

mł. kpt. mgr Małgorzata Ciuka-Witrylak^{a)}, st. kpt. mgr inż. Karina Jarosławska-Kolman^{a)},
nadbryg. w st. spocz. dr Ryszard Grosset, prof. SGSP^{a)}*

^{a)}Szkoła Główna Służby Pożarniczej / the Main School of Fire Service

*Autor korespondencyjny/Corresponding author: ryszard.grosset@gmail.com

Nowoczesne rozwiązania w zakresie segregacji medycznej na przykładzie systemu EvaCopNet

Modern Solutions in the Field of Triage Illustrated by the Example of the EvaCopNet System

Современные решения в области медицинской сегрегации на примере системы EvaCopNet

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie koncepcji systemu EvaCopNet oraz wyników badań dotyczących zastosowanych rozwiązań automatycznego pomiaru podstawowych parametrów życiowych, transmisji otrzymanych pomiarów do jednostki obliczeniowej analizującej je pod kątem poziomu zagrożenia życia i wspomagania procesu ustalania kolejności ewakuacji medycznej.

Wprowadzenie: W przypadku zdarzeń masowych, w których liczba poszkodowanych przekracza możliwości ratownicze jednostek udzielających kwalifikowanej pierwszej pomocy, włączenie w proces ewakuacji i ratowania poszkodowanych urządzenia monitorującego (znakującego) funkcje życiowe i przesyłającego informacje w trybie on-line bezpośrednio lub za pośrednictwem bezzałogowego statku powietrznego (*unmanned aerial vehicle* – UAV) do stanowiska dowodzenia zwiększa poczucie bezpieczeństwa zarówno tych osób, jak i ratowników. W wielu krajach są tworzone i rozwijane systemy ewakuacji medycznej w trybie nagłego zagrożenia życia wszystkich osób poszkodowanych w zdarzeniu. Prezentowany system przeznaczony jest do wspierania procesu ewakuacji i ratowania poszkodowanych. Obejmuje on następujące obszary rozwiązań technicznych: mikromoduł oznakowania poszkodowanego FT (FlagTag), moduł radiowy i organizacji sieci Mesh z wykorzystaniem UAV, moduł lokalizacji poszkodowanych QFind oraz programowy moduł integratora danych. Autorzy opisali funkcje i kierunek rozwoju mikromodułu oznakowania poszkodowanego FT.

Wnioski: Analiza zdarzeń, w których można wykorzystać system EvaCopNet, oraz przeprowadzone badania poligonowe potwierdziły poprawność przyjętych rozwiązań z zakładaną funkcjonalnością systemu, a także uwiaryściły jego duży potencjał aplikacyjny. Opracowane rozwiązania i składowe systemu EvaCopNet zaprojektowane są tak, żeby można je było rozwijać wraz z postępem technicznym i technologicznym oraz zwiększającą się wiedzą o występujących lub mogących wystąpić zdarzeniach masowych.

Znaczenie dla praktyki: System EvaCopNet jest unikatowym rozwiązaniem technologicznym, na podstawie którego można opracować w pełni funkcjonalny system ewakuacji i ratowania z elementami monitorowania poszkodowanych podczas katastrof lub klęsk żywiołowych. Wykorzystanie systemu w realnych działaniach ratowniczych pozwoli na zmniejszenie liczby ratowników bezpośrednio zaangażowanych w obserwację poszkodowanych i w nadzór nad nimi, a kierującemu działaniem ratowniczym umożliwi skierowanie dodatkowych ratowników do bezpośrednich działań w strefie zagrożenia. System przeznaczony jest dla podmiotów Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego – Państwowej Straży Pożarnej oraz Ochotniczej Straży Pożarnej.

Słowa kluczowe: elektronika biomedyczna, saturacja krwi, ratownictwo, sieci Mesh, czujniki wielkości biologicznych, tętno

Typ artykułu: doniesienie wstępne

Przyjęty: 03.03.2018; Zrecenzowany: 26.06.2018; Zatwierdzony: 05.07.2018;

Autorzy wnieśli jednakowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu;

Identyfikatory ORCID autorów: R. Grosset – 0000-0003-2107-014X; K. Jarosławska-Kolman – 0000-0003-4197-8622;

M. Ciuka-Witrylak – 0000-0002-4735-9438;

Proszę cytować: BiTP Vol. 50 Issue 2, 2018, pp. 74–89, doi: 10.12845/bitp.50.2.2018.6;

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

ABSTRACT

Aim: The purpose of this article is to present the concept of the EvaCopNet system and the results of research on the applied solutions for the automatic measurement of basic vital signs, transmission of received measurements to the calculating unit which analyses the level of threat to life and supports the process of determining the order of medical evacuation.

Introduction: In the case of mass events, where the number of victims exceeds the emergency rescue potential of qualified assistance units, increasing the sense of security for both the injured and the rescuers is possible through a monitoring device (marking) vital signs of the victim and sending information on-line directly or via the UAV to the command post included in the evacuation and rescue process.

In many countries, systems of medical emergency evacuation of all people injured in an event are being created and developed. The presented system is designed to support the process of evacuation and rescue of the injured. It includes the following technical solutions: a micromodule marking FT

(FlagTag), a radio and organisation module for the Mesh network using unmanned aerial vehicles and a Q-Find victim location module, as well as a software integrator module. The authors described the functions and direction of development of the micromodule marking the injured – FT.

Conclusions: An analysis of events in which the EvaCopNet system can be used as well as the conducted field tests confirm the validity of the systems' functionality and of the adopted solutions, and also demonstrate its great application potential. The developed solutions and components of the EvaCopNet system are designed in such a way that it can be developed along with technical and technological progress as well as knowledge of mass events that may occur.

Implications for the practice: The EvaCopNet system is a unique technological solution, on the basis of which a fully functional evacuation and rescue system can be developed with elements of monitoring of injured people during disasters or natural disasters. The use of the system in real rescue operations will make it possible to decrease the number of the rescuers directly involved in observation of and supervision over the injured; on the other hand, the rescue operation supervisor will be able to direct additional forces to proximate actions in the danger zone. The system is dedicated to entities of the National Firefighting and Rescue System – State Fire Service and the Volunteer Fire Service.

Keywords: biomedical electronics, blood saturation, rescue, Mesh networks, biometric sensors, heart rate

Type of article: short scientific report

Received: 03.03.2018; Reviewed: 26.06.2018; Approved: 05.07.2018;

The authors contributed equally to this article;

Authors' ORCID IDs: R. Grosset 0000-0003-2107-014X; K. Jaroslawska-Kolman 0000-0003-4197-8622;

M. Ciuka-Witrylak 0000-0002-4735-9438;

Please cite as: BiTP Vol. 50 Issue 2, 2018, pp. 74–89, doi: 10.12845/bitp.50.2.2018.6;

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

АННОТАЦИЯ

Цель: Цель статьи – представление концепции системы EvaCopNet и результатов исследований прикладных решений для автоматического измерения основных жизненных параметров, передачи полученных измерений в пункт оценки данных, который анализирует их с точки зрения угрозы жизни и поддержки процесса определения последовательности медицинской эвакуации.

Введение: В случае массовых происшествий, в которых число жертв превышает спасательную способность подразделений, оказывающих квалифицированную помощь, включение в процесс эвакуации и спасения пострадавших устройства мониторинга (контроля) основных жизненных параметров и передачи информации в режиме онлайн непосредственно или с помощью беспилотного летательного аппарата (*unmanned aerial vehicle* – UAV) на командный пункт повышает чувство безопасности как этих людей, так и спасателей. Во многих странах создаются и развиваются медицинские системы экстренной эвакуации всех людей, пострадавших в результате инцидента. Представленная система предназначена для поддержки процесса эвакуации и спасения пострадавших. Она охватывает следующие области технических решений: микромодуль маркировки пострадавшего FT (FlagTag), радиомодуль и модуль организации сети Mesh с использованием UAV, модуль локализации пострадавшего Q-Find и программный модуль интегратора данных. Авторы описали функции и направление развития микромодуля маркировки пострадавшего FT.

Выводы: Анализ событий, в которых может использоваться система EvaCopNet, и проведенные полевые испытания подтвердили правильность принятых решений с предполагаемыми функциональными возможностями системы, а также продемонстрировали большой потенциал ее применения. Разработанные решения и компоненты системы EvaCopNet спроектированы таким образом, что их можно развивать вместе с техническим и технологическим прогрессом, а также возрастанием сведений о происходящих или потенциально происходящих массовых инцидентах.

Последствия для практики: Система EvaCopNet – это уникальное технологическое решение, на основе которого может быть полностью разработана функциональная система эвакуации и спасения с элементами мониторинга тех, кто пострадал во время катастроф или стихийных бедствий. Использование системы в реальных спасательных операциях позволит сократить количество спасателей, непосредственно участвующих в наблюдении за пострадавшими и опеке над ними, и поможет руководителю спасательной операции направить дополнительных спасателей для участия в прямых действиях в опасной зоне. Система предназначена для подразделений Национальной Спасательно-Горящей Системы – Государственной Пожарной Службы и Волонтерской Пожарной Службы.

