę zamontowaną na podwoziu czołgowym. Przeprowadzone próby poligonowe były na tyle obiecujące, że w krajach byłego bloku wschodniego rozpoczęto dalsze badania w kierunku zastosowania takich rozwiązań w celach gaśniczych. Konstruktorzy węgierscy wykonali podobny pojazd wyposażony w dwie turbiny. W 1991 roku węgierscy specjaliści gasili kuwejskie pola naftowe, które podpaliły wycofujące się wojska irackie. Do gaszenia użyto systemów na podwoziu czołgu T-55 i silników z MiG-15 [13]. Pojazd wykorzystujący również podwozie czołgowe, sterowany radiem został użyty bojowo do gaszenia płonących irackich szybów naftowych także tuż po drugiej wojnie w Zatoce Perskiej. Użycie pojazdu zaowocowało ugaszeniem szybów naftowych w znacznie krótszym czasie niż zakładano to wcześniej.

W 1980 roku podobny system skonstruowano w NRD, wykorzystując tym razem podwozie IFA-W50L o napędzie 4x4. W 1984 roku powstała wersja udoskonalona. Strumień gazów spalinowych był wytwarzany przez silnik WK1F pochodzący z samolotu MiG-17. Pojemność zbiornika paliwa pojazdu wynosiła 1000 litrów bądź w wersji dwuzbiornikowej 2x450 litrów. Aby osiągnąć czas pracy 80 min systemu przy pełnej wydajności, pojazd wyposażono w dodatkowy zbiornik paliwa o pojemności 2700 dm<sup>3</sup> przewożony na przyczepie. System przy wydajności 10 000 l/min osiągał zasięg poziomy rzutu do 130 m oraz zasięg pionowy rzutu około 70 m.

W roku 1998 firma chemiczna BASF otrzymała na wyposażenie zakładowej straży pożarnej prototypowy pojazd gaśniczy zainstalowany na 18-tonowym podwoziu samochodowym, wyprodukowany przez niemiecką firmę ZIKUN [13]. Gazy wytwarzano za pomocą dwóch silników odrzutowych typu Turbomeca Larzac 04. Powstała moc umożliwiała rozpraszanie około 6000 litrów wody w ciągu minuty i wyrzucanie jej na odległość 120 metrów. Od maja 2005 roku BASF ma na stanie nowy pojazd Turbolöscher II, w którym silniki odrzutowe są zainstalowane na obrotowym wieńcu umożliwiającym kierowanie strumienia prądów gaśniczych w zakresie 180°. Wyposażony jest w takie same turbiny i umożliwia w obecnej wersji rozpraszanie 8000 dm<sup>3</sup> wody na minutę. Pojazd przedstawiono na zdjęciu 1.



**Rysunek 1.** Widok ogólny pojazdu turbinowego Turbolösch II zakładowej straży pożarnej BASF [13]

Ciekawym pojazdem jest również pojazd typu Turbolösch znajdujący się na wyposażeniu zakładowej straży pożarnej Chempark w Leverkusen. Samochód posiada 2 silniki odrzutowe pochodzące z samolotu Alfa-Jet. W strudze spalin i powietrza może być podawane w postaci mgły do 8 tys. dm<sup>3</sup> wody na minutę z 4 dysz, pokrywając powierzchnię 3500 m<sup>2</sup>. Zasięg poziomy podawania prądu gaśniczego wynosi maksymalnie 150 m. Strumień mgły ma do 30 m szerokości i 60 m wysokości. Oprócz wody można zastosować proszek gaśniczy lub pianę. Samochód przystosowany jest do pracy przez 1,5 godz. przy pełnym obciążeniu. Silniki odrzutowe są ruchome: możliwość obrotu w lewo i w prawo wynosi 45°, do góry 90° i 10° do dołu. Duży zasięg strumienia i jego energia pozwala na podawanie środków gaśniczych do trudno dostępnych miejsc w instalacjach technologicznych w przemyśle chemicznym. Samochód kosztował 850 tys. euro (2007 r.). Podczas pracy hałas osiąga poziom 136 decybeli.

## Wypadki w przemyśle, podczas których wykorzystano turbinowe systemy gaśnicze

Najwięcej informacji na temat wad i zalet danego systemu może nam dać analiza zdarzeń rzeczywistych, tzw. *case studies*. Najlepiej udokumentowano zdarzenia z wykorzystaniem turbinowych systemów gaśniczych podczas pożaru hali magazynowej w Ludwigshafen (22 czerwca 2013 r.) oraz podczas pożaru gazociągu z etylenem oraz zbiornika z akrylonitrylem w Kolonii (17 marca 2008 r.). Zdarzenia te zostaną poddane analizie pod kątem wykorzystania praktycznego pojazdów turbinowych.

**Pożar hali magazynowej, Ludwigshafen, 22.06.2013 r. [15]**

W Ludwigshafen, między Renem a portem Luitpold znajduje się wyspa z dużymi halami magazynowymi, domami mieszkalnymi i terenami zielonymi. Przy ul. Portowej po stronie zachodniej znajduje się zabudowa przemysłowa, od wschodu granicząca z budynkami mieszkalnymi. Na dachu jednej z hal o pow. 9600 m<sup>2</sup> zamontowana jest instalacja fotowoltaiczna – największa tego typu w Ludwigshafen. W sobotę 22 czerwca 2013 r. około południa doszło do awarii technicznej tej instalacji. Pierwszy meldunek, który dotarł do straży, brzmiał: „Na dachu hali przy ul. Portowej coś się pali”. W hali firma logistyczna składowała dla koncernu BASF pięcniejący granulat polistyrenu, łącznie 4800 ton. Hala pochodzi z 1967 roku. Początkowo składowano w niej zboże, od 1971 roku, po przebudowie – polistyren. Wewnątrz hali długiej na 160 m i szerokiej na 60 m znajdowały się ściany F-90 tworzące trzy strefy pożarowe. W budynku znajdowała się instalacja wykrywania pożaru. Granulat polistyrenu składowano w kartonowych pojemnikach, wykorzystywano go do produkcji opakowań i płyt izolacyjnych.

Pierwszy pluton gaśniczy, który przybył na miejsce o 13.01 stwierdził dym wydobywający się z dachu. Dokonano rozpoznania w środku hali i od zewnątrz z drabiny mechanicznej. Już po kilkunastu minutach ratownicy musieli wycofać się z wnętrza hali ze względu na niezwykle szybki rozwój pożaru. Dalsze działania gaśnicze prowadzone były tylko z zewnątrz. O 13.15 ogłoszono alarm dla całego stanu służbowego straży pożarnej Ludwigshafen. Wezwano posiłki z Mannheim, zakładowej straży pożarnej BASF oraz z okolicznych miast. Szybko rozprzestrzeniający się pożar objął płomieniami całą halę. Zakładowa straż pożarna BASF zadysponowała także samochód Turbolöscher. Wykorzystany został do ograniczenia bardzo dużego strumienia ciepłego działającego od pożaru na sąsiadujący market spożywczy. Mgła wodna generowana przez Turbolöschera podawana była w przestrzeń pomiędzy płonąca i bronioną halą. Oprócz tego podawano prądy wody z działek samochodowych, z kontenera i z drabin. Prądy konwekcyjne pożaru porwały płonący granulat w górę, spływał on też z wodą do kanalizacji. Turbolöscher podawał skutecznie wodę przez 50 minut. Po tym czasie wycofano go i zastąpiono działkiem wodnym o wydajności 3–5 tys. l/min. Silny strumień mgły Turbolöschera powodował niepożądaną cyrkulację dymu (nie unosił się on do góry, co w warunkach miejskich było pożądanym).

Zasilanie wodne realizowano z basenu portowego poprzez motopompy, samochody i dwa statki. Hydranty na terenie zakładu były niedostępne ze względu na silne promieniowanie cieplne. Łącznie rozwinięto około 7 km węży.

**Pożar gazociągu z etylenem i zbiornika z akrylonitrylem, Kolona, 17.03.2008 r. [16–17]**

W granicach Dormagen, miasta graniczącego z Kolonią, leży jeden z największych terenów przemysłowych produkcji chemicznej w Niemczech. W południowej części tego obszaru znajdują się instalacje produkcyjne firmy INEOS. Po sąsiedztwie

około 30 innych podmiotów gospodarczych tworzy grupę zakładów pod nazwą „Chempark Dormagen”. Firma INEOS, która nie należy formalnie do Chemparku, jest jedną z największych w świecie firm chemicznych i wiodącym producentem produktów petrochemicznych, chemii specjalnej, a także produktów na bazie ropy naftowej. W Dormagen INEOS zatrudnia prawie 2000 osób. Pomimo tego, że INEOS i Chempark to całkowicie oddzielne twory, istnieją między nimi ściśle powiązania np. w obszarze zapobiegania zagrożeniom.

Za ochronę ppoż. na całym terenie przemysłowym Dormagen/Kolonia (INEOS i Chempark) odpowiadają służby firmy Currenta, spółki córki firm Bayer AG i Lanxess AG. Zakładowa straż pożarna w tych zakładach posiada dwie strażnice ze względu na rozdzielenie terenu linią kolejową. Nominalna obsada obu jednostek to 23 osoby w 24-godzinnym systemie pełnienia służb. Pomiędzy zakładową strażą pożarną Currenta a zawodową strażą pożarną Kolonii podpisane jest porozumienie regulujące wszystkie aspekty prowadzenia działań ratowniczych. Akcjami na terenie zakładu kieruje wyznaczona osoba z zakładowej straży pożarnej, jednak gdy zdarzenie ma zasięg stwarzający zagrożenie dla miasta, ogólne dowództwo przejmowane jest przez zawodową straż pożarną Kolonii.

Zaopatrzenie w wodę do gaszenia jest zapewnione przez 6 studni głębinowych. Przy zdarzeniach istnieje możliwość pobierania wody z wydajnością do 30 m<sup>3</sup>/min z sieci hydrantowej.

Zakładowa straż pożarna dysponuje wyspecjalizowanym sprzętem służącym do zwalczania zagrożeń pożarowych, ekologicznych i chemicznych. Są to ciężkie samochody gaśnicze wyposażone w pompy o wydajności do 10 tys. l/min, ratowniczo-gaśnicze z proszkami gaśniczymi, podnośniki, samochód ratownictwa chemicznego, Turbolöscher, robot manipulator i łódź gaśnicza.

