

Funkcjonalność mobilnego laboratorium CBRNE Państwowej Straży Pożarnej w świetle przepisów prawnych oraz założeń operacyjnych Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego

**Functionality of the mobile CBRNE laboratory of the State Fire Service
in the context of legal regulations and operational assumptions
of the National Firefighting and Rescue System**

GRZEGORZ BUGAJ

Stowarzyszenie Specjalistów ds. Bezpieczeństwa CBRNE

 <https://orcid.org/0000-0003-1650-023X>

Abstrakt

W artykule przeanalizowano funkcjonalność mobilnego laboratorium CBRNE Państwowej Straży Pożarnej (PSP) w kontekście obowiązujących przepisów prawnych oraz założeń operacyjnych Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego. Laboratorium to, zaprojektowane jako najwyższy poziom gotowości operacyjnej (poziom L) w strukturze ratownictwa chemicznego i ekologicznego, stanowi istotne wzmocnienie zdolności analitycznych PSP do reagowania na zagrożenia chemiczne, biologiczne, radiologiczne, nuklearne i wybuchowe. W pracy przedstawiono charakterystykę techniczną laboratorium – jego konstrukcję modułową, zaawansowane systemy filtracyjne i dekontaminacyjne oraz wyposażenie analityczne zgodne ze standardami Organizacji Traktatu Północnoatlantyckiego. Omówiono scenariusze operacyjne wykorzystania laboratorium, z uwzględnieniem identyfikacji przesyłek niebezpiecznych, oceny skażeń środowiskowych oraz reagowania

na zagrożenia radiacyjne. Przeanalizowano również wyzwania związane z funkcjonowaniem mobilnych laboratoriów, w tym kwestie formalne dotyczące klasyfikacji BSL-3, wymagania kadrowe oraz aspekty logistyczne. Podkreślono strategiczne znaczenie mobilnych laboratoriów CBRNE dla bezpieczeństwa Polski jako państwa granicznego Unii Europejskiej i NATO, zwłaszcza w świetle doświadczeń z konfliktu w Ukrainie, które wskazują, że ryzyko uwolnienia substancji toksycznych w wyniku działań wojennych jest realne.

Słowa kluczowe mobilne laboratorium CBRNE, Państwowa Straż Pożarna, bezpieczeństwo CBRNE, ratownictwo chemiczne, zagrożenia radiacyjne

Abstract The article analyses the functionality of the mobile CBRNE laboratory of the State Fire Service in the context of applicable legal regulations and operational assumptions of the National Firefighting and Rescue System. This laboratory, designed as the highest (L) level of operational readiness in the chemical and ecological rescue structure, significantly strengthens the analytical capabilities of the State Fire Service to respond to chemical, biological, radiological, nuclear and explosive threats. The paper presents a detailed technical characteristics of the laboratory, including its modular construction, advanced filtration and decontamination systems, and analytical equipment compliant with NATO standards. Operational scenarios for the laboratory's use are discussed, with particular emphasis on the identification of dangerous shipments, assessment of environmental contamination, and response to radiological threats. The article also analyses challenges related to the operation of mobile laboratories, including formal issues regarding BSL-3 classification, staffing requirements, and logistical aspects. The strategic importance of mobile CBRNE laboratories for Poland's security as a border state of the EU and NATO is emphasised, especially in light of experiences from the conflict in Ukraine, indicating the real risk of releasing toxic substances as a result of warfare.

Keywords mobile CBRNE laboratory, State Fire Service, CBRNE security, chemical rescue, radiological threats

Wprowadzenie

Zagrożenia chemiczne, biologiczne, radiologiczne, nuklearne i wybuchowe (ang. *chemical, biological, radiological, nuclear, and explosive*, CBRNE) należą do najpoważniejszych wyzwań, przed jakimi stoją współczesne systemy bezpieczeństwa powszechnego. W literaturze przedmiotu można zauważyć systematyczny wzrost zainteresowania tą problematyką, czego wyrazem jest rosnąca liczba publikacji naukowych¹.

Mobilne laboratoria CBRNE stały się przedmiotem szczegółowych badań już na początku XXI w. Przykładem mogą być projekty włoskich laboratoriów mobilnych² czy koncepcje Deployable Mobile CBRN Laboratory³, rozwijane dzięki inwestycjom zwiększonym po atakach terrorystycznych w Stanach Zjednoczonych i Japonii. W Finlandii opracowano mobilne laboratorium diagnostyczne umożliwiające prowadzenie analiz w warunkach polowych. Jego przydatność oceniło NATO⁴. Rozwiązania te wpisują się w globalny trend zwiększania mobilnych zdolności analitycznych, nasilony po 2001 r. W odniesieniu do sprzętu stosowanego w mobilnych laboratoriach badania międzynarodowe koncentrują się na miniaturyzacji urządzeń analitycznych oraz zwiększaniu ich skuteczności⁵. Prowadzone są

-
- ¹ Por. m.in.: *CBRN Protection: Managing the Threat of Chemical, Biological, Radioactive and Nuclear Weapons*, A. Richardt i in. (red.), Weinheim 2013; M. Gawlik-Kobylińska, M. Urban, G. Gudzbeler, *The EU-SENSE System as a Tool to Support Airport Security*, w: *Reliability and Statistics in Transportation and Communication: Human Sustainability and Resilience in the Digital Age*, I. Kabashkin, I. Yatskiv, O. Prentkovskis (red.), s. 597–605, seria: *Lecture Notes in Networks and Systems*, t. 1337, Cham 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87532-8_53; M. Urban, *Protection of Airports against the Threat of CBRNE*, „*Studia Bezpieczeństwa Narodowego*” 2023, t. 29, nr 3, s. 7–34. <https://doi.org/10.37055/sbn/171016>; *Przeciwdziałanie zagrożeniom CBRNE – aspekty teoretyczne i praktyczne*, Ł. Jureńczyk, A. Pieczywok, M. Urban (red.), Bydgoszcz 2024; A. Rabajczyk i in., *Monitoring of Selected CBRN Threats in the Air in Industrial Areas with the Use of Unmanned Aerial Vehicles*, „*Atmosphere*” 2020, nr 11, 1373. <https://doi.org/10.3390/atmos11121373>.
- ² G. Mari i in., *CBRN mobile laboratories in Italy*, „*Proceedings SPIE 7304, Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosives (CBRNE) Sensing X*” 2009, t. 7304. <https://doi.org/10.1117/12.819445>.
- ³ C. Toader i in., *Mobile Deployable Laboratory – Chemical Module*, „*International Conference KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION*” 2016, t. 22, nr 3, s. 677–680. <https://doi.org/10.1515/kbo-2016-0116>.
- ⁴ P.M. Kinnunen i in., *Mobile Diagnostic CBRN Field Laboratory: NATO evaluated Finnish Design*, „*Challenge – Medical CBRN Defence International*” 2012, nr 1.
- ⁵ Por. m.in.: D. Di Giovanni i in., *Design of Miniaturized Sensors for a Mission-Oriented UAV Application: A New Pathway for Early Warning*, „*International Journal of Safety and Security Engineering*” 2021, t. 11, nr 4, s. 435–444. <https://doi.org/10.18280/ijss.110417>; M. Gawlik-Kobylińska i in., *The EU-SENSE System for Chemical Hazards Detection, Identification, and Monitoring*, „*Applied Sciences*” 2021, t. 11, nr 21, 10308. <https://doi.org/10.3390/app112110308>; Ł. Szklarski, *Diagnoza*

