

MAŁGORZATA KOCHANOWICZ

PATRYCJA BRYCZEK-WRÓBEL

KONCEPCJA WZMOCNIENIA SYSTEMU PRZECIWDZIAŁANIA SKAŻENIOM CHEMICZNYM MAJĄCA NA CELU OCHRONĘ LUDNOŚCI

CONCEPT FOR STRENGTHENING
THE CHEMICAL CONTAMINATION PREVENTION SYSTEM
TO PROTECT THE POPULATION

Abstract. This article presents the issue of chemical contamination and its negative effects on the civilian population. The main aim is to present the concept of strengthening the system for countering chemical contamination, and the main research problem is captured by the question: What measures should be taken to reinforce the system for countering chemical contamination? The theoretical research methods used include a systemic, comparative and statistical analysis. The author conducts a critical literature research. The empirical part relies on a personal, focused interview.

Keywords: chemical safety; civil protection; chemical contamination; information security; crisis management; communication

WPROWADZENIE

Wraz z rozwojem przemysłu oraz szerokim procesem zmian technologicznych i gospodarczych społeczeństwo zaczęło powszechnie stosować środki chemiczne w określonych obszarach życia. Środki chemiczne są powszechnie

Dr MAŁGORZATA KOCHANOWICZ – Uniwersytet WSB Merito w Poznaniu; adres do korespondencji: ul. Powstańców Wielkopolskich 5, 61-895 Poznań; e-mail: malgorzata.kochanowicz@wp.pl; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3775-8854>.

Dr PATRYCJA BRYCZEK-WRÓBEL – Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania, Instytut Bezpieczeństwa i Obronności; adres do korespondencji: ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa; e-mail: patrycja.bryczek-wrobel@wat.edu.pl; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7154-7335>.

Artykuły są objęte licencją Creative Commons Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe (CC BY-NC-ND 4.0)

wykorzystywane w rolnictwie, medycynie, przemyśle spożywczym, kosmetycznym, i farmaceutycznym oraz w produkcji tworzyw sztucznych. Umożliwiają one zwiększenie plonów, poprawę zdrowia publicznego i komfortu życia, a także rozwój innowacyjnych materiałów. Jednak ich szerokie zastosowanie wiąże się również z ryzykiem skażeń chemicznych, które mogą wynikać zarówno z nieodpowiedniego magazynowania i transportu substancji, jak i z awarii przemysłowych, błędów ludzkich czy celowego działania grup terrorystycznych.

Jednym z najbardziej znanych przykładów katastrof chemicznych jest awaria w Bhopalu w roku 1984, gdzie wyciek izocyjanianu metylu spowodował śmierć tysięcy ludzi i skażenie środowiska na wiele lat (Kruczkowska, 2025). Również wyciek chemikaliów w West Virginia w 2014 r., który doprowadził do skażenia wody pitnej dla setek tysięcy osób, pokazuje, jak poważne mogą być konsekwencje niedostatecznej kontroli nad substancjami niebezpiecznymi (PAP, 2014). Innym przykładem jest eksplozja składowanego azotanu amonu w Bejrucie w 2020 r., która doprowadziła do śmierci ponad 200 osób i ogromnych strat materialnych (Biskupski i Borowik, 2022). Jednakże niebezpieczeństwo skażeń chemicznych nie ogranicza się wyłącznie do wypadków przemysłowych. Istnieje także zagrożenie celowego użycia substancji toksycznych w atakach terrorystycznych. Organizacje terrorystyczne wielokrotnie wykazywały zainteresowanie wykorzystaniem toksycznych środków chemicznych, takich jak sarin czy VX, co udowodnił zamach w tokijskim metrze w 1995 r. przeprowadzony przez sektę Aum Shinrikyo (Murakami, 2020). Z kolei w 2018 r. głośnym przykładem użycia broni chemicznej był atak z wykorzystaniem nowiczoła w Salisbury w Wielkiej Brytanii, którego ofiarą padł były agent rosyjskiego wywiadu, Siergiej Skripal (Lorenz, 2020).

Zasadne zatem jest przedstawienie w niniejszym artykule koncepcji wzmocnienia systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym. W związku z tym sformułowano pytania badawcze, które precyzują obszary wymagające analizy: Jakie działania należy podjąć, aby wzmocnić system przeciwdziałania zagrożeniom skażeniami chemicznymi? Które aspekty systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym wymagają poprawy, aby zwiększyć jego skuteczność? Jakie technologie i rozwiązania organizacyjne mogą przyczynić się do skuteczniejszego wykrywania, monitorowania i neutralizowania zagrożeń chemicznych? Jakie działania w zakresie edukacji i współpracy międzynarodowej mogą zwiększyć skuteczność systemu ochrony przed skażeniami chemicznymi? Podjęta analiza koncentruje się na identyfikacji kluczowych obszarów wymagających usprawnień, takich jak regulacje prawne, monitorowanie zagrożeń, rozwój technologii detekcyjnych, edukacja społeczeństwa, cyberbezpieczeństwo

w kontekście substancji chemicznych. Przede wszystkim istotne jest określenie, jakie mechanizmy można wdrożyć w celu minimalizacji skutków awarii chemicznych i potencjalnych ataków z użyciem toksycznych substancji.