Ключевые слова: биомедицинская электроника, сатурация крови, служба спасения, сети Mesh, датчики измерения биологических показателей, частота сердечных сокращений

Ключевые слова: социальные медиа, Государственная противопожарная служба, Facebook, кризисное управление, служба спасения

Вид статьи: предварительный отчет

Принята: 03.03.2018; Рецензирована: 26.06.2018; Одобрена: 05.07.2018;

Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;

Идентификаторы ORCID авторов: R. Grosset 0000-0003-2107-014X; K. Jaroslawska-Kolman 0000-0003-4197-8622;

M. Ciuka-Witrylak 0000-0002-4735-9438

Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 50 Issue 2, 2018, pp. 74–89, doi: 10.12845/bitp.50.2.2018.6;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Wprowadzenie

W Polsce od 1995 roku funkcjonuje Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy (KSRG). Głównym jego celem było stworzenie jednolitego systemu postępowania podczas działań o charakterze ratowniczym mającym na celu ratowanie życia, zdrowia, mienia

Introduction

The National Firefighting and Rescue System (KSRG) has been in operation in Poland since 1995. The main objective behind its establishment was to create a uniform procedural system for rescue activities aimed at saving lives, health,

oraz środowiska. Zadania te wypełniane są przez jednostki Państwowej Straży Pożarnej (PSP) oraz inne podmioty ratownicze, głównie przez jednostki Ochotniczej Straży Pożarnej (OSP). Wraz z upływem czasu zakres obowiązków wspomnianych podmiotów ewoluował i dzisiaj prócz gaszenia pożarów jednostki wykonują szereg zadań m.in. z zakresu ratownictwa: technicznego, drogowego, wodnego, wysokościowego, chemicznoekologicznego, poszukiwawczo-ratowniczego oraz medycznego w zakresie kwalifikowanej pierwszej pomocy (KPP) [1]. Ponieważ podmioty KRSG z założenia pojawiają się na miejscu zdarzenia jako pierwsze, więc duży nacisk kładzie się na ich szkolenie z zakresu udzielania kwalifikowanej pierwszej pomocy, problemów związanych z działaniami o charakterze mnogim, masowym oraz z zakresu klęsk żywiołowych.

Istotnym elementem każdego działania ratowniczego podejmowanego w warunkach zagrożenia życia i zdrowia jest kwalifikowana pierwsza pomoc, której celem jest ustalenie priorytetów ewakuacji, wyznaczenie kierunków działań ratowniczych i szybkie wyeliminowanie stanu zagrożenia życia. Poszczególne etapy pomocy poszkodowanym, zwane „łańcuchem przeżycia”, zostały opracowane w latach 60-tych XX wieku przez E.W. Ahnefelda [2]. Zgodnie z założeniami autora wszystkie działania ratownicze, od powiadomienia służb ratowniczych do rozpoczęcia leczenia na szpitalnym oddziale ratunkowym (SOR), powinny być podejmowane w ciągu tzw. złotej godziny. W przypadku zdarzeń pojedynczych czy mnogich nie następuje to większych problemów systemowych. Problemy zaczynają się podczas zdarzeń masowych, w których potrzebny jest duży potencjał ratowniczy. Zarówno pierwotne, jak i wtórne skutki katastrof mogą okazać się trudne do usunięcia. W takich sytuacjach naczelną zasadą jest pomoc jak największej liczbie osób poszkodowanych. Zakłada się, że pewna liczba ofiar katastrofy zginie natychmiast po zaistnieniu zdarzenia, a pewna umrze jeszcze przed nadejściem pomocy. Na miejscu pozostaną jednak poszkodowani, których życie będzie zagrożone w różnym stopniu.

Będą osoby, których zgon można nastąpić w ciągu kilku minut (np. przy niedrożności dróg oddechowych), osoby z krwotokiem wewnętrznym wymagającym podjęcia interwencji w ciągu godziny, osoby z lekkimi obrażeniami oraz osoby ogarnięte strachem lub paniką. W takich przypadkach niezbędna jest umiejętność szybkiej selekcji ludzi, którzy mają szansę na przeżycie. W ten sposób kwestia poprawy skuteczności działania służb ratowniczych bazujących na możliwości monitorowania poszkodowanych oraz działania zespołów ratowniczych przebywających w strefie zagrożenia stała się głównym celem projektu *System ewakuacji i ratowania poszkodowanych podczas klęsk żywiołowych – EvaCopNet* [3]. W toku prac stworzono koncepcję rozwiązań automatycznego pomiaru podstawowych parametrów życiowych osób poszkodowanych, transmisji otrzymanych pomiarów do jednostki obliczeniowej analizującej je pod kątem poziomu zagrożenia życia oraz wspomaganie procesu ustalania kolejności ewakuacji medycznej prowadzonej przez Państwową Straż Pożarną i Ochotniczą Straż Pożarną.

Przegląd systemów segregacji medycznej (triage) stosowanych na świecie

Najczęściej stosowanymi systemami segregacji medycznej są te opracowane w latach 90. XX wieku i te opracowane

property and the environment. These tasks are implemented by State Fire Service (PSP) units and other rescue entities, mainly by Voluntary Fire Service (OSP) units. With the passage of time, the scope of duties of these entities has evolved and today, apart from firefighting, the units perform a number of tasks, including in the field of technical, road, water, high altitude, chemical and ecological rescue, search and rescue and medical rescue in respect of advanced first aid (KPP) [1]. As the KSRG entities are by definition the first to appear on site, there is a strong emphasis on their training in advanced first aid, problems related to disasters, mass incidents and natural disasters.

Advanced first aid is an important element of every rescue action taken in the event of life and health being at risk. Its purpose is to establish the priorities of evacuation, determine the directions of rescue actions and quickly eliminate any threats to life. The individual stages of aiding victims referred to as the *chain of survival* were developed in the 1960s by E.W. Ahnefeld [2]. According to the author's principles, all rescue actions, from rescue services being notified to the commencement of treatment at the hospital emergency department (SOR), should be carried out within the so-called golden hour. In the case of single incidents or disasters, this poses no major systemic problems. Problems start to appear during mass incidents, when large rescue capacity is needed. Primary as well as secondary effects of catastrophes can be difficult to remove. In such situations, the principal rule is to provide aid to as many victims as possible. It is assumed that some victims will die immediately after the incident, and some will die before first rescuers arrive. On the other hand, some victims will remain on site, with their lives being at various risk.

There will be people who can perish within minutes (e.g. in the case of airway obstruction), people with internal haemorrhages requiring intervention be made within an hour, people with light injuries and those who have succumbed to fear or panic. In such cases, it is necessary to be able to quickly select those people who have a chance to survive. Therefore, the issue of improving the effectiveness of rescue services based on the ability to monitor the victims and the operation of rescue teams present in the danger zone became the main objective of the project entitled *EvaCopNet – system for evacuation and rescue of victims of natural disasters* [3]. In the course of work, the developed concept covered solutions for automatic measurement of basic vital signs of victims, transmitting the measurements to a calculation unit to analyse them in terms of the life threat level, and supporting the process of determining the sequence of medical evacuation conducted by the State Fire Service and the Volunteer Fire Service.

A review of triage systems used around the world

The most commonly used triage systems are those developed in the 1990s and contemporary ones. The systems used

współcześnie. Spośród nich rozpowszechnione na całym świecie są: Australian Triage Scale (ATS), Manchester Triage Scale (MTS), Canadian Emergency Department Triage and Acuity Scale (CTAS) oraz Emergency Severity Index (ESI). Metody triage'u polegają na systematycznym ustalaniu priorytetów pacjentów w zależności od tego, jak pilnie potrzebują opieki. Należy zaznaczyć, że większość systemów segregacji medycznej dotyczy szpitalnych oddziałów ratunkowych lub izb przyjęć, gdzie triage'em poszkodowanych bądź pacjentów zajmują się osoby mające wykształcenie medyczne. Jako przykład można podać wdrożony w wielu krajach na świecie, również w Polsce, wspomniany Manchester Triage System (System Manchester), oparty na 154 algorytmach opisujących możliwe scenariusze objawów klinicznych. Niezależnie od tego, jak pacjent trafił do szpitala, zawsze zostaje zakwalifikowany do grupy oznaczonej kodem kolorystycznym. Na podstawie kart z algorytmem osoba zajmująca się triage'em przydziela pacjenta do jednej z kategorii ściśle powiązanych z czasem oczekiwania na lekarza, którymi są:

- kategoria czerwona: pomoc natychmiastowa, czas oczekiwania na lekarza – 0 min;
- kategoria pomarańczowa: czas oczekiwania na lekarza – do 10 min;
- kategoria żółta: czas oczekiwania na lekarza – do 60 min;
- kategoria zielona: czas oczekiwania na lekarza – do 120 min;
- kategoria niebieska: czas oczekiwania na lekarza – do 240 min.

Pacjent jest informowany o przewidywanym czasie oczekiwania na lekarza. Ważne jest to, że sam pacjent nie jest znakowany kolorem, znakowana jest jedynie dokumentacja pacjenta (kolor teczki). Aby *triage* był wiarygodny, liderami w zakresie triage'u mogą być osoby mające minimum 3-letnie doświadczenie medyczne i odpowiednie predyspozycje psychiczne [4].