również analizy dotyczące wykorzystania mobilnych laboratoriów jako narzędzi wspierających działania ratownicze. Badania wskazują, że mobilne zdolności analityczne mają decydujące znaczenie dla skrócenia czasu reakcji i poprawy jakości decyzji operacyjnych. Potwierdzają to zarówno doświadczenia płynące z wykorzystania laboratoriów mobilnych podczas epidemii wirusa Ebola w Afryce⁶, jak i wyniki projektu MIRACLE (Mobile Laboratory Capacity for the Rapid Assessment of CBRN Threats Located within and outside the EU) finansowanego przez Unię Europejską. Celem tego projektu było rozwijanie zdolności oceny zagrożeń CBRN bezpośrednio w miejscu ich wystąpienia⁷.

Mobilne laboratoria CBRNE są przedmiotem systematycznych badań prowadzonych nie tylko w ramach programów ramowych UE, lecz także inicjatyw NATO. Projekty takie jak PRACTICE (Preparedness and Resilience Against CBRN Terrorism using Integrated Concepts and Equipment) czy EU-SENSE (European Sensor System for CBRN Applications) służą rozwijaniu nowych koncepcji mobilnych systemów analitycznych⁸.

Sytuacja geopolityczna w Europie Środkowo-Wschodniej, na którą ma wpływ zwłaszcza konflikt w Ukrainie, generuje nowe wymagania dla systemów reagowania na zagrożenia CBRNE. Nie wszystkie kwestie zostały w pełni uwzględnione w badaniach. Literatura przedmiotu nie zawiera pogłębionych analiz dotyczących integracji mobilnych laboratoriów z systemami ratownictwa w Polsce oraz ich zgodności z krajowymi przepisami prawa i normami technicznymi. Brakuje również opracowań analizujących rzeczywiste bariery operacyjne tych laboratoriów. Możliwości urzędów analitycznych są szczegółowo opisywane w literaturze technicznej, ale nie ma badań poświęconych wyzwaniom kadrowym, proceduralnym, logistycznym oraz organizacyjnym, które mogą mieć duży wpływ na efektywność wykorzystania w praktyce tych zaawansowanych technologicznie rozwiązań⁹. Uwagę skupia się

potrzeb w zakresie usprawnienia technologii i sprzętu służącego reagowaniu na incydenty o charakterze CBRN. Zarys problemu z perspektywy europejskich straży pożarnych, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2021, t. 2, nr 80, s. 142–160. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6474>.

⁶ A. Parsons i in., *Examining the utility and readiness of mobile and field transportable laboratories for biodefence and global health security-related purposes*, „Global Security: Health, Science and Policy” 2018, t. 3, nr 1, s. 1–13. <https://doi.org/10.1080/23779497.2018.1480403>.

⁷ *Final Report Summary – MIRACLE (Mobile Laboratory Capacity for the Rapid Assessment of CBRN Threats Located within and outside the EU)*, CORDIS – EU research results, 9 II 2016 r., <https://cordis.europa.eu/project/id/312885/reporting> [dostęp: 25 IX 2025].

⁸ Ł. Szklarski, *CBRN threats, EU-SENSE system: Paving the way for future national security systems – an assessment of the suitability of the concept for the future of national security*, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2024, t. 2, nr 89, s. 139–156. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.3833>.

⁹ R. Jankowski, P. Wereski, *CBRNE lab*, *Przegląd Pożarniczy*, <https://www.ppoz.pl/czytelnia/ratownictwo-i-ochrona-ludnosci/CBRNE-lab/idn:2828> [dostęp: 25 IX 2025].

przede wszystkim na ogólnych zagadnieniach z zakresu bezpieczeństwa chemicznego i ratownictwa specjalistycznego, za mało jest natomiast szczegółowych analiz poświęconych nowoczesnym rozwiązaniom technicznym wdrożonym w strukturach Państwowej Straży Pożarnej (PSP).

Problemem badawczym, z którym zmierzył się autor artykułu, było pytanie o rzeczywistą efektywność operacyjną mobilnych laboratoriów CBRNE PSP, rozumianą jako realne możliwości ich wykorzystania w działaniach ratowniczych, w kontekście rozbieżności między formalnymi wymaganiami techniczno-prawnymi a uwarunkowaniami kadrowymi, proceduralnymi, logistycznymi oraz organizacyjnymi. Rozbieżności te mogą znacznie ograniczać zdolność do skutecznego reagowania na incydenty CBRNE. Celem badań była kompleksowa analiza funkcjonalności mobilnych laboratoriów CBRNE PSP przez udzielenie odpowiedzi na następujące pytania badawcze:

1. W jakim stopniu mobilne laboratoria CBRNE PSP spełniają wymagania prawne i normatywne?
2. Jakie są rzeczywiste możliwości operacyjne mobilnych laboratoriów CBRNE PSP w kontekście założeń Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG)?
3. Jakie są główne wyzwania i ograniczenia w funkcjonowaniu mobilnych laboratoriów CBRNE PSP?

Autor przyjął hipotezę, że zaawansowanie technologiczne mobilnych laboratoriów CBRNE może generować wyzwania organizacyjne i operacyjne, którym sprostanie wymaga wdrożenia adekwatnych rozwiązań systemowych. Artykuł ma charakter przyczynkowski, stanowiąc studium funkcjonalności mobilnych laboratoriów CBRNE PSP, które otwiera pole do dalszych badań empirycznych nad optymalizacją wykorzystania tych laboratoriów w systemie bezpieczeństwa państwa.

Metody badawcze

Badanie oparto na analizie jakościowej dokumentów prawnych, norm technicznych oraz dokumentacji technicznej mobilnych laboratoriów CBRNE PSP. Zastosowano metodę analizy treści oraz analizę porównawczą w celu oceny zgodności rozwiązań technicznych z wymaganiami normatywnymi.