1. SKAŻENIA CHEMICZNE JAKO ZAGROŻENIA LUDNOŚCI XXI WIEKU

Niebezpieczeństwo wystąpienia skażeń chemicznych to jedno z licznych kategorii zagrożeń pierwszej połowy XXI wieku. Skażenia chemiczne ze względu na siłę i skalę oddziaływania wymagają szczególnej ostrożności w trosce o zdrowie i życie ludzkie. Zachodzą wówczas, gdy do środowiska przedostaną się substancje chemiczne o toksycznym oddziaływaniu dla fauny i flory (Adamkiewicz, 2023). Skażenia chemiczne definiowane są jako niepożądane zdarzenia szkodzące zdrowiu, zagrażające życiu człowieka, roślinom, zwierzętom, jak również środowisku (Bojar-Fijałkowski, 2019, s. 121). Jarosław Solarz wskazał, iż istotą skażenia jest niepożądane i niespodziewane pojawienie się w środowisku substancji chemicznych, które mogą powodować utratę życia oraz zdrowia ludzi, roślin i zwierząt (Solarz, 2005, s. 312). Oprócz tego niektóre chemikalia również zagrażają bezpieczeństwu i mogą spowodować pożary, wybuchy i inne poważne wypadki (Ali-Asgharz i in., 2011, s. 564).

Przykładem badań nad skażeniami chemicznymi środowiska są m.in. prace nad stanem skażenia w środowisku leśnym Uroczyska Grodzisko w Bielańsko-Tynieckim Parku Krajobrazowym, które przedstawili Marek Pająk, Marta Szostak oraz Michał Sławiński (2012, s. 245-256), a w zakresie stanu skażenia powietrza opracowali: Tadeusz Kwilosz, Bogdan Filar, Mariusz Miziołek (2022, s. 688-695).

Należy zaznaczyć, iż niekiedy człowiek świadomie wykorzystuje środki chemiczne do poprawy swojego dobrobytu. Niemniej po upływie określonego czasu przedostają się one do gleby i wód gruntowych, powodując ich skażenie (Szuster, 2024). Podobnie wygląda sytuacja z odpadami chemicznymi, które powstają w czasie produkcji nawozów azotowych i tworzyw sztucznych, w których znajduje się znaczna ilość metali ciężkich i innych toksycznych związków. Ponadto zdarza się, że materiały chemiczne są wykorzystywane przez terrorystów. Czynniki chemiczne, np. środki paralityczno-drgawkowe, mogą powodować natychmiastowe i poważne szkody dla człowieka (Thomas, 2021), dlatego też zwłaszcza w rękach terrorystów niosą poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa narodowego i międzynarodowego (Szkłarski, 2024).

Środki chemiczne mogą negatywnie wpływać na człowieka bezpośrednio lub pośrednio poprzez skażone powietrze, wodę lub glebę. Ich skutki mogą

być odczuwalne nie tylko w pobliżu zakładów przemysłowych, lecz również w miejscu pracy, zamieszkania czy miejscach użytku publicznego. Przykładowo funkcjonariusze Straży Pożarnej w sposób szczególny są narażeni na wpływ substancji chemicznych, które pojawiają się podczas pożarów (np. lotne związki organiczne czy substancje per- i polifluoroalkilowe). Mogą one przyczynić się do pojawienia się chorób nowotworowych (Krzemińska, Szewczyńska i Jachowicz, 2024, s. 4). Takie ryzyko dotyczy też innych zawodów, m.in. fryzjera (Szewczyńska i in., 2011) czy spawacza (Kowalska, 2021, s. 132-136). Mając na względzie powyższe, należy uznać, że skażenia chemiczne są realnym zagrożeniem dla pracowników. Skażenia chemiczne mogą spowodować poważne problemy zdrowotne, w postaci chorób serca, bezpłodności czy nowotworu.

Skażenia chemiczne mogą powstawać umyślnie – w wyniku złośliwej, celowej działalności człowieka, lub w sposób nieumyślny – spowodowany awariami, niewłaściwą produkcją, transportem, składowaniem, utylizowaniem środków chemicznych. Istnieją branże, które są szczególnie narażone na niebezpieczeństwo pojawienia się skażeń chemicznych, np. branża paliwowa (Klepacki i Skałbania, 2017) czy zakłady produkujące nawozy fosforowe (Rutkowska i Rusek, 2020). Dla przykładu, w lutym 2024 r. podczas załadunku tankowca w terminalu w Butyndze doszło do wycieku ropy na Morzu Bałtyckim. Litewski Departament Ochrony Środowiska przedstawił, że wyciek osiągnął wymiary dziewięć na dwa kilometry, a masa ropy wynosiła ok. 1,8 ton. W usuwanie skutków została zaangażowana Marynarka Wojenna Litwy (Milszewski, 2024). Natomiast 10 maja 2024 r. w dzielnicy Michałkowice w Siemianowicach Śląskich doszło do pożaru składowiska niebezpiecznych odpadów, podczas którego spłonęło około dziesięć tysięcy ton odpadów, w tym chemikaliów (Radlak, 2024). Należy zaznaczyć, iż pożary przemysłowe same w sobie również niosą zagrożenie, ponieważ powodują wydzielanie substancji toksycznych czy smogu (Kończ, 2023, s. 64-85).

Całkowite wyeliminowanie zagrożeń skażeniami chemicznymi jest niemożliwe, mimo to należy w dostępny sposób odpowiednio zabezpieczyć ludność przed skażeniami chemicznymi. Ważne jest nieustanne monitorowanie zagrożeń, opracowanie środków zaradczych na mogące pojawić się skażenia chemiczne oraz utrzymywanie w ciągłej gotowości sprawnego systemu usuwania skutków skażeń. Ochrona ludności może polegać na następujących działaniach:

- 1) niedopuszczenie do skażeń chemicznych,
- 2) w przypadku ich wystąpienia – ograniczaniu skutków skażeń chemicznych,
- 3) usuwaniu skutków skażeń chemicznych i powrocie do sytuacji sprzed wystąpienia katastrofy.