Na południowym krańcu zakładu INEOS znajduje się park zbiorników. Trzy zbiorniki: 207, 208 i 209 (każdy z nich o pojemności 4 tys. m<sup>3</sup>) tworzą jedną grupę. W dniu pożaru zbiornik 207 był wypełniony 570 tonami, zbiornik 208–2250 tonami, a zbiornik 209–2860 tonami akrylonitrylu. Na wschód od nich leży inna grupa trzech zbiorników. W odległości 30 m – dwudziestotysięczny zbiornik 205 z 3400 tonami propylenu. W odległości 65 m – bliźniaczy zbiornik z 3 tys. ton butadienu. Butadien składowany jest w temp. –4°C, a propylen –48°C, obie substancje pod ciśnieniem atmosferycznym.

Odległość pomiędzy zbiornikiem nr 209 z akrylonitrylem i najbliższymi budynkami mieszkalnymi wynosi 600 m. Zbiornik ten ma średnicę 18 m i wysokość 16 m. Ściana i stały dach zbiornika wykonane zostały z aluminium. Grubość ścianki w dolnej części wynosi 18 mm, a w górnej 5 mm. Zbiornik ten otoczony jest betonowym płaszczem (w odległości 1,2 m), służącym jako wanna przechwytyjąca ewentualny wyciek. Betonowy płaszcz, w celu zwiększenia jego wytrzymałości, został opleciony prętami stalowymi o grubości 5 mm, pokrytymi warstwą natryśniętego betonu w celu ochrony przed korozją. Wnętrze płaszczu mogło być wypełnione pianą przy użyciu półstałego urządzenia pianotwórczego.

Przez zakład przebiega rurociąg etylenu. Ma on średnicę 25 cm. Etylen jest nim transportowany pod ciśnieniem 80 atm. Rurociąg ten przebiega zaledwie 8 m od zbiornika 209. W tym miejscu zamontowano krótki nadziemny odcinek serwisowy o średnicy 8 cm. Na pozostałej długości rurociąg biegnie pod ziemią. Najbliższe zasowy na rurociągu znajdują się: w odległości 180 m od tego miejsca, przy punkcie zasilania dla zakładów INEOS (w kierunku północnym) oraz 11 km w kierunku południowym. Za tą zasuwą rurociąg rozgałęzia się w kierunku Holandii i na południe.

17 marca 2008 r. przy rurociągu z etylenem, blisko zasowy były prowadzone prace serwisowe przy zbiorniku 209. Z nieznaney przyczyny o godz. 14.26 przy zamocowanym śrubami kołnierzu zaczął wyciekać gaz. O 14.27 do centrali zakładowej straży pożarnej Chemparku nadszedł meldunek o wycieku gazu. Pracownik parku zbiorników firmy INEOS zgłosił „wyciek etylenu na rurociągu”. Ogłoszono alarm i zadysponowano wszystkie dostępne siły ratownicze zakładu. Dwie minuty później operator rurociągu – firma ARG – zamknął zasuwę naziemną na rurociągu w kierunku Pulheim.

Siły ratownicze przybyły na miejsce o 14.32. Podczas dokonywania rozpoznania o 14.33 gaz zapalił się i palił się płomieniem o wys. ok. 1 m. Rozpoczęto pierwsze działania polegające na chłodzeniu zbiornika 209. Około 14.41 wyraźnie wzrósł blask płomienia i hałas. Zaalarmowano inne jednostki zakładowych straży pożarnych. Dwie minuty później słyszalny był huk, a gaz nagle rozpałił się pochodnią o wys. 40 m. Z powodu działania temperatury nadziemna część rurociągu została uszkodzona i nastąpiło znaczne zwiększenie intensywności wypływu gazu. Promieniowanie było tak silne, że powodowało topienie się plastikowych elementów pojazdów w odległości 60 m. Utworzono 3 odcinki bojowe, wprowadzono do działań 4 samochody gaśnicze, wyciągacz i Turbolöschera. Przy ich zastosowaniu planowano utworzyć stanowiska obrony pomiędzy pochodnią gazu i zbiornikiem 209 oraz w celu chłodzenia pozostałych zbiorników. W tym momencie podawano około 23 tys. l/min wody pobieranej z sieci wodociągowej.

O 15.15 w wyniku dużego promieniowania stopił się aluminiowy dach zbiornika nr 209, a jego zawartość (akrylonitryl) zaczęła płonąć. Wprowadzono dodatkowe działka gaśnicze wodne. W konsekwencji w szczytowym momencie działań chłodzących w działaniach wykorzystywano: działka 5 samochodów gaśniczych, Turbolöschera, 3 prądy z prądownic obrotowych z 2 drabin mechanicznych oraz podnośnika hydraulicznego, a także 9 działek przenośnych naziemnych. W sumie podawano ok. 35 tys. l/min wody. Ze względu na duże zapotrzebowanie na wodę zorganizowano zasilanie, bazując na publicznej sieci wodociągowej pobliskiego osiedla. W tym celu ułożono 8 linii 75-milimetrowych. Rozłożono także 2 linie 110 mm (OSP Kolonia), a SP Duisburg rozstawiła kontenerowy zestaw pompowy HFS (*Hytrans Fire System*) przy kanale znajdującym się w odległości 400 m i wsparła centralny punkt zbierania i rozdzielania wody jedną linią 150 mm o wydajności 5 tys. l/min. Pomimo intensywnego chłodzenia nie udało się zapobiec roztopieniu aluminiowego dachu zbiornika 209 i zapaleniu się znajdującemu w nim akrylonitrylu.

O 18.30 pochodnia płonącego gazu stawała się coraz mniejsza, a o 19.26 całkowicie zgasła. Rurociąg mógł zostać teraz przepłukany azotem. Z powodu zmiany warunków termicznych obłok dymu obniżył się na wysokość ok. 200 m nad dzielnicę Chorweiler.

W dowództwie akcji w zakładzie nie mogła zostać wyjaśniona kwestia ryzyka nagłej polimeryzacji całej zawartości zbiornika, co mogło skutkować poważnymi konsekwencjami. Akrylonitryl jest zmieszany ze stabilizatorem, który powstrzymuje polimeryzację do temp. 40°C. Jednak wzrost temperatury do tej wartości powinien zostać powstrzymany poprzez intensywne chłodzenie dachu zbiornika. W międzyczasie uznano, że zagrożenie spontaniczną polimeryzacją nie istnieje. W dowództwie została przedyskutowana możliwość ewakuacji części miasta, którą jednak odrzucono. Ewakuacja mogła trwać nawet do 4–6 godzin. Ponadto uznano, że ewakuacja mogłaby narazić ludzi na niepotrzebne zagrożenie. W zamkniętych pomieszczeniach stężenie niebezpiecznych substancji wzrasta znacznie wolniej niż na wolnym powietrzu.

Część sił straży pożarnej skierowano do zabezpieczania studzienek kanalizacyjnych przed wpływaniem ścieków popożarowych.

W celu zapewnienia dodatkowego/rezerwowego zaopatrzenia wodnego od rzeki Ren w kierunku parku zbiorników zbudowano magistralę wodną o długości 3000 m. Przy brzegu rzeki znajdowały się skierowane dwa statki ze sprzętem gaśniczym – zawodowej straży pożarnej Kolonii i Chemparku. Ułożono jednocześnie kilka równoległych linii: jedną 150 mm, dwie 110 mm i cztery 75 mm. Dokonały tego jednostki z ościennych powiatów, zawodowa straż pożarna Kolonii i THW z 5 specjalistycznym zestawami pompowymi. Linie te w konsekwencji nie zostały wykorzystane, gdyż natarcie gaśnicze rozpoczęło się przed zakończeniem ich budowy.

Do gaszenia pożaru zbiornika zadysponowano działka wodno-pianowe dużego zasięgu z zakładowej straży pożarnej Infracor Marl i Schell Godorf o wydajności 10 tys. l/min i 26 l/min. Na miejscu zgromadzono około 85 m<sup>3</sup> środków pianotwórczych.

O 23.00 sytuacja zaostrzyła się. Wiatr skręcił z kierunku płd. na płd.-wsch., a płomienie z płonącego zbiornika zaczęły zagrażać sąsiedniemu zbiornikowi nr 205 z propylenem. Pomiary wskazywały na powolne ogrzewanie się jego zawartości. Ponadto rysy w betonowym płaszczu płonącego zbiornika powiększały się. Nie można było już dłużej zagwarantować jego stabilności. Ponadto akrylonitryl w płonącym zbiorniku ciągle się nagrzewał.

W międzyczasie jednostki zakładowych straży pożarnych z Kolonii i okolic oddały do dyspozycji dodatkowe działka i zapasy środka pianotwórczego. Działania chłodzące zostały znacznie zredukowane, a o 23.30 rozpoczęto natarcie pianą na zbiornik 209. Pianę podawano z działka jednego z samochodów gaśniczych i dwóch działek o dużej wydajności. Łączna wydajność podawania piany (roztworu) wynosiła 31 tys. l/min. Po 20 minutach płomienie w zbiorniku udało się stłumić. Jednak podawanie piany kontynuowano jeszcze przez 90 min z powodu

okresowego nawrotu płomieni. W akcji gaszenia pożaru i innych działaniach towarzyszących brało udział 1180 ratowników. Był to największy od czasów II wojny światowej pożar w Kolonii.

Pożar gazociągu z etylenem i zbiornika z akrylonitrylem był także okazją do wykorzystania specjalnego samochodu gaśniczego, tzw. Turbolöschera. Zaledwie kilka konstrukcji tego typu pojazdów znajduje się na wyposażeniu jednostek straży pożarnej w Europie. Przy tym pożarze podkreśla się bardzo skuteczne działanie tego pojazdu, niezmiernie istotne dla zapewnienia stateczności i wytrzymałości betonowego płaszcza okalającego zbiornik z akrylonitrylem. Jednak drobiny mgły wodnej podawanej wraz ze strumieniem gazów z silników turbinowych były podatne na wiatr. Stąd bardzo istotne było prawidłowe ustawienie tego pojazdu względem kierunku wiatru. Zasięg skutecznego działania strumienia chłodzącego wody wynosił 50–100 m. Dużym wyzwaniem logistycznym było zasilenie Turbolöschera w paliwo. Zużywa on podczas pracy przy pełnym obciążeniu ok. 1500 litrów kerozyny na godzinę. Zapas paliwa (2100 l) pozwala na pracę zaledwie przez 1,5 godz. Przy gaszeniu opisywanego pożaru praca Turbolöschera trwała ponad 3 godz. i zachodziła konieczność jego dotankowania. W tym celu zadysponowano cysternę z kerozyną z portu lotniczego Kolonia/Bonn.

