

**ZALECENIA DOTYCZĄCE OGRANICZENIA
WYSTĘPOWANIA ZANIECZYSZCZEŃ
MIKROBIOLOGICZNYCH, W TYM BAKTERII
Z RODZAJU *LEGIONELLA*, W SYSTEMACH
WODY TECHNOLOGICZNEJ/CHŁODNICZEJ
I W SANITARNYCH INSTALACJACH WODY
CIEPŁEJ W ZAKŁADACH PRZEMYSŁOWYCH**



**NARODOWY INSTYTUT ZDROWIA PUBLICZNEGO
- PAŃSTWOWY ZAKŁAD HIGIENY**

Koordynator programu:
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

WARSZAWA, 2013

**NARODOWY INSTYTUT ZDROWIA PUBLICZNEGO
- PAŃSTWOWY ZAKŁAD HIGIENY
Zakład Higieny Środowiska**

**Zalecenia dotyczące ograniczenia występowania
zanieczyszczeń mikrobiologicznych,
w tym bakterii z rodzaju *Legionella*,
w systemach wody technologicznej/chłodniczej
i w sanitarnych instalacjach wody ciepłej
w zakładach przemysłowych**

Wykonawcy:

dr Bożena Krogulska
dr Renata Matuszewska
lek. med. Dorota Maziarka,
dr Adam Krogulski
mgr Maciej Szczotko
mgr Marta Bartosik

Koordinator programu:
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

WARSZAWA, 2013

Spis treści

Wprowadzenie	5
I. Bakterie z rodzaju <i>Legionella</i> – czynnik chorobotwórczy	6
<i>Legionella</i>	6
Legionelozą	6
Grupa podwyższonego ryzyka	7
Leczenie	7
Droga zakażenia	7
Rezerwuary występowania i namnażania się bakterii z rodzaju <i>Legionella</i>	8
Czynniki sprzyjające występowaniu i namnażaniu bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> w naturalnych i sztucznych rezerwuarach.	9
II. Regulacje prawne	10
III. Pobieranie próbek wody do badań mikrobiologicznych	12
Ogólne zasady pobierania próbek	13
IV. Zasady monitoringu wody w kierunku pałeczek <i>Legionella</i>	14
Systemy wód technologicznych/ chłodzących	15
Instalacje wody ciepłej (prysznicze)	16
V. Działania zapobiegające namnażaniu się mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> w instalacjach wody technologicznej/chłodniczej	20
VI. Działania zapobiegające namnażaniu się mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> w instalacjach wody wodociągowej	22
VII. Metody dezynfekcji instalacji i urządzeń wodnych (usuwanie biofilmu)	23
Metody chemiczne w oparciu o związki chloru	23
Metoda elektrolityczna (jony Cu^{2+} i Ag^+)	25
Inne metody chemiczne – stosowane do dezynfekcji urządzeń i systemów wody technologicznej/chłodniczej	25
Metody fizyczne	26
Dezynfekcja termiczna	26
Dezynfekcja promieniami UV	26
Dezynfekcja z zastosowaniem filtrów	27
VIII. Zapobieganie skażeniu mikrobiologicznemu powietrza i szerzenia się zakażeń inhalacyjnych w zakładach przemysłowych	27

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/ Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

ISBN 9788389379931

Druk i oprawa: Libra-Print Daniel Puławski
18-400 Łomża, Al. Legionów 114b
www.libra-print.pl

IX. Zarządzanie ryzykiem	32
X. Zagadnienia związane z ochroną zdrowia pracowników narażonych na aerozol wodny na stanowisku pracy	39
XI. Załączniki	46
Załącznik 1. Charakterystyka legionellozowego zapalenia płuc i gorączki Pontiac	46
Załącznik 2. Porównanie metod usuwania bakterii <i>Legionella sp.</i> z instalacji wodnych	47
Załącznik 3. Procedury czyszczenia i dezynfekcji wież chłodniczych i systemów wody technologicznej/ chłodniczej	49
Załącznik 4. Ankieta dotycząca dolegliwości ze strony układu oddechowego u pracowników narażonych na wdychanie aerozolu wodnego na stanowiskach pracy	51

Wprowadzenie

Woda wykorzystywana jest zarówno do picia, celów higieniczno-sanitarnych jak i przemysłowych (woda technologiczna, chłodząca itp). Woda technologiczna/chłodząca może stanowić istotne źródło transmisji zanieczyszczeń mikrobiologicznych w miejscu pracy. Wiele mikroorganizmów jest w stanie bytować i namnażać się w wodzie o minimalnej zawartości soli mineralnych, niektóre wymagają obecności określonych związków organicznych. Nieodpowiednia jakość wody, niedoskonałości konstrukcyjne instalacji wodnych, niewłaściwy lub niewystarczający nadzór sanitarno-higieniczny nad urządzeniami i instalacjami wodnymi oraz brak odpowiednich działań zapobiegawczych są najczęściej przyczyną powstawania sprzyjających warunków do namnażania się niepożądanych mikroorganizmów.

Szkodliwe czynniki biologiczne są to między innymi drobnoustroje komórkowe, pasyżyty wewnętrzne (wewnątrzkomórkowe), jednostki bezkomórkowe zdolne do replikacji lub przenoszenia materiału genetycznego, które mogą być przyczyną zakażenia, alergii lub zatrucia. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. (Dz. U. Nr 81, poz. 716) czynnikami te klasyfikuje w czterech grupach zagrożenia zależnie od poziomu ryzyka zakażenia, prawdopodobieństwa rozprzestrzenienia się w populacji ludzkiej oraz istnienia skutecznych metod profilaktyki lub leczenia:

- Czynniki biologiczne należące do **grupy 1** to takie, poprzez które wywołanie choroby u ludzi jest mało prawdopodobne;
- czynniki biologiczne należące do **grupy 2** to takie, które mogą wywoływać chorobę u ludzi i mogą być niebezpieczne dla pracowników; ich rozprzestrzenienie się w populacji ludzkiej jest mało prawdopodobne; istnieją metody skutecznej profilaktyki lub leczenia;
- czynniki biologiczne należące do **grupy 3** to takie, które mogą wywoływać ciężką chorobę u ludzi i mogą stanowić poważne niebezpieczeństwo dla pracowników; istnieje ryzyko ich rozprzestrzenienia w populacji ludzkiej, lecz zazwyczaj istnieją metody skutecznej profilaktyki lub leczenia;
- czynniki biologiczne należące do **grupy 4** to takie, które wywołują ciężką chorobę u ludzi i stanowią poważne niebezpieczeństwo dla pracowników; istnieje wysokie ryzyko ich rozprzestrzenienia w populacji ludzkiej; zazwyczaj nie istnieją skuteczne metody profilaktyki lub leczenia.

Bakterie z rodzaju *Legionella* (*Legionella pneumophila* i *Legionella sp.*) zosta-

ly zgodnie z przedstawioną wyżej klasyfikacją umieszczone w grupie 2 wykazu szkodliwych czynników biologicznych wyżej wymienionego rozporządzenia. Zawarte w tym opracowaniu zalecenia powinny ograniczyć ryzyko występowania choroba, których przyczyną mogą być bakterie z rodzaju *Legionella*, występujące w wodzie lub aerozolu wodnym, a tym samym powinny przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa zdrowotnego ludzi mających bezpośredni kontakt z wodą w miejscu pracy.

I. Bakterie z rodzaju *Legionella* – czynnik chorobotwórczy

Legionella – nazwa rodzaju bakterii. Bakterie *Legionella* są tlenowymi, Gram ujemnymi pałeczkami, nie wytwarzającymi form przetrwanych (spor) i powszechnie występującymi w środowisku wodnym. Spośród ponad 54 poznanych gatunków pałeczek *Legionella* sp., 19 może powodować zachorowania u ludzi określane jako legionelozy. Spośród rejestrowanych na świecie zachorowań 80-90% wywołanych jest przez *L. pneumophila*. W Europie ok. 70-80% przypadków legionelozy wywołanych jest przez *L. pneumophila* serogrupy 1. W 5-10% przypadków zachorowań na legionelozę czynnikiem etiologicznym są gatunki „non-pneumophila” w tym: *L. micdadei* (60%), *L. bozemanii* (15%), *L. dumoffii* (10%), *L. longbeachae* (5%), inne gatunki (10%).