W ratownictwie przedszpitalnym w zdarzeniach mnogich bądź masowych stosowanie triage'u jest priorytetem. Ratownicy niemający wykształcenia medycznego rzadko dokonują segregacji, choć zależy to od organizacji systemu ratownictwa w danym kraju. Wiele państw Europy, w tym kraje skandynawskie, nie ma krajowej obowiązkowej skali segregacji. W tych krajach wdrażane systemy segregacyjne są rozważane pod kątem tego, jak mogą pasować do lokalnych warunków, np. pod kątem populacji, wielkości szpitala, zasobów personelu medycznego i sprzętowego, topografii terenu [5]. Dla przykładu model angloamerykański opiera się na zasadzie „Ładuj i jedź” (*Scoop and run/Load and go*). W amerykańskim systemie wyróżnia się aż cztery poziomy wykształcenia ratowników. Najważniejsi są wykwalifikowani ratownicy medyczni – paramedycy. Są oni uprawnieni do wykonywania wielu zaawansowanych czynności, włącznie z wkluciem dożylnym, podawaniem wybranych leków, intubacją, konikotomią i defibrylacją. Zakres kompetencji amerykańskich paramedyków jest podobny do zakresu medycznych czynności ratunkowych polskich ratowników medycznych. Z kolei w systemie francusko-niemieckim osobom poszkodowanym pomocy udzielają lekarze specjaliści różnych dziedzin medycyny. Lekarzowi towarzyszy sanitariusz lub ratownik medyczny mający ograniczone kompetencje medyczne. Ten model ratownictwa opiera się na zasadzie „Zostań i ratuj” (*Stay and play*) [6, 7].

globally include: Australian Triage Scale (ATS), Manchester Triage Scale (MTS), Canadian Emergency Department Triage and Acuity Scale (CTAS) and Emergency Severity Index (ESI). The triage methods involve systematically prioritising patients according to how urgently they require aid. It should be noted that most of the triage systems apply to hospital emergency departments or admission rooms, where the victims' or patients' triage is carried out by persons with medical training. One example is the Manchester Triage System which has been implemented in a number of countries worldwide, including in Poland, which is based on 154 algorithms describing the possible scenarios of clinical symptoms. Irrespective of the way the patient was admitted to hospital, he/she is always classified in the group marked with a colour code. Based on algorithm cards, a person responsible for triage classifies the patient into one category, which is strictly connected with care wait times, i.e.:

- red: immediate aid, care wait time – 0 min;
- orange: care wait time – up to 10 min;
- yellow: care wait time – up to 60 min;
- green: care wait time – up to 120 min;
- blue: care wait time – up to 240 min.

The patient is informed about the expected care wait time. The important thing is that the patient is not marked with any colour, only the patient's documentation is labelled (the colour of the file). In order for triage to be reliable, triage leaders must be individuals with a minimum of 3 years of medical experience and an appropriate mental aptitude [4].

The application of triage in pre-hospital rescue in disasters or mass incidents is a priority. Rescuers with no medical education rarely perform triage activities. This, however, depends on the organisation of the rescue system in a given country. In many European countries, including in Scandinavia, there is no nationwide applicable triage scale. In these countries the implemented triage systems are considered in terms of their suitability for the local conditions as regards the population, hospital size, medical staff and equipment resources, and topography [5]. For example, the Anglo-American is based on the *Scoop and run /Load and go* principle. In the American system, there are four levels of rescuers' education. The most important group is composed of qualified paramedical practitioners – paramedics. They are authorised to perform many advanced activities, including venipuncture, administration of selected drugs, intubation, cricothyrotomy and defibrillation. The scope of competence of American paramedics is similar to the scope of medical rescue activities undertaken by Polish paramedical practitioners. On the other hand, in the French-German system, victims are provided with aid by doctors specialising in various fields of medicine. The doctors are accompanied by medics or paramedical practitioners with limited medical competencies. This model of rescue is based on the *stay and play* principle [6, 7].

In Poland, the legal regulations on the triage system are specified rather imprecisely in the Law on the National Medical Emergency Service of 8 September 2006 [8]. The Law obliges hospitals with hospital emergency departments to ensure that, if necessary, they can provide immediate sanitary

W Polsce prawne uregulowania dotyczące systemu segregacji są określone dość nieprecyzyjnie w ustawie z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym [8]. Ustawa zobowiązała szpitale, w których znajdują się szpitalne oddziały ratunkowe, do tego, by w razie konieczności zapewniły niezwłoczny transport sanitarny do najbliższej placówki udzielającej świadczeń w odpowiednim zakresie (np. do sąsiedniego szpitala mającego odpowiedni oddział).

Zgodnie z zaleceniami Europejskiej Rady Resuscytacji [9] w przypadku zdarzenia o charakterze masowym w celu ustalenia priorytetów leczenia i transportu należy zastosować system segregacji, np. START (*Simple Triage and Rapid Transport*) lub SALT (*Sort, Assess, Lifesaving Interventions, Treat/Transport*). Od stworzenia algorytmu START kilkakrotnie zmieniły się wytyczne dotyczące resuscytacji. Zmiany związane z rozwojem medycyny zdarzeń mnogich (*Disaster Medicine*) spowodowały stworzenie oraz wdrożenie w USA, zarekomendowanego 8 lutego 2013 roku, nowego systemu segregacji wstępnej – SALT. Jest to skala segregacji, która powstała jako zapotrzebowanie na prosty i zunifikowany system oparty na wcześniejszych doświadczeniach. W ramach tego systemu istnieją dwa poziomy oceny – ogólna oraz jednostkowa, w związku z czym jest on nieco bardziej skomplikowanym, dwuetapowym algorytmem. Najpierw zaleca się dokonanie ogólnej segregacji wszystkich osób poszkodowanych w zdarzeniu:

- Poszkodowany, który chodzi, będzie oceniany w trzeciej kolejności;
- Poszkodowany, który się porusza, będzie oceniany w drugiej kolejności;
- Poszkodowany, który jest cichy bądź ewidentnie znajduje się w stanie zagrożenia życia, będzie oceniany w pierwszej kolejności.

Następnie, na podstawie ogólnej segregacji, dokonywana jest segregacja indywidualna każdego poszkodowanego [10]. Polega ona na przeprowadzeniu najpierw procedur ratujących życie (np. tamowanie krwotoków, odbarczenie odmy prężnej, udrożnienie dróg oddechowych), a dopiero potem – na ocenie oddechu. Jeśli poszkodowany nie oddycha, nadawany jest mu priorytet IV (kolor czarny).

Stwierdzenie oddechu pozwala przejść do dalszego etapu, w którym ocenia się spełnienie jednocześnie kilku parametrów:

- zdolność do wykonywania poleceń,
- obecność tętna na tętnicy promieniowej (tętna obwodowego),
- brak niewydolności oddechowej,
- prawidłowość tamowania krwotoków.

Osoby, których stan zdrowia rokuje poprawę, otrzymują priorytet I (kolor czerwony), natomiast poszkodowani, których stan zdrowia nie rokuje poprawy, określani są mianem oczekujących. Gdy wszystkie parametry są spełnione, a więc gdy poszkodowany oddycha samodzielnie, wykonuje polecenia oraz ma stwierdzone tętno na obwodzie oraz nie stwierdza się niewydolności oddechowej, wówczas następuje ocena obecności obrażeń. Osoby z niewielkimi urazami otrzymują priorytet II (kolor żółty); osoby bez obrażeń – priorytet III (kolor zielony).

Inaczej jest w przypadku segregacji przedszpitalnej dokonywanej przez podmioty Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego. Państwowa Straż Pożarna i Ochotnicza Straż Pożarna opierają

transport do najbliższej placówki udzielającej świadczeń w odpowiednim zakresie (np. do sąsiedniego szpitala mającego odpowiedni oddział).

As recommended by the European Resuscitation Council [9], in the case of a mass incident, a triage system should be used to determine treatment and transport priorities, e.g. START (*Simple Triage and Rapid Transport*) or SALT (*Sort, Assess, Lifesaving Interventions, Treat/Transport*). Since the development of the START algorithm, the resuscitation guidelines have changed several times. Changes related to the development of disaster medicine resulted in the creation and implementation in the USA of a new triage system – SALT, which was recommended on 8 February 2013. It is a scale of triage which was created due to demand for a simple and unified system based on previous experience. Within the system, there are two levels of evaluation, general and individual, making it a slightly more complex two-step algorithm. It is first recommended to perform a general triage of all victims involved in the incident:

- victims who can walk should be triaged third;
- victims who move should be triaged second;
- victims who are quiet or clearly with a life-threatening condition should be triaged first.

Next, based on the general triage, every victim is triaged individually [10]. It consists of first performing life-saving procedures (e.g. control of bleeding, decompression of tension pneumothorax, opening the airways), and next of breathing evaluation. If the victim is not breathing, priority 4 is given (black).

After determining that the victim is breathing, one can go to the next stage, which involves the simultaneous examination of several parameters:

- the ability to follow commands,
- the presence of radial pulse (peripheral pulse),
- no respiratory failure,
- normal bleeding control.

Priority 1 (red) is given to victims whose health is likely to improve, while those whose health is not likely to improve are referred to as expectant. When all parameters are met, i.e. when the victim breathes on their own, follows commands and has a peripheral pulse, and no respiratory failure is established, the injuries are evaluated. Victims with minor injuries are given priority 2 (yellow); and those with no injuries receive priority 3 (green).

This is not the case for pre-hospital triage performed by the entities of the National Firefighting and Rescue System. The State Fire Service and the Voluntary Fire Service follow the procedures specified in *The Rules for medical emergency service organisation in KSRG*, approved in 2013 by the Chief Commandant of the State Fire Service, which present, among other things, the manner of triage in line with the START system and its paediatric version JumpSTART [11]. One tremendous advantage of the START algorithm is its simplicity and speed of evaluation, which makes it possible to use it even by people with no medical background, after short training. Secondary triage, conducted in a medical facility is extended to include a set of data obtained, for example from the Glasgow Coma Scale or

się na procedurach zawartych w *Zasadach organizacji ratownictwa medycznego w KSRG*, zatwierdzonych w 2013 roku przez Komendanta Głównego PSP, w których ustanowiono m.in. sposób prowadzenia segregacji zgodny z systemem START oraz z jego pediatryczną modyfikacją – systemem JumpSTART [11]. Olbrzymim atutem algorytmu START jest jego prostota oraz szybkość dokonywania oceny, która umożliwia jego stosowanie nawet przez osoby bez wykształcenia medycznego, po krótkim przeszkoleniu. Segregacja wtórna prowadzona w punkcie medycznym jest poszerzona o szereg danych uzyskanych np. ze skali Glasgow czy skali oceny ciężkości urazów (*Revised Trauma Score* – RTS). Stąd też system START służy wyłącznie ustaleniu priorytetu, zgodnie z którym poszkodowany powinien być w pierwszej kolejności ewakuowany do punktu medycznego i poddany segregacji wtórnej.