Skażenia chemiczne mogą występować w czasie wojny, np. na skutek użycia bojowych środków trujących lub broni masowego rażenia, a także w czasie pokoju, np. z powodu wycieku szkodliwych substancji chemicznych lub toksycznych środków przemysłowych w wyniku awarii czy działalności siły wyższej. Daria Pakulska wskazała, iż do zagrożeń chemicznych można zaliczyć też niewłaściwe gospodarowanie odpadami wiertniczymi oraz płynami poreakcyjnymi, zrzuty nieoczyszczonych ścieków wydobywczych do wód powierzchniowych, wady konstrukcyjne odwiertów gazowych, w tym ich nieszczelność (Pakulska, 2015, s. 101). Poniżej znajduje się tabela przedstawiająca podział zagrożeń skażeniami chemicznymi.

Tabela 1. Podział zagrożeń skażeniami chemicznymi wraz z przykładami

Zagrożenia skażeniami chemicznymi				
Naturalne	Pochodzące od człowieka			
	Umyślne		Nieumyślne	
	Pracownicy	Osoby trzecie	Pracownicy	Osoby trzecie
Pożar, który uszkodził infrastrukturę przemysłową	Uszkodzenie konstrukcji infrastruktury przemysłowej	Uwolnienie związków chemicznych	Awaria techniczna w miejscach produkcji i magazynowania niebezpiecznych substancji chemicznych	Przypadkowe uwolnienie związków chemicznych
Gwałtowne porywy wiatru, w tym trąby powietrzne, które uszkadzają infrastrukturę przemysłową	Niestosowanie się do wewnętrznego prawa organizacji (procedur postępowania)	Terroryzm chemiczny	Przypadkowe kliknięcie w złośliwego linka i umożliwienie tym samym ataku na system informatyczny	Brak wiedzy o rozpoczętym skażeniu chemicznym i brak reakcji na nie
Powódź, która uszkodziła infrastrukturę przemysłową	Niezgłoszenie przełożonemu podejrzenia złamania przez osobę trzecią zabezpieczeń w systemie informatycznym obsługującym infrastrukturę przemysłową	Rozlanie niebezpiecznych substancji chemicznych	Dopuszczenie do transportu pojazdów niedostosowanych do przewożenia niebezpiecznych substancji	Spowodowanie uszkodzenia konstrukcji infrastruktury przemysłowej

Susze, które uszkodziły infrastrukturę przemysłową	Wprowadzenie wirusa do systemu informatycznego, co zakłóca pracę zabezpieczeń infrastruktury przemysłowej	Włamanie się do systemu informatycznego powodującego zakłócenia działania infrastruktury przemysłowej	Brak przygotowania merytorycznego do wykonywanej pracy oraz niewiedza powodująca nieprawidłowe działanie infrastruktury przemysłowej	Rozlanie substancji chemicznych
Uszkodzenie infrastruktury przemysłowej przez zwierzęta	Kradzież dokumentów, które spowodowały naruszenie bezpieczeństwa organizacji	Przejęcie kontroli nad przedsiębiorstwem przemysłowym	Wyciek szkodliwych substancji chemicznych pomimo prawidłowo podjętych działań przez pracownika	Emisja toksycznych gazów, cieczy, innych toksyn
Trzęsienia ziemi niszczące infrastrukturę przemysłową	Udostępnienie, w tym sprzedaż informacji obcym wywiadowi na temat zabezpieczeń infrastruktury przemysłowej	Akty wandalizmu, w tym niszczenie mienia przedsiębiorstwa w postaci infrastruktury chemicznej	Brak umiejętności komunikacji, nieprawidłowa komunikacja	Zanieczyszczenie powietrza
Gradobicia niszczące infrastrukturę przemysłową	Sprzedaż informacji konkurencji, co umożliwiło lub ułatwiło ataki na organizację	Akt bezprawnej ingerencji w infrastrukturę przemysłową	Zmęczenie, przepracowanie	Niezgłoszenie awarii infrastruktury przemysłowej
	Złośliwe wykasowanie plików zawierających istotne dla bezpieczeństwa infrastruktury przemysłowej informacje	Podłożenie niebezpiecznych materiałów wybuchowych	Niezawinione odkładanie w czasie odbycia niezbędnych szkoleń	Incydent w przedsiębiorstwie, który wymaga czynności podmiotów ratowniczych
	Celowe nieprzekazywanie istotnych dla bezpieczeństwa informacji innym pracownikom	Akty sabotażu	Nieświadome konstruowanie wadliwej infrastruktury przemysłowej na podstawie błędnej instrukcji	Niezgłoszenie podejrzanego zachowania osób będących w pobliżu infrastruktury przemysłowej
	Fałszowanie danych w raportach, powodujące obniżenie stopnia bezpieczeństwa	Kradzież substancji chemicznych celem wywołania skażenia chemicznego	Brak rzetelności w wykonywaniu obowiązków pracowniczych	Nieprawidłowo poprowadzone szkolenie dla personelu obsługującego instalację chemiczną

Źródło: opracowanie własne.