Legioneloz - choroba wywołana przez bakterie z rodzaju *Legionella*.

Pałeczki *Legionella* mogą powodować trzy typy legioneloz:

- postać płucna (**choroba legionistów, legionelozowe zapalenie płuc**) – zachorowanie o bardzo ciężkim przebiegu, z dominującymi objawami zapalenia płuc, często z wysoką temperaturą ciała (do 40°C), może też przebiegać w sposób nie specyficzny, ciężkość przebiegu może wahać się od lekkiego (kaszel, lekka gorączka i niewielkie zmiany w badaniu radiologicznym płuc) do bardzo ciężkiego, zagrażającego życiu chorego,
 - postać pozapłucna (**gorączką Pontiac, gorączką Lochgoilhead**) - zachorowanie o stosunkowo lekkim przebiegu grypopodobnym, z nagłym wzrostem ciepłoty ciała, dreszczami, z bólami mięśniowymi, bólem głowy,
 - postać pozapłucna ciężka uogólniona, występująca po zabiegach transplantacyjnych, podczas podawania leków immunosupresyjnych.
- Wg danych WHO postać płucna legionelozy występuje u ok. 0,1 – 5 % populacji ogólnej i 0,4 – 14 % osób hospitalizowanych. Śmiertelność pacjentów z postacią

płucną legionelozy jest stosunkowo wysoka (15-20%), zależy ona od stanu zdrowia osób, u których wystąpiła choroba oraz od właściwości wirulentnych szczepu *Legionella*. W przypadku zakażeń szpitalnych może ona sięgać nawet 40-80 %.

W przypadku gorączki Pontiac dotychczas nie zanotowano zgonów, wyleczenie następuje samoistnie po 3-5 dniach, nie występują objawy zapalenia płuc. Ta postać legionelozy występuje u 95% eksponowanej populacji. Do tej pory nie stwierdzono przenoszenia się zakażenia z człowieka na człowieka, legioneloz

gioneloz

Grupa podwyższonego ryzyka – grupa osób – grupa osób, która w wyniku posiadanych cech biologicznych, statusu społeczno-ekonomicznego, prowadzonego trybu życia oraz cech środowiska, w którym żyje, jest bardziej podatna na pewne choroby lub utratę zdrowia niż reszta populacji.

Najbardziej narażoną grupą na wystąpienie postaci płucnej legionelozy są mężczyźni w wieku 40-69 lat oraz kobiety w wieku 50-69 lat. Ryzyko zachorowania zwiększają:

- palenie papierosów,
- nadużywanie alkoholu,
- cukrzyca,
- choroby układu immunologicznego (m. in. AIDS),
- stosowanie leków immunosupresyjnych.

Leczenie

W przypadku legioneloz przez wiele lat lekiem z wyboru była erytromycyna z grupy antybiotyków makrolidowych. Innym antybiotykiem stosowanym w terapii łączonej z antybiotykami makrolidowymi lub chinolowymi była rifampycyna. Obecnie w leczeniu legionelozy stosowane są na przykład klaritromycyna i azitromycyna (makrolidy) oraz ciprofloksacyna (chinolon). W lekkiej postaci choroby, zakażeniach leczonych w warunkach ambulatoryjnych, stosowana jest także doksylicykina. W leczeniu zapalenia płuc wywołanego przez pałeczki *Legionella* nie należy stosować penicylin czy cefalosporyn, ponieważ bakterie te wytwarzają β -laktamazy unieczyniające te antybiotyki.

Droga zakażenia

Potencjalnym źródłem zakażenia człowieka jest woda i aerozol wodny, o średnicy kropel od 2 μ m do 5 μ m, zawierający bakterie z rodzaju *Legionella*.

Zakażenie następuje drogą inhalacyjną przez przedostanie się skażonego aerozolu wodnego bezpośrednio do układu oddechowego człowieka. Sporadycznie zakażenie może następować poprzez aspirację. Liczba bakterii mogąca wywołać zakażenie nie jest ściśle określona, aczkolwiek wydaje się, że jest ona stosunkowo wysoka. Uważa się, że 10³ komórek *Legionella* w litrze wody może spowodować zakażenie osób zdrowych poprzez inhalację. Zagrożenie wystąpienia zachorowań na legionelozę istnieje wszędzie tam, gdzie zostały skolonizowane instalacje wodne przez bakterie *Legionella* oraz gdzie przebywają ludzie z grupy ryzyka m.in. przemęczenia, z osłabioną odpornością.

Rezerwuary występowania i namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella*

Naturalnym środowiskiem (rezerwuarem) występowania pałeczek *Legionella* są wody śródlądowe, powierzchniowe i gruntowe, szczególnie naturalne źródła wody gorącej, strefy przybrzeżne wód morskich oraz gleba.

Do sztucznych rezerwuarów, które mogą być źródłem zakażenia pałeczkami *Legionella* należą między innymi:

- systemy dystrybucji wody, szczególnie wody ciepłej (m.in.: zbiorniki do magazynowania wody, podgrzewacze, głowice natryskowe, punkty czepalne),
- baseny (wannы) z hydromasażem (jacuzzi, whirlpool, baseny perefikowe),
- urządzenia klimatyzacyjne z nawilżaniem powietrza (komory zraszania, skraplacze wyparne),
- urządzenia i instalacje wód technologicznych/chłodniczych (systemy lub urządzenia płuczące, myjki, szlifierki, wieże chłodnicze itp.),
- nawilżacze,
- fontanny,
- myjnie samochodowe,
- turbiny dentystyczne,
- urządzenia do wspomagania oddychania,
- inhalatory, nebulizatory.

Bakterie z rodzaju *Legionella* najintensywniej zasiedlają instalacje i urządzenia zasilane wodą o temperaturze około 40°C. Ponadto bytują one w biofilmie tworzącym się na stykających się z wodą wewnętrznych powierzchniach mate-

riatów, z których wykonane są przewody, instalacje i urządzenia. W wielu instalacjach istnieją miejsca gdzie bakterie z rodzaju *Legionella* znajdują dla siebie dogodne nisze ekologiczne, w których namnażają się i skąd ciągle są wypłukiwane. W takich przypadkach liczba bakterii nie ulega zmniejszeniu nawet przy intensywnym płukaniu instalacji. Doskonałe warunki dla rozwoju tych bakterii istnieją przede wszystkim w zbiornikach lub zasobnikach do jej gromadzenia oraz w instalacjach wody technologicznej/ chłodzącej. W wodzie pochodzącej z tych instalacji niejednokrotnie stwierdzano obecność bakterii *Legionella*, w liczbie przekraczającej nawet 10⁶ jtk³/litr, w osadach ich koncentracja może być jeszcze wyższa i często sięga 10⁵ – 10⁶ jtk/litr.

Czynniki sprzyjające występowaniu i namnażaniu bakterii z rodzaju *Legionella* w naturalnych i sztucznych rezerwuarach.

Bakterie z rodzaju *Legionella* mają dużą zdolność adaptacji do różnych warunków środowiskowych. Bezpośrednio ze środowiska wodnego pałeczki *Legionella* izolowane były w zakresie temperatur od 5°C do 54°C. Optymalna temperatura wzrostu dla tych bakterii w warunkach naturalnych wynosi 32°C - 42°C. Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* jest niejednokrotnie związane z obecnością innych mikroorganizmów. Chronione przez śluz wydzielane przez glony, zachowują zdolność namnażania się nawet przy temperaturze wody sięgającej 67°C. Poniżej 20°C nie namnażają się, ale dość długo przeżywiają i tak np. w wodzie o temperaturze 18°C okres przeżywalności wynosi około 5 miesięcy, a w temperaturze 8°C 4 miesiące. Zakres pH wody tolerowany przez pałeczki *Legionella* waha się od 2,2 do 8,3. Optymalny odczyn środowiska (pH) wynosi 6,8-7,0. Bakterie te izolowano również z komórek ameb i orzęsków. W komórkach pierwotniaków pałeczki *Legionella* nie tylko przeżywiają, ale też zachowują zdolność do namnażania się. Bytowanie *Legionella* wewnątrz tych organizmów chroni komórki bakterii przed działaniem czynników zewnętrznych i prawdopodobnie zwiększa ich inwazyjność w stosunku do komórek ludzkich.