W celu zapewnienia dostatecznej ilości wody na miejscu zdarzenia konieczne było zbudowanie sprawnego systemu zasilania w wodę. To tłumaczyło tak znaczne osobowo zaangażowanie sił. Ogółem siły ratownicze rozłożyły ponad 30 km linii węzowych. Szczególnie wyróżniał się *Holland Fire System* znajdujący się na wyposażeniu straży pożarnej w Duisburgu. Umożliwił bardzo szybkie zbudowanie wydajnego systemu zasilania w wodę przy użyciu węży 150 mm i agregatu pompowego o wydajności 5 tys. l/min.

## Wnioski

Po analizie zdarzeń mających miejsce na terenie magazynu w Ludwigshafen oraz Kolonii można wyciągnąć następujące wnioski praktyczne dotyczące turbinowych systemów gaśniczych:

1. Zasięg strumienia wody podawanego przez pojazdy typu Turbolöscher jest stosunkowo duży. Według danych producenta wynosi on maksymalnie do 150 m. Jako wartość zasięgu praktycznego należy przyjąć połowę tej odległości, maksymalnie 100 m. Odległość tę oszacować można na podstawie fotografii i wniosków z działań podczas pożaru w Kolonii.
2. Rozproszenie strumienia wody pozwala na maksymalne wykorzystanie potencjału chłodzącego wody, niemożliwego do osiągnięcia przy użyciu działek wodno-pianowych, jedynych urządzeń podających wodę na porównywalną odległość.

3. Rozproszony strumień wody wykaże szczególną przydatność do chłodzenia stref pożaru niedostępnych dla zwartych strumieni wody, np. instalacji przemysłowych, lub gdzie zastosowanie zwartych prądów wody byłoby nieskuteczne – pożary strumieniowe, pożary 3D np. wyciekającej cieczy.
4. Strumień rozpylonej wody podatny jest na wiatr. Istnieje konieczność precyzyjnego ustawienia pojazdu, zgodnie z kierunkiem wiatru. Ogranicza to możliwości manewrowania pojazdem na miejscu zdarzenia.
5. Strumień wody powinien mieć wydajność co najmniej 2–3 tys. l/min. Tylko wówczas system wykaże swą przewagę nad tradycyjnymi systemami podawania wody (działka wodno-pianowe). Nieodłącznym komponentem systemu musi być więc sprawny system zasilania w wodę. Ogranicza to niewątpliwie mobilność systemu i możliwości jego zastosowania.
6. Strumień wody może powodować wzmocnienie turbulencji w obszarze jego działania. Może to wpływać niekorzystnie na efektywność działań, np. poprzez zwiększoną szybkość parowania niebezpiecznych substancji. Jest to niepożądany efekt w przypadku substancji trudno rozpuszczalnych i trudno pochłanianych przez wodę. Należy jednak pamiętać, iż zwiększenie turbulencji atmosferycznej powoduje zmniejszenie stężenia substancji w powietrzu i ich szybsze rozrzedzenie.
7. Strumień wody może spowodować turbulencje unoszącego się dymu pożarowego i zadymienie obszaru w obszarze działań gaśniczych
8. System posiada ograniczony czas działania ze względu na konieczność zasilania silnika turbinowego paliwem. Duże zużycie paliwa lotniczego (kerozyny) powoduje konieczność dotankowywania (i dodatkowego osprzętu).
9. Spośród wad użytkowych należy wymienić duży poziom hałasu, ponad 130 decybeli w bezpośrednim sąsiedztwie urządzenia.

Niniejsza publikacja została opracowana na podstawie badań literaturowych wykonanych w ramach projektu DOB-BIO6/06/113/2014 „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”





## ZAKOŃCZENIE

Zarządzanie działaniami odgrywa coraz większą rolę we współczesnych formach kierowania. W odniesieniu do służb ratowniczych widać, że pojawiające się różne zagrożenia wymuszają potrzebę systemowego przygotowania i wdrażania nowych, skutecznych form organizacji działań prewencyjno-ratowniczych oraz likwidacji skutków tych zagrożeń. W systemie techniczno-logistycznym PSP doskonale sprawdza się adaptowanie rozwiązań z zakresu zarządzania logistycznego zarówno z gruntu cywilnego, jak i wojskowego [1]. Ponieważ nie jesteśmy w stanie przewidzieć wszystkich niebezpieczeństw czy zagrożeń, nie możemy też w stanie zabezpieczyć się przed ich wystąpieniem. Możemy natomiast przygotować się do udzielenia niezbędnego wsparcia i przeprowadzenia efektywnych działań bez względu na stopień ich złożoności. Możemy doskonalić nasze systemy decyzyjne, tak aby spełniały swoją rolę w sytuacjach zagrożenia bezpieczeństwa publicznego w każdej postaci. W odniesieniu do prowadzonych akcji ratowniczych może to być zmiana sposobu pojmowania zarządzania logistycznego jako zbioru uporządkowanych działań po wystąpieniu danego zdarzenia oraz przygotowania się na wypadek nadejścia sytuacji kryzysowej [2]. Od sprawnego zarządzania logistycznego zależeć będzie możliwość współpracy podmiotów ratowniczych uczestniczących w działaniach ratowniczych. Z tego też względu tak ważne jest nie tylko samo zarządzanie eksploatacją jak i logistyczne, ale również kształcenie specjalistów w powyższych dziedzinach dla zapewnienia szeroko rozumianego bezpieczeństwa pod kątem przygotowania ich do organizacji działań przy wykorzystaniu najnowszych osiągnięć w dziedzinie logistyki i eksploatacji [3–4]. Według profesora E. Nowaka charakter zarządzania logistycznego na szczeblu operacyjnym i taktycznym wymaga od osoby decyzyjnej posiadania wszechstronnego wykształcenia oraz łączenia funkcji m.in. logistyka, menedżera i kierownika. W tym miejscu warto również wspomnieć o niedocenianiu roli logistyki jako instrumentu zarządzania zasobami. W literaturze przedmiotu zwraca się uwagę na przypisywanie zarządzaniu logistycznemu w działalności operacyjnej funkcji usługowej nakierowanej na krótkoterminowe zarządzanie procesami techniczno-ekonomicznymi, nie zwracając uwagi na działania długofalowe, przede wszystkim w znaczeniu zarządzania strategicznego [5, 7]. Realizując zadania z zakresu zarządzania logistycznego oraz procesami eksploatacyjnymi, należy pamiętać o konieczności tworzenia podstaw odpowiedzialności za bezpieczeństwo osób ratowanych i ratowników we wszystkich aspektach systemu ochrony i bezpieczeństwa ludności. Absolwenci szkół pożarniczych o specjalnościach: zarządzanie eksploatacją oraz logistyka powinni posiadać niezbędne kwalifikacje w zakresie organizacji działań ratowniczo-gaśniczych na podstawie najnowocześniejszych systemów i rozwiązań logistycznych [6]. Powinni posiadać umiejętność adaptacji rozwiązań

systemowych pozyskanych z innych obszarów do własnych struktur i potrzeb. Absolwenci uczelni oraz szkół PSP powinni być przygotowani do realizowania zadań, a także do pełnienia funkcji dowódcy/kierownika zabezpieczenia logistycznego jednostki ratowniczo-gaśniczej [7]. Dzisiaj sprawnie działający system zarządczy jest podstawą niesienia pomocy w sposób optymalny i adekwatny do potrzeb, dodatkowo stając się źródłem ulepszeń wewnętrznych oraz argumentem do redukowania kosztów [8].

# BIBLIOGRAFIA

## Wstęp

- [1] J. Roguski (red.), *Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015.
- [2] M. Kwiatkowski, I. Grabowska-Lepczak, M. Tryboń, *Zarządzanie logistyczne narzędziem optymalizacji i racjonalizacji działań z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa ludności cywilnej w sytuacjach kryzysowych realizowane przez Państwową Straż Pożarną*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 2011, nr 41.
- [3] Sprawozdania z realizacji zadań badawczych projektu „Monitoring”(niepublikowane).
- [4] Sprawozdania z realizacji zadań badawczych projektu „Logistyka”(niepublikowane).
- [5] J. Roguski (red.), *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w straży pożarnej*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2015.

### 1.1. Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania

- [1] DOBR-BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”.
- [2] J. Roguski (red.), *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w straży pożarnej*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2015.
- [3] Sprawozdania z realizacji zadań badawczych projektu „Monitoring”(niepublikowane).
- [4] Raport z zakończenia etapu nr 1 badań naukowych z realizacji projektu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa (niepublikowany).
- [5] Raport z zakończenia etapu nr 2 badań naukowych z realizacji projektu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa (niepublikowany).

### 1.2. Jakość i wydajność transmisji danych w sieci WI-FI MESH WDS systemu monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej

- [1] Standard IEEE: „IEEE 802.11 Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications”, IEEE, 2012.
- [2] DOBR-BIO4-051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”.
- [3] Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego 25172505 projektu „Monitoring – Opracowanie planu testów demonstratora. Przeprowadzenie testów i wyciągnięcie wniosków z praktycznego zastosowania systemu łączności: możliwości transmisji danych, dostęp zdalny do urządzeń, niezawodność połączeń, prędkość transmisji”.