Obecnie w szeregach formacji służby coraz więcej osób mających wykształcenie medyczne. Są to najczęściej ratownicy medyczni. Jednakże brak jednolitych procedur, a co za tym idzie – brak uregulowania ich statusu w PSP wiąże się z prowadzeniem działań wyłącznie na poziomie kwalifikowanej pierwszej pomocy. Należy zaznaczyć, że obecne standardy KPP obowiązujące strażaków-ratowników opierają się na wytycznych Europejskiej Rady Resuscytacji z 2010 roku. Procedury KPP nie były aktualizowane od momentu opublikowania. Obecnie odbywają się spotkania grup roboczych koordynatorów ratownictwa medycznego PSP, podczas których opracowywane są aktualne wersje procedur dla strażaków-ratowników, oraz trwają prace nad dostosowaniem algorytmów z zakresu medycznych czynności ratunkowych dla ratowników medycznych zatrudnionych w podmiotach Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego.

Segregacja medyczna poszkodowanych według KSRG

Segregacja medyczna [12] polega na badaniu i klasyfikacji osób poszkodowanych pod kątem priorytetów ewakuacji, ratowania i leczenia, co zapewnia maksymalne korzyści jak największej liczbie osób w warunkach danego zdarzenia [13]. Przy właściwym postępowaniu ok. 40% rannych ma szansę na przeżycie bez pomocy, natomiast przy dobrze zorganizowanej akcji ratowniczej szanse takie ma aż 90% poszkodowanych. Szczególnie istotnym elementem łańcucha przeżycia jest więc udzielenie pomocy bezpośrednio po doznanym urazie, chorobie lub zatruciu, gdy występuje największe zagrożenie życia [9]. W organizmie poszkodowanego występują zagrażające życiu zaburzenia funkcji życiowych, dochodzi do destabilizacji układów regulacji, co w konsekwencji prowadzi do stanu krytycznego. Udzielenie kwalifikowanej pierwszej pomocy w jak najkrótszym czasie od zaistnienia urazu ratuje poszkodowanemu życie, przyczynia się do zapobiegnięcia zabiegom resuscytacyjnym lub skraca ich czas, a także zmniejsza ciężkość i liczbę powikłań. Segregacja poszkodowanych jest więc jednym z najważniejszych elementów działań ratowniczych przy zdarzeniach o charakterze klęski żywiołowej, zdarzeń masowych i mnogich. Decyzja o rozpoczęciu czynności klasyfikacyjnych powinna być jedną z pierwszych decyzji podjętych po przybyciu na miejsce zdarzenia. Najczęściej dokonuje się jej na podstawie wstępnego rozpoznania sytuacji. W przypadku gdy na miejscu

Revised Trauma Score (RTS). Therefore, the START system only serves to establish the priority according to which the victim should first be evacuated to a medical facility and subjected to secondary triage.

Nowadays, more and more people with medical education are in the Fire Service. These are usually paramedical practitioners. However, the lack of uniform procedures and the resulting lack of regulation of their status in PSP, means that they can only operate at the level of advanced first aid. It is worth noting that the present KPP standards binding on firefighters-rescuers are based on the 2010 guidelines of the European Resuscitation Council. They have not been updated since their publication. Currently, meetings of working groups of PSP medical rescue coordinators are being organised, during which updated versions of procedures for firefighter-rescuers are developed, and work is underway on adjusting algorithms in the field of medical rescue operations for paramedical practitioners employed in the entities of the National Firefighting and Rescue System.

Triage of victims according to KSRG

Triage [12] consists of examining and classifying victims in terms of evacuation, rescue and treatment priorities, which ensures maximum benefits to as many people as possible in the conditions of a given incident [13]. With proper treatment, about 40% of people injured in an incident have a chance to survive without aid, on the other hand, with a well-organised rescue operation, as many as 90% of the injured can survive. Providing aid immediately after the victim was injured, diseased or poisoned, when the threat to life is the greatest, is an exceptionally important element of the chain of survival [9]. Life-threatening disruptions in life functions occur in the body of the injured person, and regulation systems are becoming destabilised, which in turn leads to a critical condition. Providing advanced first aid as soon as possible after the injury has occurred saves the victim's life, contributes to preventing or shortening the time of resuscitation procedures, and reduces the severity and number of complications. Therefore, the triage of the victims is one of the most important elements of rescue operations in the case of natural disasters and mass incidents. The decision to start the triage should be one of the first decisions made on the incident site. Such decisions are usually made on the basis of a preliminary reconnaissance. When the number of casualties on site exceeds the rescue capacity, carrying out triage is mandatory. Making a decision on

zdarzenia liczba poszkodowanych przewyższa potencjał ratowniczy, przeprowadzenie triage'u jest niezbędne. Podjęcie decyzji o wprowadzeniu procedur zdarzenia masowego porządkuje cały proces dowodzenia, ratowania i ewakuacji poszkodowanych. Ratownicy mają jasno określone priorytety, działają zgodnie z systemem START oraz prowadzą skoordynowane działania mające na celu wyszczególnienie poszkodowanych w stanie bezpośredniego zagrożenia życia. Warto zauważyć, że zgodnie z algorytmem postępowania systemu START strażak-ratownik przyznający kolor czarny poszkodowanemu dokonuje tego tylko na podstawie oceny oddechu, bez potwierdzenia zatrzymania akcji serca. Nie stwierdza zatem zgonu, lecz jedynie podejmuje decyzję, że w danej sytuacji pacjent nie ma szans na przeżycie.

Każdy z poszkodowanych powinien być monitorowany przez ratowników. Jakakolwiek oznaka pogorszenia stanu zdrowia osób, które ucierpiały w wyniku zdarzenia, wymaga podjęcia skutecznych działań zgodnych z procedurami obowiązującymi w KSRG. Liczbę ratowników potrzebnych do obserwacji stanu zdrowia można zmniejszyć dzięki wprowadzeniu nowatorskiego systemu kwalifikacji poszkodowanych, który bazuje na zdalnym przesyłaniu wartości parametrów życiowych tych osób.

System EvaCopNet

Próby budowania systemów „wspomagających” działania segregacyjne, a zwłaszcza opracowanie koncepcji zdalnego nadzoru nad parametrami życiowymi poszkodowanych, od dawna były przedmiotem zainteresowania środowiska naukowego związanego z ratownictwem. Jednym z tego rodzaju działań jest, zakończony niedawno, prowadzony w ramach Programu Badań Stosowanych PBS3 (PBS3/B9/37/2015), współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) projekt systemu EvaCopNet. Projekt został zrealizowany przez konsorcjum naukowe, którego liderem była Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie (SGSP). Kierownikiem projektu został dr Ryszard Grosset, a wśród wykonawców znalazły się m.in.: mgr inż. Małgorzata Ciuka-Witrylak i mgr inż. Karina Jarosławska-Kolman. W skład konsorcjum naukowego wchodziły ponadto: Wojskowa Akademia Techniczna, Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej, WB Electronics oraz Robotics Inventions. Zadaniem osób realizujących projekt było zbadanie możliwości monitorowania wybranych parametrów życiowych osób poszkodowanych w przypadku ich rozproszenia oraz podjęcie próby opracowania algorytmu sygnalizującego zaistnienie krytycznych zmian parametrów życiowych tych osób. Wziąwszy pod uwagę konieczność miniaturyzacji systemów pomiarowych (opaski), w które zaopatrzeni byliby poszkodowani, a co za tym idzie – ograniczenia zasięgu transmisji wyników pomiaru, postanowiono rozwiązać ten problem, budując wirtualną sieć łącznościową Mesh opartą na wiroplatach pełniących funkcje „przeseł łącznościowych” (węzłów) całej sieci. Założono także, że zbudowane zostaną specjalne moduły naprowadzające Q-Find służące do doprowadzenia rotacji ratowniczej realizującej ewakuację medyczną do konkretnego poszkodowanego wskazanego przez koordynatora medycznego akcji (będącego również operatorem systemu), a następnie prowadzących ratowników z poszkodowanym do

the introduction of mass incident procedures organises the whole process of command, rescue and victim evacuation. Rescuers have clear priorities, operate in accordance with the START system and conduct coordinated actions to identify people directly affected by a life-threatening condition. It is worth noting that according to the START algorithm, a firefighter-rescuer who assigns black colour to a victim does it only on the basis of breathing evaluation, without confirming cardiac arrest. Therefore, he/she does not pronounce the victim dead, but merely makes the decision that the patient has no chance of survival in a given situation.

Each victim should be monitored by a rescuer. Any sign of health deterioration of the casualties of the incident requires effective action to be taken in accordance with the KSRG procedures. The number of rescuers required for health monitoring can be reduced by introducing an innovative victim qualification system based on the remote transfer of their vital signs.

The EvaCopNet system

Attempts to build systems that would “support” triage activities, in particular the development of a concept of remote supervision over the vital signs of the victims, have long been the subject of interest of scientists dealing with rescue actions. One of such activities is the EvaCopNet system project, recently completed under the Applied Research Programme PBS3 (PBS3/B9/37/2015), co-funded by the National Centre for Research and Development. It was implemented by a scientific consortium led by the Main School of Fire Service in Warsaw (SGSP). Ryszard Grosset, PhD, was the Project Manager, and the team performing the project included Małgorzata Ciuka-Witrylak, M.Eng. and Karina Jarosławska-Kolman, M.Eng. The scientific consortium also included: The Military University of Technology in Warsaw, the Military Institute of Aviation Medicine, WB Electronics and Robotics Inventions. The task of the individuals implementing the project was to examine the possibility of monitoring selected vital signs of people injured in an incident in the case of their dispersion and to make an attempt at developing an algorithm signalling the occurrence of critical changes in the vital signs of such people. Taking into account the need to miniaturise the measurement systems (wristbands) with which the victims would be equipped, and thus to limit the transmission range of the measured results, a decision was made to solve this problem by building a virtual Mesh network based on rotorcraft acting as “communication links” (nodes) for the entire network. It was also assumed that special Q-Find guiding modules will be constructed to bring the rescue troops carrying out medical evacuation to the specific victim indicated by the medical coordinator of the operation (also acting as the system operator), and then to guide the rescuers with the victim to the point designated by the coordinator (e.g. to a helipad of the Medical Air Rescue (LPR)).

punktu wyznaczonego przez koordynatora (np. do lądowiska śmigłowca Lotniczego Pogotowia Ratunkowego – LPR).