W środowisku naturalnym, w wodach silnie zeutrofizowanych, szczególnie w pobliżu miejsc zrzutu ścieków liczba *Legionella* może sięgać nawet 10⁸ jtk/litr. W naturalnych źródłach wody gorącej koncentracja tych pałeczek waha się od 10² do 10⁶ jtk/litr.

¹ jtk – jednostki tworzące kolonie

Występowaniu i namnażaniu się *Legionella* w sztucznych rezerwuarach wody, przede wszystkim sprzyja:

- temperatura wody w zakresie od 20°C do 45°C,
- powstawanie zastoin wody,
- obecność biofilmu, osadów, korozja oraz
- obecność pierwotniaków i innych mikroorganizmów,
- zanieczyszczenia w konserwacji,
- brak lub zbyt małe stężenie środków dezynfekcyjnych.

III. Regulacje prawne

Dyrektywa 2000/54/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 września 2000 r. w sprawie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w miejscu pracy określa obowiązki pracodawcy w zakresie ochrony pracowników przed działaniem czynników biologicznych. Dyrektywa ta klasyfikuje czynniki biologiczne stanowiące zagrożenie zawodowe oraz zawiera wskazówki dotyczące środków bezpieczeństwa i stref bezpieczeństwa, które powinny obowiązywać w laboratoriach i zakładach przemysłowych, szczególnie w przypadku wystąpienia niebezpiecznych czynników zakaźnych.

Przepisy Dyrektywy 2000/54/EC wprowadza do prawa polskiego Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz. U. Nr 81, poz. 716). Jednocześnie art. 2221 § 3 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. - Kodeks pracy (Dz. U. Nr 21, poz. 94, z późn. zm.) nakłada na pracodawcę obowiązek oceny i dokumentowania ryzyka zawodowego związanego z wykonywaną pracą, stosowania niezbędnych środków profilaktycznych zmniejszających ryzyko oraz informowania pracowników o ryzyku zawodowym, które wiąże się z wykonywaną pracą oraz zasadach ochrony przed zagrożeniem.

Obowiązujące w Polsce uregulowania prawne dotyczące konieczności kontroli występowania pałeczek *Legionella* w instalacjach i urządzeniach zasilanych wodą obejmują jedynie nadzór nad wodą ciepłą w obiektach zamieszkania zbiorowego

i zakładach opieki zdrowotnej zamkniętej. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2007, Nr 61, poz. 417 z późn. zm.) określa dopuszczalny poziom skażenia wody (<100 jtk/100 ml)-Tabela 1.

Tabela 1. Wymagania mikrobiologiczne, jakim powinna odpowiadać ciepła woda Załącznik nr 1 D do rozporządzenia.

Lp.	Wskaźnik jakości wody	Liczba mikroorganizmów (jtk)	Objętość próbki [ml]
1.	<i>Legionella sp.</i> ¹⁾	<100	100

¹⁾ należy badać w ciepłej wodzie w budynkach zamieszkania zbiorowego i zakładach opieki zdrowotnej zamkniętej (od dnia 1 stycznia 2008 roku).

Określenie „budynek zamieszkania zbiorowego” oznacza „budynek przeznaczony do okresowego pobytu ludzi, w tym między innymi: hotel, motel, internat”.

Problematyka zachorowań na legionellozę została również podjęta przez Ministerstwo Infrastruktury, w rozporządzeniu z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2002, Nr 75, poz. 690 ze zmianami z dnia 12 marca 2009 r., Dz. U. 2009, Nr 56, poz. 461). W §120 ust. 2 rozporządzenia, umieszczono następujący zapis „Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać uzyskanie w punktach czerpalnych wody o temperaturze nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C” i w §120 ust. 2 a „Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać przeprowadzanie ciągłej lub okresowej dezynfekcji metodą chemiczną lub fizyczną (w tym okresowe stosowanie metody dezynfekcji cieplnej), bez obniżania trwałości instalacji i zastosowanych w niej wyrobów. Dla przeprowadzenia dezynfekcji cieplnej niezbędne jest zapewnienie uzyskania w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 70°C i nie wyższej niż 80°C”.

W przypadku zagrożeń w miejscu pracy należy pamiętać, że bakterie z rodzaju *Legionella* są zaklasyfikowane do 2 grupy zagrożenia w załączniku 2 do rozporządzenia Ministra Zdrowia ws. szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. Od roku 2001 istnieje obowiązek rejestracji przypadków zachorowań na legionellozę na mocy Ustawy z dnia 6 września 2001 r. o choro-

Przy badaniu jakości wody pochodzącej ze zbiorników eksploatacyjnych, re-
tencyjnych, podgrzewaczy i innych urządzeń próbki powinny być pobierane
z przewodów doprowadzającego i odprowadzającego, jak najbliższej zbiornika czy
urządzenia. Próbkę podczas transportu powinny być schłodzone. Próbki wody
powinny być chronione przed światłem słonecznym oraz transportowane i prze-
chowywane w temperaturze (5±3)°C. Zalecane jest aby okres między pobraniem
próbki, a rozpoczęciem badania był możliwie jak najkrótszy, przy czym nie powi-
nien on przekraczać 24 h.

W przypadku **oceny jakości wody w punkcie czerpalnym, oceny stanu ar-
matyry** (stwierdzenie zanieczyszczenia w punkcie pobrania) – próbka wody po-
winna być pobrana z kurka czerpalnego po otwarciu zaworu **bez uprzedniej de-
zynfekcji i płukania** (nie usuwa się dodatkowych akcesoriów i urządzeń).

W przypadku **oceny jakości wody dostarczonej do punktu czerpalnego**
(ocena stanu instalacji) przed rozpoczęciem pobierania próbek należy z niego
usunąć wszystkie dodatkowe urządzenia np.: główkę prysznicową, węże, perlato-
ry, filtry, wkładki przeciwrozpryskowe, rurki przedłużające itp. Kurki czerpalne
i końcówki przewodów, z których będą pobierane próbki, należy umyć mydłem
i wodą, osuszyć czystą ściereczką i zdezynfekować najlepiej przez opalenie. Je-
żeli jest to niemożliwe, np. w przypadku pobierania próbek wody z przewodów
wykonanych z materiałów syntetycznych, końcówkę przewodu należy zanurzyć
na 2-3 minuty w: roztworze chloru czynnego (5% - 10%), alkoholu etylowego
(70 %) lub w innym środku dezynfekcyjnym.

Punkty pobierania próbek powinny być utrzymywane w dobrym stanie
technicznym, w tym zwłaszcza nie przepuszczać wody przy dławiku, co mo-
głoby spowodować dostanie się do pojemnika wody ciekącej po zewnętrznej
powierzchni kranu. Czas spuszczenia wody przed pobraniem próbki zależy od
miejsca pobierania i celu pobierania. Najczęściej stabilizację warunków uzyskuje
się po 2-3 minutach spuszczenia wody.

IV. Zasady monitoringu wody w kierunku pałeczek *Legionella*

Wobec istniejących zagrożeń zdrowotnych powodowanych zasiedlaniem
instalacji i urządzeń wodnych bakteriami z rodzaju *Legionella*, należy okresowo
kontrolować wodę i instalacje wodne w kierunku obecności tych bakterii. Dzia-
łania te powinny być udokumentowane.

**Prowadzenie okresowego monitoringu wody, przy równoczesnym
zachowaniu reżimu sanitarnego oraz systematycznym konserwacyjnym
przebiegów urządzeń i instalacji powinno doprowadzić do znacznego zre-
dukowania niebezpieczeństwa namnażania pałeczek *Legionella* i ryzyka
wystąpienia zakażeń inhalacyjnych.**

Systemy wód technologicznych/ chłodniczych

Monitoring w kierunku wykrywania pałeczek *Legionella*, jest wskazany między
innymi w wodzie urządzeń związanych z systemami klimatyzacyjnymi, w obie-
gach wód technologicznych/ chłodzących (otwartych), chłodniach kominowych
i wszystkich innych urządzeniach przemysłowych generujących aerozol wodny.