Mając na względzie różnorodność środków chemicznych mogących spowodować skażenia oraz wielość związanych z tym zagrożeń, nie jest możliwe przygotowanie jednego planu ochrony ludności dla wszystkich rodzajów skażeń chemicznych. Pomimo to można znaleźć wspólne elementy planu ochrony ludności przed tego rodzaju skażeniami, takie jak powiadamianie odpowiednich organów administracji publicznej o skażeniu chemicznym, szybkie poinformowanie o nim ludności przez organy samorządu terytorialnego lub administracji rządowej za pomocą ogólnodostępnych komunikatorów społecznych. Dla przykładu, z wywiadów prowadzonych przez dziennikarzy z ludnością dotkniętą powodzią we wrześniu 2024 r. wynika, iż zaraz po mediach oficjalnych to Facebook odgrywał kluczową rolę w przekazywaniu bieżących informacji o niebezpieczeństwie powodzi, o jej skutkach oraz organizowaniu pomocy. Informacje na Facebooku zamieszczała głównie ludność terenów zalanych. Można zatem wnioskować, że istotne znaczenie podczas sytuacji kryzysowej i kryzysu ma stworzenie sprawnego systemu informowania ludności o zaistniałym zdarzeniu.

Drugim elementem planu ochrony przed wszelkiego rodzaju skażeniami jest szybkość działania, koordynacja podziału zadań i obowiązków, konkretne ustawodawstwo, które będzie precyzować postępowanie w przypadku zaistnienia zagrożenia, np. w zakresie neutralizacji skażenia chemicznego. Ochrona przed skażeniami chemicznymi przybiera różne formy w zależności od rodzaju skażenia, mogą to być środki ochrony osobistej, obiekty ochrony cywilnej, systemy alarmowe, informacje nadawane w telewizji, zakaz spożycia wody z określonych źródeł lub spożywania konkretnych produktów spożywczych, zakaz wstępu do lasów bądź kąpieli w wyznaczonych akwenach, nakaz spożywania wyłącznie przegotowanej wody, zamknięcia okien w budynkach oraz uszczelnienia otworów wentylacyjnych, zalecenie udzielania pomocy innym. Środki ochrony będą zależeć od rodzaju substancji chemicznej, podmiotu, który jest zagrożony skażeniem chemicznym, oraz miejsca występowania i przebywania ludności. Niezwykle ważne jest, aby informacja dotycząca skażenia chemicznego była rzetelna, prawidłowo przekazana i zinterpretowana. Tabela 2 przedstawia cechy informacji dotyczącej zagrożenia lub skażenia substancją chemiczną.

Tabela 2. Cechy informacji
dotyczącej zagrożenia lub skażenia substancją chemiczną

Właściwość	Wyjaśnienie	Przykład
Dostępność	Informacja o zagrożeniach i skażeniach chemicznych powinna być dostępna dla każdego człowieka. Ma to kluczowe znaczenie dla życia i zdrowia ludzkiego. Człowiek, który otrzymuje informacje o zagrożeniu lub zmaterializowaniu zagrożenia jest w stanie podjąć czynności, które uchronią go lub wzmocnią jego pozycję w konfrontacji ze zdarzeniem.	Osoba, która uzyskuje informację o skażeniu wody pitnej substancją chemiczną, ma możliwość zaopatrzenia się w zdrową wodę i przekazanie tej informacji kolejnym zainteresowanym.
Szybkość	Informacja o skażeniach chemicznych powinna dotrzeć do ludności tak szybko, jak jest to możliwe. Szybkie przekazanie informacji umożliwia przygotowanie się i odpowiednią reakcję na skażenia chemiczne.	W przypadku skażenia wody pitnej substancją chemiczną, ludność ma możliwość zaopatrzenia się w niezanieczyszczoną wodę. Jednak należy pamiętać, że nie wszystkie osoby mieszkają w dużych miastach, w których dostęp do wody pitnej jest łatwy. Zwłaszcza samotni mieszkańcy małych miejscowości są narażeni na utratę zdrowia i życia w sytuacji, gdy informacja o skażeniu dociera do nich z opóźnieniem.
Integralność	Informacja powinna być przekazywana w całości. Nie może dojść do sytuacji, w której ma miejsce nieuprawniona modyfikacja informacji.	Jeśli sztab kryzysowy ma wiedzę o zagrożeniu skażeniem chemicznym, jest zobligowany przekazać pełną informację zagrożonej ludności.
Powszechność/ Publiczność	Informacja powinna być powszechna, publiczna. Powinno się komunikować ją w ogólnodostępnych mediach.	Informacja dotyczący skażeń chemicznych powinien być zakomunikowany wszystkim mieszkańcom zagrożonego terytorium.
Edukacja	Informacje o skażeniach chemicznych przekazywane społeczeństwu odgrywają ważną rolę edukacyjną. Umożliwiają obywatelom zdobycie wiedzy na temat zagrożeń chemicznych, co pozwala na lepsze przygotowanie się na potencjalne incydenty w przyszłości i zwiększa świadomość w zakresie działań ochronnych.	Wiedza na temat skażeń chemicznych, które miały miejsce w jednym z województw, umożliwia lepsze przygotowanie się na podobne incydenty w innych regionach kraju. Analiza takich zdarzeń pozwala na wyciągnięcie wniosków i zastosowanie skuteczniejszych środków prewencyjnych oraz procedur reagowania w przypadku wystąpienia zagrożeń chemicznych.

Źródło: opracowanie własne.

