



dr n. tech. MAŁGORZATA GOŁOFIT-SZYMCZAK (ORCID: 0000-0003-1463-404X)
prof. dr hab. n. med. RAFAŁ L. GÓRNY (ORCID: 000-0001-5703-5835)
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Kontakt: magol@ciop.pl
DOI: 10.54215/BP.2024.11.24.Golofit-Szymczak

Legionella pneumophila – występowanie, chorobotwórczość, diagnostyka i metody ograniczania narażenia środowiskowego

Fot. vchal/Bigstockphoto



Legionella jest bakterią Gram-ujemną, wywołującą legionellozę – ciężką chorobę dróg oddechowych człowieka. Do zakażenia dochodzi w wyniku wdychania kropel aerozolu skażonego tym drobnoustrojem. Działania mające na celu ograniczenie rozwoju i rozprzestrzeniania się bakterii *Legionella* w instalacjach wodnych i klimatyzacyjnych powinny obejmować właściwe zarządzanie tą infrastrukturą, tj. prawidłowe użytkowanie oraz konserwację urządzeń i instalacji w połączeniu z ich stałą mikrobiologiczną kontrolą.

Słowa kluczowe: *Legionella pneumophila*, szkodliwe czynniki biologiczne, instalacje wodne, ograniczenie narażenia

***Legionella pneumophila* – occurrence, pathogenicity, diagnosis and methods of reducing environmental exposure**

Legionella is a pathogenic Gram-negative bacterium that causing legionellosis, a serious illness of the human respiratory tract. Infection occurs as a result of inhalation of aerosol droplets contaminated with this microorganism. Actions aimed at limiting the development and spread of *Legionella* bacteria in water and air-conditioning installations should include proper management of this infrastructure, i.e. proper use and maintenance of devices and installations combined with their constant microbiological control.

Keywords: *Legionella pneumophila*, harmful biological agents, water systems, exposure reduction

Wstęp

Legionella pneumophila to Gram-ujemna bakteria w kształcie pałeczki, która jest wszechobecna w środowisku wodnym. Zachorowania wywołane przez pałeczki *Legionella* określane są jako legionellozy. Ich najczęściej występujące typy to: gorączka Pontiac, zakażenie o łagodnym, grypopodobnym przebiegu oraz choroba legionistów, która ma postać ciężkiego zapalenia płuc i może być przyczyną licznych powikłań.

Legionella powszechnie występuje zarówno w naturalnych, jak i sztucznych zbiornikach wodnych na całym świecie. Zakażenie pałeczkami *Legionella* następuje najczęściej w wyniku wdychania zanieczyszczonych nimi aerozoli, wytwarzanych przez wiele sztucznych systemów wodnych, takich jak: chłodnie kominowe, klimatyzatory, prysznice, krany, wanny i baseny spa.

Zawodowe narażenie na bakterie *Legionella* dotyczy przede wszystkim stanowisk pracy, na których występuje kontakt ze skażoną wodą (np. z biofilmami w instalacjach wodnych, aerozolem wodnym).

Celem artykułu jest zapoznanie czytelnika z zagadnieniem środowiskowego występowania i chorobotwórczości *Legionelli*, metod diagnostycznych oraz prawnych i technicznych możliwości ograniczania narażenia środowiskowego na bakterie z rodzaju *Legionella*.

Historia Legionelli

Pierwsze doniesienia o bakteriach z rodzaju *Legionella* pochodzą ze Stanów Zjednoczonych. W lipcu 1976 r. w hotelu Bellevue-Stratford w Filadelfii odbywał się zjazd amerykańskiej organizacji kombatanckiej Legionu Amerykańskiego Stanu Pensylwania. Jak podają źródła historyczne, liczba osób, które podczas tych uroczystości zachorowały na infekcje dróg oddechowych, wyniosła 221 – spośród tych osób 34 zmarły (29 uczestników zjazdu i pięć osób z obsługi hotelu). Dochodzenie epidemiologiczne przeprowadzone przez Amerykańskie Centra Kontroli i Zapobiegania Chorobom

(US Centers for Disease Control and Prevention, USCDC) dowiodło, że to bakteria *Legionella pneumophila* (nazwana tak dla upamiętnienia pierwszych zidentyfikowanych ofiar), która rozwinęła się w hotelowym systemie klimatyzacji, była odpowiedzialna za te zachorowania [1].

Występowanie

Bakterie z rodzaju *Legionella* to cienkie, niewytwarzające przetrwalników oraz otoczek pałeczki Gram-ujemne o długości 2–20 µm i szerokości 0,3–0,9 µm. Pałeczki *Legionella* spp. są organizmami mezofilnymi – optymalna temperatura ich wzrostu to zakres od 20°C do 45°C. Gatunki *Legionella*, wszechobecne w przyrodzie, występują głównie w środowiskach wodnych, choć izolowano te mikroorganizmy również z próbek gleby [2]. *Legionella* może przetrwać w zróżnicowanych warunkach, w zakresie temperatury od 0°C do 63°C oraz w pH środowiska od 2,7 do 8,3 (pałeczki te mogą również wytrzymać krótkotrwałą ekspozycję na pH = 2) [3].