- [4] S. Pluta, *Badania wpływu transmisji wieloskokowej na wartość wybranych parametrów oceny wydajności bezprzewodowej sieci kratowej*, „Przegląd Telekomunikacyjny – Wiadomości Telekomunikacyjne”, 2015, nr 4.
- [5] Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego 25172504 projektu „Monitoring – Wykonanie demonstratora – podsystem transmisyjny”.
- [6] T. Gębczyński, Ł. Apiecionek, *Technologia LTE dla łączności z pojazdem komunikacji miejskiej*, „Studia i Materiały Informatyki Stosowanej”, 2014, t. 6, nr 15, s. 24–28.
- [7] Ł. Apiecionek, R. Motylewski, P. Stosik, *Bezpieczeństwo transmisji danych w systemach monitorowania wyposażenia Straży Pożarnej. Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia Straży Pożarnej*, CNBOP-PIB, Józefów 2015, s. 41–48.

### **1.3. Analiza działania komponentów zintegrowanego systemu monitorowania sprzętu pożarniczego**

- [1] P. Guzowski, D. Wróblewski, D. Małozieć (red.), *Czerwona księga pożarów*, CNBOP-PIB, Józefów 2014.
- [2] R. Mazur, A. Kwasiborski, *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2007–2012. Pożary*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2013, nr 2.
- [3] J. Roguski (red.), *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w straży pożarnej*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2015.
- [4] *Road vehicles – interchange of digital information – controller area network (CAN) for high-speed communication*, ISO 11898, 1993.
- [5] Q. Zhang, L. Cheng, R. Boutaba, *Cloud computing: state of the art and research challenges*, „Journal of Internet Services and Applications”, vol. 1, No. 1, 2010.

### **1.4. Wspomaganie dowodzenia podczas działań ratowniczo-gaśniczych przez monitorowanie systemu eksploatacji**

- [1] W. Kupicz, P. Ogrodnik, *Moment obrotowy, godzinowe zużycie paliwa oraz temperatura spalin jako parametry diagnostyczne silnika spalinowego o zs. pracującego w warunkach stacjonarnych*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 2012, nr 44.
- [2] W. Kupicz, P. Ogrodnik, *Problemy eksploatacji pojazdów i sprzętu ratowniczo-gaśniczego w Państwowej Straży Pożarnej*, „Logistyka”, 2014, nr 6.
- [3] Stanowisko pomiarowe do badania i diagnozowania motopompy pożarniczej [instrukcja], ThermoLab S.C., Warszawa, sierpień 2014.
- [4] Instrukcja obsługi producenta pojazdu WISS WAWRZASZEK, Inżynieria Samochodów Specjalnych – Renault-Midlum.

### **2.1. Koncepcja kryteriów wyboru decyzji logistycznych w wielopodmiotowych akcjach ratowniczych**

- [1] <http://sjp.pwn.pl/szukaj/logistyka.html>.
- [2] Konstytucja RP.
- [3] M. Kwiatkowski, I. Grabowska-Lepczak, M. Tryboń, *Zarządzanie logistyczne narzędziem optymalizacji i racjonalizacji działań z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa ludności cywilnej w sytuacjach kryzysowych realizowane przez państwową straż pożarną*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 2011, nr 41.
- [4] R.S. Dembo, A. Freeman, *Seeing Tomorrow. Rewriting the Rules of Risk*, USA 1998.

- [5] G. Abgarowicz (red.), *Wsparcie logistyczne działań służb ratowniczych przez organy zarządzania kryzysowego*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2014, s. 16.
- [6] S. Dworecki, *Logistyka w bezpieczeństwie (zarządzanie jakością procesów zasileniowych)*, Warszawa 2015, s. 74.
- [7] J. Wolanin, *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli. Ochrona ludności na czas pokoju*, Danmar, Warszawa 2005, s. 92–93.
- [8] W. Skomra (red.), *Metodyka oceny ryzyka na potrzeby systemu zarządzania kryzysowego RP*, Bellona, Warszawa 2015, s. 170–173.

## 2.2. Zabezpieczenie logistyczne służb ratowniczych w akcjach przeciwpowodziowych

- [1] M. Łapicz, A. Adamski, J. Kalinko, *Logistyka zabezpieczenia w środki gaśnicze brygad odwodowych centralnego odwodu operacyjnego krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego*, „Logistyka”, 2014, nr 4.
- [2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2011, Nr 46, poz. 239).
- [3] G. Abgarowicz, A. Majka, Z. Ślosorz, *Wsparcie logistyczne działań służb ratowniczych przez organy zarządzania kryzysowego*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2014.
- [4] [http://rcb.gov.pl/wp-content/uploads/KPZK-2013-2015.tj\\_.pdf](http://rcb.gov.pl/wp-content/uploads/KPZK-2013-2015.tj_.pdf) [dostęp z dnia 13.10.2015 r.]
- [5] [http://www.lodzkie.eu/data/other/plan\\_2013\\_1.pdf](http://www.lodzkie.eu/data/other/plan_2013_1.pdf) [dostęp z dnia 13.10.2015 r.]
- [6] M. Kwiatkowski, I. Grabowska-Lepczak, M. Tryboń, *Zarządzanie logistyczne narzędziem optymalizacji i racjonalizacji działań z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa ludności cywilnej w sytuacjach kryzysowych realizowane przez Państwową Straż Pożarną*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 2011, nr 41.
- [7] W. Nowak, E. Nowak, *Podstawy logistyki w sytuacjach kryzysowych z elementami zarządzania logistycznego*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania, Łódź–Warszawa 2009.
- [8] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 11 grudnia 1997 r. w sprawie długotrwałych akcji ratowniczych, szczegółowych norm, zasad i warunków otrzymywania wyżywienia w czasie tych akcji oraz ćwiczeń lub szkoleń przez strażaków Państwowej Straży Pożarnej lub inne osoby biorące w nim udział, a także przypadki, w których wypłaca się równoważnik pieniężny w zamian za przysługujące wyżywienie, sposobu ustalania jego wysokości oraz szczegółowych zasad wypłacania. (Dz.U. 97.160.1098).
- [9] D. Riegert (red.), *Doraźne metody ochrony stosowane podczas powodzi ze szczególnym uwzględnieniem rękawów przeciwpowodziowych*, Józefów 2012.
- [10] J. Chojnacki, H. Zawada, *Powódź w lipcu 1997 roku i jej skutki*, „Gospodarka Wodna”, 1998, nr 3, s. 107–113.
- [11] B. Fal, *Powódź letnia 1997*, „Gazeta Obserwatora IMGiW”, 1997, t. 46, nr 5, s. 3–4.
- [12] M. Szreder, E. Wycinka, D. Gajda, *Kompensacja szkód na przykładzie Bogatyni*, „Wiadomości Ubezpieczeniowe” (wyd. spec.: *Powódź–Infrastruktura–Finansowanie*), 2012, nr 1, s. 39–48.
- [13] B. Fal, E. Bogdanowicz, I. Dobrzyńska, *Powódź w 2001 roku: opis syntetyczny*, „Gospodarka Wodna”, 2002, nr 2, s. 52–60.

- [14] [http://www.fkb.org.pl/files/warsztaty\\_25\\_03\\_10/Ograniczanie\\_skutkow\\_powodzi\\_IMGW.pdf](http://www.fkb.org.pl/files/warsztaty_25_03_10/Ograniczanie_skutkow_powodzi_IMGW.pdf) [dostęp z dn. 16.06.2015].
- [15] I. Biedroń, R. Bogdańska-Warmuz, *Powódź 2010 – analiza strat i szkód powodziowych w Polsce*, „Gospodarka Wodna”, 2012, nr 4, s. 147–153.
- [16] J. Koć, *Powódź 2010 roku – sygnał do rozpoczęcia poważnych działań*, „Technologia Wody”, 2011, nr 1, s. 32–39.
- [17] S. Bednarczyk, T. Jarzębińska, S. Mackiewicz, E. Wołoszyn, *Vademecum ochrony przeciwpowodziowej*, Gdańsk 2006, s. 11–39.
- [18] [http://sgwp.wp.mil.pl/pl/1\\_473.html](http://sgwp.wp.mil.pl/pl/1_473.html) [dostęp dn. 25.03.2016].
- [19] M. Misterka, *Analiza działań Państwowej Straży Pożarnej podczas powodzi w 2010 roku w świetle usprawnienia ochrony przeciwpowodziowej w Polsce – cz. 1*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 2015, nr 56(4).
- [20] *Powódź w województwie małopolskim w 2010 roku*, Małopolski Ośrodek Badań Regionalnych, Kraków 2011.
- [21] Standard wyposażenia kontenera pożarniczego: Kontener przeciwpowodziowy z pompami do wody zanieczyszczonej typu KPpPm, zał. nr 10 do „Wytycznych standaryzacji pojazdów i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej” z dnia 14.04.2011 r., Warszawa, 2 lipca 2012 r.
- [22] Standard wyposażenia kontenera pożarniczego: Kontener przeciwpowodziowy z łodziami typu KPpŁ, zał. nr 11 do „Wytycznych standaryzacji pojazdów i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej” z dnia 14.04.2011 r., Warszawa 2 lipca 2012 r.
- [23] Standard wyposażenia kontenera pożarniczego: Kontener przeciwpowodziowy z zaparami typu KPpZ, zał. nr 12 do „Wytycznych standaryzacji pojazdów i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej” z dnia 14.04.2011 r., Warszawa 2 lipca 2012 r.
- [24] J. Roguski (red.), S. Smyk (red. naukowa), J. Rakowska, A. Majka, *Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych*, Wyd. CNBOP-PIB, Józefów 2015.
- [25] T. Smal, *Zabezpieczenie logistyczne operacji kryzysowej na przykładzie powodzi*, „Logistyka”, 2014, nr 3, s. 5801–5814.
- [26] M. Sobek, T. Smal, *System zabezpieczenia logistycznego operacji kryzysowych a bezpieczeństwo ludności i zasobów materialnych – Bogatynia 2010*, „Logistyka”, 2014, nr 5, s. 1389–1398.