2. KONCEPCJA WZMOCNIENIA SYSTEMU PRZECIWDZIAŁANIA SKAŻENIOM CHEMICZNYM

Na potrzeby niniejszej publikacji przeprowadzono wywiad z Barbarą Wiaderek, ekspertką z zakresu środków chemicznych mogących wywołać skażenia chemiczne¹. Ekspertowi zadano pytanie: Jakie środki należy podjąć, aby wzmocnić system przeciwdziałania skażeniom chemicznym? Z wywiadu eksperckiego wynika, że może być podjętych wiele środków, które przyczynią się do wzmocnienia systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym, co przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Obszary i środki służące wzmocnieniu systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym

Obszary, w których można wzmocnić system przeciwdziałania skażeniom chemicznym	Środki służące wzmocnieniu systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym	Przykłady środków służących wzmocnieniu systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym w określonych obszarach
Regulacje prawne i egzekwowanie przestrzegania prawa	– regularne aktualizacje ustaw regulujących ochronę środowiska; – wprowadzenie systemów licencyjnych dla operacji związanych z substancjami chemicznymi	– wprowadzenie obowiązkowych zezwoleń na transport i magazynowanie środków chemicznych mogących wywołać skażenia chemiczne
Monitorowanie i kontrola	– przeprowadzanie kontroli zakładów przemysłowych; – wprowadzenie obowiązkowego monitoringu emisji substancji chemicznych; – stosowanie systemów szybkiego powiadamiania o wyciekach	– wprowadzenie stacji monitoringu jakości powietrza i wód; – używanie automatycznych czujników wykrywających wycieki chemiczne
Infrastruktura zabezpieczająca	– używanie szczelnych zbiorników na substancje płynne; – stosowanie odpowiednich systemów kanalizacyjnych i filtracyjnych; – budowa specjalistycznych magazynów chemicznych	– używanie zbiorników dwupłaszczowych; – korzystanie z magazynów z wentylacją i systemami przeciwpożarowymi

¹ Ekspert udzielił odpowiedzi na powyższe pytanie w listopadzie 2024 r., a 1 grudnia 2024 r. przekazał ją w formie pisemnej autorkom artykułu.

Szkolenia i edukacja	– przeprowadzanie szkoleń dla pracowników przemysłowych w zakresie obsługi substancji chemicznych; – prowadzenie edukacji społecznej z zakresu postępowania w razie awarii chemicznej	– prowadzenie kursów z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP) dla operatorów; – prowadzenie kampanii informacyjnych w mediach i szkołach
Reakcja na wycieki	– tworzenie wyspecjalizowanych jednostek ratunkowych z zakresu CBRN (chemical, biological, radiological, nuclear) opracowanie regionalnych i krajowych planów kryzysowych w zakresie zwalczania skażeń chemicznych	– istnienie jednostek chemicznych straży pożarnej; – prowadzenie planów kryzysowych dla zakładów przemysłowych
Współpraca międzynarodowa	– współdziałanie z międzynarodowymi organizacjami (np. European Chemicals Agency, United Nations Environment Programme); – wymiana informacji o zagrożeniach chemicznych i skutecznych procedurach	– implementacja wytycznych prawa Unii Europejskiej w zakresie poprawy ochrony zdrowia ludzkiego i środowiska przed zagrożeniami, jakie mogą stwarzać substancje chemiczne, np. REACH² i CLP³; współpracowanie z agencjami Unii Europejskiej w zakresie substancji chemicznych
Poprawa technologii	– promowanie biodegradowalnych środków chemicznych; – wspieranie innowacji w systemach zapobiegania wyciekom niebezpiecznych substancji	– udzielanie dotacji na rozwój tzw. zielonej chemii; – stosowanie nowoczesnych czujników wycieków w zakładach przemysłowych
Systemy śledzenia i detekcji	– wprowadzenie systemów śledzenia transportu chemicznych substancji niebezpiecznych; – użycie technologii (np. bezzałogowych systemów powietrznych) do monitorowania potencjalnych wycieków	– stosowanie elektronicznych systemów śledzenia na przykład ADR⁴; używanie bezzałogowych systemów powietrznych wyposażonych w czujniki wykrywające substancje chemiczne

Źródło: opracowanie własne na podstawie wywiadu eksperckiego.

² Skrót używany dla Rozporządzenia (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, Dz.U.UE.L.2006.396.1 z dnia 30.12.2006.

³ Classification, Labelling and Packaging – skrót używany dla określenia Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Dz.U.UE.L.2008.353.1 z dnia 31.12.2008.

⁴ Skrót pochodzi od francuskiej nazwy umowy „Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route” (pol. „Europejska umowa dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych”).

Zgodnie z Ustawą z dnia 5 grudnia 2024 r. o ochronie ludności i obronie cywilnej głównie organy administracji publicznej tworzą system ochrony ludności, którego zadaniem jest zapewnić bezpieczeństwo poprzez ochronę życia i zdrowia ludzi, ich mienia, zwierząt, infrastruktury, dóbr kultury oraz środowiska, gdy pojawi się zagrożenie. Dodatkowo w skład ochrony ludności wchodzi inne podmioty, które wykonują powyższe zadania oraz zasoby ochrony ludności. Należy podkreślić, że w myśl wspomnianej ustawy ochrona ludności to system, stanowiący sieć powiązań podmiotów, zasad, zasobów czy przepływów finansowych.