Naturalne i sztuczne zbiorniki wodne

Naturalnym środowiskiem występowania bakterii z rodzaju *Legionella* są wody śródlądowe, powierzchniowe (rzeki i jeziora), gruntowe, zwłaszcza naturalne źródła wody gorącej, oraz strefy przybrzeżne wód morskich. Gatunki *Legionella* izolowano też z wody na roślinach w lasach deszczowych [4, 5].

Bakterie *Legionella* mogą występować również w sztucznych źródłach wody. *Legionella* potrafi się rozwijać w biofilmach, kolonizując np. elementy sieci dystrybucyjnej wody, w tym systemy zaopatrzenia wody pitnej, wieże chłodnicze, elementy wewnętrznych systemów wodno-kanalizacyjnych (np. prysznice), sprzęt do terapii oddechowej, nawilzacze, wanny z hydromasażem oraz instalacje klimatyzacyjne (urządzenia klimatyzacyjne z nawilżaniem wodnym lub niesprawnym nawilżaniem parowym, komory zraszania, skraplacze wyparne, wentylatorowe chłodnie wieżowe, filtry powietrza) [6, 7]. Ponieważ mikroorganizmy tworzące biofilmy są stosunkowo odporne na standardowe procedury dezynfekcji, *Legionella* może się przedostać do źródeł wody pitnej i je kolonizować. Baseny spa (wanny) z hydromasażem (jacuzzi, whirlpool, baseny perełkowe) są doskonałym siedliskiem bakterii *Legionella*, ponieważ utrzymywana w nich temperatura jest optymalna dla wzrostu tych mikroorganizmów [8].

W Wielkiej Brytanii w 1980 r. po raz pierwszy zidentyfikowano żywe pałeczki *Legionella* w instalacji wody pitnej. Od tamtej pory liczne doniesienia naukowe wskazują, że bakteria ta może występować we wszystkich elementach komunalnych instalacji wodociągowych, w tym w systemach dystrybucji wody ciepłej i zimnej (m.in.: w zbiornikach do magazynowania wody, podgrzewaczach, głowicach natryskowych czy zaworach czerpnych) [7, 9]. Urządzenia medyczne, takie jak turbiny dentystyczne, stacje dializ, inhalatory czy nebulizatory, to również miejsca,

w których panują dobre warunki do rozwoju pałeczki z rodzaju *Legionella*. Bakterie te izolowano też w oczyszczalniach ścieków, bowiem są one prawie zawsze obecne na wszystkich etapach procesu oczyszczania [10].

Inne źródła

Schwabe i in. [11] wykryli pałeczki *Legionella* w próbkach płynu do spryskiwaczy pobranych z autobusów szkolnych. Inne potencjalne źródła obejmują kafele oraz zbiorniki na wodę deszczową. Sklepy ogrodnicze i stoiska z owocami i warzywami, wykorzystujące nawilzacze do utrzymania świeżości produktów, to również potencjalne źródła występowania bakterii *Legionella*.

Stężenia bakterii *Legionella* w naturalnych i sztucznych zbiornikach wodnych mogą się znacznie różnić w zależności od charakteru i przeznaczenia zbiornika wodnego, warunków otoczenia (pory roku, temperatury) czy obecnych w nim pozostałości substancji chemicznych (np. substancji o działaniu dezynfekującym). Przykładowe stężenia bakterii *Legionella* w różnych źródłach wody przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Stężenia bakterii *Legionella* w różnych źródłach wody [12]
Table 1. *Legionella* concentrations in various water sources [12]

Źródło	Stężenie <i>Legionella</i> spp. [jtk/dm³] ^{*)}
Woda pitna	4,0×10 ¹ –9,0×10 ⁸
Wieże chłodnicze	1,0×10 ⁵ –1,2×10 ⁹
Fontanny miejskie	3,1×10 ³ –3,0×10 ⁶
Wanny z hydromasażem	2,5×10 ² –3,5×10 ⁵

*)jtk – jednostki tworzące kolonie.

Czynniki sprzyjające rozwojowi bakterii *Legionella* w instalacjach wodnych

Do czynników sprzyjających namnażaniu się bakterii *Legionella* w instalacjach wodnych zalicza się:

- temperaturę wody, w tym:
 - niewłaściwą jej regulację, skutkującą spadkiem temperatury ciepłej wody poniżej 50°C,
 - nieprawidłowe rozmieszczenie urządzeń – ich zlokalizowanie zbyt daleko od kranów i armatury wypływowej lub działanie elementów obniżających temperaturę – np. termostatycznych zaworów mieszających, w wyniku czego powstają długie odcinki rur z ciepłą wodą,
 - powstawanie stref niskiego natężenia przepływu lub zastoju wody – długie odgałęzienia i odgałęzienia nieprzelotowe;
- niewłaściwą konserwację i brak ciągłości w korzystaniu z urządzeń w punktach czerpalnych (np. wież chłodniczych);
- montaż zbiorników magazynujących wodę o dużej pojemności, sprzyjający zastojowi i stratyfikacji hydrologicznej;