Po licznych konsultacjach i wykonaniu analizy możliwości technicznych zdecydowano, że badanymi parametrami życiowymi będą: tętno, temperatura ciała oraz poziom nasycenia krwi tlenem (saturacja SpO₂) [14]. Założono przy tym, że podczas pierwotnego triage'u poszkodowanemu przyznawany będzie status oznaczany kolorem (zgodnie z systemem START) [15].

Głównym elementem systemu jest komputer centralny (laptop) z oprogramowaniem dającym możliwość obserwacji na zaimplementowanym podkładzie mapowym siatki zbudowanej na podstawie danych z opasek, punktów oznaczających poszkodowanych (oznakowanych kolorem przydzielonym podczas pierwotnej segregacji), znaczników ratowników wraz z numerami, usytuowanie stanowiska dowodzenia (SD) oraz wielkość pola monitorowanego przez multikoptery.

Zgodnie z założeniami systemu stanowisko dowodzenia ma wszystkie niezbędne informacje do wspierania działań ratowniczych prowadzonych przez dowodzącego akcją w sytuacji zagrożenia życia:

- Na ekranie głównym terminalu początkowo wyświetla się pozycja stanowiska dowodzenia zlokalizowana na środku mapy. Mapa wyskalowana jest na długość przekątnej odzwierciedlającej odległość np. 500 m.
- Pozycja każdego elementu zalogowanego do sieci jest zaznaczona i widoczna w aplikacji (np. informacja o zalogowaniu się urządzeń jest wyświetlona w oknie obok zobrazowania mapowego). Urządzenia, które nie przesyłają pozycji lub przesyłają błędną pozycję (np. 0,0), pojawiają się z adnotacją o oczekiwaniu na pozycję GPS.
- Zalogowane urządzenie, po ustaleniu pozycji, przesyła swoje koordynaty do SD. W aplikacji pojawia się wówczas informacja, że dane urządzenie odczytało swoją pozycję (przez wypełnienie kolorem figury reprezentującej urządzenie).
- Dowódca poinformowany o tym, które urządzenia mają ustaloną pozycję, wysyła do tych urządzeń komendę cyklicznego przesyłania pozycji z określonym interwałem (po zaznaczeniu kształtu rozwija się lista ze statusem i możliwością wyboru cyklicznego wysyłania pozycji co 5, 10, 15, 20 s w zależności od potrzeb i dynamiki zmian postępowania ratowniczego). Odświeżanie pozycji pozwala na stałą aktualizację pozycji poszczególnych elementów systemu oraz umożliwia dowódcy zdalne lub automatyczne (do najbliższego punktu) przypisywanie ratownikom poszczególnych poszkodowanych.
- Elementy systemu takie jak opaska, Q-Find i wiropląt mają określony unikalny znak, kształt. Wiropląt – koło, Q-Find – krzyżyk, opaska – romb. Kształty określające Q-Find i opaskę przypisane kolejno do poszczególnych ratowników i poszkodowanych mogą przybierać różne kolory informujące o ich aktualnym statusie. Zielony krzyżyk informuje, że ratownik wolny, czarny migający krzyżyk – że ratownik jest naprowadzany na poszkodowanego, czarny krzyżyk w rombie – że ratownik ewakuje poszkodowanego. Statusy poszkodowanych określone są zgodnie z oznakowaniem triage'u (zielony,

Following numerous consultations and an analysis of technical capacity, it was decided that the following vital signs will be evaluated: heart rate, body temperature and blood oxygen level (SpO₂) [14]. It was also assumed that during the original triage the victim will be granted a colour-coded status (according to the START system) [15].

The main element of the system is a central computer (laptop) with software facilitating the observation, on the implemented background map with a grid built on the basis of data from the bands, of the points marking the victims (marked with a colour assigned during the initial triage), rescue markers with numbers, location of the command post (CP), and the size of the field monitored by multi-copters.

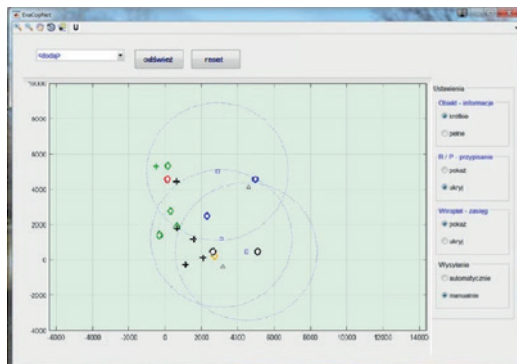
As assumed for the system, the command post holds all the necessary information to support rescue operations conducted by the commander in life-threatening circumstances:

- The position of the command post is initially displayed in the centre of the map on the main screen of the terminal. The map is scaled to the length of the diagonal reflecting a distance of e.g. 500 m.
- The position of every element logged into the network is marked and visible in the application (e.g. information about devices logging in is displayed in the window next to the map view). Devices that do not transmit their position or send an incorrect position (e.g. 0.0) are displayed with a note informing that they are waiting for the GPS position.
- Logged-in devices, after determining their position, send their coordinates to the CP. Then, the application displays information that a given device has specified its position (by colour filling the figure representing the device).
- The commanding officer, informed which devices have fixed positions, sends to these devices a command to regularly transmit their positions at a specified interval (after marking the shape, the list with the status is expanded, facilitating the selection of a 5-, 10-, 15-, or 20-second cycle depending on the needs and dynamics of rescue operations). Refreshing the positions allows constant updating of the position of individual elements of the system and makes it possible for the commanding officer to remotely or automatically (to the nearest point) assign individual victims to the rescuers.
- The system elements, such as the band, Q-Find and rotorcraft have their unique signs and shapes. Rotorcraft – circle, Q-Find – cross, band – diamond. The shapes of the Q-Find and the band, assigned in order to individual rescuers and victims, can have various colours informing of their present status. A green cross indicates a free rescuer, a black flashing cross informs that the rescuer is being guided to the victim, while a black cross in the diamond means that the rescuer is evacuating the victim. Victims statuses are specified in line with triage markings (green, yellow, red and black). If the victim's status changes, the diamond starts to flash.

żółty, czerwony, czarny). W przypadku zmiany statusu poszkodowanego romb zaczyna migać.

Wygląd ekranu głównego terminalu koordynatora (bez warstwy mapowej) z fazy testów laboratoryjnych przedstawia ryc. 1.

The coordinator terminal's main screen appearance (without the map layer) from the laboratory test phase is presented in Figure 1.



Rycina 1. Wygląd ekranu głównego terminalu koordynatora (bez warstwy mapowej) z fazy testów laboratoryjnych
Figure 1. The coordinator terminal's main screen appearance (without the map layer) from the laboratory test phase

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Opracowany system poddano szeregowi testów zrealizowa- no w różnych warunkach. Wykonano testy laboratoryjne, a tak- że testy na otwartym terenie w obiektach SGSP w Warszawie. Testy podsumowujące działanie systemu przeprowadzono na poligonie SGSP w Nowym Dworze Mazowieckim.

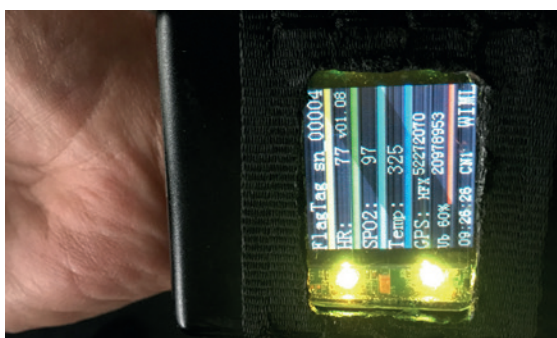
Wyniki obserwacji pracy systemu i uwagi formułowane na temat funkcjonowania jego poszczególnych elementów były po każdym teście poddawane dyskusji i przyczyniały się do zmian konstrukcyjnych, przede wszystkim do optymalizacji opasek i zmian oprogramowania prowadzących do optymalizacji funk- cjonowania systemu.

Na potrzeby testu zbudowano 10 opasek. Ich wielkość, osta- teczny kształt i wygląd były modyfikowane wielokrotnie, w miarę kolejnych adaptacji systemu. Na ryc. 2 i 3 widać pierwsze testowe opasek, a na ryc. 4 – opaski przygotowane w wersji do testów poligonowych. Oprócz lokalizowania poszkodowanych opaski w sposób ciągły przesyłają do stanowiska SD informacje na temat podstawowych funkcji życiowych poszkodowanych oraz pokazują bieżący status triage'u. Rozdzielczości parametrów po- miarowych, które przypisano opaskom, przedstawiono w tabeli 1.

The developed system was subjected to a number of tests conducted in various conditions. Laboratory tests were carried out, as well as outdoor tests at the SGSP facilities in Warsaw. Tests summarising the operation of the system were carried out in a testing ground of SGSP in Nowy Dwór Mazowiecki.

After each test, the results of the observation of the sys- tem's operation and comments on the functioning of its individ- ual components were discussed and contributed to structural changes, first and foremost, in the optimisation of wristbands and software changes leading to the optimisation of the sys- tem's operation.