Skuteczna ochrona ludności przed skażeniami chemicznymi wymaga zaimplementowania odpowiedniego systemu przeciwdziałania. System ten powinien obejmować wszystkie obszary, w których można podejmować działania mające na celu jego wzmocnienie, np. poprzez monitorowanie i kontrolę, reakcję na wycieki czy doskonalenie technologii używanych w przemyśle. Przedsiębiorcy zajmujący się produktami chemicznymi i używający w swojej działalności środków chemicznych są zobowiązani przestrzegać przepisów prawnych dotyczących odpowiedniego sposobu informowania pracowników o zagrożeniach chemicznych. Celem usprawnienia przepływu informacji o zagrożeniach chemicznych niektóre z organizacji (np. Weyerhaeuser Canada Ltd.) wykorzystują specjalistyczne oprogramowanie, które zapewnia wszystkim pracownikom firmy szybki i łatwy dostęp do informacji, co pozwala na uniknięcie wysokich kar oraz skraca czas reakcji na niepożądane zdarzenia chemiczne w nagłych wypadkach do niespełna dwóch minut (Wysong i Landals, 1999, s. 861-862). Powyższa metoda organizacyjna jest jak najbardziej oczekiwana na rynku, ponieważ bezpieczeństwo chemiczne obejmuje różne środki o charakterze organizacyjnym, prawnym i technicznym służące ograniczeniu ryzyka w zakresie narażenia na styczeń z niebezpiecznymi substancjami chemicznymi (Dunaj, 2023, s. 190).

Istota bezpieczeństwa chemicznego postrzegana jest jako subkategoria bezpieczeństwa ekologicznego (Grabowska, 2001, s. 189). Bezpieczeństwo chemiczne zostało zdefiniowane również jako zbiór stanów: dostępu, wytwarzania oraz obrotu surowcami i produktami chemicznym, które się zmieniają w sposób dynamiczny. Celem powyższych czynności jest minimalizowanie ryzyka oraz jego unikanie. W bezpieczeństwie chemicznym wyodrębnia się grupy surowców i produktów, które są nadzorowane w sposób szczególny i ma miejsce ich reglamentacja ze względu na destrukcyjne i szkodliwe właściwości (Fehler i Bączek, 2021, s. 42). Ponadto bezpieczeństwo chemiczne może być wspierane sztuczną inteligencją, np. poprzez prognozowanie potencjalnych zagrożeń za

pomocą analizy interakcji chemicznych i czynników środowiskowych (Elhag-Idris, 2024, s. 2).

We wszystkich obszarach bezpieczeństwa chemicznego wymagana jest współpraca sektora prywatnego z administracją publiczną, a także współpraca międzynarodowa. Przedsiębiorcy powinni podjąć odpowiedzialność za zapewnienie bezpieczeństwa chemicznego, a firmy energetyczne inwestować w zielone technologie, które obok odpowiedzialności społecznej zagwarantują trwałość zysków (Zhu i Zou, 2022). Innowacje w zielone technologie zapobiegają zanieczyszczeniom, pozwalając na ich kontrolę, recykling, ekologiczne produkty (Aguilera-Caracuel i Ortiz-de-Mandojana, 2013, s. 365-385), co wpływa na poprawę bezpieczeństwa chemicznego, a przy okazji napędza rozwój gospodarczego (Xu i in., 2023). Niewątpliwie zagrożenia bezpieczeństwa chemicznego stały się przeszkodą dla zrównoważonego rozwoju przemysłu chemicznego (Chen i Reniers, 2020). Obowiązkiem przedsiębiorców jest dbałość o bezpieczeństwo chemiczne w miejscu pracy i zarządzać nim prawidłowo (Anik, Toha i Tareq, 2024). Niezbędna jest ochrona przed różnymi rodzajami ryzyka, która zapewni odpowiednią ich kontrolę i ocenę w celu zapobiegania szkodliwym uwolnieniom substancji chemicznych podczas całego procesu produkcji (Syeda, 2020).

WNIOSKI

Ochrona ludności zależy od prawidłowego funkcjonowania wielu systemów, a jednym z nich jest system przeciwdziałania skażeniom chemicznym. Wzmacnianie systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym ze względu na nieustannie zmieniającą się architekturę bezpieczeństwa wymaga poddawania go ciągłym aktualizacjom oraz doskonaleniu. Właściwym rozwiązaniem byłoby nałożenie na wybrane organy administracji publicznej obowiązku regularnych przeglądów systemu i podnoszenie jego skuteczności.

Jednym z kluczowych obszarów do usprawnienia jest monitorowanie i kontrola zagrożeń chemicznych. W tym celu należy wdrożyć systemy szybkiego powiadamiania oraz wprowadzenia wymogu zakładania automatycznych czujników wykrywających skażenia, które pozwolą na natychmiastowe wykrycie i reakcję na niebezpieczne wycieki substancji chemicznych. Ponadto ważna jest modernizacja infrastruktury zabezpieczającej, obejmująca nowoczesne technologie neutralizacji skażeń, skuteczniejsze metody dekontaminacji oraz zwiększenie dostępności sprzętu ochronnego dla służb ratowniczych i instytucji odpowiedzialnych za zarządzanie kryzysowe.

Szkolenia i edukacja są fundamentalne w budowaniu świadomości społecznej oraz przygotowywaniu specjalistów do skutecznej reakcji na zagrożenia chemiczne. Programy edukacyjne, takie jak te opracowane przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa powinny być, rozwijane i wdrażane na szerszą skalę i należy nimi obejmować zarówno kadrę administracyjną i służby ratownicze, jak również ogół społeczeństwa.

Ważnym aspektem jest też reakcja na zagrożenia w cyberprzestrzeni, ponieważ systemy zarządzania substancjami chemicznymi coraz częściej opierają się na technologii cyfrowej. Istnieje ryzyko cyberataków, które mogą zakłócić funkcjonowanie systemów detekcji lub doprowadzić do wycieku substancji niebezpiecznych. Niezbędne jest stałe wdrażanie coraz to nowocześniejszych protokołów cyberbezpieczeństwa, systemów szyfrowania oraz zabezpieczeń sieciowych chroniących przed przejęciem kontroli nad kluczowymi instalacjami chemicznymi.