- stosowanie nieodpowiednich materiałów konstrukcyjnych do budowy sieci wodociągowych (zawierających organiczne substancje odżywcze);
 - niedostateczne czyszczenie i konserwację całej instalacji wodnej;
 - obecność wolno żyjących pierwotniaków (ameb, orzęsków), odgrywających istotną rolę w tworzeniu biofilmów w środowisku wodnym, które zabezpieczają bakterie *Legionella* przed niekorzystnymi warunkami środowiskowymi oraz przed procedurami dezynfekcji wody.
- Chropowate powierzchnie, kamień i inne osady organiczne w instalacjach wodnych sprzyjają tworzeniu się biofilmów, w których bakterie *Legionella* mogą przetrwać przez długi czas [13, 14]. Istotny wpływ na namnażanie się tych bakterii mają zmiany klimatyczne, m.in. globalne ocieplenie. Dłuższe sezonowe ciepłe okresy, spowodowane gorącym latem lub przedłużającą się ciepłą jesienią, mogą prowadzić do wzrostu temperatury wody i tym samym sprzyjać namnażaniu się tych patogenów. Do czynników sprzyjających namnażaniu bakterii *Legionella* należą też podwyższona temperatura i wilgotność powietrza oraz gleby [15].

Chorobotwórczość

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) odnotowała, że spośród wszystkich patogenów przenoszonych przez wodę to bakterie *Legionella* powodują największe zagrożenie dla zdrowia ludzi w krajach Unii Europejskiej. Do zakażenia dochodzi poprzez wdychanie kropeł aerozolu zawierających żywe komórki tych bakterii. Aby doszło do inhalacyjnego zakażenia dróg oddechowych, średnica cząsteczek aerozolu musi być mniejsza niż 10 µm, co umożliwia cząstkom aerozolu kropelkowego penetrację dróg oddechowych człowieka. Wewnątrzkomórkowe namnażanie się pałeczek prowadzi do rozpadu komórek gospodarza i szerzenia się zakażenia. Bakteriemię stwierdza się w jednym na trzy przypadki i bywa ona przyczyną pozapłucnej lokalizacji pałeczek *Legionella*. Nie stwierdzono przenoszenia się zakażenia pomiędzy ludźmi ani istnienia rezerwuaru zwierzęcego sprzyjającego rozprzestrzenianiu się chorób wywoływanych przez te bakterie.

Spośród rejestrowanych zachorowań 80–90% jest wywołanych przez gatunek *L. pneumophila*, w tym 50–75% – przez *L. pneumophila* serotyp 1, a 5–20% zachorowań może być spowodowanych przez *L. micdadei*, *L. longbeache*, *L. dumofii* oraz *L. bozemanii*.

Już od lat 70. XX w. USCDC w sposób systematyczny prowadzi analizy dotyczące zagrożeń zdrowotnych przenoszonych drogą wodną. Na podstawie tych analiz uznaje, że obecnie w krajach rozwiniętych największe zagrożenie ze strony bakterii *Legionella* jest związane z wodą pitną. Podobne stanowisko zajmują Europejskie Centrum ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób (ECDC) oraz instytucje i organy ochrony zdrowia w wielu krajach.

Legionelloza najczęściej rozpoznawana jest pod dwoma postaciami: jako choroba legionistów

(postać płucna, ciężkie zapalenie płuc) oraz jako gorączka Pontiac. Porównanie choroby legionistów i gorączki Pontiac przedstawiono w tab. 2.

Postać płucna stanowi od 3% do 8% wszystkich zachorowań wywoływanych przez pałeczki *Legionella*. Śmiertelność pacjentów z tą postacią legionellozy wynosi od 15% do 20%. W przypadku gorączki Pontiac dotychczas nie zanotowano zgonów, a wyleczenie następuje samoistnie po 3–5 dniach. Grupą najbardziej narażoną na wystąpienie postaci płucnej legionellozy są mężczyźni w wieku 40–69 lat i kobiety w wieku 50–69 lat, a także niemowlęta i małe dzieci, osoby mające obniżoną odporność oraz osoby starsze. Ryzyko zachorowania zwiększają: palenie tytoniu, picie alkoholu, cukrzyca oraz choroby wymagające leczenia immunosupresyjnego i cytostatycznego [16].

Osoby z objawami charakterystycznymi dla gorączki Pontiac zazwyczaj nie wymagają konsultacji lekarskiej, ponieważ objawy te zazwyczaj ustępują samoistnie. U osób obserwujących u siebie objawy choroby legionistów istnieje ryzyko wystąpienia ciężkiej postaci legionellozy. Gdy dolegliwości się przedłużają lub nasilają, należy się zgłosić do lekarza rodzinnego.