W badaniu wykorzystano następujące źródła danych:

- akty prawne: ustawa o Państwowej Straży Pożarnej oraz rozporządzenia wykonawcze dotyczące organizacji i funkcjonowania KSRG,
- dokumenty operacyjne: *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*,

- normy techniczne,
- dokumentację techniczną producenta laboratoriów,
- materiały audiowizualne prezentujące funkcjonalność laboratoriów.

Ocenę funkcjonalności laboratoriów CBRNE PSP przeprowadzono według następujących kryteriów:

- zgodność z przepisami prawa krajowego,
- zgodność z normami technicznymi,
- zdolności operacyjne w kontekście zadań KSRG,
- interoperacyjność z systemami krajowymi i międzynarodowymi,
- ograniczenia techniczne i organizacyjne.

Badanie opierało się głównie na analizie dokumentów i nie objęło badań empirycznych działania laboratoriów w warunkach rzeczywistych. Dostęp do niektórych dokumentów operacyjnych był ograniczony ze względu na ich niejawny charakter. Z tego faktu wynikają ograniczenia metodologiczne.

Ramy prawne i normatywne funkcjonowania w Polsce mobilnych laboratoriów CBRNE PSP

Działalność mobilnych laboratoriów CBRNE PSP jest osadzona w złożonym systemie regulacji prawnych, obejmującym zarówno przepisy krajowe, jak i normy międzynarodowe. Podstawę prawną stanowi ustawa o Państwowej Straży Pożarnej¹⁰, która określa organizację i zakres jej działania, w tym realizację zadań z zakresu ratownictwa chemicznego i ekologicznego. Przepisy wykonawcze do tej ustawy, przede wszystkim rozporządzenie dotyczące szczegółowej organizacji KSRG, definiują zagrożenia CBRNE jako: (...) *zagrożenia powodowane przez czynniki chemiczne, biologiczne, radioaktywne, nuklearne oraz wybuchowe, które ze względu na swoje właściwości zostały użyte lub mogły zostać użyte w sposób celowy do wywołania zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi, zwierząt oraz środowiska naturalnego*¹¹.

Równie istotne są *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*¹², które określają strukturę organizacyjną i zadania specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego

¹⁰ Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej.

¹¹ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego.

¹² *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*, Warszawa 2025.

(SGRChem-Eko) na różnych poziomach gotowości operacyjnej. W tym dokumencie wprowadzono podział na pięć poziomów gotowości:

- 1) poziom A – zabezpieczenie chemiczne,
- 2) poziom B – rozpoznanie chemiczne,
- 3) poziom C – rozpoznanie specjalne,
- 4) poziom D – dekontaminacja,
- 5) poziom L – analiza laboratoryjna.

Wdrożone mobilne laboratoria CBRNE PSP odpowiadają najwyższemu poziomowi gotowości (L). Analiza laboratoryjna obejmuje działania wymagające użycia zaawansowanych metod i środków analitycznych, przewyższających możliwości poziomów rozpoznania chemicznego i rozpoznania specjalnego. SGRChem-Eko poziomu gotowości L dzięki wykwalifikowanemu personelowi zapewnia wsparcie merytoryczne w interpretacji danych o zdarzeniu i wyników analizy uzyskanych przez podmioty KSRG¹³.

Zakres zadań laboratorium obejmuje:

- bezpośredni udział w działaniach na miejscu zdarzenia,
- wykonanie analizy próbek dostarczonych przez jednostki włączone do KSRG,
- zdalną interpretację przesłanych wyników analizy chemicznej.

Laboratoria CBRNE PSP były projektowane zgodnie z przepisami krajowymi i normami międzynarodowymi, w tym:

- normami dotyczącymi infrastruktury laboratoryjnej i wyposażenia (PN-EN 13150:2004¹⁴, PN-EN 14175¹⁵, PN-EN 14727:2006¹⁶),
- normami dla wody, pomieszczeń czystych i dekontaminacji (PN-EN ISO 3696:1999¹⁷, PN-EN ISO 14644¹⁸),

¹³ Tamże, pkt 3.2.L, s. 14.

¹⁴ PN-EN 13150:2004 – Stoły robocze dla laboratoriów – Wymiary, wymagania bezpieczeństwa i metody badań, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004.

¹⁵ PN-EN 14175 (części 1–6) – Wyciągi laboratoryjne, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

¹⁶ PN-EN 14727:2006 – Meble laboratoryjne – Meble laboratoryjne do przechowywania – Wymagania i metody badań, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2006.

¹⁷ PN-EN ISO 3696:1999/Ap1:2004 – Woda stosowana w laboratoriach analitycznych – Wymagania i metody badań, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1999/2004.

¹⁸ PN-EN ISO 14644 – Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

- normami biotechnologicznymi i bezpieczeństwa biologicznego (PN-EN 12128:2000¹⁹, PN-EN 12740:2002²⁰, PN-EN 12469:2002²¹),
- normą dotyczącą systemów zasilania i automatyki (PN-EN 62040²²),
- normami eksploatacyjnymi zbiorników i urządzeń pomocniczych (PN-EN 13311-1:2004²³, PN-EN 12347:2002²⁴),
- normami międzynarodowymi i specjalistycznymi (DIN 16892:2000-07²⁵, DIN 19541:2004-09²⁶).

Zgodnie z deklaracją producenta²⁷ mobilne laboratoria CBRNE PSP uwzględniają również standardy NATO, w tym:

- STANAG 4632²⁸ – Deployable NBC Analytical Laboratory,
- AEP-66²⁹ – NATO Handbook for Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents (SIBCRA),
- DD/3.8(B)³⁰ – Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych,

¹⁹ PN-EN 12128:2000/Ap1:2001 – Biotechnologia – Laboratoria badawcze, rozwoju i analizy – Stopnie hermetyczności laboratoriów mikrobiologicznych, strefy ryzyka i wymagania względem lokalizacji i bezpieczeństwa fizycznego, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2000/2001.

²⁰ PN-EN 12740:2002 – Biotechnologia – Laboratoria badawcze, rozwojowe i analityczne – Wytuczne do postępowania z odpadami, ich inaktywacji i kontroli, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.

²¹ PN-EN 12469:2002 – Biotechnologia – Kryteria działania komór bezpiecznej pracy mikrobiologicznej, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.

²² PN-EN 62040 – Systemy bezprzewodowego zasilania (UPS), Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

²³ PN-EN 13311-1:2004 – Biotechnologia – Kryteria eksploatacji zbiorników – Część 1: Ogólne kryteria eksploatacji; PN-EN 13311-5:2004 – Biotechnologia – Kryteria eksploatacji zbiorników – Część 5: Zbiorniki do inaktywacji, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004.

²⁴ PN-EN 12347:2002 – Biotechnologia – Kryteria działania sterylizatorów parowych i autoklawów, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.

²⁵ DIN 16892:2000-07 – Kunststoff-Rohrleitungssysteme aus vernetztem Polyethylen (PE-X) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2000.