Skażenia chemiczne są dla ludności poważnym zagrożeniem. Rzeczpospolita Polska jest zobowiązana konstytucyjnie do zapewniania bezpieczeństwa obywatelom oraz ochrony środowiska (Konstytucji RP, 1997, art. 5). W Polsce nie ma jednego organu administracji publicznej odpowiedzialnego za walkę z zagrożeniami chemicznymi, dlatego ciężar przygotowania systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym spoczywa na różnych podmiotach, np. na Prezisie Rady Ministrów, Radzie Ministrów, Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, Komendancie Głównym Państwowej Straży Pożarnej, Głównym Inspektorze Sanitarnym czy jednostkach samorządu terytorialnego. Podmioty te są zobligowane do współpracy nad tworzeniem skutecznego systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym, wzmocnionego o wskazane środki zaproponowane w niniejszym artykule.

BIBLIOGRAFIA

- Adamkiewicz J. (2023), *Skażenia chemiczne*, [w:] J. Itrich-Drabarek, A. Misiuk, S. Mitkow i P. Bryczek-Wróbel (red.), *Encyklopedia Bezpieczeństwa Narodowego*, Warszawa: Elipsa, s. 581.
- Aguilera-Caracuel J. i Ortiz-de-Mandojana N. (2013), *Green Innovation and Financial Performance on Institutional Approach*, *Organization & Environment*, nr 4, s. 365-385. <https://doi.org/10.1177/108602661350793>
- Ali-Asgharz F., Khosravi Y., Arghami S. i Hasanzadeh Rangi N. (2011), *The Effect of HCS on Knowledge and Safety Performance (Case study: Hazardous Chemicals in the Tehran Refinery)*, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, nr 10, s. 564-570.
- Anik A, Toha M. i Tareq S. (2024), *Occupational Chemical Safety and Management: A Case Study to Identify Best Practices for Sustainable Advancement of Bangladesh*, *Hygiene and Environmental Health Advances* 12, s. 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.heha.2024.100110>

- Biskupski A. i Borowik M. (2020), *Katastrofa w Bejrucie a zagrożenie bezpieczeństwa publicznego w Polsce wynikające z produkcji i stosowania azotanu(V) amonu*, Przemysł Chemiczny, nr 9, s. 1265-1268. <https://doi.org/10.15199/62.2020.9.1>
- Bojar-Fijałkowski T. (2019), *Prawo sanitarne w systemie prawnej ochrony środowiska w Polsce*, Bydgoszcz: Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego.
- Chen C. i Reniers G. (2020), *Chemical Industry in China: The Current Status, Safety Problems, and Pathways for Future Sustainable Development*, Safety Science 128, s. 104741. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104741>
- Dunaj P. (2023), *Bezpieczeństwo chemiczne i gwarancje jego zapewnienia w Unii Europejskiej*, Rocznik Administracji Publicznej, nr 9, s. 189-204. <https://doi.org/10.4467/24497800RAP.23.012.18308>
- Elhag-Idris G. (2024), *Modern Chemical Safety and Green Technology: Innovations for Sustainable Chemical Management in Canada*, Advance in Environmental Waste Management & Recycling, nr 3, s. 1-4.
- Fehler W. i Bączek P. (2021), *Podstawy konceptualizacji polityki bezpieczeństwa w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom chemicznym w Polsce*, Colloquium Wydziału Nauk Humanistycznych i Społecznych AMW, nr 3, s. 39-57.
- Grabowska G. (2001), *Europejskie prawo środowiska*, Warszawa: Wydawnictwa Prawnicze PWN.
- Klepacki B. i Skałbiana K. (2017), *Formalno-prawne i organizacyjne sposoby zapobiegania zagrożeniom w transporcie paliw płynnych*, Ekonomia i Organizacja Logistyki, nr 4, s. 43-50. <https://doi.org/10.22630/EIOL.2016.1.4.34>.
- Kołcz B. (2023), *Categorisation of Hazards Caused by Chemical Accidents and Disasters in Terms of Rescue Efforts / Kategoryzacja zagrożeń spowodowanych awariami i katastrofami chemicznymi w aspekcie podejmowanych działań ratowniczych*, Safety & Fire Technology, nr 2, s. 64-85. <https://doi.org/10.12845/sft.62.2.2023.4>
- Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. 1997, poz. 78).
- Kowalska J. (2021), *Narażenie spawaczy na czynniki chemiczne emitowane do powietrza w miejscu pracy*, Przemysł Chemiczny, nr 2, s. 132-138. <https://doi.org/10.15199/62.2021.2.2>
- Kruczkowska M. (2025), *To była największa katastrofa chemiczna na świecie. 40 lat później Indie wywiozły toksyczne odpady*, Wyborcza.pl, 4.01, <https://wyborcza.pl/7,75399,31589212,to-byla-najwieksza-katastrofa-chemiczna-na-swiecie-40-lat-pozniej.html> [dostęp: 04.02.2025].
- Krzemińska S., Szewczyńska M. i Jachowicz A. (2024), *Narażenie strażaków na substancje chemiczne podczas pożaru*, Bezpieczeństwo Pracy, nr 5, s. 12-15. <https://doi.org/10.54215/BP.2024.5.11.Krzeminska>
- Kwilosz T., Filar B. i Miziołek M. (2022), *Analiza zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego pyłami charakterystycznymi dla niskiej emisji*, Nafta-Gaz, nr 9, s. 688-695. <https://doi.org/10.18668/NG.2022.09.06>.
- Lorenz W. (2020), *Użycie broni chemicznej przez Rosję – konsekwencje dla NATO*, Polski Instytut Studiów Międzynarodowych, nr 252 (2184).
- Milszewski J. (2024), *Orlen Lietuva. 1,8 ton ropy wyciekło do Bałtyku*, Gospodarkamorska.pl, 9.02, <https://www.gospodarkamorska.pl/orlen-lietuva-18-ton-ropy-wycieklo-do-baltyku-76310> [dostęp: 1.10.2024].
- Murakami H. (2021), *Podziemie. Największy zamach w Tokio*, Wołowiec: Wydawnictwo Czarne.