W 1986 r. utworzono Europejską Grupę Roboczą ds. Zakażeń Legionellą (European Working Group for Legionella Infections, EWGLI), której celem jest zbieranie i wymiana informacji dotyczących zachorowań na legionellozę w Europie. W skład EWGLI wchodzi przedstawiciele 35 krajów, w tym Polski (od 1998 r.). EWGLI analizuje, opracowuje i publikuje dane dotyczące zachorowań na legionellozowe zapalenie płuc, wprowadziła też europejski system nadzoru nad chorobą legionistów związaną z podróżami, który później stał się znany jako EWGLINET. Od kwietnia 2010 r. działania EWGLINET koordynuje ECDC, a nazwa programu została zmieniona na Europejską Sieć Nadzoru nad Chorobą Legionistów (ELDSNet). W Polsce, na mocy ustawy o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi [18, 16], istnieje obowiązek zgłaszania przypadków zachorowań na chorobę legionistów (tj. postać płucną) i gorączkę Pontiac (tj. łagodniejszą, grypopodobną postać). Zachorowania na chorobę legionistów i gorączkę Pontiac w Polsce, opracowane na bazie meldunków epidemiologicznych, przedstawiono w tab. 3 [19].

W Polsce w 2023 r. w województwie podkarpackim (głównie na terenie Rzeszowa i powiatu rzeszowskiego) odnotowano epidemię wywołaną przez bakterię *Legionella pneumophila*. Do pierwszych zachorowań doszło 30 lipca 2023 r., natomiast szczyt zachorowań odnotowano w dniach 12–16 sierpnia 2023 r. Ogółem zachorowało 165 osób (107 mężczyzn i 58 kobiet). Choć wszyscy zakażeni byli hospitalizowani, to w wyniku zakażenia zmarło 25 osób w wieku od 53 do 98 lat, w tym 12 kobiet i 13 mężczyzn. Największą grupę pacjentów (69%) wśród 165 przypadków legionellozy stanowiły osoby powyżej 65. roku życia [20, 21]. Źródłem zakażenia była najprawdopodobniej sieć wodociągowa – zarówno wody ciepłej, jak i zimnej.

Tabela 2. Charakterystyka choroby legionistów i gorączki Pontiac [17]
Table 2. Characteristics of Legionnaires' Disease and Pontiac Fever [17]

Charakterystyka	Choroba legionistów	Gorączka Pontiac
Czas inkubacji	2–10 dni	5 godz. – 3 dni
Czas trwania choroby	kilka tygodni	2–5 dni
Objawy	słabość gorączka ból głowy suchy kaszel czasami odkrztuszanie krwi dreszcze ból mięśni trudności w oddychaniu, ból w klatce piersiowej biegunka (25–50% przypadków) wymioty, nudności (10–30% przypadków) splątanie i delirium (50% przypadków) niewydolność nerek	objawy grypopodobne osłabienie, zmęczenie wysoka gorączka i dreszcze bole mięśni, głowy, stawów biegunka nudności, wymioty (mała liczba osób) trudności w oddychaniu duszność suchy kaszel

Tabela 3. Zachorowania na chorobę legionistów i gorączkę Pontiac w Polsce w latach 2015 i 2020–2023
Table 3. Incidence of Legionnaires' Disease and Pontiac Fever in Poland in 2015 and from 2020 to 2023

Jednostka chorobowa	Liczba przypadków				
	2015 r.	2020 r.	2021 r.	2022 r.	2023 r.
Choroba legionistów	22	46	45	109	421
Gorączka Pontiac	–	1	–	9	15

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki *Legionella* spp. należy do grupy 2 zagrożenia [22], czyli jest zaliczana do szkodliwych czynników biologicznych, które mogą wywoływać choroby u ludzi, mogą być niebezpieczne dla pracowników, ale rozprzestrzenienie ich w populacji ludzkiej jest mało prawdopodobne i zazwyczaj istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia.

Diagnostyka

Diagnostyka legionellozy opiera się na wywiadzie epidemiologicznym oraz analizie objawów klinicznych, wyników badań radiologicznych i laboratoryjnych. W tab. 4 przedstawiono wykaz laboratoryjnych metod diagnostycznych, stosowanych do wykrywania pałeczek *Legionella* w materiale klinicznym [23, 24].

Według danych ECDC z 2019 r. większość przypadków w Europie (90%) diagnozuje się za pomocą testu antygenowego w moczu (UAT).

Narażenie zawodowe na legionellozę

Narażenie zawodowe na bakterie z rodzaju *Legionella* dotyczy wielu stanowisk pracy, na których występuje kontakt ze skażoną wodą. Najwięcej przypadków zachorowań na legionellozę odnotowano w obiektach przemysłowych przy pracach związanych z obsługą i konserwacją instalacji klimatyzacyjnych (np. chłodni kominowych,

układów chłodzenia zawierających skraplacz wyparny) oraz przemysłowych systemów chłodzenia.

Narażenie zawodowe na *Legionellę* spp. dotyczy głównie:

- pracowników wodociągów i kanalizacji, pracowników oczyszczalni ścieków, hydraulików;
- konserwatorów instalacji klimatyzacyjnych;
- konserwatorów basenów, wanień jaccuzi, hydromasaży;
- załóg statków wycieczkowych;
- pracowników sanatoriów i hoteli, w których świadczone są usługi spa;
- pracowników z takich branż, jak rolnictwo (ogrodnictwo), poligrafia czy branża tekstylna, w których konieczne jest stosowanie systemów zraszania;
- pracowników przemysłu wydobywczego – górników, pracowników platform wiertniczych;
- służby zdrowia (stomatologów, personelu wykonującego zabiegi hydroterapii);
- pracowników laboratoriów mikrobiologicznych.