10 wristbands were produced for the test. Their size, final shape and appearance were modified many times, following the subsequent iterations of the system. Figures 2 and 3 present the initial test versions of the bands, and Figure 4 shows those prepared for the field tests. In addition to locating the victims, the wristbands continuously send information to the CP about the victim's vital signs and show the current status of the triage. The resolutions of the measurement parameters assigned to the bands are demonstrated in Table 1.



Rycina 2. Opaska – wersja prototypowa
Figure 2. Wristband – prototype version
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Rycina 3. Opaska – wersja prototypowa
Figure 3. Wristband – prototype version
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Rycina 4. Zespół opasek pomiarowych w wersji do testów poligonowych

Figure 4. Wristbands in the version for field tests

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 1. Zakres rozdzielczości parametrów pomiarowych mierzonych za pomocą opasek

Table 1. The range of resolutions of measurement parameters measured using the bands

Nazwa/Sign	Zakres/Scope	Rozdzielczość/ Resolution	Jednostka/Unit of measure
HR/Heart rate	0–300	0.1	Bpm
SpO2/Saturation	0–100	0.1	%
Temperatura ciała/Body temperature	from –15 to +60	0.1	°C
Temperatura otoczenia/Ambient temperature	from –15 to +60	0.1	°C
Stopień triage'u/Triage degree	0–3	1	-
RSSI/Received Signal Strength Indication	0–255	1	-
Poziom baterii/Battery charging	0–5	0.1	V
Wilgotność względna/Relative humidity	0–100	1	%
Status/Status	0–255	1	-
Pozycja GPS/GPS position	nieustalone (not determined)		
Dane z czujnika inercyjnego (axgyromag)/Data from the inertial sensor (axgyromag)	nieustalone (not determined)		
Dane z czujnika lawinowego/Data from the avalanche sensor	nieustalone (not determined)		
Numer seryjny/Serial number	16 bitów/bits	1	-
Ciśnienie atmosferyczne/Atmospheric pressure	0–150 000	1	Pa

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

W odniesieniu do terminalu ratownika (Q-Find) zastosowano wyróżnienie dwóch trybów pracy: rozdawanie opasek (tryb znakowania poszkodowanych) i ustawianie celu (tryb ewakuacji poszkodowanych). Rozróżnienie dwóch trybów pracy jest konieczne do tego, żeby działania ratownicze były prowadzone sprawnie. W pierwszej fazie ratownicy, po odnalezieniu poszkodowanych, dokonują segregacji medycznej, zakładają każdemu poszkodowanemu opaskę i oznaczają na niej odpowiedni kolor triage'u zgodnie z klasyfikacją przyjętą w systemie START. Informacje z opasek przesyłane są na bieżąco do terminalu SD. Na tej podstawie dowódca ma informację o stanie zlokalizowanych poszkodowanych oraz możliwość wytypowania samodzielnie lub automatycznie ratowników, którzy będą kierowani do poszkodowanych wymagających ewakuacji w pierwszej kolejności.

As regards the rescuer terminal (Q-Find), two modes of operation are distinguished: handing over the bands (victim marking mode) and objective setting (victim evacuation mode). Distinguishing between the two modes is necessary for effective rescue. In the first stage, after finding the victims, the rescuers triage them and put bands on each victim, on which they mark the appropriate triage colour in line with the START classification. Information from the bands is sent continuously to the CP terminal. On this basis, the commanding officer obtains information about the condition of the located victims and the possibility of automatic or independent selection of the rescuers who will be directed to the victims with evacuation priority.

Moduł Q-Find składa się z dwóch współpracujących elementów – modułu GPS oraz tzw. zegarka. Zegarek ma za zadanie zdalnie (dane wysyłane z terminala SD) doprowadzić ratownika do konkretnego poszkodowanego i/lub punktu medycznego. Naprowadzanie odbywa się za pomocą diod określających kierunek marszu. Dodatkowo wyświetlana jest przybliżona odległość do celu. W trakcie testów ze stanowiska dowodzenia wysłano ratownika do najbardziej odległej opaski, ratownik za pomocą terminala prawidłowo dotarł do opaski i powrócił do punktu medycznego [16]. Moduł Q-Find w wersji roboczej przedstawiono na ryc. 5.

The Q-Find Module is composed of two elements which function together – a GPS module and a so-called watch. The watch is designed to guide the rescuer remotely (data are sent from the CP terminal) to a specific victim and/or medical facility. The guiding takes place using diodes indicating the walking direction. In addition, an estimate distance to the destination is displayed. During the tests, a rescuer was sent from the command post to the most remote band. The rescuer reached the wristband correctly using the terminal and returned to the medical facility [16]. A working version of the Q-Find module is presented in Figure 5.



Rycina 5. Moduł Q-find

Figure 5. Q-find module

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

W trakcie testów sprawdzano możliwości tworzenia się sieci z wykorzystaniem zarówno wiroplątów, jak i samych opasek. Podczas badań wykonywanych bez udziału wiroplątów zasięg sieci mieścił się w zakresie 120-130m (połączenie punkt – punkt). W przypadku większych dystansów na trasie rzeczywiście realizowanej sieci Mesh pojawiały się budynki bądź konstrukcje metalowe, które silnie tłumiły sygnał radiowy. Stwierdzono jednak, że w przypadku zastosowania wiroplątów możliwe jest zwiększenia zasięgu jej działania przez retransmisję sygnału. Na potrzeby projektu we wszystkich fazach testów do tworzenia sieci Mesh używano 2 wiroplątów zaopatrzonych w moduły komunikacyjne zaprojektowane dla systemu. Wiropląt wykorzystywany w badaniach jest widoczny na ryc. 6.

During the tests, the ability of network formation using rotorcraft or bands alone, was evaluated. In the tests conducted with no rotorcraft, the network coverage was within 120-130m (point-to-point connection). In the case of greater distances, the route of the actually implemented Mesh network featured buildings or metal structures, which strongly suppressed the radio signal. It was, however, established that when rotorcraft are used, it is possible to increase the coverage by retransmitting the signal. For the purpose of the project, 2 rotorcraft equipped with communication modules designed for the system were used to create the Mesh network in all test stages. The rotorcraft used in the test is demonstrated in Figure 6.



Rycina 6. Wiropląt

Figure 6. Rotorcraft

Źródło: Opracowanie własne.

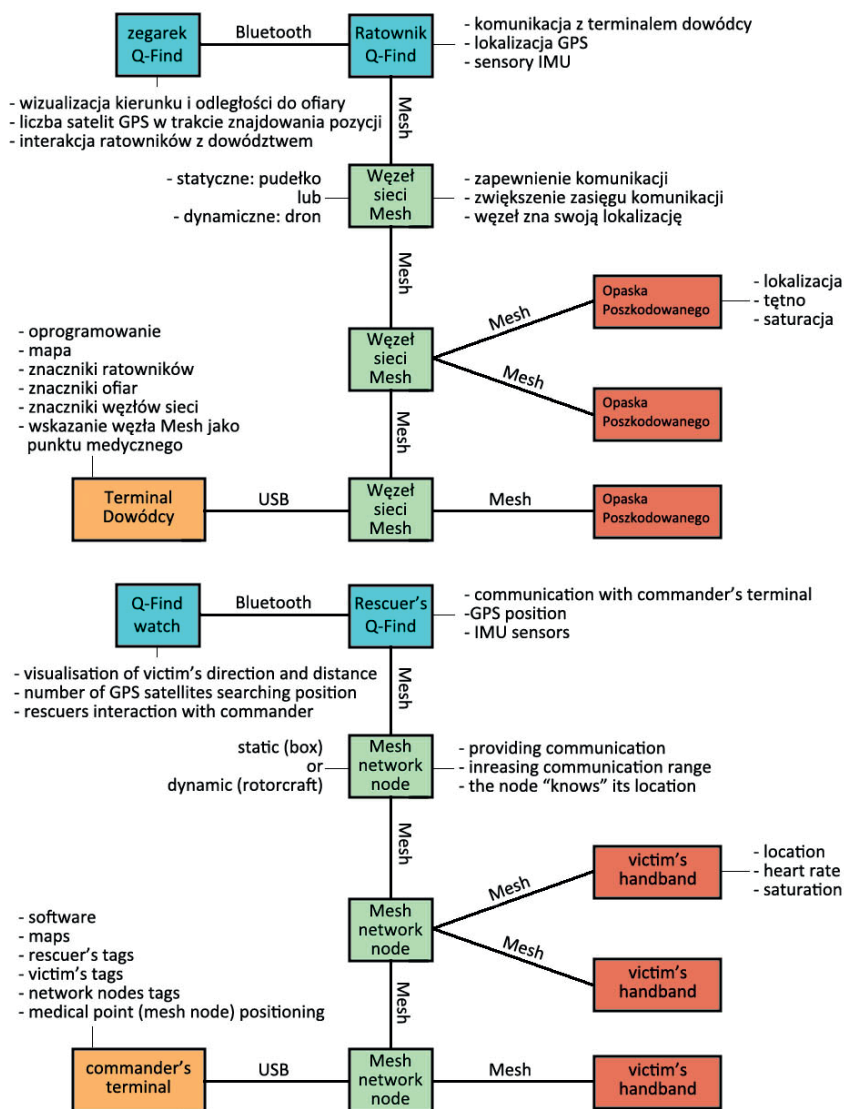
Source: Own elaboration.

Rzeczywisty maksymalny (wyznaczony doświadczalnie) zasięg sieci z zastosowaniem pojedynczego wiroplatu, zapewniający niezawodną transmisję sygnału wynosi około 500 m, a w przypadku zastosowania kilku wiroplatów znacznie się zwiększa [17]. Dowodzi to przydatności zastosowanego rozwiązania w przypadku znacznego rozproszenia lokalizacji poszkodowanych, które zdarza się w warunkach rzeczywistych zdarzeń masowych (np. katastrofa kolejowa pod Szczekocinami czy zawalenie się hali targowej w Katowicach). Ponadto wiroplaty umożliwiają ponowne nawiązanie połączenia z opaskami poszkodowanych, którzy przemieścili się poza zasięg działania sieci Mesh. W przypadku utraty połączenia opaski nie są widoczne w sieci (za pomocą aplikacji SD). Po zmianie położenia wiroplatów (zmiana zasięgu) i znalezieniu „zaginionych” opasek wiroplaty automatycznie przekazały ich status do aplikacji SD.