### **2.3. Narzędzie teleinformatyczne wspomagające zarządzanie działaniami logistycznymi podczas prowadzenia długotrwałych i wielopodmiotowych akcji ratowniczych**

- [1] J. Roguski (red.), *Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2015.
- [2] D. Wróblewski (red.), *Wybrane zagadnienia z zakresu planowania cywilnego w systemie zarządzania kryzysowego RP*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2015.
- [3] <https://pl.wikipedia.org/wiki/HTTPS>
- [4] <https://pl.wikipedia.org/wiki/AJAX>
- [5] <https://v4-alpha.getbootstrap.com/>
- [6] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Kaskadowe\\_arkusze\\_styl%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kaskadowe_arkusze_styl%C3%B3w)

### 3.1. Systemy gaśnicze bazujące na silnikach odrzutowych i ich wykorzystanie w rzeczywistych działaniach

- [1] CCPS, *Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases*, Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York, 1999.
- [2] F.I. Khan, S.A. Abbasi, *Risk Assessment in the Chemical Process Industries: Advanced Techniques*, Discovery Publishing House, New Delhi, 1998.
- [3] F.I. Khan, S.A. Abbasi, *Major accidents in the process industries and analysis of their causes and consequences*, „J. Loss Prev. Process Ind.” 12 (1999), 361–374.
- [4] R.C. Reid, *Superheated liquids*, „Am. Scientist” 64 (1976), 146–156.
- [5] R.W. Prugh, *Quantitative evaluation of „BLEVE” hazards*, „J. Fire Protect.” Eng. 3 (1991), 9–24.
- [6] A.M. Birk, J.D.J. VanderSteen, M.H. Cunningham, C.R. Davison, I. Mirzazadeh, *Fire tests to study the effect of pressure relief valve blowdown on the survivability of propane tanks in fires*, „Process Saf. Prog.” 21, (2002), 227–236.
- [7] N.N. Desai, *Risk assessment in the transport of hazmats*, Mtech Thesis, Vishweshwaraya Technological University, Belgaum, 2004.
- [8] T. Węsierski, P. Leszczyński, B. Bartosik, K. Ochociński, *Niekontrolowane uwolnienie się substancji niebezpiecznych w transporcie kolejowym*, Białystok 2010; *Analiza skutków oraz przyczyn katastrofy*, „Problemy Kolejnictwa”, 2013, nr 161 (57), 125–138.
- [9] D. Wróblewski, T. Węsierski, *Retrospektywna analiza uwolnienia się amoniaku w Drzycimiu w kontekście faz przygotowania i reagowania modelu zarządzania kryzysowego*, „Przemysł Chemiczny”, 2011, nr 12 (90), 2100–2104.
- [10] T. Węsierski, *BLEVE-fireball w Jezierzycach Słupskich. Analiza pożaru dużego oraz zagrożeń z nim związanych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 2011, nr 1 (21), 95–103.
- [11] T. Abbasi, S.A. Abbasi, *The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE). Mechanizm, consequence assesment, management*, „J. Haz. Mat.”, 141 (2007), 489–519.
- [12] T. Węsierski, J. Kielin, A. Gontarz, *Samochody z turbinowym systemem gaśniczym*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 2010, nr 4 (20), 139–150.
- [13] M. Salchert, Turbo-Löscher, [www.rp-online.de/nrw/staedte/leverkusen/dre-turbo-loescher-aid-1.396949](http://www.rp-online.de/nrw/staedte/leverkusen/dre-turbo-loescher-aid-1.396949) [dostęp 24.10.2016].
- [14] T. Jann, *Materialschlacht in Ludwigshafen*, „118swissfire.ch”, 1/2015.
- [15] S. Neuhoff, J. Feyrer: *Gravierender Störfall in einem Chemiebetrieb in Köln*, „Brandschutz – Deutsche Feuerwehr-Zeitung” 8/2008.
- [16] *Störfall in einem Chemiebetrieb in Köln-Worringer*, „Brandschutz – Deutsche Feuerwehr-Zeitung”, 5/2008

### Zakończenie

- [1] E. Nowak, *Logistyka w sytuacjach kryzysowych*, AON, Warszawa 2009, s. 11.
- [2] A. Warmiński, *Zadania i organizacja Państwowej Straży Pożarnej w zakresie ochrony przeciwpożarowej*, „Doctrina Studia Społeczno-Polityczne”, 2009, nr 6 s. 275–304.
- [3] M. Brzeziński, *Rozwój sieci logistycznych w wojsku*, „Biuletyn WAT”, 2010, vol. lix, nr 1.



- 
- [4] J. Roguski (red.), *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w straży pożarnej*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015.
- [5] J. Roguski (red.), *Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015.
- [6] M. Kwiatkowski, I. Grabowska-Lepczak, M. Tryboń, *Zarządzanie logistyczne narzędziem optymalizacji i racjonalizacji działań z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa ludności cywilnej w sytuacjach kryzysowych realizowane przez Państwową Straż Pożarną*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 2011, nr 41.
- [7] W. Nowak, E. Nowak, *Podstawy logistyki w sytuacjach kryzysowych z elementami zarządzania logistycznego*, SWSPiZ, Łódź–Warszawa 2009.
- [8] Sprawozdanie z realizacji programu ratownictwa i ochrony ludności na lata 2014–2020 w 2015 roku (przygotowane w Departamencie Ochrony Ludności i Zarządzania Kryzysowego Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w 2016).

# WYKAZ SKRÓTÓW

CCQ – Client Connection Quality  
FDG – Forwarding Database  
FTP – File Transfer Protocol  
GSM – Global System for Mobile Communications  
HD – High Definition  
HWMP+ – Hybrid Wireless Mesh Protocol+  
ICMP – Internet Control Message Protocol  
IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers  
IP – Internet Protocol  
ITU – International Telecommunication Union  
LTE – Long Term Evolution  
MAC – Media Access Control  
MAP – Mesh Access Point  
MP – Mesh Point  
MPP – Mobile Portal Point  
MTU – Maximum Transmission Unit  
OSI – Open Systems Interconnection  
PSP – Państwowa Straż Pożarna  
RTT – Round Trip Time  
SSID – Service Set Identifier  
TCP – Transmission Control Protocol  
UDP – User Datagram Protocol  
VoIP – Voice over Internet Protocol  
WDS – Wireless Distribution System  
WLAN – Wireless Local Area Network  
WMN – Wireless Mesh Network  
WPA – Wi-Fi Protected Access



# ABSTRAKTY

## CZEŚĆ I

### **NADZÓR NAD EKSPLOATACJĄ WYBRANYCH OBSZARÓW WYPOSAŻENIA STRAŻY POŻARNEJ W ZAKRESIE NIEZAWODNOŚCI I SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA**

Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania

Jacek Roguski

*W ujęciu definicyjnym proces zarządzania działaniami straży pożarnej w zakresie technicznym jest zjawiskiem techniczno-ekonomicznym zachodzącym w procesie eksploatacji nadzorowanym i sterowanym przez eksplotatora /logistyka. Jego decyzje mogą być podejmowane intuicyjnie, zależnie od przypadkowej wiedzy lub profesjonalnie, zgodnie z nauką o eksploatacji lub wymaganiami nauki zwanej logistyką. W wyniku realizacji projektu powstał demonstrator technologii – system teleinformatyczny zbierający dane eksploatacyjne wytypowanego wyposażenia straży pożarnej oraz przetwarzającego pozyskane dane w sposób umożliwiający ich wykorzystanie w ramach wspomaganego działań logistycznych. Przyjęta struktura pozyskiwania informacji z budowanego systemu pozwala na niezależne i zautomatyzowane pozyskiwanie danych na różnych szczeblach zarządzania, od poziomu JRG do KGPS. Wytworzony system monitorowania stanu technicznego, generując w sposób automatyczny raporty bez konieczności angażowania pracowników do ręcznej analizy danych, pozwoli na sprawniejsze zarządzanie operacyjne i logistyczne. Stworzony system informatyczny wraz z systemem diagnostyki technicznej środków wyposażenia straży pożarnej zwiększy niezawodność sprzętu ratowniczego, co z kolei przełoży się na wyższą gotowość straży pożarnej do podejmowania działań ratowniczo-gaśniczych (R-G). Wybrane dane lub całe raporty generowane przez system mogą trafić bezpośrednio do systemu służącego budowie planów zarządzania kryzysowego. Systemy te mogą być ze sobą sprzężone w zakresie określonym na podstawie wymagań opisanych w metodologii budowy planów zarządzania kryzysowego. Ponadto z systemu będzie można zaczerpnąć dane do budowanych w przyszłości systemów dowodzenia działaniami ratowniczymi.*

## Jakość i wydajność transmisji danych w sieci Wi-Fi mesh WDS systemu monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej

Wojciech Makowski, Rafał Motylewski, Paweł Stosik, Marek Jeliński, Łukasz Apiecionek

**Cel:** *Celem niniejszej publikacji jest głównie znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy zwiększenie liczby węzłów w sieci mesh WDS znacząco wpływa na jakość i wydajność transmisji i jakie są negatywne skutki tych działań.*

**Wprowadzenie:** *Systemy monitoringu wymagają łączności. W przypadku gdy obszar monitorowania jest zbyt duży, aby objęło go jedno urządzenie, wykorzystuje się sieci kratowe – mesh. Na utworzenie tego typu łączności pozwala protokół WDS, zastosowany w rozwiązaniu projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”. WDS pozwala na połączenie ze sobą węzłów, które tworzą jedną sieć, umożliwiając użytkownikom mobilnym dostęp do zasobów niezależnie od węzła, do którego są bezpośrednio podłączeni. Ponieważ budowany w ramach projektu system monitoringu na bieżąco przesyła dane, niezbędne było sprawdzenie, czy zwiększenie liczby węzłów do krytycznej wartości znacząco wpłynie na jakość i wydajność transmisji danych. Pod pojęciami jakość i wydajność rozumie się prędkość, z jaką dane były wysyłane oraz czy zachowano ich integralność.*

**Metodologia:** *W publikacji wykorzystano metodę obserwacyjną, aby rozważyć zagadnienie jakości i wydajności transmisji danych w sieciach mesh wykorzystujących wiele węzłów.*

**Wnioski:** *Wykonana analiza wykazała, że zwiększenie liczby węzłów w sieci mesh WDS może wpływać na jakość i wydajność przesyłanych w jej obrębie danych. Dodanie do łańcucha sieci każdego nowego routera skutkuje zmniejszeniem prędkości transmisji w sieci o połowę. Jednakże zastosowanie technologii bezprzewodowej w standardzie n pozwala na bezproblemową transmisję nawet do krytycznej liczby węzłów. Przesyłane podczas badań dane docierały bez błędów, a prędkość wystarczała nawet na strumieniowanie obrazu w jakości HD.*