W celu ograniczenia tego narażenia niezbędne jest przeprowadzenie analizy ryzyka zawodowego narażenia na szkodliwe czynniki biologiczne, w tym na bakterie z rodzaju *Legionella* spp., oraz wdrożenie środków minimalizujących szkodliwe oddziaływanie tych czynników na człowieka. Wszelkie działania profilaktyczne, służące ochronie osób przed czynnikami biologicznymi, pracodawca powinien opierać na filozofii STOP [25]. Ten sposób postępowania zakłada zhierarchizowane wprowadzanie środków ochrony pracowników: 1) eliminowanie narażenia, 2) techniczne zmiany na stanowiskach pracy, 3) działania organizacyjne, 4) zastosowanie środków ochrony indywidualnej.

Tabela 4. Metody wykrywania pałeczek *Legionella* w materiale klinicznym
 Table 4. *Legionella* rods detection methods in clinical specimens

Rodzaj testu lub metody diagnostycznej	Rodzaj próbki	Czas oczekiwania na wynik	Zalety	Wady	Czułość [%]	Specyficzność [%]
Metody hodowlane						
Najczęściej stosuje się podłoże mikrobiologiczne BCYE (wg Feeleya)	plwocina, wydzielina z dróg oddechowych, fragmenty tkanek z dróg oddechowych, krew, płyn z torebki maziowej stawów	3–14 dni	złoty standard w diagnostyce, wykrywa serogrupy; stosowany podczas dochodzeń epidemiologicznych	długa inkubacja, zmienna czułość, trudności w pozyskaniu odpowiedniej próbki do badań	> 10–80	ok. 100
Metody serologiczne						
Oznaczenie antygenu <i>Legionella</i> w moczu; test immunoenzymatyczny EIA, ELISA	surowica	3–4 godz.	szybki test, łatwa dostępność próbki, możliwa analiza po antybiotykoterapii	zatwierdzony przez FDA (Agencję Żywności i Leków) dla <i>L. pneumophila</i> serotyp 1, mniej czuły dla innych serotypów	70–90	95–100
Odczyn immunofluorescencji pośredniej (IFA)	surowica	2 godz. – 1 dzień	niska cena, może być zastosowany w przypadku, gdy patogen się jeszcze nie namnożył	test wystandaryzowany tylko dla <i>L. pneumophila</i> serotyp 1	70–80	95–100
Immunofluorescencja bezpośrednia (DFA) wykorzystująca przeciwciała specyficzne dla bakterii z grupy <i>Legionella</i>	surowica, wydzielina dróg oddechowych, biopłat		możliwość wykrycia różnych grup serologicznych	test technicznie trudny do wykonania	25–75	> 95
Test na antygen w moczu (UAT)						
Wykrywa lipopolisacharyd w ścianie komórkowej <i>Legionella pneumophila</i>	mocz	15 min	wczesna diagnostyka, wykrycie ostrej fazy choroby, szybki, nieinwazyjny, duża powtarzalność wyników	wykrywa tylko <i>L. pneumophila</i> serotyp 1; potencjalne fałszywie dodatnie wyniki	55–80	100
Spektrometria masowa						
Spektrometria mas z użyciem desorpcji/ionizacji laserowej wspomaganej matrycą z analizatorem czasu przelotu (MALDI-TOF-MS) – analiza profilu białkowego	kolonie na podłożach mikrobiologicznych, tkanka płucna, inne wydzieliny dróg oddechowych, surowica	10–30 min	łatwość przygotowania próbki	trudności w identyfikacji na poziomie serogrupy	89,9	brak danych
Testy genetyczne						
Reakcja łańcuchowa polimerazy (PCR)	badanie popłuczyn oskrzelowo-pęcherzykowych (BAL), tkanka płucna, inne wydzieliny dróg oddechowych, surowica, mocz	5 godz. – 3 dni	możliwość wykrycia różnych grup serologicznych	konieczność potwierdzania wyników dodatnich	57	ok. 99
Amplifikacja izotermiczna						
Izotermiczna reakcja amplifikacji (LAMP)	BAL, tkanka płucna, inne wydzieliny dróg oddechowych	1 godz.	szybki, prosty, relatywnie niska cena	niezalecany w badaniach klinicznych	> 90	90
Sekwencjonowanie nowej generacji						
Metagenomiczne sekwencjonowanie nowej generacji (mNGS)	BAL, tkanka płucna, inne wydzieliny dróg oddechowych	48 godz.	szybki i dokładny, jednoczesna identyfikacja patogenów współzakażających	wysokie koszty	brak dokładnych danych	brak dokładnych danych

Ograniczanie narażenia środowiskowego

Kluczem do zapobiegania legionellozie są zarówno działania techniczne (właściwe użytkowanie i konserwacja instalacji wodnych), jak i dochodzenia epidemiologiczne, w tym powszechne badanie pacjentów ze szpitalnym zapaleniem płuc oraz analiza przypadków, podczas których doszło do transmisji mikroorganizmów [26]. Do najważniejszych działań technicznych należą:

1. Właściwa konserwacja i zapewnienie odpowiedniej temperatury w punktach wypływu wody z kranu oraz w podgrzewaczach wody:
 - zapewnienie w punktach wypływu wody z kranu: temperatury wody ciepłej nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C, temperatury wody zimnej poniżej 20°C;
 - zapewnienie w podgrzewaczach wody temperatury co najmniej 60°C.