W czasie testów poligonowych systemu przyjęto jego konstrukcję przedstawioną na ryc. 7.

The actual maximum (experimentally determined) network coverage using a single rotorcraft, facilitating reliable signal transmission, is about 500 m, and, in the case of using several rotorcraft, it increases significantly [17]. This proves the usefulness of the applied solution in the case of considerable scattering of the victims' locations, which is often the case in real mass incidents (e.g. the Szczekociny rail crash or Katowice trade hall collapse). Furthermore, rotorcraft make it possible to restore connection to the bands of the victims which left the area covered by the Mesh network. If the connection is lost, the bands are not visible in the network (using the CP application). After changing rotorcraft location (coverage change) and finding the “lost” bands, the rotorcraft automatically transmit their status to the CP application.

During system tests on the testing ground, its design was as shown in Figure 7.



Rycina 7. Architektura systemu

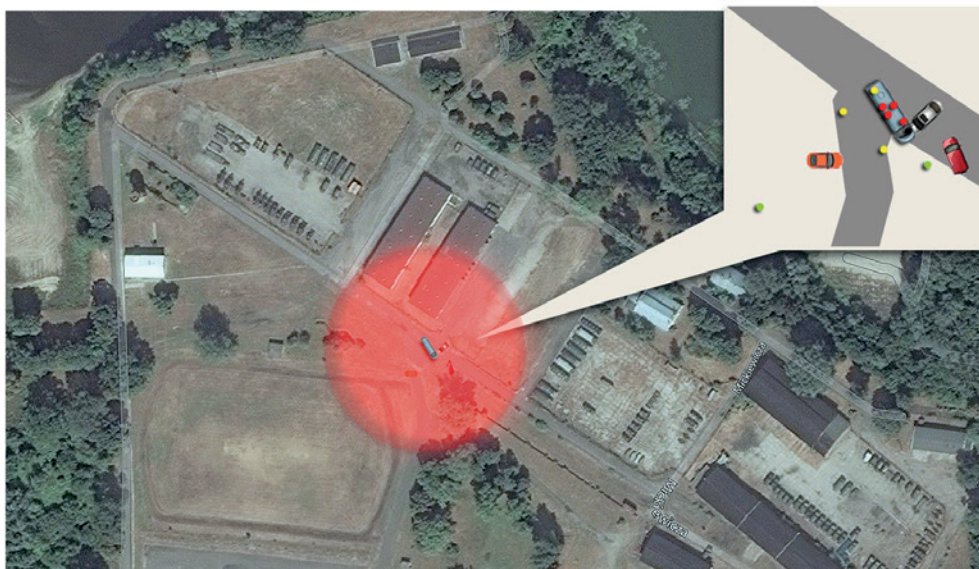
Figure 7. System architecture

Źródło: Robotics Inventions.

Source: Robotics Inventions.

Testy przeprowadzono na bazie dwóch scenariuszy zdarzeń masowych. Pierwszy z nich przewidywał karambol drogowy z udziałem autokaru oraz samochodów osobowych, drugi – zdarzenie o charakterze wielkoobszarowym z rozproszeniem lokalizacji poszkodowanych na dużej przestrzeni. Pole operacyjne i rozmieszczenie poszkodowanych dla opracowanych scenariuszy przedstawiono na ryc. 8 i 9.

The tests were conducted based on two mass incident scenarios. The first was a pileup involving a coach and passenger cars, while the other was a large-area incident with the locations of victims scattered over a large space. The operational field and distribution of the victims for the devised scenarios are presented in Figures 8 and 9.



Rycina 8. Pole operacyjne i rozmieszczenie poszkodowanych w pierwszej części testów poligonowych

Figure 8. The operational field and distribution of the victims in the first part of field tests

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Rycina 9. Pole operacyjne i rozmieszczenie poszkodowanych w drugiej części testów poligonowych

Figure 9. Operational field and distribution of the victims in the second part of field tests

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdziły zakładaną funkcjonalność poszczególnych modułów systemu, tj.:

- sprawność logowania poszczególnych elementów składowych i uruchamiania systemu jako całości;
- sprawność systemów pomiarowych opasek oraz algorytmu sygnalizacji anomalii odczytu (zmiany parametrów życiowych oraz położenia opaski – np. przemieszczanie się poszkodowanego) [18];
- sprawność budowania sieci Mesh;
- możliwość wysyłania ratownika do wskazanej opaski za pomocą aplikacji SD;
- w przypadku przemieszczenia opasek poza zasięg działania sieci Mesh możliwość ponownego nawiązania z nimi połączenia za pomocą modułów komunikacyjnych zamontowanych na wroplatach.

To uwiarygodniło badania całego systemu EvaCopNet.

Wnioski

Wyniki badań wykazały, że opracowany system EvaCopNet ma duży potencjał aplikacyjny. Badania poligonowe potwierdziły poprawność przyjętych rozwiązań technicznych i technologicznych, co zapewniło zakładaną funkcjonalność systemu. Rozwiązania i składowe systemu EvaCopNet są zaprojektowane tak, aby można było je rozwijać wraz z postępem technicznym i technologicznym oraz zwiększającą się wiedzą o występujących lub mogących wystąpić zdarzeniach masowych [19].

System ma duże szanse na komercjalizację, ponieważ jego produkcja nie wymaga inwestowania w nowy park technologiczny, lecz jedynie wykonania prac związanych z miniaturyzacją sprzętu i uodpornieniem systemu na czynniki środowiskowe oraz błędy wynikające z nieprawidłowej eksploatacji. Wykonanie opasek (modułów FT) przez zewnętrznego przedsiębiorcę na podstawie opracowanej dokumentacji prototypu wykazało, że opracowane rozwiązanie może już być wdrożone do produkcji.

W przypadku kontynuacji prac można się spodziewać – po rozwiązaniu kilku problemów technicznych, tj. możliwej długości pracy opasek bez doładowania akumulatorów, oraz przeprowadzeniu prób i korekt programu sterującego w kierunku maksymalizacji liczby opasek w systemie – osiągnięcia siódmego lub ósmego poziomu gotowości technologii opracowanego rozwiązania w dziewięciostopniowej skali zdefiniowanej przez NCBIr oraz przygotowania wniosków patentowych w zakresie:

- zasad konstrukcji i rozwiązań technicznych systemu,
- konstrukcji opaski pomiarowej,
- konstrukcji modułu Q-Find.

System EvaCopNet jest unikatowym rozwiązaniem technologicznym, na podstawie którego można opracować w pełni funkcjonalny system ewakuacji i ratowania z elementami monitorowania poszkodowanych podczas katastrof lub klęsk żywiołowych, przeznaczony dla podmiotów KSRG. Państwowa Straż Pożarna i Ochotnicza Straż Pożarna z założenia pojawiają się jako pierwsze na miejscu zdarzenia. W przypadku zdarzeń masowych

Summary

The carried-out tests corroborated the assumed functionality of the individual system modules, i.e.:

- the efficiency of logging in of the individual components and of the system launch as a whole;
- the efficiency of band measurement systems and the algorithm signalling readout anomalies (changes in vital signs and band placement – e.g. the victim's location being changed) [18];
- the efficiency of Mesh network building;
- the possibility of dispatching a rescuer to the indicated band using the CP application;
- the possibility of reconnecting to the bands should they leave the area covered by the Mesh network, using communication modules installed on the rotorcraft.

This lent credibility to the tests of the entire EvaCopNet system.

Conclusions

The test results have demonstrated that the developed EvaCopNet system has substantial application potential. The field tests corroborated the correctness of the adopted technical and engineering solutions, which ensured the assumed system functionality. EvaCopNet solutions and components are designed in a way facilitating their development following technical and technological progress and increased knowledge about actual or possible mass incidents [19].

The system offers high commercialisation potential, as its production requires no investment in a new technology park, but only the performance of works associated with equipment miniaturisation and immunisation of the system to environmental factors and errors resulting from incorrect operation. The bands (FT modules) manufactured by an external enterprise based on the prepared prototype documentation demonstrated that the developed solution can be already produced.

If work is continued, one can expect – after some technical problems are solved, e.g. extending the battery life of bands, and conducting tests and adjustments of the control program to maximise the number of bands operated in the system – that the 7th or 8th technology readiness level, on a nine-point scale defined by the National Centre for Research and Development, will be reached and that patent applications will be filed. These will concern the following:

- system design rules and technical solutions,
- measurement band design,
- Q-Find module design.