**W większości krajów europejskich zaleca się, aby woda pobierana z insta-
lacji i urządzeń tych systemów była badana mikrobiologicznie w kierunku:**

- wykrywania pałeczek *Legionella* (1 raz na kwartał)
- ogólnej liczby bakterii heterotroficznych w temperaturze 30°C (1 raz w miesiącu).

Wyniki badań ogólnej liczby bakterii wskazują na czystość mikrobiologiczną
wody i na potencjał do promowania wzrostu różnych mikroorganizmów, w tym
bakterii *Legionella*. W większości przypadków uważa się, że jeżeli liczba pałeczek *Legionella* w wodzie technologicznej nie przekracza wartości 10² jtk/100 ml i ogólna liczba mikroorganizmów jest mniejsza niż 10⁴ jtk/ml, to system jest właściwie kontrolowany i nie stanowi zagrożenia dla osób obsługujących urządzenia.

Tabela 2. Działania podejmowane w zależności od wyniku bakteriologicznego badania wody technologicznej/chłodniczej stosowanej w urządzeniach przemysłowych*

Ogólna liczba bakterii w 30°C po 48h jtk/ml	Liczba <i>Legionella</i> sp. jtk/100 ml	Działanie
10 ⁴	< 10 ²	Ocena pozytywna. System jest właściwie eksploatowany.
10 ⁴ –10 ⁵	10 ² –10 ³	Przeгляд programów działania urządzeń. Powtórzyć badanie, jeśli wynik zostanie potwierdzony, należy przeanalizować stosowane środki zapobiegania, ewentualnie wprowadzić dodatki.
> 10 ⁵	> 10 ³	Natychmiast wdrożyć postępowanie dezynfekcyjne, następnie podjąć działania oczyszczające urządzeń i ponownie je zdezynfekować. Przeanalizować stan techniczny i procedurę działania urządzeń.

*wg „ESGLI/EWGLI Technical Guidelines for the Investigation, Control and Prevention of Travel associated Legionnaires' Disease” 2011, ver.1.1.

UWAGA: Działania interwencyjne należy podjąć zawsze w przypadku przekroczenia chociaż jednego z wyżej wymienionych wskaźników oraz w przypadku wykrycia *L. pneumophila* sg 1.

Instalacje wody ciepłej (prysznicze)

Systemy dystrybucji wody wodociągowej, szczególnie wody ciepłej są kolejnym rezerwuarem, który może być zasiedlany przez różne mikroorganizmy, w tym bakterie z rodzaju *Legionella*. Na szczególną uwagę zasługują prysznicze (np. w pomieszczeniach socjalnych), które mogą być źródłem aerozolu wodnego, co w przypadku mikrobiologicznego zanieczyszczenia wody może zagrażać zakażeniem pracowników drogą inhalacyjną.

Do badań monitoringowych lub w przypadku podejrzenia o skażenie instalacji wodociągowych pateczkami *Legionella*, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2007, Nr 61, poz. 417 z późn. zm.), należy pobrać próbki wody z następujących punktów instalacji:

- wypływ ze zbiornika wody ciepłej lub najbliższy punkt czerpalny
- punkt czerpalny najdalej położony od zbiornika wody ciepłej
- woda powracająca do podgrzewacza (cyrkulacyjna)
- wybrane punkty pośrednie, ich liczba zależy od wielkości systemu.

Gdy w obiegu jest więcej niż jeden obieg wody, próbki należy pobierać z każdego obiegu zgodnie z zaleceniami podanymi powyżej.

Rozporządzenie to uwzględnia również częstotliwość monitorowania i procedury postępowania przy stwierdzeniu określonego poziomu skażenia (załącznik nr 7 do rozporządzenia Ministra Zdrowia z 29.03.2007).

Tabela 3. Minimalna częstotliwość pobierania próbek ciepłej wody oraz procedury postępowania w zależności od wyników badania bakteriologicznego ¹⁾

Liczba <i>Legionella sp.</i> w 100 ml	Ocena skażenia	Postępowanie	Badanie
<100 <10 ²	brak /znikome	System pod kontrolą – nie wymaga podjęcia specjalnych działań.	Po 1 roku lub po 3 latach ²⁾
>100 10 ² – 10 ³	średnie	Jeżeli większość próbek jest pozytywna, sieć wodną należy uznać za skolonizowaną przez pałeczki <i>Legionella</i> , znaleźć przyczynę (dokonać przeglądu technicznego sieci, sprawdzić temperaturę wody) i podjąć działania zmierzające do redukcji liczby bakterii. Dalsze działania (czyszczenie i dezynfekcja) zależne od wyniku następnego badania.	Po 4 tygodniach, jeżeli wynik badania nie ulegnie zmianie, należy przeprowadzić czyszczenie i dezynfekcję, powtórzyć badanie po 1 tygodniu, następnie po 1 roku
>1000 10 ³ – 10 ⁴	wysokie	Przystąpić do działań interwencyjnych j.w., włącznie z czyszczeniem i dezynfekcją systemu. - woda nie nadaje się do pryszniców	Po 1 tygodniu od czyszczenia i dezynfekcji, następnie co 3 miesiące ³⁾
>10000 >10 ⁴	bardzo wysokie	Natychmiast wyłączyć z eksploatacji urządzenia i instalacje wody ciepłej oraz przeprowadzić zabiegi ich czyszczenia i dezynfekcji.	Po tygodniu od czyszczenia i dezynfekcji, następnie co 3 miesiące ³⁾

¹⁾ jeżeli jest to wynik badania 1-2 próbek, w celu wykluczenia skażenia punktowego, powinno być pobranych i zbadanych więcej próbek.

²⁾ jeżeli w kolejnych badaniach w odstępach rocznych stwierdzono < 100 jtk/100 ml

³⁾ jeżeli w kolejnych dwóch badaniach wykonanych w odstępach 3 miesięcznych stwierdzono < 100 jtk/100 ml następne badanie można wykonać za rok

Uwaga:

Postępowanie dezynfekcyjne (dezynfekcja termiczna lub chemiczna) powinno zostać ponadto podjęte zawsze:

- 1) w przypadku wyłączenia instalacji wodociągowej na dłużej niż 1 miesiąc;
- 2) jeśli instalacja lub jej część została wymieniona lub zabiegi konserwacyjne mogły prowadzić do jej zanieczyszczenia;
- 3) w instalacji wodociągowej w miejscu przebywania osób, u których stwierdzono zachorowanie na legionellozę lub choroba ta jest podejrzewana.

Zatem zależnie od stopnia skażenia, monitorowanie wody ciepłej w instalacjach wodociągowych w kierunku obecności pałeczek *Legionella* powinno być prowadzone od 1 do 4 x do roku lub jeżeli w kolejnych badaniach w odstępach rocznych stwierdzono poniżej 100 jtk w 100 ml to badanie takie można wykonać co 3 lata.

W budynkach, w których temperatura wody w sieci nie osiąga zalecanych parametrów (zimna poniżej 20°C, ciepła powyżej 50°C), badania powinny być przeprowadzane 1 raz w miesiącu, dopóki nie zostaną osiągnięte zalecane parametry.

V. Działania zapobiegające namnażaniu się mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach wody technologicznej/chłodniczej

W przypadku przemysłowych systemów wody technologicznej/chłodniczej, o ile jest to możliwe, należy przestrzegać zasad stosowanych do instalacji wodociągowych:

- utrzymywać w instalacjach temperaturę wody zimnej poniżej 20°C, wody ciepłej powyżej 50°C,
- instalacje wody zimnej i gorącej powinny być odpowiednio izolowane, nie należy dopuszczać do powstawania zastoin wody, należy likwidować wszystkie tzw. ślepe odcinki instalacji,
- należy zapobiegać procesom korozji i tworzenia złogów,
- cały system wodny powinien być właściwie konserwowany i utrzymywany w należytym czystości, między innymi poprzez usuwanie produktów korozji i osadów,

oraz należy uwzględnić:

- kontrolę czynników fizyko-chemicznych sprzyjających występowaniu i namnażaniu się mikroorganizmów,
- systematyczny nadzór techniczny i konserwację urządzeń,
- procedury czyszczenia i dezynfekcji urządzeń oraz instalacji wodnych,
- regularne badania mikrobiologiczne wody, w tym w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella*.