Europejskie wytyczne techniczne dotyczące zapobiegania, kontroli i badania zakażeń wywołanych przez gatunki z rodzaju *Legionella* podkreślają, że unikanie temperatury wody w zakresie od 20–25°C do 50–55°C w jakiegokolwiek części systemu wodnego przez dowolny okres jest ważnym czynnikiem kontroli ryzyka wynikającego ze środowiskowego narażenia na te pałeczki.

2. Czyszczenie wodnych urządzeń o funkcjach dekoracyjnych (np. fontann, ścian wodnych) – zapobieganie powstaniu biofilmu.
3. Regularne czyszczenie basenów z hydromasażem/typu spa/whirlpool – zapobieganie powstaniu biofilmu. Zaleca się wykonanie badania wody z basenu w kierunku obecności bakterii *Legionella* spp.
4. Regularna kontrola i czyszczenie systemów klimatyzacyjnych: utrzymywanie odpowiedniego stanu technicznego wież chłodniczych, komór zraszania zgodnie z zaleceniami producenta oraz przepisami prawnymi.
5. Regularna kontrola i czyszczenie wyposażenia bhp (np. oczomyjek, pryszniców bezpieczeństwa), systemów przeciwpożarowych, wodnych urządzeń medycznych (np. sprzętu do terapii oddechowych).
6. Właściwe zarządzanie urządzeniami i wewnętrznym systemem wodociągowym oraz utrzymywanie ich pod kontrolą w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego:
 - przeglądy stanu technicznego wewnętrznych systemów wodociągowych, w tym izolacji przewodów ciepłej i zimnej wody (ze względu na ryzyko schładzania ciepłej wody i ogrzewania zimnej);
 - zapobieganie powstawaniu osadów, korozji oraz złożeń;
 - izolacja instalacji wody ciepłej oraz zimnej;
 - likwidacja tzw. martwych odgałęzień instalacji wodnych;
 - zapewnienie w instalacji ciepłej wody w budynkach (z wyjątkiem jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej) stałego obiegu wody, także na odcinkach przewodów o objętości wewnątrz przewodu powyżej 3 dm³, prowadzących do punktów czerpalnych;
 - stała cyrkulacja ciepłej i zimnej wody: płukanie zasobników, spuszczenie wody;
 - kontrola mikrobiologiczna wody;
 - przeprowadzanie ciągłej lub okresowej dezynfekcji instalacji wodociągowej ciepłej wody metodą chemiczną albo fizyczną (termiczną) zawsze, gdy: instalacja wodna została wyłączone na dłużej niż miesiąc; instalacja lub jej część została wymieniona lub jeśli zabiegi konserwacyjne mogły prowadzić do jej zanieczyszczenia w sieci wodnej w miejscu przebywania osób, u których wystąpiło podejrzenie zachorowania lub stwierdzono zachorowanie na legionellozę.

Do przeprowadzenia dezynfekcji ciepłej niezbędne jest zapewnienie w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 70°C i nie wyższej niż 80°C. Badania wykazały, że zarówno światło UV, jak i podgrzewanie wody do temperatury powyżej 60°C wywoływały spadek stężenia bakterii *Legionella* w ciągu godziny. Zastosowanie ozonu lub chloru wymagało pięciogodzinnego czasu ekspozycji, aby osiągnąć ten sam poziom obniżenia stężenia tych mikroorganizmów [27].

7. Wdrożenie kompleksowego programu zarządzania bezpieczeństwem wody dla wewnętrznych systemów wodociągowych i urządzeń zasilanych wodą.

Polskie przepisy prawne dotyczące bakterii *Legionella*

Przepisy związane z obecnością bakterii *Legionella* w wodzie są zawarte w rozporządzeniu w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [28]. W sposób precyzyjny określa ono wymagania dotyczące kontroli i monitorowania obecności bakterii w instalacjach wodnych, w tym:

- wymagania (bakteriologiczne, fizykochemiczne i organoleptyczne) dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi,
- sposób oceny przydatności wody,
- minimalną częstość i miejsca pobierania próbek wody do badania,
- zakres badania jakości wody,
- program monitoringu jakości wody,
- sposób nadzoru nad materiałami i wyrobami stosowanymi w procesach uzdatniania i dystrybucji wody,
- sposób nadzoru nad laboratoriami wykonującymi badania jakości wody,