## Analiza działania komponentów zintegrowanego systemu monitorowania sprzętu pożarniczego

Bartosz Kukawka, Mikołaj Sobczak, Michał Tomczyk, Marek Wąsik

*W publikacji przedstawiono system monitorowania sprzętu przeciwpożarowego, opracowany w ramach projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”. System pozwala na pomiary parametrów pracy urządzeń, na których został zainstalowany, rejestruje je oraz analizuje w celu wykrycia nieprawidłowości w działaniu. Umożliwia również porównywanie danych historycznych i tworzenie raportów.*

*System jest przeznaczony przede wszystkim dla urządzeń pożarniczych, które wymagają niezawodności działania, a których niepoprawne funkcjonowanie można wykryć odpowiednimi czujnikami. System zainstalowano i przetestowano na różnego rodzaju pompach oraz agregacie hydraulicznym. W publikacji opisano działanie systemu, korzyści wynikające z jego użytkowania oraz wnioski z przeprowadzonych testów i spostrzeżenia podczas eksploatacji.*

## Wspomaganie dowodzenia podczas działań ratowniczo-gaśniczych przez monitorowanie systemu eksploatacji

Włodzimierz Kupicz, Paweł Ogrodnik

*Celem publikacji jest zaprezentowanie wyników badań demonstratora systemu monitorowania stanu technicznego wybranego sprzętu pożarniczego. Uzyskane wyniki badań będą podstawą do opracowania rekomendacji stosowania systemu monitorowania sprzętu znajdującego się na wyposażeniu jednostek ochrony przeciwpożarowej. Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu rozwojowego w obszarze obronności.*

*Umowa nr DOBR-BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”.*

**Projekt i metoda:** *W ramach zadań realizowanych przez Szkołę Główną Służby Pożarniczej poszczególne urządzenia zostały zamontowane na samochodzie ratowniczo-gaśniczym oraz przenośnym sprzęcie ratowniczym. Do montażu systemu wykorzystano pojazd GBA 2,5/16 Renault Midlum 220 dCi zbudowany przez ISS Wawrzaszek o numerze operacyjnym 250W22. Przed zamontowaniem elementów systemu niezbędne było przeprowadzenie prac spawalniczych modyfikujących kolektor autopompy znajdującej się na pojeździe, tak aby możliwy był montaż czujników pomiarowych. W wyniku prac projektowych dokonano także procesu montażu systemu na następujących urządzeniach: pompie pływającej Niagara 1 KZWM Ogniochron, motopompie szlamowej Honda SST50, motopompie Tohatsu VC72AS, a także agregacie hydraulicznym REA 3,3/1,1-6 Weber Rescue. W celu kompleksowej oceny opracowano metodykę badań. Obejmuje ona zarówno sprawdzenia laboratoryjne z wykorzystaniem posiadanej w Szkole Główniej Służby Pożarniczej aparatury pomiarowej, jak i sprawdzenia funkcjonalne w symulowanych stanach obciążenia zbliżonych do warunków operacyjnych oraz na zakończenie demonstrację systemu w warunkach ćwiczeń podczas akcji ratowniczo-gaśniczych. Informacje zarejestrowane w systemie posłużyły do porównania z prowadzoną w sposób klasyczny ewidencją zdarzeń w systemie SWD-ST.*

**Wyniki:** *W pierwszej części publikacji przedstawiono opracowaną metodykę badań systemu monitorowania oraz proces montażu urządzeń systemu w samochodzie ratowniczo-gaśniczym. Zaprezentowano poszczególne elementy systemu i ich rozmieszczenie w pojeździe. Opracowana metodyka obejmuje, oprócz badań stanowiskowych potwierdzających poprawność działania systemu i pomiarów wykonywanych przez jego poszczególne systemy, również funkcjonalność operacyjną. System badany był pod kątem wygody użytkowania, odporności na warunki pracy odpowiadające akcjom ratowniczo-gaśniczym oraz specyfice tych działań.*

**Wnioski:** *Przedstawiony system monitorowania stanu technicznego potwierdził swoją przydatność jako system wspomaganie eksploatacji sprzętu ratowniczo-gaśniczego. Opracowana metodyka badań pozwoliła na określenie jego zastosowania na etapie planowania eksploatacji, dowodzenia podczas akcji ratowniczo-gaśniczych, oraz wycofywania i naprawy sprzętu ratowniczego.*

## CZĘŚĆ II

### Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych. Koncepcja kryteriów wyboru decyzji logistycznych w wielopodmiotowych akcjach ratowniczych

Robert Piec, Adrian Bralewski, Rafał Wróbel

**Cel:** *Ustalenie kryteriów wyboru optymalnej decyzji z zakresu działań logistycznych w czasie trwania wielopodmiotowych akcji ratowniczych z wykorzystaniem metody minimax.*

**Wprowadzenie:** *Wielopodmiotowe akcje ratownicze to przedsięwzięcie wymagające ogromnych nakładów, których nie jesteśmy w stanie przewidzieć. W chwili, gdy dużą wartość przyjmują koszty akcji i odbudowy, równie dużą wartość przyjmuje wybór optymalnej decyzji. Decyzje w takim ujęciu są formą gier z naturą, gdzie jedna ze stron (w tym przypadku zdarzenie/katastrofa) nie jest zainteresowana wynikiem. Druga zaś strona (decydent) stara się podjąć decyzję, którą będzie potrafił w logiczny sposób wyjaśnić mimo możliwego niepowodzenia. Artykuł prezentuje analizę kosztów związanych z działaniami logistycznymi, jakie mogą wystąpić w przypadku powodzi. Jako obszar wystąpienia zagrożenia przyjęto miejscowość Kazuń w gminie Nowy Dwór Mazowiecki. Jednocześnie dokonano analizy podmiotów, które potencjalnie mogą być wsparciem w czasie akcji ratunkowych.*

**Metodologia:** *W publikacji posłużono się kryterium Savage'a, zwanym również metodą minimax uzupełnioną o scenariusz przygotowany na potrzeby testów aplikacji wspierającej wielopodmiotowe akcje ratownicze. Szacowanie kosztów akcji oparte zostało na wiedzy eksperckiej wspartej przygotowanym scenariuszem zagrożeń. Zadaniem ekspertów było oszacowanie kosztów działań w ramach braku, małej, średniej i dużej interwencji, w odniesieniu do czterech wielkości powodzi na rozpatrywanym terenie. Po uzupełnieniu maczyry kosztów, używając nie skomplikowanych działań matematycznych, wybiera się decyzję, za którą ma iść najmniejsza strata.*

**Wnioski:** *W trakcie rozważań dokonano analizy przydatności kryterium Savage'a do szacowania kosztów wielopodmiotowych akcji ratowniczych. Kryterium Savage'a jest narzędziem wspomagającym podjęcie decyzji, w związku z którą decydent planuje skalę działań związanych z czterema stanami natury. Szczególną rolę w szacowaniu kosztów odgrywają kryteria mówiące, jaki zakres działań obejmuje „nierobienie niczego”, „mała interwencja”, „średnia interwencja”, „duża interwencja” w kontekście przytaczanego scenariusza zagrożenia.*

### Zabezpieczenie logistyczne służb ratowniczych w akcjach przeciwpowodziowych

Dorota Riegert, Zuzanna Ślosorz

**Cel:** *Celem publikacji jest przybliżenie problematyki prowadzenia wielopodmiotowych akcji ratowniczych ze szczególnym uwzględnieniem zabezpieczenia logistycznego – sprzętowego akcji prowadzonych podczas wystąpienia powodzi. Autorki publikacji wykonały analizę zabezpieczenia logistycznego służb ratowniczych biorących udział w akcjach powodziowych, która wystąpiła na terenie Polski w 2010 roku, na przykładzie działań Państwowej Straży Pożarnej (PSP).*

**Projekt i metody:** Prace opisane w niniejszym artykule realizowane są na podstawie analizy literatury tematu wykonanej w ramach projektu „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

**Wyniki:** W publikacji przedstawiono analizę akcji powodziowej z 2010 roku. Opisano podmioty biorące udział w działaniach ratowniczych oraz wykorzystywany w realizacji działań sprzęt. Dodatkowo pokazano prace mające na celu rozszerzenie zakresu zaplecza sprzętowego Państwowej Straży Pożarnej.

**Wnioski:** Na podstawie przeprowadzonej analizy tematu stwierdzono konieczność stworzenia systemu zabezpieczenia logistycznego, który byłby systemem kompleksowym zawierającym dane niezbędne do prowadzenia wielopodmiotowych akcji ratowniczych. System ten powinien zawierać dane o możliwościach do wykorzystania w działaniach siłach i środkach.

## Narzędzie teleinformatyczne wspomagające zarządzanie działaniami logistycznymi podczas prowadzenia długotrwałych i wielopodmiotowych akcji ratowniczych

Andrzej Grabowski

Wyzwania w zakresie sprawnego zabezpieczenia logistycznego długotrwałych, wielopodmiotowych akcji ratowniczych związane są m.in. z dostępem do aktualnych i rzetelnych informacji na temat posiadanych zasobów, sił i środków oraz statusu dostępu do tych zasobów. Nie bez znaczenie jest też potrzeba scentralizowania przechowywania informacji o potrzebach logistycznych poszczególnych podmiotów biorących udział w akcji ratowniczej. Bez znajomości informacji o aktualnym rozmieszczeniu posiadanych zasobów, rozmieszczeniu pojazdów biorących udział w akcji ratowniczej oraz potrzebach logistycznych podmiotów trudno jest podejmować trafne decyzje dotyczące efektywnego wykorzystania wolnych zasobów. Posiadanie tych wszystkich informacji w jednym miejscu jest niezbędne do sprawnego zarządzania przebiegiem akcji ratowniczej.

## Część III

### Innowacyjne systemy gaśnicze w działaniach ratowniczo-gaśniczych. Systemy gaśnicze bazujące na silnikach odrzutowych i ich wykorzystanie w rzeczywistych działaniach.