²⁶ DIN 19541:2004-09 – Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004.

²⁷ PEX DEFENCE POLSKA – Prezentacja produktu Laboratorium CBRNE, YouTube, 15 XI 2024 r., <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=ClJ9FZuZGQM> [dostęp: 18 V 2025].

²⁸ STANAG 4632 (Edition 1) – Deployable NBC Analytical Laboratory, NATO Standardization Agency, Brussels 2005.

²⁹ AEP-66 – NATO Handbook for Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents (SIBCRA), NATO Standardization Agency, Brussels 2015.

³⁰ DD/3.8(B) – Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych, Ministerstwo Obrony Narodowej, Sztab Generalny Wojska Polskiego, Warszawa 2013.

- DD 4.10(A)³¹ – Zabezpieczenie medyczne Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej.

Charakterystyka techniczna mobilnych laboratoriów CBRNE PSP

Laboratorium zostało zaprojektowane jako kompletny, samowystarczalny system analityczny, zdolny do realizacji pełnego procesu badawczego w warunkach terenowych. Kluczowym założeniem projektowym było skrócenie czasu między poborem próbki a uzyskaniem wiarygodnych wyników analizy, co w sytuacjach zagrożenia ma decydujące znaczenie. System podzielono na pięć głównych obszarów funkcjonalnych.

1. Czas rozstawienia i osiągnięcia gotowości operacyjnej – konstrukcja umożliwia uzyskanie wymaganych warunków klimatycznych i gotowości analitycznej w czasie nieprzekraczającym 45 minut od momentu rozstawienia (nie dotyczy urządzeń wymagających dłuższego czasu stabilizacji).
2. Kompleksowość realizowanych analiz – wyposażenie umożliwia detekcję i identyfikację substancji chemicznych, biologicznych, radiacyjnych i promieniotwórczych przy użyciu zaawansowanych urządzeń analitycznych (GC-MS, FTIR, Raman, PCR, XRF, IMS, HPGe, FPD)³².
3. Autonomiczność i logistyka – zapewniają je agregat prądotwórczy o mocy 80 kW, systemy UPS, dekontaminacji i gospodarki ściekami, które umożliwiają długotrwałą pracę bez dostępu do infrastruktury zewnętrznej.
4. Bezpieczeństwo operatorów i środowiska – spełnienie wymagań dotyczących laboratoriów bezpieczeństwa biologicznego klasy BSL-3 (ang. *bio-safety level 3*) obowiązujących przy pracy z mikroorganizmami o wysokim stopniu ryzyka, przenoszonymi drogą powietrzną. Uzyskano to dzięki zastosowaniu hermetycznych śluz osobowych, komór rękawicowych klasy III, systemów wentylacyjnych z filtrami HEPA klasy H14 oraz redundantnych zabezpieczeń.

³¹ DD 4.10(A) – Zabezpieczenie medyczne Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, Ministerstwo Obrony Narodowej, Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych, Bydgoszcz 2015.

³² GC-MS (ang. *gas chromatography-mass spectrometry*) – chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas; FTIR (ang. *Fourier transform infrared spectroscopy*) – spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera; Raman – spektroskopia Ramana; PCR (ang. *polymerase chain reaction*) – reakcja łańcuchowa polimerazy; XRF (ang. *X-ray fluorescence*) – fluorescencyjna analiza rentgenowska; IMS (ang. *ion mobility spectrometry*) – spektrometria ruchliwości jonów; HPGe – wysokorozdzielczy detektor germanowy do spektrometrii promieniowania gamma; FPD (ang. *flame photometric detector*) – płomieniowy detektor fotometryczny, selektywny m.in. względem związków siarki i fosforu, powszechnie wykorzystywany w analizie środków bojowych i toksycznych związków organicznych.

5. Interoperacyjność i zdolność integracji z innymi służbami – zgodność ze standardami NATO w zakresie rozpoznania CBRNE, zdolność do pracy na podstawie procedur SIBCRA (pobieranie próbek i identyfikacja czynników biologicznych, chemicznych i radiologicznych) oraz działania w trybie CBRN Reachback (zdalna wymiana danych, ekspertyz i konsultacji między jednostkami terenowymi a centrami analitycznymi i eksperckimi w zakresie zagrożeń CBRN).

Konstrukcja i podział funkcjonalny

Laboratorium zostało zbudowane na trzysosiowej naczepie z zawieszeniem pneumatycznym, umożliwiającej bezpieczny transport wrażliwych urządzeń analitycznych. Naczepa jest wyposażona w hydrauliczne podpory stabilizujące, pozwalające na pracę w trybie stacjonarnym bez ciągnika siodłowego.

Układ funkcjonalny laboratorium składa się z czterech głównych przedziałów.

1. Przedział operacyjny (A) – rozsuwany segment naczepy przeznaczony do zarządzania systemami pokładowymi, pełniący funkcję centrum nadzoru i bufora klimatycznego. Po rozstawieniu pojazdu konstrukcja wysuwana zwiększa przestrzeń roboczą.
2. Przedział biologiczny (B) – laboratorium spełniające warunki hermetyczności klasy BSL-3, wyposażone w komorę rękawicową klasy III, dygestorium, autoklaw, system dekontaminacji, system HVAC (ang. *heating, ventilation, air conditioning*) oraz śluzy podawczą i osobową.
3. Przedział chemiczny (C) – centralna część laboratorium przeznaczona do analiz fizykochemicznych, wyposażona w chromatografy, spektrometry, dygestorium przeciwwybuchowe oraz zlew laboratoryjny z systemem odpływu do zbiorników odpadów.
4. Strefy techniczne – zawierające instalacje wspierające (filtry, wentylacja, systemy zasilania).

Infrastruktura techniczna laboratorium obejmuje zaawansowane systemy zasilania, teleinformatyki oraz monitoringu środowiska.

Systemy filtracyjne, wentylacyjne i dekontaminacyjne

Laboratorium dysponuje zaawansowanymi układami filtracji i kontroli przepływu powietrza, dzięki którym jest zapewnione bezpieczeństwo pracy z materiałami niebezpiecznymi. System wentylacyjny został zintegrowany z zespołem filtrowentylacyjnym i generuje precyzyjnie kontrolowaną kaskadę ciśnień. Przepływ powietrza odbywa się zgodnie z zasadami strefowości i nie ma możliwości kontaminacji krzyżowej. Powietrze dostarczane do przestrzeni laboratoryjnej przechodzi przez wielostopniowy układ oczyszczania. W jego skład wchodzi filtry

wstępne oraz wysokowydajne filtry węglowe HEPA H14, spełniające wymagania normy PN 1822:2009³³. Obudowy filtrów są zgodne z wytycznymi normy PN-EN ISO 14644-3:2020³⁴, co zapewnia kontrolę upływu i szczelności montażu. Konstrukcja umożliwia dekontaminację obudowy filtrów przy użyciu nadtlenu wodoru.