Urządzenia i instalacje generujące aerozol wodny powinny być poddawane gruntownemu czyszczeniu i dezynfekcji przynajmniej dwa razy w miesiącu, a raz w tygodniu powinna być przeprowadzona kontrola zapachu rozpylanej wody, kumulacji osadów i stopnia korozji.

W systemach wody technologicznej/chłodniczej, wieżach chłodniczych, pracujących z przerwami lub sezonowo zaleca się opcjonalnie:

- usuwanie wody i osuszanie,
- czyszczenie i dezynfekcję przy znacznej akumulacji osadów lub złogów,
- okresowe uruchamianie,
- uzupełnianie instalacji wodnej czystą wodą z biocydami,

- w przypadku krótko pracujących systemów zabiegi czyszczenia powinny być przeprowadzane na początku i po zakończeniu okresu pracy.

W systemach, które nie pracują w sposób ciągły, wskazana jest regularna kontrola stężenia stosowanych biocydów w wodzie, tak by było utrzymywane na stałym poziomie. W przypadku planowanego ponownego uruchomienia należy przeprowadzić pełną kontrolę systemu przed jego włączeniem.

Czyszczenie, usuwanie osadów, płukanie i dezynfekcja wież chłodniczych:

- regularnie, nie rzadziej jak 2 x do roku,
- w przypadku przekroczenia dopuszczalnej ogólnej liczby bakterii,
- w przypadku przekroczenia dopuszczalnej liczby bakterii z rodzaju *Legionella* lub stwierdzenia obecności *Legionella pneumophila* serogrupy 1
- w przypadku stwierdzenia zachorowań na legionelozę w promieniu do 3,5 km od lokalizacji wieży chłodniczej

Kontrola parametrów fizykochemicznych i bakteriologicznych wody	
1 x w tygodniu	przewodność, pH, poziom biocydów utleniających
1 x w miesiącu	twardość, chlorki, stężenie inhibitorów, ogólna liczba bakterii w 30°C po 48 godz., siarczany, żelazo rozpuszczalne, żelazo całkowite,
1 x na kwartał	zawiesiny, temperatura, alkaliczność ogólna, <i>Legionella sp.</i>

VI. Działania zapobiegające namnażaniu się mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach wody wodociągowej

Zanieczyszczeniom mikrobiologicznym, w tym bakteriami z rodzaju *Legionella*, instalacji wodnej sieci wodociągowej sprzyja powstawanie zastoin wody, narastanie biofilmu na wewnętrznej powierzchni rur, obecność osadów, korozja i nieodpowiednia temperatura wody. Z tego względu niezmiernie ważne jest okresowe czyszczenie zbiorników na wodę obejmujące mechaniczne usuwanie kamienia, osadów i rdzy oraz dezynfekcję. Konstrukcja podgrzewaczy i zbiorników powinna zatem umożliwiać łatwy do nich dostęp (odpowiednio duże otwory rewizyjne).

W przypadku istniejących, eksploatowanych instalacji ciepłej wody środki techniczne umożliwiające zabezpieczenie ich przed ryzykiem skażenia mikrobiologicznego, w tym bakteriami *Legionella*, obejmują takie obszary działań jak:

- utrzymanie temperatury:
 - w instalacjach wody zimnej poniżej 20°C,
 - w instalacjach wody ciepłej powyżej 55°C,
 - wody wypływającej z podgrzewacza nie niższej niż 60°C,
- zapewnienie właściwych temperatur w instalacji wody zimnej i gorącej poprzez odpowiednią izolację,
- nie dopuszczanie do powstawania zastoin wody,
- likwidowanie tzw. ślepych odcinków instalacji,
- zapobieganie procesom korozji i tworzenia złożeń,
- właściwa konserwacja i utrzymywanie w należytym czystości systemu wodnego, między innymi poprzez usuwanie produktów korozji i osadów, dążenie do stosowania samoopóźniających się przewodów przysnycowych
- prowadzenie okresowego monitoringu jakości mikrobiologicznej wody ciepłej w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella*.

Instalacja wodociągowa powinna być zaprojektowana i wykonana zgodnie z wymaganiami obowiązującego prawa, norm i wytycznych Instytutu Techniki Budowlanej (ITB). W Polsce obowiązują przepisy rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75 poz. 690 z 2002 r.,

z późn. zm.). Reguluje te kwestie także norma PN-92/B-01706/Az1:1999 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu, jak również wytyczne „Wymagania techniczne COBRTI Instal (ITB) - Zabezpieczenie wody przed wtórnym zanieczyszczeniem”. Dla nowo projektowanych instalacji wodociągowych szczególnie wymagania dotyczą głównie: podgrzewaczy wody ciepłej, zasobników c.w.u., materiałów instalacyjnych, instalacji, armatury. W wymaganiach COBRTI Instal pt. „Zalecenia do projektowania instalacji ciepłej wody, wentylacji i klimatyzacji minimalizujące namnażanie się bakterii *Legionella*” zostały przedstawione rozwiązania projektowe i działania techniczne, wpływające na ograniczenie występowania zanieczyszczenia mikrobiologicznego spowodowanego przez powyższe bakterie.

VII. Metody dezynfekcji instalacji i urządzeń wodnych (usuwanie biofilmu)

Metody chemiczne wykorzystujące związki chloru.

W przypadku instalacji wodociagowych najczęściej stosowaną chemiczną metodą dezynfekcji jest chlorowanie. Skuteczność dezynfekcji jest zależna od wielu czynników między innymi od:

- pH wody,
- temperatury wody,
- ilości związków organicznych w wodzie
- obecności biofilmu.

Stosowanie chloru i jego związków jest skuteczne, ale ma też ujemne strony ze względu na to, że podczas chlorowania mogą powstawać związki halogenowe (THM-y), o właściwościach szkodliwych dla zdrowia, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia użytkowników wody pochodzącej z instalacji wodociągowej. Ponadto stosowanie dużych dawek chloru zwiększa zagrożenie spowodowane korozją instalacji. Najczęściej w praktyce znajduje zastosowanie:

- **hyper-chlorowanie szokowe** - metoda polegająca na zastosowaniu związków chloru w takim stężeniu, aby osiągnąć stężenie wolnego chloru 10 mg/l (czas dezynfekcji 2 godziny), przy czym temperatura wody nie powinna przekraczać 30°C, a pH wody nie powinno być wyższe niż 7,6. Instalację wodną należy następnie przepłukać, aż do osiągnięcia poziomu wolnego chloru 0,1 - 0,3 mg/l.

– **dezynfekcja dwutlenkiem chloru** – dwutlenek chloru ma silniejsze działanie utleniające niż wolny chlor, poza tym działanie dezynfekujące występuje przy niższych dawkach tego związku. Charakteryzuje się on mniejszą korozyjnością niż wolny chlor dla instalacji wykonanych ze stali ocynkowanej. Jest bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, nie reaguje z amoniakiem (nie tworzy chloramin) oraz nie tworzy szkodliwych dla zdrowia trihalometanów (THM), chlorofenoli i innych związków chloroorganicznych. Zastosowanie tego dezynfektanta nie pogarsza walorów smakowych i zapachu wody (nie powstają związki chloroorganiczne, chlorofenole, chloroaminy). Dodatkowo, jego działanie jest prawie niezależne od wartości odczynu wody (pH od 4.0 do 10.0) oraz wykazuje mniejszą zależność od temperatury, można go stosować w wodzie o temperaturze $>30^{\circ}\text{C}$. Wykazuje wysoką skuteczność w niszczeniu biofilmu, co ma duże znaczenie w przypadku zwalczania bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach wody ciepłej. Zdolność ta jest wynikiem silnego działania utleniającego ClO_2 , oraz dobrej penetracji w głębokie warstwy biofilmu. Proces dezintegracji i usuwania biofilmu zachodzi w sposób efektywny w pierwszym okresie po rozpoczęciu dawkowania dwutlenku chloru. Czas trwania oczyszczania powierzchni z biofilmu zależy od wielu czynników, między innymi od: grubości warstwy biofilmu, warunków eksploatacji instalacji wody ciepłej oraz stężenia ClO_2 . Zazwyczaj w trakcie tego procesu następuje przejściowe pogorszenie jakości mikrobiologicznej wody, powodowane uwolnieniem mikroorganizmów z biofilmu do wody.