Tomasz Węsierski, Bernard Król

Duże zdarzenia katastroficzne wymagają zastosowania wydajnych technologii gaśniczych i neutralizacyjnych umożliwiających działanie w głębokim dystansie. Dotyczy to szczególnie wypadków przemysłowych. Jedną z wysoko wydajnych technologii, stosowaną w takich przypadkach, są pojazdy posiadające nasobną turbinę samolotową, w której w strumieniu



gazów wylotowych mogą być podawane środki gaśnicze, neutralizacyjne oraz dekontaminacyjne. Duża energia kinetyczna gazów pozwala na osiągnięcie ekstremalnie dużego zasięgu rzutu prądu gaśniczego. Pozwala to wykorzystać technologie w działaniach gaśniczych, do przestrzennej likwidacji chmur substancji niebezpiecznych, w działaniach neutralizacyjnych i dekontaminacyjnych, a także podczas działań chłodniczych oraz działań w głębokiej defensywie. Największe doświadczenie w budowie tego typu pojazdów posiada Republika Federalna Niemiec. Na jej terenie także zdarzyły się dobrze opisane wypadki przemysłowe, podczas których przetestowano technologię w warunkach rzeczywistych, co pozwoliło na wyciągnięcie wniosków dotyczących wad oraz zalet stosowanej technologii.

Niniejsza publikacja opisuje wnioski wyciągnięte ze zdarzeń, jakie miały miejsce podczas pożaru magazynu w Ludwigshafen w 2013 roku oraz podczas pożaru gazociągu z etylenem i zbiornika z akrylonitrylem w Kolonii w 2008 roku.

## Abstracts – english version

### Analysis of components of the integrated monitoring system for firefighting equipment

Roguski J.

*The paper presents a system for equipment fire monitoring developed in a project: Development of methodology for constant supervision operation of selected areas of firefighters accessory in terms of reliability and efficiency. The paper presents a system for fire equipment monitoring developed in a project: Development of methodology for constant supervision operation of selected areas of firefighters' accessory in terms of reliability and efficiency. In definitional perspective the management process of fire department in technical aspect is a technical-economic phenomenon which occurs in the process of utilization that is managed and controlled by user /logistics. It's decisions can be reached by intuition, depending on incidental knowledge or professionally, in accordance with the science of utilization or requirements of logistics. As a result of implementation of the project a technology demonstrator was created – an ICT system collecting technical specifications of selected fire-fighting equipment and processing these data to enable its usage to support logistics activities. The adopted structure of data acquisition from the constructed system allows for independent and automated data acquisition at different management levels starting from rescue and fire-fighting units (Polish: JRG, jednostka ratowniczo-gaśnicza) up to Headquarters of the State Fire Service (Polish: KGPSP, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej). The system for monitoring of technical condition of assets, by generating reports automatically without need to involve employees for data analysis, will allow more efficient operational and logistical management. This computer-aided system, together with the system for technical diagnostics of fire service assets, will increase reliability of rescue equipment resulting in increased readiness of fire departments to perform rescue and fire-fighting actions. Selected data or complete reports generated by the system are readily available for the crisis management planning system. These systems can be coupled together based on the scope of methodology for creation of crisis management plans. Furthermore, one will be able to collect data for future systems for rescue mission command.*

### Quality and performance of data transmission in WDS mesh Wi-Fi network

Makowski W., Motylewski R., Stosik P., Jeliński M., Apiecionek L.

**Objective:** *The main aim of this article is investigating whether increasing the number of nodes in a mesh WDS network significantly influences the quality and performance of the transmission, which may result in delays in data transmission through this kind of network.*

**Introduction:** *Every monitoring system requires communication. If the monitored area is too big for one device, mesh networks are used. Creating this type of connectivity is done by using the WDS protocol, implemented in the solution of the project named “The development of the methodology for fulltime supervision of the usage of selected areas of firefighting equip-*

ment in the range of reliability and efficiency". The WDS protocol allows to link the nodes, which then form one network, allowing mobile users to access to its resources, regardless of the node they are directly connected to. Because the monitoring system developed in this project is transmitting the data continuously, it is necessary to investigate if increasing the number of nodes to a critical value will significantly influence the quality and performance of the data transmission. By quality and performance the authors mean the speed of the data transmission and if the integrity of the data is preserved.

**Methodology:** In this paper an observational method was used to consider the issues of transmission quality and performance in the multi-node mesh networks.

**Conclusions:** The analysis demonstrated that increasing the number of nodes in a WDS mesh network may influence the quality and performance of the data transmission in this type of network. Adding another router to the network chain results in reducing the speed of data transmission by half. However using a wireless technology in the n standard allows to transmit the data without any problems even when the number of nodes reaches a critical level. The data were transferred without any errors and the speed was sufficient to stream HD video.

## Analysis of the activities components of an integrated monitoring system for firefighting equipment

Kukawka B., Sobczak M., Tomczyk M., Wąsik M.

This paper presents a system for equipment fire monitoring developed in a project: "Development of methodology for constant supervision operation of selected areas of firefighters accessory in terms of reliability and efficiency". It measures the parameters of the devices on which it is installed, registers these parameters and analyzes in order to detect any anomalies. It also allows to analyze historical data and create reports.

The system is mainly dedicated for the fire equipment, which require high reliability and which malfunctions could be detected with appropriate sensors. The system was installed and tested on various types of pumps and hydraulic cutters. The paper presents the system and benefits of its usage and summarizes conclusions after tests.

## Command support during rescue-fire fighting activities through monitoring of operation system

Kupicz W., Ogrodnik P.

**Objectives:** The article aims at presenting research results of a system demonstrator which monitors the technical state of selected fire fighting equipment. Obtained outcomes provide the basis for the development of documentation referring to the application of monitoring system of equipment being at the disposal of fire protection units. Tests were performed within the frames of development project in the field of defense. Contract no. DOBR-BIO4/051/13087/2013 'Methodology development of continuous surveillance over the operation of selected areas of equipment for fire fighters in the range of reliability and efficiency of operation'.

**Methods:** Within the frames of tasks implemented by the Main School of Fire Service, particular devices were mounted on a fire-fighting and rescue truck, and on portable rescue

equipment. In order to mount the system, the vehicle GBA 2,5/16 Renault Midlum 220 dCi was used, built-up by ISS Wawraszek, of operation number: 250W22. Before installing the elements, it was essential to perform welding works which modify the collector of fire truck pump located on the vehicle, to enable the installation of measuring sensors. As a result of design works, the installation process of system was performed on the following devices: a floating pump Niagara1 KZWM Ogniocron, sludge motor-pump Honda SST50, motor-pump Tohatsu VC72AS as well as a hydraulic unit REA 3,3/1,1-6 Weber Rescue. The research methodology was developed for complex assessment. It covers both laboratory verification with the use of measuring equipment stored in the Main School of Fire Service and functional verification by simulated states of loading, close to the operation condition, as well as finally the demonstration of system in the conditions of fire-fighting and rescue training. Information recorded by the system was used for the comparison of events recorded by the SWD-ST system in a classic way.

**Results:** The first part of article presents the developed methodology of research on the monitoring system and the installing process of system devices in a rescue-fire fighting truck. Particular elements and their distribution in a vehicle were also demonstrated. The developed methodology covers, apart from, stand tests confirming the correctness of system operation and measurements performed by its specific systems, also operation functionality. The system was tested for the comfort of use, resistance to work conditions corresponding to rescue-fire fighting actions and specificity of these activities.

**Conclusions:** D Presented monitoring system of technical state confirmed its usability as a support system for rescue-fire fighting equipment. The developed methodology of research enabled determining its application both in the stage of operation planning, commanding during rescue-fire fighting actions, and withdrawal and repair of rescue equipment.

## The concept of selection criteria for logistics decisions in multi-rescue actions

Piec R., Bralewski A., Wróbel R.

**Objective:** Establishing criteria for choosing the most optimal decisions in the field of logistics activities during the multi-stakeholder rescue action using MINIMAX methodology.

**Introduction:** The multi-stakeholder rescue actions are this endeavors that requiring huge investments, often which we can not predict. At the moment, when high value assume costs of actions and reconstruction, also it is important to choose the most optimal decision. Decisions in this sense is a form of game with nature, where one party (in this case the incident / disaster) is not interested in the result of action. The second side (decision maker) is trying to choose a decision that will be able to logically explain, despite the possible failure. The article presents an analysis of the costs of logistic activities that may occur in case of flooding. As a zone of danger adopted Kazuń village in the municipality of Nowy Dwor Mazowiecki. At the same time was analyzed the the entities that can potentially be supported during the rescue action.

**Methodology:** The article was used Savage criterion, also called the MINIMAX methodology supplemented by a scenario prepared for the test application supporting multi-stakeholder rescue action. Estimating the cost of actions was based on the expertise supported by a prepared threats scenario. Experts task was to estimate the costs of activities in

the context of the lack, small, medium and large interventions in relation to the four size of floods in the relevant area. After completing the matrix of costs, using no complicated mathematical operations, is chosen decision for that has to go smallest losses.

**Conclusions:** In considering analyzes the suitability of Savage criterion for estimating the cost of multi-stakeholder rescue action. Savage criterion is a tool to help make a decision, in connection with which the decision-maker plans to scale activities related to the four states of nature. A special role in estimating the cost play criteria, that speaking, what the scope of activities includes “doing nothing”, “small intervention”, “average intervention”, “big intervention” in the context of the threats scenario.

## Logistics security emergency services during the actions the flood

Riegert D., Ślosorz Z.

**Purpose:** The aim of this article is to introduce the issue of multi-stakeholder conducting rescue operations with special emphasis on logistical support - hardware actions conducted during flooding. The authors of the article have done an analysis of logistical emergency services involved in the actions of flood, which occurred on Polish territory in 2010. On the example of the activities of the State Fire Service.

**Project and methods:** The work described in this article are implemented based on the analysis of literature topic made in the framework of the project “System of complex logistical multi-stakeholder rescue” funded by the National Centre for Research and Development.

**Results:** The article presents an analysis of the stock of the flood of 2010. The article describes the entities participating in rescue and used in the implementation of activities equipment. Additionally, it is showing the works aimed at extending the scope of the hardware facilities of the State Fire Service.

**Conclusions:** The analysis shows the subject was found necessary to create a security system logistics, which would be a complex system containing data needed to conduct multi-stakeholder rescue. This system should include data that can be used in operations forces and means.

## ICT tool to support management of logistics for a long-term and multi-stakeholder rescue operations

Grabowski A.