- Pajak M., Szostak M. i Sławiński M. (2012), *Badania geostatystyczne skażenia środowiska leśnego Uroczyska Grodzisko w Bielańsko-Tynieckim Parku Krajobrazowym*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji 24, s. 245-256.
- Pakulska D. (2015), *Zagrożenia chemiczne związane z eksploatacją gazu łupkowego*, Medycyna Pracy, nr 1, s. 99-117. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00147>
- PAP (2014), *Skażenie wody po wycieku chemicznym w USA*, WNP, 10.01, <https://www.wnp.pl/przemysl/chemia/skazenie-wody-po-wycieku-chemicznym-w-usa,215528.html> [dostęp: 04.02.2025].
- Radlak A. (2024), *Nielegalne i niebezpieczne w ogniu*, Przegląd Pożarniczy, <https://www.ppoz.pl/czytelnia/ratownictwo-i-ochrona-ludnosci/nielegalne-i-niebezpieczne-w-ogniu/idn:3293> [dostęp: 1.11.2024].
- Rutkowska A. i Rusek P. (2020), *Rynek nawozów fosforowych oraz zróżnicowanie zawartości fosforu w glebach Polski*, Przemysł Chemiczny, nr 3, s. 381-385. <https://doi.org/10.15199/62.2020.3.5>
- Solarz J. (2005), *Skażenia chemiczne – typologia zagrożeń*, Zeszyty Naukowe AON, nr 4(93), s. 310-325.
- Syeda S. (2020), *Framework for Sound Management of Chemicals: Toward a Sustainable Chemicals Industry in Bangladesh*, ACS Chemical Health & Safety, nr 5, s. 288-298. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.0c00039>
- Szewczyńska M., Dobrzyńska E., Pośniak M. i Jeżewska A. (2011), *Czynniki chemiczne w zakładach fryzjerskich – zagrożenia i profilaktyka*, Bezpieczeństwo Pracy, nr 1, s. 14-17.
- Szklarski Ł. (2024), *The Threat of Cbrn Terrorism: An Overview and Improvised Use of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Materials*, Zeszyty Naukowe SGSP, nr 91, s. 39-62. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.7565>
- Szuster P. (2024), *Substancje chemiczne zawarte w odzieży i ich wpływ na środowisko. Przegląd praktyk przemysłowych i ekologicznych alternatyw*, ResearchGate.net, https://www.researchgate.net/publication/385168864_Substancje_chemiczne_zawarte_w_odziezy_i_ich_wplyw_na_srodowisko_Przeglad_praktyk_przemyslowych_i_ekologicznych_alternatyw [dostęp: 1.11.2024].
- Thomas A. (2021), *Effects of Chemical Warfare: A Selective Review and Bibliography of British State Papers*. London: Taylor & Francis.
- Ustawa z dnia 5 grudnia 2024 r. o ochronie ludności i obronie cywilnej (Dz.U. 2024, poz. 1907, z późn. zm.).
- Wysong M. i Landals J. (1999), *New Software Allows Weyerhaeuser to Master Chemical Safety Compliance*, The Forestry Chronicle, nr 5, s. 861-862. <https://doi.org/10.5558/tfc75861-5>
- Xu S., Chen Y., Lyulyov O. i Pimonenko T. (2023), *Green Technology Innovation and High-Quality Economic Development: Spatial Spillover Effect*, Prague Economic Papers, nr 3, s. 292-319. <https://doi.org/10.18267/j.pep.833>
- Zhu W. i Zou J. (2022), *The Impact of Green Technology Innovation of New Energy Companies on Earnings Sustainability in China – Based on the Regulatory Effect of Green Finance Development*, American Journal of Industrial and Business Management, nr 8, s. 1348-1362. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2022.128073>

KONCEPCJA WZMOCNIENIA SYSTEMU
PRZECIWDZIAŁANIA SKAŻENIOM CHEMICZNYM
MAJĄCA NA CELU OCHRONĘ LUDNOŚCI

S t r e s z c z e n i e

Niniejszy artykuł przedstawia problematykę skażeń chemicznych w kontekście ich negatywnych skutków dla ludności cywilnej. Głównym celem jest przedstawienie koncepcji wzmocnienia systemu przeciwdziałania skażeniom chemicznym, a główny problemem badawczy zawiera się w pytaniu: jakie działania należy podjąć, aby wzmocnić system przeciwdziałania skażeniom chemicznym. Wykorzystano teoretyczne metody badawcze, w tym analizę systemową, porównawczą i statystyczną. Przeprowadzono krytyczną kwerendę literatury przedmiotu badań. W celu uzupełnienia narracji analitycznej wykorzystano metodę empiryczną w postaci wywiadu osobistego, zogniskowanego.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo chemiczne; ochrona ludności; skażenia chemiczne; bezpieczeństwo informacji; zarządzanie kryzysowe