Dezynfekcję dwutlenkiem chloru można stosować jako dezynfekcję szokową, okresowo lub stale w celu zapobiegania procesom powstawania biofilmu na wewnętrznej powierzchni instalacji. Dwutlenek chloru wytwarzany jest bezpośrednio w miejscu jego zastosowania (generator ClO_2) i powstaje w wyniku reakcji chlorynu sodu z kwasem chlorowodorowym, ma postać roztworu o stężeniu od 0,2 do 2 % (2-20 g/l). W celu zniszczenia biofilmu (dezynfekcja szokowa) zazwyczaj stosuje się stężenie 1,5 mg ClO_2 /l przy czasie kontaktu ok. 2 h w instalacjach wody zimnej i ciepłej i ok. 8 h w zbiornikach i podgrzewaczach. Zalecana dawka ClO_2 zapewniająca utrzymanie stabilności biologicznej waha się od 0,1-0,2 mg/l do 0,5 mg/l efektywnego dwutlenku chloru, przy czym suma stężeń chloranów i chlorynów w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi nie powinna być wyższa od 0,7 mg/l. Dezynfekcji przy pomocy dwutlenku chloru nie można przeprowadzać w instalacjach i urządzeniach miedzianych.

Metoda elektrolityczna (jony Cu^{2+} i Ag^+)

Metoda elektrolityczna z udziałem jonów miedzi (Cu^{2+}) i srebra (Ag^+) - polegająca na synergistycznym biobójczym działaniu jonów obu metali na struktury zewnętrzne i wewnętrzne mikroorganizmów, co prowadzi do śmierci ich komórek. Jony miedzi i srebra wysycają również biofilm, inaktywując mikroorganizmy z nim związane. Przy stosowaniu tej metody wymagane jest ciągłe monitorowanie stężeń jonów miedzi i srebra, które nie mogą przekroczyć wartości 0,01 mg/l - srebro, 2,0 mg/l – miedź, wg rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, a pH wody nie powinno być wyższe niż 8.0.

Inne metody chemiczne – stosowane do dezynfekcji urządzeń i systemów wody technologicznej/chłodniczej

Dezynfekcja nadtleniem wodoru

W niektórych przypadkach, do usuwania *Legionella* z wody może być również stosowana woda utleniona (H_2O_2), która jest efektywnym, mocnym i wszechstronnym utleniaczem. Należy jednak pamiętać, że działanie H_2O_2 w przypadku niektórych bakterii, w tym pałeczek z rodzaju *Legionella*, może być niwelowane przez katalazę, enzym wytwarzany przez te mikroorganizmy. W przypadku użycia wody utlenionej można uzyskać zadowalające efekty po czasie kontaktu wynoszącym 30 minut przy zastosowaniu dawki 1000 $\mu\text{g H}_2\text{O}_2$ /ml.

Biocydy organiczne

Inne substancje stosowane do dezynfekcji systemów dystrybucji wody obejmują grupę związków organicznych ogólnie nazywanych biocydami. Sprawdzają się one szczególnie w układach technologicznych. Biocydy organiczne to mieszaniny substancji czynnych, które ze względu na odmienny dla każdego ze składników mechanizm oddziaływania na mikroorganizmy pozwalają skuteczniej i przy sumarycznie niższej dawce je eliminować. Biocydy mogą być stosowane do zwalczania bioosadów w przemysłowych systemach chłodniczych, a ich działanie polega na spowolnieniu przyrostu mikrobiologicznego, redukcji liczby bakterii w wodzie i osłabieniu stabilności struktury biofilmu.

Biocydy organiczne podzielić można na:

- biocydy utleniające o specyficznym sposobie działania, który ogranicza rozwój organizmów (w tym tworzących osad), mające zastosowanie w sytuacjach awaryjnych lub są elementem rutynowych zabiegów czyszczenia

systemów wodnych np. bromochlorohydantoina, estry kwasu izocyjanurowego

- biocydy nieutleniające bardziej selektywne i bardziej złożone w działaniu, bardziej stabilne i o dłuższym czasie reakcji niż utleniające np.: bromonitropropandiol, bromonitrostyren, decylocteanoloamina, dibromonitrylopropionamid, izotiazol, trihydroksymetylonitrometan.

Stosowanie biocydów może odbywać się w trybie doraźnym lub ciągłym. Na skuteczność zastosowanych środków ma wpływ sposób uzdatniania i kondycjonowania wody (zastosowanie inhibitorów korozji, stabilizatorów twardości itp.). Biocydy te nie powinny być stosowane do dezynfekcji układów wody ciepłej, gdyż zazwyczaj szybko ulegają inaktywacji i rozkładowi.

Metody fizyczne

Dezynfekcja termiczna

Metoda polegająca na podniesieniu temperatury wody powyżej 70°C. W fazie początkowej prowadzenia dezynfekcji termicznej wszystkie punkty czerpalne powinny być zamknięte, a pompa cyrkulacyjna powinna być cały czas włączona. Ten stan pracy instalacji powinien być utrzymywany aż do uzyskania odpowiedniej temperatury w obiegu cyrkulacyjnym w punkcie powrotu wody do podgrzewacza. Następnie należy przeprowadzić dezynfekcję termiczną punktów czerpalnych poprzez kolejne otwarcie i przepłukanie (przynajmniej przez 3 minuty) każdego kranu lub natrysku. W każdym punkcie wypływu wody należy sprawdzić jej temperaturę, która powinna wynosić co najmniej 70°C. Po zamknięciu wypływów, czas cyrkulacji wody w instalacji powinien wynosić od 5 minut do 2 godzin (zazwyczaj 30 minut), w zależności od stanu technicznego instalacji, temperatury wody i grubości biofilmu. Podobnie jak w przypadku innych metod dezynfekcji należy proces ten okresowo powtarzać, aby zminimalizować rekolonizację sieci przez bakterie z rodzaju *Legionella*. Należy również pamiętać o zapewnieniu bezpieczeństwa osób korzystających z wody, aby nie doszło w tym czasie do poparzeń.

Dezynfekcja promieniami UV

Do dezynfekcji wody może być stosowane również promieniowanie UV o długości fal od 220 nm do 320 nm, przy czym proces ten pozostaje bez wpływu na powstały uprzednio na wewnętrznej powierzchni instalacji biofilm. Dezynfekcja wody promieniami UV nie wpływa na zmianę jej składu fizykochemicznego, smaku, zapachu, koloru ani odczynu pH wody. Działanie tej metody polega

na absorpcji promieni UV przez struktury genetyczne DNA bakterii, co wpływa na ich uszkodzenie i zazwyczaj skutkuje śmiercią komórki bakteryjnej. Najczęściej stosowane mają tzw. przepływowo sterylizatory UV, które przeważnie są montowane przed przysniami. Metoda dezynfekcji przy pomocy promieniowania nadfioletowego jest skuteczna jedynie dla wody bezbarwnej i klarownej. Przed tego typu urządzeniem należy zatem montować filtry zatrzymujące osady i żelazo. Lepsze efekty w przypadku ograniczenia narastania warstwy biofilmu daje zastosowanie tej metody w połączeniu z dezynfekcją chemiczną.

Dezynfekcja z zastosowaniem filtrów (nanofiltracja, ultrafiltracja)

Filtrowanie wody przez filtry (membrany) o porach mniejszych niż 1 µm, jest jednym z procesów pozwalających na usunięcie z niej niepożądanych mikroorganizmów. Filtry mogą być wykonane z różnych materiałów, co ma wpływ na ich trwałość i tym samym czas zastosowania. Na obniżenie wydajności filtrów wpływa wiele czynników w tym: środki utleniające (np. wolny chlor, ozon), niskie lub wysokie pH, obecność osadów, kamienia itp. Ten sposób dezynfekcji ma zastosowanie w przypadku wód klarownych, bez zawiesin, które mogą zatykać pory membran filtracyjnych i uniemożliwiać filtrowanie. Jednym z przykładów zastosowań tej metody są filtry montowane punktowo na instalacji wodnej w obszarach stosowania wody ultraczystej przy czym ich skuteczność ma ograniczony czas, określony przez producenta.