Centrala wentylacyjna obsługuje przepływ 1500 m³/h, wykorzystując wyłącznie powietrze zewnętrzne. System utrzymuje precyzyjną kaskadę ciśnień – służa osobowa funkcjonuje przy ciśnieniu odniesienia 0 Pa, a przedział biologiczny pracuje przy podciśnieniu -30 Pa.

Przedział biologiczny wyposażono w zaawansowany system dekontaminacji gazowej wykorzystujący nadtlenek wodoru. Umożliwia to pełną sterylizację przedziału, komory rękawicowej oraz elementów systemu filtracyjnego. Dekontaminacja personelu odbywa się w specjalnej służce osobowej z prysznicem wodnym i odzieżą ochronną. System interlock zapobiega jednoczesnemu otwarciu drzwi do stref skażenia i strefy czystej.

Wyposażenie analityczne

Mobilne laboratorium CBRNE PSP jest wyposażone w zaawansowany sprzęt analityczny umożliwiający identyfikację szerokiego spektrum zagrożeń chemicznych, biologicznych i radiacyjnych. Przy doborze aparatury kierowano się zdolnością do szybkiej i precyzyjnej identyfikacji substancji niebezpiecznych w zróżnicowanych matrycach środowiskowych.

Moduł chemiczny jest wyposażony w:

- chromatograf gazowy GC-MS z detektorami FPD i FTIR do detekcji i identyfikacji środków bojowych, pestycydów, związków aromatycznych i chlorowcopochodnych,
- spektrometr FTIR/ATR³⁵ wyposażony w przystawki do analizy gazów i cieczy,
- spektrofotometr UV-VIS do oznaczania zanieczyszczeń w wodzie i glebie,
- chromatograf jonowy do ilościowego oznaczania anionów i kationów w próbkach wodnych, ściekach,

³³ PN-EN 1822-1:2009 – Wysokoskuteczne filtry powietrza (EPA, HEPA i ULPA) – Część 1: Klasyfikacja, badanie parametrów, znakowanie, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009.

³⁴ PN-EN ISO 14644-3:2020 – Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane – Część 3: Metody badań, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2020. Norma określa metody weryfikacji szczelności, integralności montażu oraz kontroli upływów w systemach wentylacyjno-filtracyjnych, w tym badania obudów filtrów HEPA/ULPA, przepływów powietrza i różnic ciśnień.

³⁵ FTIR/ATR (ang. *Fourier transform infrared spectroscopy with attenuated total reflectance*) – technika spektroskopii w podczerwieni umożliwiająca bezpośrednią analizę powierzchni próbek bez ich przygotowania.

- mikroskop i ręczne spektrometry Ramana do analizy substancji stałych i materiałów wybuchowych,
- zestawy PID i IMS/AP4C do szybkiego rozpoznania substancji niebezpiecznych w powietrzu,
- spektrometry XRF do analizy składu pierwiastkowego.

Moduł biologiczny jest wyposażony w:

- urządzenie do wykrywania techniką PCR – zaawansowany system, który izoluje materiał genetyczny (DNA lub RNA³⁶) i analizuje go pod kątem patogenów. Pozwala na jednoczesną identyfikację co najmniej dziesięciu różnych czynników biologicznych (uznawanych za broń biologiczną). Urządzenie jest przystosowane do bezpiecznej pracy wewnątrz komory rękawicowej w warunkach podciśnienia,
- jednorazowe testy kolorymetryczne do szybkiej, wstępnej oceny próbek, przeznaczone głównie do analizy proszków i substancji sypkich, umożliwiające wykrywanie białek, spor bakteryjnych oraz określenie odczynu pH,
- bioluminometr do wykrywania ATP³⁷ na powierzchniach i w próbkach ciekłych, umożliwiający szybką ocenę stopnia zanieczyszczenia biologicznego,
- homogenizator mechaniczny do przygotowania próbek biologicznych w hermetycznie zamykanych, jednorazowych probówkach, co ogranicza ryzyko uwolnienia materiału zakaźnego podczas obróbki,
- systemy przygotowania próbek, obejmujące wirówki laboratoryjne, wytrząsarki do mieszania małych objętości oraz zestaw automatycznych pipet z filtrami przystosowanych do sterylizacji w autoklawie.

Do identyfikacji zagrożeń radiacyjnych i nuklearnych służą:

- spektrometr promieniowania Polimaster (detekcja promieniowania alfa, beta, gamma i neutronów),
- przenośny spektrometr promieniowania gamma oparty na detektorze półprzewodnikowym HPGe, identyfikujący ponad 400 różnych izotopów.

Pomiary spektrometryczne są prowadzone zgodnie ze standardowymi procedurami operacyjnymi Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency) i NATO, z czasami akwizycji od 1–5 minut (szybkie skanowanie) do 15–60 minut (dokładne analizy ilościowe). Urządzenia te są w pełni

³⁶ DNA (ang. *deoxyribonucleic acid*, kwas deoksyrybonukleinowy) oraz RNA (ang. *ribonucleic acid*, kwas rybonukleinowy) stanowią materiał genetyczny organizmów i wirusów. Jest on wykorzystywany w diagnostyce molekularnej do identyfikacji czynników biologicznych.

³⁷ ATP (ang. *adenosine triphosphate*, adenozyntrifosforan) jest uniwersalnym nośnikiem energii występującym w żywych komórkach. Jego oznaczanie metodą bioluminescencyjną stanowi niespecyficzny, szybki wskaźnik obecności aktywnego materiału biologicznego na powierzchniach i w próbkach ciekłych. Jest wykorzystywany w analizach przesiewowych skażenia biologicznego.

kompatybilne z procedurami SIBCRA oraz systemami wymiany danych w ramach CBRN Reachback.

Scenariusze operacyjne i obszary zastosowania mobilnych laboratoriów CBRNE PSP

Mobilne laboratorium CBRNE PSP zostało przewidziane do wykorzystania w następujących scenariuszach operacyjnych:

- 1) identyfikacja przesyłek niebezpiecznych oraz nieznanymi substancji – realizowana zgodnie z procedurami Komendy Głównej PSP, obejmującymi pełny protokół zabezpieczenia materiału, jego transport i analizę³⁸,
- 2) ocena skażenia – prowadzenie analiz gleby, powietrza i wody, w tym oznaczanie obecności lotnych związków organicznych i metali ciężkich,
- 3) zabezpieczanie imprez masowych oraz wydarzeń wysokiego ryzyka – preventywne badania środowiskowe i kontrola obecności substancji niebezpiecznych,
- 4) wsparcie działań organów ścigania – identyfikacja materiałów wybuchowych, środków odurzających, dopalaczy oraz innych substancji.