Challenges in the field of efficient logistical support long-term, multi-stakeholder rescue operations are related to, among others, with access to current and reliable information on available resources, manpower and resources and the status of access to these resources. It not without significance is also a need to centralize the storage of information about the needs of logistics individual entities participating in the rescue operation. Without knowing the details about the current distribution of owned resources, distribution of vehicles involved in rescue and logistics needs of entities it is difficult to make accurate decisions regarding the efficient use of available resources. Having all this information in one place is essential to the efficient management of a rescue operation.

## Fire-fighting systems based on jet engines and their use in real operations

Węsierski T., Król B

*Large catastrophic disasters require the use of efficient extinguishing and neutralization technologies enabling operation in the deep distance especially in case of industrial events. One of the high-performance technology used in these cases are vehicles contain airplanes turbine in which stream of exhaust gases can be distributed extinguishing, neutralization and decontamination agents. Extremely high kinetic energy of gases allow to receive large range of dropping of extinguishing stream. This allows the use of technologies in the extinguishing activities, to the spatial liquidation of clouds of hazardous substances, in the neutralization and decontamination as well as the activities of refrigeration and activities in a deep defensive. The greatest experience in the construction of this type of vehicle has the Federal Republic of Germany. On its territory also occurred well described industrial accidents during which the technology was tested in real conditions what gave us the possibility to draw conclusions concerning the advantages and disadvantages of the used vehicles. This article describes the conclusions from the events that took place during the warehouse fire in Ludwigshafen in 2013 and a ethylene fire gas pipeline and acrylonitrile tank in Köln in 2008.*



## NOTKI BIOGRAFICZNE

**Łukasz Apiecionek, dr nauk technicznych** – stopień naukowy uzyskał w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk. Jest adiunktem na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy w Zakładzie Informatyki Instytutu Techniki. Uczestniczył w realizacji wielu projektów B+R, które zostały w szerokim zakresie wdrożone u użytkowników.

**Adrian Bralewski, mł. kpt. mgr inż.** – jest absolwentem Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, a od 2014 roku asystentem w Zakładzie Ochrony Infrastruktury Katedry Bezpieczeństwa Wewnętrznego na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Jest doktorantem Wydziału Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Sztuki Wojennej.

**Andrzej Grabowski, dr hab. inż. profesor CIOP-PIB** – jest kierownikiem Pracowni Technik Rzeczywistości Wirtualnej w Zakładzie Technik Bezpieczeństwa Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego. Jest absolwentem Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej. W swojej pracy prowadzi badania dotyczące wykorzystania rzeczywistości wirtualnej w różnych dziedzinach m.in.: szkoleniach, funkcjonowaniu poznawczym, teleobecności i teleoperacji oraz wspomaganiu rehabilitacji. Równolegle prowadzone są prace nad rozwojem technik VR, w laboratorium opracowywane są np. symulatory pojazdów, bezprzewodowe gogle VR typu HMD, bezprzewodowe rękawice VR z siłowym sprzężeniem zwrotnym i wizyjne systemy pomiarowe typu *motion capture*.

**Marek Jeliński, mgr inż.** – jest absolwentem Akademii Techniczno-Rolniczej (obecnie Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy). Pracuje od 13 lat w firmie TELDAT. Uczestniczył w badaniach i testach oraz wdrażaniu kilkunastu projektów B+R, w tym finansowanych przez NCBR. Jest specjalistą w zakresie utrzymania systemów IT.

**Bernard Król, mł. bryg. dr inż.** – pracuje w Szkole Głównej Służby Pożarniczej.

**Bartosz Kukawka, mgr inż.** – jest absolwentem kierunku informatyka na Politechnice Poznańskiej, specjalność inteligentne systemy wspomagania decyzji. Obecnie jest pracownikiem firmy MLabs sp. z o.o. oraz studentów studiów doktoranckich na Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej.

**Włodzimierz Kupicz, dr inż.** – jest absolwentem Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej (kierunek: eksploatacja i utrzymanie pojazdów samochodowych). W 2000 roku rozpoczął pracę w Wojskowym Instytucie Techniki Pancernej i Samochodowej, w 2009 r. obronił rozprawę doktorską pt. *Metoda diagnozowania silnika o ZS w warunkach trakcyjnych*. Od 2009 pracuje jako adiunkt w Zakładzie Sprzętu Ratowniczo-Gaśniczego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Jest autorem publikacji z zakresu pojazdów specjalnych, metod badań pojazdów i sprzętu.

**Wojciech Makowski, inż. inżynierii bezpieczeństwa oraz edukacji informatycznej** – jest absolwentem Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego. Pracuje od ponad roku w firmie TELDAT.



Uczestniczył w badaniach i testach oraz wdrażaniu projektów B+R, w tym finansowanych przez NCBR. Specjalista w zakresie bezpieczeństwa systemów IT.

**Rafał Motylewski, mgr inż. telekomunikacji** – jest absolwentem Akademii Techniczno-Rolniczej (obecnie Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy). Pracuje od 13 lat w firmie TELDAT. Uczestniczył w badaniach i testach oraz wdrażaniu kilkunastu projektów B+R, w tym finansowanych przez NCBR. Jest specjalistą w zakresie bezpieczeństwa systemów IT.

**Paweł Ogrodnik, st. kpt. dr inż.** – jest absolwentem Wydziału Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej (kierunek: budownictwo). W 2001 roku rozpoczął pracę w Zakładzie Mechaniki Stosowanej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. W 2006 roku obronił rozprawę doktorską pt. *Wpływ temperatur występujących w czasie pożaru na przyczepność pomiędzy stalą a betonem*. Jest autorem kilkudziesięciu publikacji naukowych w zakresie bezpieczeństwa i wytrzymałości materiałów.

**bryg. mgr inż. Robert Piec, bryg. mgr inż.** – jest starszym wykładowcą w Zakładzie Bezpieczeństwa i Higieny Pracy Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Jest absolwentem inżynierskich i magisterskich studiów na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Ukończył również studia podyplomowe „Zarządzanie w stanach zagrożień” na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, studia podyplomowe „Bazy danych” w Wyższej Szkole Informatyki Stosowanej i Zarządzania oraz studia podyplomowe z seminariami doktoranckimi „Analiza ryzyka” w Akademii Finansów. Jest autorem lub współautorem wielu artykułów, monografii oraz referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

**Dorota Riegert, dr inż.** – w roku 2012 ukończyła studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, uzyskując stopień doktora nauk technicznych. Jest autorem lub współautorem artykułów publikowanych w czasopiśmie naukowych i materiałach.

**Jacek Roguski, dr inż.** – jest adiunktem w Biurze Projektów i Obsługi Badań CNBOP-PIB. Zajmuje się naukowo aspektami związanymi z zagadnieniami ochrony osobistych oraz problemami eksploatacji urządzeń technicznych. Jest autorem i współautorem wielu artykułów i monografii oraz wystąpień na konferencjach krajowych i zagranicznych.

**Mikołaj Sobczak, dr inż.** – jest adiunktem na Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej, kierownikiem ponad 10 projektów B+R. Specjalizuje się w systemach bezałogowych, sieciocentrycznych, monitorujących oraz w rozwiązaniach C4I. współzałożycielem spółki MLabs sp. z o.o.

**Paweł Stosik, mgr inż.** – jest absolwentem Akademii Techniczno-Rolniczej (obecnie Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy). Pracuje od 13 lat w firmie TELDAT. Uczestniczył w badaniach i testach oraz wdrażaniu kilkunastu projektów B+R, w tym finansowanych przez NCBR. Jest specjalistą w zakresie wdrażania rozwiązań, dotyczących bezpieczeństwa systemów IT.

**Zuzanna Ślosorz, mgr inż.** – w roku 2011 ukończyła studia na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, specjalność – oddziaływanie substancji gaśniczych na materiały oraz inne zjawiska elektrochemiczne. Jest autorem lub współautorem wielu artykułów, monografii i referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

**Michał Tomczyk, mgr inż.** – jest absolwentem Politechniki Poznańskiej, w 2015 roku ukończył studia na specjalności inteligentne systemy wspomagania decyzji kierunku informatyka. Obecnie pracuje w firmie MLabs sp. z o.o.

**Marek Wąsik, mgr inż.** – w 2012 roku obronił pracę magisterską na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej, aktualnie realizuje doktorat z robotyki na tym samym wydziale i pracuje w firmie MLabs sp. z o.o. Konstruuje roboty mobilne oraz realizuje inne projekty badawczo-rozwojowe, zajmując się głównie ich stroną elektroniczną.

**Tomasz Węsierski, kpt. dr.** – pracuje w Szkole Głównej Służby Pożarnej.

**Rafał Wróbel, st. sekc. dr inż.** – jest asystentem w Zakładzie Analiz Bezpieczeństwa Cywilnego Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarnej.



Zarządzanie odgrywa coraz większą rolę we współczesnych formach kierowania. W odniesieniu do służb ratowniczych widać, iż pojawiające się różne zagrożenia wymuszają potrzebę systemowego przygotowania i wdrażania nowych, skutecznych form organizacji działań oraz likwidacji skutków zagrożeń. Możemy doskonalić nasze systemy decyzyjne, tak aby spełniały swoją rolę w sytuacjach zagrożenia bezpieczeństwa publicznego w każdej postaci. W odniesieniu do prowadzonych akcji ratowniczych może to być zmiana sposobu pojmowania zarządzania logistycznego jako zbioru uporządkowanych działań po wystąpieniu danego zdarzenia oraz przygotowania się na wypadek nadejścia sytuacji kryzysowej. Od sprawnego zarządzania logistycznego oraz nadzoru eksploatacji zależeć będzie możliwość współpracy podmiotów ratowniczych uczestniczących w działaniach ratowniczych. Z tego też względu tak ważne jest pozyskiwanie niezbędnych informacji w czasie rzeczywistym, dla racjonalnego i technicznie uzasadnionego zarządzania eksploatacją, działaniami logistycznymi oraz pozyskiwania niezbędnych informacji pod kątem ich wykorzystanych w tworzonych systemach informatycznych wspomagających organizację działań.

ISBN 978-83-61520-75-7

DOI: 10.17381/2016.7

Wydawnictwo CNBOP-PIB

[www.cnbop.pl](http://www.cnbop.pl)