VIII. Zapobieganie skażeniu mikrobiologicznemu powietrza i szerzeniu się zakażeń inhalacyjnych w zakładach przemysłowych

Mikrobiologiczne zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego

Najczęściej w pomieszczeniach mieszkalnych, biurowych, użyteczności publicznej, w tym zakładach opieki zdrowotnej, oraz przemysłowych zakładach pracy głównym źródłem bakterii w powietrzu pomieszczeń wewnętrznym są ludzie w nich przebywający. Bakterie przedostają się do powietrza z naszej skóry i włosów w wyniku naturalnego procesu złuszczenia się rogowej powierzchni naskórka. Ich źródłem może być też odzież wierzchnia. Wśród drobnoustrojów oznaczanych wewnątrz pomieszczeń przeważa mikroflora saprofityczna czyli bakterie należące do gramodatnich ziarniaków takich jak: *Micrococcus* sp. i *Staphylococcus* sp., a tak-

że sporujące laseczki *Bacillus* spp. Występować mogą również bakterie z rodzaju: *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*. Wśród tych grup bakterii występować mogą również drobnoustroje chorobotwórcze lub potencjalnie chorobotwórcze dla człowieka. Dowiedziono, że jedynie prątki gruźlicy są w stanie przeżywać w powietrzu przez dłuższy czas (do 2 tygodni), inne bakterie, które mogą powodować infekcje u ludzi bardzo szybko giną. W związku z tym zarażenie najczęściej może nastąpić drogą kropelkową, w momencie kiedy bakterie zawieszane są w powietrzu bezpośrednio w kropłach śliny osoby chorej lub nosiciela, ewentualnie obecne są w aerozolu wodnym, generowanym przez różne urządzenia przemysłowe. Wysokie stężenie bakterii w powietrzu pomieszczeń świadczy o niskiej wydajności procesu wentylacji, podczas którego wymiana powietrza zachodzi w stopniu niewystarczającym w stosunku do liczby osób przebywających w takim pomieszczeniu.

Grzyby w powietrzu pomieszczeń zamkniętych mogą pochodzić z wewnętrznych źródeł skażenia w postaci zagrzybionych murów, elementów drewnianych, tkanin i innych zawilgoconych materiałów znajdujących się w pomieszczeniu, jednak w znacznej większości pochodzą one z powietrza atmosferycznego, które przedostaje się do pomieszczeń wewnątrz budynków. Z tego też powodu w powietrzu wewnętrznym najczęściej występują te same gatunki grzybów, które spotkać możemy na zewnątrz budynku. Mimo że w badaniach laboratoryjnych wykazano, oddziaływanie toksyczne i rakotwórcze wysokich stężeń zarodników niektórych grzybów, a także metabolitów (mikotoksyny) produkowanych przez niektóre ich gatunki, to w praktyce przebywanie w pomieszczeniu o wysokim stężeniu grzybów i ich zarodników w powietrzu może być przede wszystkim przyczyną reakcji alergicznych u osób do tego predysponowanych. Ocenia się, że jest to grupa ludzi stanowiąca blisko 5 % populacji.

Aerozol wodny na stanowiskach pracy

Badania prowadzone w różnych krajach wskazują, że w wielu przypadkach stężenie mikroorganizmów w powietrzu wewnątrz pomieszczeń, także pomieszczeń w zakładach przemysłowych, znacznie przekracza ich liczbę w powietrzu atmosferycznym. Jednym z wielu czynników znacząco wpływających na mikrobiologiczną czystość powietrza wewnątrz pomieszczeń jest niewłaściwie zaprojektowany bądź źle obsługiwany system wentylacji/klimatyzacji. W przypadku indywidualnego narażenia pracowników bezpośrednio na stanowiskach pracy dominującym czynnikiem jest występowanie źródła, z którego następuje emisja mikroorganizmów do otaczającego powietrza. Źródło takie może stanowić

między innymi woda technologiczna, wykorzystywana do różnego rodzaju procesów produkcyjnych, która może być zanieczyszczona przez bardzo szerokie spektrum mikroorganizmów. Wśród nich występują zarówno bakterie jak i grzyby. W sprzyjających warunkach, drobnoustroje mogą przedostawać się do powietrza, w którym w postaci aerozolu wodnego, na drodze inhalacyjnej wnikają do dróg oddechowych pracowników. Mikroorganizmy występujące naturalnie w powietrzu są w znacznej większości nieszkodliwe dla zdrowia człowieka, jednak w przypadku występowania dodatkowego źródła skażenia wynikającego z obecności mikroorganizmów patogennych np. w wodzie technologicznej na stanowiskach pracy, ryzyko wystąpienia zakażeń oddechowych może zostać zwiększone. Odpowiednio wysoka wilgotność powietrza oraz długotrwały czas ekspozycji pracownika na tego typu zagrożenia zwiększa prawdopodobieństwo występowania licznych dysfunkcji układu oddechowego takich jak astma, katar sienny, zapalenie oskrzeli, przewlekła niewydolność oddechowa, choroby układu sercowo-naczyniowego, nieżyty przewodu pokarmowego, gruźlica, reakcje alergiczne, a także zapalenie zatok i spojówek oraz ostre infekcje wirusowe. Niebezpieczne dla zdrowia są nie tylko same drobnoustroje, ale także ich metabolity - endotoksyny i mykotoksyny, które w bioaerozolach odgrywają znaczącą rolę.

Narażenie pracowników na czynniki mikrobiologiczne obecne w wodzie technologicznej w zakładach pracy następuje głównie poprzez wdychanie zakażonego aerozolu wodnego. W ocenie wpływu urządzeń generujących aerozol na stanowiskach pracy i skażenia mikrobiologicznego wody technologicznej na stan zdrowia osób zatrudnionych w takich zakładach, duży wpływ ma więc jakość wody zasilającej urządzenia i procesy jej oczyszczania, a także odpowiednio ustalony reżim określający częstość czyszczenia i dezynfekcji urządzeń. Szczególne zagrożenie zdrowotne związane jest z możliwością skażenia aerozolu wodnego bakteriami z rodzaju *Legionella*, jednak obecność także innych drobnoustrojów, w zależności od ich potencjalnej chorobotwórczości, należy oceniać jako znaczącą pod kątem ich wpływu na zdrowie pracowników. Szczególnie istotne jest to w przypadku występowania sprzyjających parametrów temperatury i wilgotności, co przedłuża czas utrzymywania się żywych drobnoustrojów w powietrzu. W takich warunkach bakterie i grzyby obecne w aerozolu wodnym mogą niekorzystnie oddziaływać na stan dróg oddechowych człowieka, w szczególności, jeśli ich błona śluzowa wykazuje cechy zmian zapalnych, a drobnoustroje zawieszane są w aerozolu wodnym, którego krople mają wielkość od 2 µm do 5 µm i na drodze inhalacyjnej mogą bezpośrednio przedostawać się do oskrzeli i płuc.

Pomimo powszechnej wiedzy na temat potencjalnie szkodliwego wpływu ekspozycji pracowników na bioaerozol, nie ma do tej pory uregulowań prawnych, które podawałyby wartości dopuszczalne stężeń mikroorganizmów w powietrzu na stanowiskach pracy, w tym stanowiskach związanych z bezpośrednim narażeniem pracownika na kontakt z mikrobiologicznie zanieczyszczonym aerozolem wodno-powietrznym. Istnieją jedynie nieformalne zalecenia oraz ogólne informacje, które nie precyzują jednak wartości granicznych. Ze względu na wzrastającą świadomość pracodawców, a także samych pracowników narażonych na negatywne skutki spowodowane kontaktem z bioaerozolem, coraz większą popularność uzyskują indywidualne środki ochrony, chociaż kryteria ich doboru, ocena skuteczności, a nawet szczegółowe zasady stosowania w narażeniu na czynniki biologiczne, również nie zostały uregulowane. W przypadku zakładów przemysłowych, w których bioaerozol powstaje w wyniku rozproszenia w powietrzu zanieczyszczonych mikrobiologicznie kropeł pynu, obok stosowania środków ochrony osobistej, najbardziej istotne wydaje się być usunięcie przyczyn problemu tzn. wprowadzenie polityki kontroli zanieczyszczenia mikrobiologicznego zbiorników z płynami, które mogą być źródłem powstawania bioaerozolu. Szczególną uwagę powinno się zwrócić na mikroorganizmy patogenne takie jak: *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas* sp., które należą do środowiskowej mikroflory wodnej i powszechnie występują w naturalnych jak i sztucznych („man-made”) systemach wodnych.