Zgodnie z *Zasadami organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym* podczas dysponowania do bezpośrednich działań ratowniczych SGRChem-Eko poziomu gotowości L każdorazowo jest dysponowana również SGRChem-Eko poziomu gotowości B. Ma to na celu zapewnienie kompleksowego podejścia do identyfikacji zagrożeń – grupa rozpoznania chemicznego (B) wspiera działania analityczne laboratorium (L).

Szczególnym obszarem zastosowania mobilnego laboratorium CBRNE jest identyfikacja zagrożeń radiacyjnych, która polega na:

- weryfikacji na miejscu zdarzenia zgłoszenia o zagrożeniu,
- wykonaniu pomiarów radiometrycznych w celu określenia poziomu narażenia,
- wyznaczeniu obszaru, w którym występuje moc dawki promieniowania jonizującego powyżej 100 $\mu\text{Sv/h}$ i/lub występują skażenia promieniotwórcze,
- identyfikacji izotopów promieniotwórczych,
- współpracy z innymi służbami uczestniczącymi w działaniach.

³⁸ *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r...*, § 16; *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego...*, załącznik nr B.2: *Zasady działań Państwowej Straży Pożarnej podczas wystąpienia zagrożenia z niezidentyfikowaną przesyłką oraz organizacji transportu materiałów biologicznych do laboratorium.*

Wyposażenie radiacyjne mobilnego laboratorium CBRNE PSP, obejmujące spektrometry promieniowania oraz detektory HPGe, umożliwia precyzyjną identyfikację izotopów promieniotwórczych, co ma zasadnicze znaczenie dla określenia charakteru zagrożenia i wyboru właściwych metod neutralizacji.

Wyzwania i ograniczenia związane z wykorzystaniem mobilnych laboratoriów CBRNE PSP

Pomimo zaawansowanych rozwiązań technicznych i wysokiego poziomu zgodności z normami wykorzystanie mobilnych laboratoriów CBRNE PSP wiąże się z pewnymi wyzwaniami i ograniczeniami. Konieczne jest ich uwzględnienie w planowaniu operacyjnym. Jedno z najważniejszych ograniczeń wynika z tego, że pomimo zaprojektowania przedziału biologicznego zgodnie z wymogami bezpieczeństwa dla laboratoriów BSL-3 mobilne laboratorium nie może być formalnie sklasyfikowane jako pełnoprawna jednostka tej klasy. Według definicji normatywnych laboratoria tego typu muszą być trwałą, nieruchomą konstrukcją budowlaną. Naczepa nie spełnia tego wymogu. Brak jest również certyfikacji walidacyjnej zgodnie z normą PN-EN ISO 14644-3:2020. Ponadto laboratorium CBRNE PSP zostało zaprojektowane do działań krótkoterminowych (akcji ratowniczych, zabezpieczeń), a nie do długotrwałego prowadzenia hodowli, badań patogenów czy pracy ze szczepami wysokiego ryzyka. Układ funkcjonalny i wykorzystane w nim technologie umożliwiają jednak skuteczne wykonywanie w warunkach terenowych analiz próbek wysokiego ryzyka, zgodnie z najlepszymi praktykami bezpieczeństwa biologicznego.

Istotnym wyzwaniem jest zapewnienie odpowiedniej kadry specjalistów do obsługi laboratorium. Według *Zasad organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym* wyznaczeni ratownicy chemiczni ze SGRChem-Eko poziomu gotowości L powinni dodatkowo mieć wykształcenie wyższe kierunkowe z chemii, fizyki lub biologii. Pozyskanie i utrzymanie tak wysoko wykwalifikowanej kadry w strukturach PSP może stanowić wyzwanie organizacyjne i finansowe. SGRChem-Eko poziomu gotowości L powinna składać się z co najmniej 12 strażaków lub ratowników, w tym z co najmniej:

- 1) 12 ratowników chemicznych,
- 2) 12 ratowników chemicznych z uprawnieniami do obsługi sprzętu specjalistycznego stanowiącego wyposażenie grupy poziomu L,
- 3) 6 ratowników chemicznych z uprawnieniami do obsługi pojazdów samochodowych,

- 4) 9 ratowników chemicznych mających wykształcenie wyższe kierunkowe z zakresu chemii, fizyki lub biologii³⁹.

Zapewnienie ciągłości funkcjonowania grupy przy tak wysokich wymaganiach kompetencyjnych wymaga długofalowego planowania kariery funkcjonariuszy oraz systemowego podejścia do ich rozwoju zawodowego.

Mobilne laboratorium CBRNE PSP, chociaż zaprojektowane jako jednostka autonomiczna, wymaga odpowiedniego zaplecza logistycznego. W przypadku wystąpienia skażenia spowodowanego działaniami wojennymi lub atakiem terrorystycznym laboratorium musi być w stanie operować w warunkach ograniczonego dostępu do zasobów takich jak woda czy paliwo. Wymaga to szczegółowego planowania operacyjnego i zabezpieczenia logistycznego. Realizacja zadań analitycznych w warunkach ograniczonych zasobów jest dużym wyzwaniem, zwłaszcza w kontekście możliwości zaistnienia zagrożeń chemicznych, np. w strefie działań wojennych lub w jej pobliżu. W przypadku poważniejszych incydentów z udziałem materiałów niebezpiecznych może być konieczne zadysponowanie większej liczby specjalistów oraz wykorzystanie dodatkowych zasobów analitycznych. Podjęcie bezpośrednich działań ratowniczych przez SGRChem-Eko w poziomie gotowości L jest warunkowane – jak już wspomniano – obecnością na miejscu zdarzenia SGRChem-Eko poziomu gotowości B. Takie podejście zapewnia komplementarność działań, ale wymaga koordynacji między różnymi poziomami gotowości operacyjnej i różnymi jednostkami PSP. Koniecznością są wspólne ćwiczenia i szkolenia tych jednostek. Ich brak może prowadzić do problemów komunikacyjnych, nieznaności procedur operacyjnych oraz nieefektywnego wykorzystania zaawansowanego sprzętu analitycznego podczas rzeczywistych zdarzeń CBRNE. Tym samym potencjał mobilnego laboratorium może nie być w pełni wykorzystany, a czas reakcji na zagrożenie wydłużony. Regularne ćwiczenia integrujące różne poziomy gotowości SGRChem-Eko są niezbędnym elementem budowania spójnego i skutecznego systemu reagowania na zdarzenia z udziałem materiałów niebezpiecznych.