- sposób informowania konsumentów o jakości wody,
 - sposób postępowania przed organami Państwowej Inspekcji Sanitarnej w przypadku, gdy woda nie spełnia wymagań jakościowych.
- W wspomnianym rozporządzeniu zamieszczono wymagania mikrobiologiczne (dotyczące pałeczek *Legionella*), jakim powinna odpowiadać ciepła woda: w próbce o objętości 100 ml liczba mikroorganizmów (wyrażona w jtk – jednostkach tworzących kolonie) powinna być mniejsza niż 100 jtk, natomiast w próbce o objętości 50 ml – mniejsza niż 50 jtk. Minimalną częstość pobierania próbek ciepłej wody oraz procedury postępowania w zależności od wyników badania bakteriologicznego przedstawiono w tab. 5.
- W rozporządzeniu wymieniono cztery lokalizacje, z których należy pobrać próbkę ciepłej wody do badania w celu wykrycia bakterii *Legionella* w budynkach użyteczności publicznej (np.: szkołach, przedszkolach, żłobkach, biurach oraz budynkach sportowych, handlowych, usługowych i gastronomicznych) oraz w budynkach zamieszkania zbiorowego (np.: hotelach, pensjonatach, akademikach studenckich, domach spokojnej starości). Są to:
- wypływ ze zbiornika ciepłej wody lub najbliższy punkt czerpalny,

Tabela 5. Wytyczne pobierania próbek wody
Table 5. Water sampling guidelines

Liczba bakterii <i>Legionella</i> spp. [jtk]	Ocena skażenia	Postępowanie	Częstość badania
< 100/100 ml < 50 ^{*)} /1000 ml	brak/znikome	System pod kontrolą – nie wymaga podjęcia specjalnych działań.	2 razy w roku (przedsiębiorstwa prowadzące działalność leczniczą, np.: szpitale, przychodnie) 1 raz w roku
≥ 100/100 ml ≥ 50 ^{*)} /1000 ml	średnie	Jeżeli większość próbek ma pozytywny wynik, należy uznać sieć wodną za skolonizowaną przez pałeczki <i>Legionella</i> . Następnie należy znaleźć przyczynę skażenia oraz podjąć działania zmierzające do redukcji liczby bakterii. Dalsze niezbędne kroki (tj. czyszczenie i dezynfekcja instalacji) zależą od wyniku następnego badania.	po 4 tygodniach (jeżeli wynik badania nie ulegnie zmianie, należy przeprowadzić czyszczenie i dezynfekcję oraz powtórzyć badanie po tygodniu, a następnie po roku)
≥ 1000/100 ml > 100 ^{*)} /1000 ml	wysokie	Należy przystąpić do działań interwencyjnych, włącznie z czyszczeniem i dezynfekcją systemu – woda pod prysznicami nie nadaje się do użytku.	po tygodniu od czyszczenia i dezynfekcji, a następnie co 3 miesiące
≥ 10 000/100 ml ≥ 1000 ^{*)} /1000 ml	bardzo wysokie	Należy natychmiast wyłączyć z eksploatacji urządzenia i instalacje wody ciepłej oraz przeprowadzić proces ich czyszczenia i dezynfekcji.	po tygodniu od czyszczenia i dezynfekcji, a następnie co 3 miesiące

*) Wartość parametru dotyczy przedsiębiorstw podmiotu wykonującego działalność leczniczą w rodzaju stacjonarne i całodobowe świadczenia zdrowotne, jeśli korzystają z nich pacjenci o obniżonej odporności, w tym objęci leczeniem immunosupresyjnym.

- punkt czerpalny najdalej położony od zbiornika ciepłej wody,
- miejsce powrotu wody do podgrzewacza,
- wybrane punkty pośrednie.

Z kolei w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [28], określono: warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać instalacje wodociągowe, minimalną i maksymalną temperaturę wody w punktach czerpalnych oraz wymagania dotyczące dezynfekcji i zapewnienia stałego obiegu wody.

Istotnym aktem prawnym jest również dyrektywa 2020/2184 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [29]. Na jej mocy właściciele i administratorzy budynków są zobowiązani do wykonania oceny ryzyka w wewnętrznych systemach wodociągowych, ze szczególnym uwzględnieniem dużych budynków użyteczności publicznej. Ocenę ryzyka w wewnętrznych systemach wodociągowych należy przeprowadzić po raz pierwszy do 12 stycznia 2029 r.

Podsumowanie

Zanieczyszczenia instalacji wodnych i związane z nimi zachorowania na legionellozę stanowią istotny problem zdrowia publicznego. Z raportu WHO wynika, że w Unii Europejskiej spośród wszystkich patogenów przenoszonych przez wodę to właśnie bakterie *Legionella* powodują największe zagrożenie dla zdrowia. Mając to na uwadze, niezbędne jest podejmowanie wszelkich działań zmierzających do ograniczenia rozwoju i rozprzestrzeniania się bakterii *Legionella* w instalacjach wodnych i klimatyzacyjnych. Działania te wymagają przestrzegania określonych zasad podczas projektowania instalacji wodnych oraz właściwego zarządzania nimi na etapie ich eksploatacji, w tym: właściwego użytkowania, dokonywania konserwacji oraz kontroli mikrobiologicznej urządzeń i instalacji. W Polsce działania, które należy podejmować w celu monitorowania i ograniczania obecności bakterii *Legionella* w wodzie, reguluje rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [28].