The EvaCopNet system is a unique technological solution, intended for KSRG entities, on the basis of which a fully functional evacuation and rescue system can be developed with elements of monitoring of people injured during disasters. The State Fire Service and Voluntary Fire Service, as a rule, are the first to arrive at the incident site. In the case of mass incidents or natural disasters affecting extensive areas, a system

lub klęsk żywiołowych obejmujących duże obszary system wspomagania ewakuacji w początkowej fazie działań, gdy siły i środki z reguły są niewystarczające, znacząco wpłynąby na jakość działań medycznych. Początkowo ratownicy musieliby, tak jak dotychczas, wykonać triagę poszkodowanych zgodnie z systemem START/JumpSTART, określając pierwotne priorytety ewakuacji, jednak później system EvaCopNet w czasie rzeczywistym korygowałby stan poszkodowanych zgodnie z zadaniem algorytmem. Zmiana statusu kwalifikacji poszkodowanego wraz z jego aktualną lokalizacją przesyłane są on-line na panel stanowiska dowodzenia. Dzięki temu kierujący działaniem ratowniczym uzyskuje dane umożliwiające mu skuteczniejsze zarządzanie akcją ratowniczą. Jest to niezmiernie ważne szczególnie w tych sytuacjach, w których dostęp do poszkodowanych jest utrudniony i konieczne jest wykonanie dostępu w celu ich ewakuacji (karambole na autostradach, zderzenia pociągów, osoby odcięte od cywilizacji, np. w wyniku powodzi, wichury). Wykorzystanie systemu EvaCopNet w realnych działaniach ratowniczych pozwoli znacząco zmniejszyć liczbę ratowników bezpośrednio zaangażowanych w obserwację poszkodowanych i nadzór nad nimi. Kierującemu działaniem ratowniczym system ten umożliwi skierowanie dodatkowych ratowników do bezpośrednich działań w strefie zagrożenia, a tym samym zwiększy szanse na przeżycie poszkodowanych w warunkach katastrofy lub zdarzenia masowego.

supporting evacuation in the initial stage of operation, when the forces and resources are usually insufficient, would significantly improve the quality of medical activities. Initially, rescuers would have to, as it is the case today, triage the victims using the START/JumpSTART system, determining the primary evacuation priorities. After that, however, the EvaCopNet system would adjust in real time the data on the condition of the victims in line with the set algorithm. Changes in the classification status of victims, along with their present location, are sent online to the command post panel. Owing to this, the person managing the rescue activities obtains data facilitating a more effective management of the rescue operations. This is especially important in situations where access to victims is difficult and it is necessary to gain it in order to evacuate them (pileups on motorways, train crashes, castaway individuals, e.g. as a result of floods or storms). The utilisation of the EvaCopNet system in actual rescue activities will make it possible to considerably decrease the number of rescuers directly engaged in the observation of and supervision over the victims. The system will allow the person managing the rescue activities to dispatch additional rescuers to act directly in the danger zone, and will thereby increase the chances of survival of the victims of a catastrophe or a mass incident.

Wykaz skrótów

KSRG – Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy
 PSP – Państwowa Straż Pożarna
 OSP – Ochotnicza Straż Pożarna
 KPP – kwalifikowana pierwsza pomoc
 SOR – Szpitalny Oddział Ratunkowy
 START – prosta segregacja i szybkie leczenie
 SALT – segregacja, ocena, zabiegi ratujące życie, leczenie/transport
 FT – FlagTag
 UAV – bezzałogowy statek powietrzny
 LPR – Lotnicze Pogotowie Ratunkowe
 SpO2 – saturacja
 SD – stanowisko dowodzenia
 GPS – system nawigacji satelitarnej

List of abbreviations

KSRG – National Firefighting and Rescue System
 PSP – State Fire Service
 OSP – Voluntary Fire Service
 KPP – advanced first aid
 SOR – hospital emergency department
 START – Simple Triage and Rapid Transport
 SALT – Sort, Assess, Lifesaving Interventions, Treat/Transport
 FT – FlagTag
 UAV – unmanned aerial vehicle
 LPR – Medical Air Rescue
 SpO2 – saturation
 CP – command post
 GPS – Global Positioning System

Literatura/Literature

- [1] *Organizacja KSRG*, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2018 [dostęp: 9.07.2018, http://www.straz.gov.pl/panstwowa_straz_pozarna/krajowy_system_ratowniczo_gaśniczy].
- [2] Zawadzki A., *Medycyna ratunkowa i katastrof*, wyd. II, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2015.
- [3] *System ewakuacji i ratowania poszkodowanych podczas klęsk żywiołowych – EvaCopNet*, projekt nr PBS3/B9/37/2015, Program Badań Stosowanych PBS3 współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.
- [4] Widgren B.R., Jourak M., *Medical Emergency Triage and Treatment System (METTS): A New Protocol in Primary Triage and Secondary Priority Decision in Emergency Medicine*, „The Journal of Emergency Medicine” 2011, 40(6), 623–628.
- [5] Lidal I. B., Holte H.H., Vist G.E., *Triage systems for pre-hospital emergency medical services – a systematic review*, „Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine” 2013, 21(1), 28.
- [6] Kunikowski G., Rostek K., *Analiza porównawcza modeli systemów ratownictwa w Polsce i w wybranych krajach*, „Zeszyty Naukowe UEK” 2016, 11(959), 93–108.

- [7] Dragan A., Krasnowolski A., Woronowicz S., *Organizacja służb ratownictwa medycznego w wybranych państwach*, Biuro Analiz i Dokumentacji, Kancelaria Senatu, Warszawa 2013.
- [8] Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz. U. Nr 191, poz. 1410 z późn. zm.).
- [9] *Wytyczne resuscytacji 2015 Europejskiej Rady Resuscytacji*, <http://www.prc.krakow.pl/podreczniki/Wytyczne2015/spis2015.pdf> [dostęp: 9.07.2018].
- [10] Lerner E.B., Schwartz R.B., McGovern J.E., *Prehospital triage for mass casualties*, „Medical Oversight of EMS” 2015, 2, 11–15.
- [11] *Zasady organizacji ratownictwa medycznego w KSRG*, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2013 [dostęp: 9.07.2018 http://www.straz.gov.pl/panstwowa_straz_pozarna/wykaz_wazniejszych_zasad_obowiazujacych_w_ksrg] [link bezpośredni www.straz.gov.pl/download/1854].
- [12] Youngson R.M., *Collins: słownik encyklopedyczny. Medycyna*, Wydawnictwo RTW 1997.
- [13] Mackway-Jones K., Marsden J., Windle J., *Triage. Ratunkowa segregacja medyczna*, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2012.
- [14] Estrada E.G., *Triage systems*, „Nursing Clinics of North America” 1981, 16(1), 13–24.
- [15] Romig L.E., *Pediatric triage: A system to Jump START your triage of young patients at MCI*, „Journal of Emergency Medical Services” 2002, 27(7), 52–8, 60–3.
- [16] Rahimi M., Pon R., Kaiser W.J., Sukhatme G.S., Estrin D., Srivastavan M., *Adaptive sampling for environmental robotics*, IEEE International Conference Robotics and Automation, 2004, 3537–3544.
- [17] La H.M., Sheng W., *Dynamic target tracking and observing in a mobile sensor network*, „Robotics and Autonomous Systems” 2012, 60, 996-1009.
- [18] Gelda R., Effler S., *Metabolic rate estimates for a eutrophic lake from diel dissolved oxygen signals*, „Hydrobiologia” 2002, 485(16), 51–66.
- [19] La H.M., Sheng W., Chen J., *Cooperative and Active Sensing in Mobile Sensor Networks for Scalar Field Mapping*, „IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems” 2015, 45, 1–12.

MŁ. KPT. MGR INŻ. MAŁGORZATA CIUKA-WITRYLAK – w 2005 roku ukończyła studia na Wydziale Inżynierii, Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej (specjalność: ratownictwo chemiczne, monitoring i ochrona środowiska). W latach 2004-2012 pracowała w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej nr 6 na stanowisku ratownika specjalisty. Od 2012 roku pracuje na stanowisku asystenta w Zakładzie Ratownictwa Chemicznego i Ekologicznego Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej.

ST. KPT. MGR INŻ. KARINA JAROSŁAWSKA-KOLMAN – w 2002 roku ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Pracuje na stanowisku starszego wykładowcy w Zakładzie Ratownictwa Technicznego Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego tej uczelni. Ponadto pełni funkcję kierownika pracowni ratownictwa medycznego. W lipcu 2018 roku uzyskała uprawnienia ratownika medycznego.

NADBRYG. W ST. SPOCZ. DR RYSZARD GROSSET – w 1978 roku ukończył studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Karierę zawodową zaczynał jako wykładowca na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Następnie pełnił funkcję głównego specjalisty ds. ratownictwa chemicznego w Komendzie Głównej PSP. W 2000 roku został powołany na stanowisko zastępcy Komendanta Głównego PSP. Od 2005 roku pełnił funkcję rektora-komendanta Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. W latach 2009-2010 był doradcą w Rządowym Centrum Bezpieczeństwa. Obecnie pracuje jako profesor wizytujący na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej.

JUNIOR CAPTAIN MAŁGORZATA CIUKA-WITRYLAK, M. ENG. – graduated in 2005 from the Faculty of Engineering, Technical Physics and Chemistry, Military University of Technology (specialising in: chemical rescue, environmental monitoring and protection). Between 2004 and 2012 she worked in Firefighting and Rescue Unit No. 6 as a rescue specialist. Since 2012, she has been employed as Assistant at the Chemical and Ecological Rescue Department of the Faculty of Fire Safety Engineering, Main School of Fire Service.

SENIOR CAPTAIN KARINA JAROSŁAWSKA-KOLMAN, M. ENG. – graduated in 2002 from the Faculty of Fire Safety Engineering, Main School of Fire Service. Employed in the position of Senior Lecturer at the University's Technical Rescue Department, Faculty of Fire Safety Engineering. Furthermore, she acts as the Head of the medical emergency service laboratory. In July 2018, she obtained the licence of a paramedical practitioner.

CHIEF BRIGADIER EMERITUS RYSZARD GROSSET, P.H.D. – graduated in 1978 from the Faculty of Chemistry, University of Warsaw. He started his career as a lecturer at the Faculty of Fire Safety Engineering, Main School of Fire Service. Next, he was the Main Chemical Rescue Specialist at the National Headquarters of the State Fire Service. In 2000, he was appointed the Deputy Chief Commandant of the State Fire Service. Since 2005 he has acted as the Rector Commandant of the Main School of Fire Service. In 2009-2010 he served as an advisor in the Government Centre for Security. At present, he works as a visiting professor at the Faculty of Fire Safety Engineering, Main School of Fire Service.