Perspektywy rozwoju mobilnych laboratoriów CBRNE w systemie bezpieczeństwa RP

Wdrożenie mobilnych laboratoriów CBRNE PSP stanowi ważny krok w rozwoju krajowych zdolności analitycznych, gdyż umożliwia szybką i precyzyjną identyfikację zagrożeń bezpośrednio na miejscu zdarzenia. Rozwój tych zdolności

³⁹ *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego...*, pkt 3.4.L, s. 19.

powinien opierać się zarówno na doświadczeniach krajowych, jak i międzynarodowych trendach w obszarze reagowania na incydenty CBRNE. Priorytetem na najbliższe lata wydaje się pogłębienie integracji mobilnych laboratoriów z wielopoziomowym systemem zarządzania kryzysowego. Dzięki zgodności z kluczowymi standardami NATO (STANAG 4632, AEP-66) oraz zdolności do współdziałania w ramach Unijnego Mechanizmu Ochrony Ludności (EU Civil Protection Mechanism) laboratoria PSP mogą efektywnie funkcjonować w europejskiej sieci reagowania kryzysowego. Taka integracja zapewnia nie tylko możliwość otrzymania międzynarodowego wsparcia w przypadku incydentów na dużą skalę, lecz także pozwala na udzielanie specjalistycznej pomocy innym państwom członkowskim UE. Szczególną wartość w kontekście rozproszonych geograficznie zasobów analitycznych ma zdolność do działania w systemie CBRN Reachback. Aby w pełni wykorzystać ten potencjał, należy rozwijać dedykowaną infrastrukturę teleinformatyczną oraz standaryzować protokoły wymiany danych analitycznych. Rozwój mobilnych laboratoriów CBRNE powinien zatem uwzględniać eksplorację nowych zastosowań i integrację z istniejącą infrastrukturą, co może znacznie zwiększyć skuteczność działań ratowniczych w przypadku incydentów związanych z materiałami CBRNE. Istotne jest, aby równoległe z rozwojem integracji systemowej modernizować wyposażenie analityczne. Ewolucja zagrożeń CBRNE, obejmująca nowe substancje i metody ich wykorzystania, wymaga ciągłego dostosowywania możliwości detekcyjnych. Kierunki rozwoju powinny uwzględniać zaawansowane techniki pomiarowe, rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję do interpretacji złożonych danych oraz systemy integrujące informacje z różnego rodzaju czujników i sensorów.

Z uwagi na położenie Polski mobilne laboratoria CBRNE nabierają dodatkowego znaczenia strategicznego. Doświadczenia płynące z wojny w Ukrainie uwytklają wagę mobilnych zdolności analitycznych. Przypadki niszczenia infrastruktury przemysłowej, zwłaszcza w regionach zurbanizowanych, pokazują realność ryzyka uwolnienia na dużą skalę toksycznych substancji chemicznych. Zdolność do szybkiej detekcji i identyfikacji tych substancji może mieć decydujące znaczenie dla ochrony ludności cywilnej. Jako państwo graniczne zarówno UE, jak i NATO Polska może odegrać szczególną rolę w budowie regionalnego systemu reagowania na zagrożenia CBRNE. Zaawansowane zdolności analityczne mogą być elementem współpracy transgranicznej. W tym kontekście mobilne laboratoria stanowią nie tylko element krajowego systemu bezpieczeństwa, lecz także komponent potencjalnego wsparcia międzynarodowego, wzmacniający kolektywną odporność na zagrożenia asymetryczne w Europie Środkowo-Wschodniej.

Wnioski

Przeprowadzona analiza wykazała, że mobilne laboratoria PSP spełniają kluczowe wymagania normatywne oraz charakteryzują się wysokim potencjałem operacyjnym. Rozwiązania techniczne zastosowane w tych laboratoriach są zgodne z obowiązującymi przepisami prawa, normami technicznymi oraz standardami NATO, co wzmacnia interoperacyjność PSP w wymiarze krajowym i międzynarodowym. Integracja zaawansowanych systemów filtracji, hermetycznych przedziałów roboczych oraz specjalistycznego wyposażenia analitycznego umożliwia prowadzenie działań w różnych warunkach.

Zdaniem autora wyniki badań potwierdzają hipotezę, że wysoki poziom zaawansowania technologicznego mobilnych laboratoriów CBRNE powoduje wyzwania organizacyjne i operacyjne, którym sprostanie wymaga wdrożenia adekwatnych rozwiązań systemowych. Należy do nich zaliczyć konieczność zapewnienia wysoko wykwalifikowanej kadry, rozwój procedur integrujących różne poziomy SGRChem-Eko, stabilnych mechanizmów utrzymania sprzętu oraz systematycznych ćwiczeń poprawiających współdziałanie.

W obliczu dynamiki zagrożeń asymetrycznych mobilne laboratoria należy postrzegać nie tylko jako technologiczny przełom, lecz przede wszystkim jako strategiczną inwestycję w bezpieczeństwo państwa i ochronę ludności. Rozwój możliwości wykorzystania tych laboratoriów powinien obejmować modernizację aparatury, wdrażanie rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji oraz pogłębianie współpracy międzynarodowej, co pozwoli w pełni wykorzystać ich potencjał w systemie reagowania kryzysowego.

Bibliografia

CBRN Protection: Managing the Threat of Chemical, Biological, Radioactive and Nuclear Weapons, A. Richardt, B. Hülseweh, B. Niemeyer, F. Sabath (red.), Weinheim 2013.

Di Giovanni D., Fumian F., Chierici A., Bianchelli M., Martellucci L., Carminati G., Malizia A., d'Errico F., Gaudio P., *Design of Miniaturized Sensors for a Mission-Oriented UAV Application: A New Pathway for Early Warning*, „International Journal of Safety and Security Engineering” 2021, t. 11, nr 4, s. 435–444. <https://doi.org/10.18280/ijssse.110417>.

Gawlik-Kobylińska M., Gudzbeler G., Szklarski L., Kopp N., Koch-Eschweiler H., Urban M., *The EU-SENSE System for Chemical Hazards Detection, Identification, and Monitoring*, „Applied Sciences” 2021, t. 11, nr 21, 10308. <https://doi.org/10.3390/app112110308>.

Gawlik-Kobylińska M., Urban M., Gudzbeler G., *The EU-SENSE System as a Tool to Support Airport Security*, w: *Reliability and Statistics in Transportation and Communication: Human Sustainability and Resilience in the Digital Age*, I. Kabashkin, I. Yatskiy, O. Prentkovskis (red.), s. 597–605, seria: *Lecture Notes in Networks and Systems*, t. 1337, Cham 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87532-8_53.

Kinnunen P.M., Haataja T., Hemmila H., Maatela P., Teho K., Elo M., Raijas T., Nikkari S., *Mobile Diagnostic CBRN Field Laboratory: NATO evaluated Finnish Design*, „Challenge – Medical CBRN Defence International” 2012, nr 1.