BIBLIOGRAFIA

- [1] CUNHA B.A. et al. Legionnaires' disease. *Lancet*. 2016, 387(10016): 376–385; doi: 10.1016/S0140-6736(15)60078-2.
- [2] FIELDS B.S. The molecular ecology of legionellae. *Trends in Microbiology*. 1996, 4(7): 286–290; doi: 10.1016/0966-842X(96)10041-X.
- [3] NGUYEN M.L. et al. *Legionella* infection. *Clinics in Chest Medicine*. 1991, 12(2): 257–268; doi: 10.1016/S0272-5231(21)00742-5.
- [4] RIFFARD S. et al. Occurrence of *Legionella* in groundwater: an ecological study. *Water Science and Technology*. 2001, 43(12): 99–102.
- [5] BROOKS T. et al. Detection and identification of *Legionella* species from groundwaters. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 2004, 67: 1845–1859; doi: 10.1080/15287390490492449.
- [6] KRAMER M.H. et al. Legionellosis: ecological factors of an environmentally „new” disease. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin*. 1994, 195(5–6): 470–482.
- [7] LIN Y.E. et al. *Legionella* in water distribution systems. *Journal of the American Water Works Association*. 1998, 90: 112–122; doi: 10.1002/j.1551-8833.1998.tb08503.x.
- [8] HEDGES L.J. et al. Incidence of *Legionella* in the urban environment in Australia. *Water Research*. 1991, 25(4): 393–399; doi: 10.1016/0043-1354(91)90075-2.
- [9] ZHANG C. et al. *Legionella*: A promising supplementary indicator of microbial drinking water quality in municipal engineered water systems. *Frontiers in Environmental Science*. 2021, 9: 1–22; doi: 10.3389/fenvs.2021.684319.
- [10] PALMER C.J. et al. Detection of *Legionella* species in reclaimed water and air with the EnviroAmp *Legionella* PCR Kit and direct fluorescent antibody staining. *Applied and Environmental Microbiology*. 1995, 61(2): 407–412; doi: 10.1128/aem.61.2.407-412.1995.
- [11] SCHWAKE D.O. et al. Automobile windshield washer fluid: A potential source of transmission for *Legionella*. *Science of the Total Environment*. 2015, 1(526): 271–277; doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.03.122. PMID: 25955695.
- [11] PRUSSIN A.J. et al. Ten questions concerning the aerosolization and transmission of *Legionella* in the built environment. *Building and Environment*. 2017, 123: 684–695; doi: 10.1016/j.buildenv.2017.06.024.
- [12] SCIUTO E.L. et al. Environmental management of *Legionella* in domestic water systems: consolidated and innovative approaches for disinfection methods and risk assessment. *Microorganisms*. 2021, 9: 577; doi: 10.3390/microorganisms9030577.
- [13] (HSE) Legionnaires' Disease. Technical guidance. Part 2: The control of *Legionella* bacteria in hot and cold water systems. Health and Safety Executive, 2014; www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg274part2.pdf.
- [14] DUPKE S. et al. Impact of climate change on waterborne infections and intoxications. *Journal of Health Monitoring*. 2023, 8(Suppl 3): 62–77; doi: 10.25646/11402.
- [15] MATUSZEWSKA R. i in. Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* w systemach wody chłodniczej. *Roczniki PZH*. 2008, 59(4): 445–454.
- [16] Ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 924).
- [17] *Legionella* (Legionnaires' Disease and Pontiac Fever), <https://www.cdc.gov/legionella> [dostęp: 1.07.2024 r.].
- [18] Strona internetowa NIZP PZH-PIB, www.pzh.gov.pl [dostęp: 1.07.2024 r.].
- [19] Strona internetowa WHO, <https://www.who.int> [dostęp: 1.07.2024 r.].
- [20] Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, <https://www.gov.pl> [dostęp: 1.07.2024 r.].
- [21] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz.U. nr 81, poz. 716, z późn. zm.).
- [22] STYPUŁKOWSKA-MISIUREWICZ H. i in. *Legionella* sp. – laboratoryjne rozpoznawanie zakażeń u ludzi i wykrywanie w środowisku wodnym. *Roczniki PZH*. 2001, 52(1): 1–18.
- [23] BAI L. et al. Clinical and laboratory diagnosis of *Legionella Pneumonia*. *Diagnostics (Basel)*. 2023, 13(2): 280; doi: 10.3390/diagnostics13020280.
- [24] Strona internetowa GIS, <https://www.gov.pl/web/gis> [dostęp: 1.07.2024 r.].
- [25] Strona internetowa CIOP-PIB, www.ciop.pl [dostęp: 1.07.2024 r.].
- [26] MURACA P. et al. Comparative assessment of chlorine, heat, ozone, and UV light for killing *Legionella pneumophila* within a model plumbing system. *Applied and Environmental Microbiology*. 1987, 53(2): 447–453; doi: 10.1128/aem.53.2.447-453.1987.
- [27] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. poz. 2294).
- [28] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. z 2022 r. poz. 1225, z późn. zm.).
- [29] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.Ur. UE L 435 z 23 grudnia 2020 r., s. 1–62).

Opracowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy” (zadanie nr 5.ZS.03 pt. „Aktualizacja i rozwój bazy wiedzy BioInfo oraz stworzenie anglojęzycznej wersji internetowej platformy informacyjnej BioInfo”), finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej (do 12 grudnia 2023 r. – pn. Ministerstwo Rodziny i Polityki Społecznej). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.