Mari G., Giraudi G., Bellino M., Paziienza M., Garibaldi C., Lancia C., *CBRN mobile laboratories in Italy*, „Proceedings SPIE 7304, Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosives (CBRNE) Sensing X” 2009, t. 7304. <https://doi.org/10.1117/12.819445>.

Parsons A., Matero P., Adams M., Yeh K., *Examining the utility and readiness of mobile and field transportable laboratories for biodefence and global health security-related purposes*, „Global Security: Health, Science and Policy” 2018, t. 3, nr 1, s. 1–13. <https://doi.org/10.1080/23779497.2018.1480403>.

Przeciwdziałanie zagrożeniom CBRNE – aspekty teoretyczne i praktyczne, Ł. Jureńczyk, A. Pieczywok, M. Urban (red.), Bydgoszcz 2024.

Rabajczyk A., Zboina J., Zielecka M., Fellner R., *Monitoring of Selected CBRN Threats in the Air in Industrial Areas with the Use of Unmanned Aerial Vehicles*, „Atmosphere” 2020, nr 11, 1373. <https://doi.org/10.3390/atmos11121373>.

Szklarski Ł., *CBRN threats, EU-SENSE system: Paving the way for future national security systems – an assessment of the suitability of the concept for the future of national security*, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2024, t. 2, nr 89, s. 139–156. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.3833>.

Szklarski Ł., *Diagnoza potrzeb w zakresie usprawnienia technologii i sprzętu służącego reagowaniu na incydenty o charakterze CBRN. Zarys problemu z perspektywy europejskich straży pożarnych*, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2021, t. 2, nr 80, s. 142–160. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6474>.

Toader C., Epure G., Moşteanu D., Epure C., Iorga O., Florin I., *Mobile Deployable Laboratory – Chemical Module*, „International Conference KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION” 2016, t. 22, nr 3, s. 677–680. <https://doi.org/10.1515/kbo-2016-0116>.

Urban M., *Protection of Airports against the Threat of CBRNE*, „Studia Bezpieczeństwa Narodowego” 2023, t. 29, nr 3, s. 7–34. <https://doi.org/10.37055/sbn/171016>.

Źródła internetowe

Final Report Summary – MIRACLE (Mobile Laboratory Capacity for the Rapid Assessment of CBRN Threats Located within and outside the EU), CORDIS–EU research results, 9 II 2016 r., <https://cordis.europa.eu/project/id/312885/reporting> [dostęp: 25 IX 2025].

Jankowski R., Wereski P., *CBRNE lab*, Przegład Pożarniczy, <https://www.ppoz.pl/czytelnia/ratownictwo-i-ochrona-ludnosci/CBRNE-lab/idn:2828> [dostęp: 25 IX 2025].

PEX DEFENCE POLSKA – Prezentacja produktu Laboratorium CBRNE, YouTube, 15 XI 2024 r., <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=ClJ9FZuZGQM> [dostęp: 18 V 2025].

Akty prawne

Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej (t.j. DzU z 2025 r. poz. 1312, ze zm.).

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (DzU z 2021 r. poz. 1737).

Inne dokumenty

AEP-66 – NATO Handbook for Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents (SIBCRA), NATO Standardization Agency, Brussels 2015.

DD/3.8(B) – Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych, Ministerstwo Obrony Narodowej, Sztab Generalny Wojska Polskiego, Warszawa 2013.

DD 4.10(A) – Zabezpieczenie medyczne Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, Ministerstwo Obrony Narodowej, Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych, Bydgoszcz 2015.

STANAG 4632 (Edition 1) – Deployable NBC Analytical Laboratory, NATO Standardization Agency, Brussels 2005.

Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym, Warszawa 2025.

Normy polskie

PN-EN 12469:2002 – Biotechnologia – Kryteria działania komór bezpiecznej pracy mikrobiologicznej, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.

PN-EN 12347:2002 – Biotechnologia – Kryteria działania sterylizatorów parowych i autoklawów, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.

PN-EN 13311-1:2004 – Biotechnologia – Kryteria eksploatacji zbiorników – Część 1: Ogólne kryteria eksploatacji.

PN-EN 13311-5:2004 – Biotechnologia – Kryteria eksploatacji zbiorników – Część 5: Zbiorniki do inaktywacji, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004.

PN-EN 12740:2002 – Biotechnologia – Laboratoria badawcze, rozwojowe i analityczne – Wytyczne do postępowania z odpadami, ich inaktywacji i kontroli, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.

PN-EN 12128:2000/Ap1:2001 – Biotechnologia – Laboratoria badawcze, rozwoju i analizy – Stopnie hermetyczności laboratoriów mikrobiologicznych, strefy ryzyka i wymagania względem lokalizacji i bezpieczeństwa fizycznego, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2000/2001.

PN-EN 14727:2006 – Meble laboratoryjne – Meble laboratoryjne do przechowywania – Wymagania i metody badań, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2006.

PN-EN ISO 14644 – Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

PN-EN 13150:2004 – Stoły robocze dla laboratoriów – Wymiary, wymagania bezpieczeństwa i metody badań, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004.

PN-EN 62040 – Systemy bezprzerwowego zasilania (UPS), Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

PN-EN ISO 3696:1999/Ap1:2004 – Woda stosowana w laboratoriach analitycznych – Wymagania i metody badań, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1999/2004.

PN-EN 14175 (części 1–6) – Wyciągi laboratoryjne, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

PN-EN 1822-1:2009 – Wysokoskuteczne filtry powietrza (EPA, HEPA i ULPA) – Część 1: Klasyfikacja, badanie parametrów, znakowanie, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009.

Normy niemieckie

DIN 19541:2004-09 – Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2004.

DIN 16892:2000-07 – Kunststoff-Rohrleitungssysteme aus vernetztem Polyethylen (PE-X) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen, Deutsches Institut für Normung, Berlin 2000.

St. bryg. w st. spocz. dr inż. Grzegorz Bugaj

Były Prorektor-Zastępca Komendanta Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (obecnie Akademia Pożarnicza), wieloletni dowódca Specjalistycznej Grupy Ratownictwa Chemicznego i Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej nr 6 w Warszawie oraz dowódca modułu „CBRN Det. Mazowsze” w Mechanizmie Ochrony Ludności UE. Ma ponadtrzydziestoletnie doświadczenie operacyjne w Państwowej Straży Pożarnej, przede wszystkim na terenie m.st. Warszawy. Absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej oraz Akademii Pożarniczej, Uniwersytetu Łódzkiego (Wydział Biologii i Ochrony Środowiska), Akademii Medycznej w Poznaniu i Centralnego Instytutu Ochrony Pracy. Obecnie prowadzi działalność ekspercką i szkoleniową.

Kontakt: g.bugaj@cbrne.org.pl