Zalecenia:

1. Urządzenia potencjalnie generujące aerozol wodny powinny być technicznie zabezpieczone w taki sposób aby jego krople nie przedostawały się na zewnątrz do strefy, w której przebywają pracownicy obsługujący urządzenia,
2. Hale produkcyjne, w których znajdują się urządzenia generujące aerozol wodny powinny być wyposażone w sprawną wentylację mechaniczną,
3. Pracownicy zatrudnieni na stanowiskach narażonych na bezpośredni kontakt z aerozolem wodnym powinni zostać przeszkoleni w zakresie potencjalnych zagrożeń zdrowotnych związanych z kontaktem z aerozolem wodnym, a także w przypadku gdy niemożliwe jest zrealizowanie pkt. 1, zaopatrzeni w odpowiednie wyposażenie ochronne, w tym w maseczki jednorazowe pozwalające na zabezpieczenie ich przed wdychaniem cząstek mniejszych niż 5 µm,
4. Wszelkie przypadki nieszczelności zabezpieczeń urządzeń, a także uszkodzeń skutkujących dodatkowym generowaniem aerozolu powinny być

zgłaszane przez pracowników, a do czasu naprawy urządzenie powinno być wyłączone z eksploatacji

5. W celu określenia skuteczności systemu wentylacji w halach produkcyjnych, przynajmniej raz w roku należy wykonać pomiar mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego (ogólna liczba bakterii i grzybów) w odniesieniu do próbki kontrolnej - powietrza atmosferycznego,
6. Zapobieganie zanieczyszczeniu powietrza w odniesieniu do wody zasilającej urządzenia generujące aerozol wodny:
 - a. Znaczącym elementem zapobiegawczym w przypadku ograniczenia liczby drobnoustrojów w aerozolu wodnym na stanowiskach pracy w zakładach przemysłowych jest stały monitoring mikrobiologicznej jakości wody zasilającej urządzenia generujące aerozol. Ze względu na potencjalne zagrożenie wynikające z obecności różnych drobnoustrojów w bioaerozolu skażonym przez wodę technologiczną na stanowiskach pracy, niezbędne jest zapewnienie możliwie najniższego stężenia bakterii i grzybów w wodzie, co znacznie ograniczy obecność tych mikroorganizmów w powietrzu wdychanym przez pracowników,
 - b. Należy wprowadzić harmonogram czyszczenia i dezynfekcji zbiorników wody bądź płynów chłodniczych, a także instalacji przyłączeniowych do urządzeń generujących aerozol wodny,
 - c. Należy wprowadzić harmonogram czyszczenia i dezynfekcji urządzeń generujących aerozol wodny.

IX. Zarządzanie ryzykiem

Celem oceny ryzyka jest identyfikacja ryzyka narażenia ludzi na zakażenie bakteriami *Legionella* występującymi w wodzie i aerozolu wodnym generowanym przez różne urządzenia w miejscu pracy oraz stworzenie niezbędnych środków zapobiegawczych i kontrolnych.

Ocena ryzyka powinna uwzględniać:
– czynniki sprzyjające występowaniu i namnażaniu się bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> ,
– prawdopodobieństwo tworzenia się aerozolu wodnego oraz występowania obszaru narażenia,
– obecność osób podatnych,
– adekwatność istniejących rozwiązań zarządzania i zapisy,
– ocenę wyników badań monitoringowych,
– ocenę działań zapobiegawczych,
– skuteczność istniejących działań.

Podczas dokonywania oceny ryzyka, należy wziąć pod uwagę indywidualny charakter każdego obiektu oraz zastosowanych instalacji/systemów wodnych, rozwiązań technicznych. Powinny być dostępne schematy/rysunki przedstawiające układ instalacji lub systemu oraz zapisy dotyczące kluczowych elementów (np. pomp, filtrów, stacji uzdatniania itp.). Ocenie powinna podlegać cała instalacja/system, w tym urządzenia i podzespoły związane z tym systemem np. pompy, zbiorniki zasilające, zawory, prysznice, wymienniki ciepła, zbiorniki, agregaty itp. Należy również brać pod uwagę tzw. ślepe odcinki sieci czy też urządzenia lub części instalacji pracujące sezonowo/czasowo ponieważ mogą one sprzyjać namnażaniu się mikroorganizmów.

Wyniki oceny powinny być zawsze zapisywane. **Ocena ryzyka** powinna być prowadzona regularnie co najmniej **1 raz w roku**. W przypadku istotnych zmian w instalacjach/systemie wodnym, ocena ryzyka powinna zostać zwerifikowana. Na częstotliwość przeglądu oceny, mogą wpływać:

- zmiany w urządzeniach i instalacjach wodnych lub jej stosowanie,
- zmiany w zakresie wykorzystania obiektu, w którym jest zainstalowany system wody,

- dostępność nowych informacji na temat ryzyka i środków kontroli,
- wyniki kontroli, które wskazują, że stosowane działania są nie skuteczne,
- odnotowanie zachorowania na legionelozę.

Dla każdego rodzaju urządzeń i zbiorników, systemów wody technologicznej/chłodzącej (Tabela 4) oraz wody wodociągowej (Tabela 5), zaleca się prowadzenie dokumentacji dotyczącej oceny ryzyka zasiedlenia tych rezerwuarów przez bakterie z rodzaju *Legionella*.

Tabela 4. Ocena ryzyka zasiedlenia przez bakterie z rodzaju *Legionella* instalacji i urządzeń wody technologicznej/chłodniczej

Dane identyfikacyjne obiektu:			
Adres:			
Oceniane obszary/ zakres oceny		TAK	NIE
1. Ocena temperatury wody			
Czy temperatura wody w instalacjach wody technologicznej/chłodniczej jest w zakresie od 20°C - 45°C?			
2. Ocena stężenia środków dezynfekcyjnych			
Czy stosowane są środki dezynfekcyjne w urządzeniach i zbiornikach wody technologicznej/chłodzącej:			
podchloryn, monochloramina, dwutlenek chloru, woda utleniona, inne (wymienić jakie).			
Z jaką częstotliwością przeprowadzana jest dezynfekcja urządzeń i zbiorników wody technologicznej/chłodniczej?			– stała – okresowa –
Czy stężenie dezynfektanta w całym systemie jest na odpowiednim poziomie?			Stężenie, czas kontaktu
Czy stosowane są inne metody dezynfekcji, wymienić jakie?			
3. Ocena innych czynników sprzyjających występowaniu i namnażaniu się bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> (zastoiny, osady, produkty korozji itp.)			

Czy widoczne są w instalacjach lub urządzeniach osady, biofilm, zanieczyszczenia, korozja?			
Czy urządzenia generujące aerozol wodny oraz związane z nimi instalacje są regularnie czyszczone?			Częstotliwość:
4. Ocena zabiegów czyszczenia i dezynfekcji			
Czy zostały opracowane procedury czyszczenia i dezynfekcji systemów wody technologicznej/ chłodniczej?			
Czy urządzenia i zbiorniki na wodę na liniach technologicznych są czyszczone i dezynfekowane systematycznie?			Częstotliwość:
Czy zbiorniki urządzeń generujące aerozol wodny są czyszczone i dezynfekowane przed włączeniem do produkcji i po każdym przestoju?			
5. Ocena procedur monitoringu i związanej dokumentacji			
Czy jest przygotowany program zapobiegania występowaniu i namnażaniu w wodzie bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> ?			
Czy program jest odpowiedni i obejmuje wszystkie systemy/instalacje, które mogą stanowić potencjalne źródło zakażenia?			
Czy prowadzone są odpowiednie zapisy dotyczące czynników krytycznych (temperatura, obecność osadów, stężenie dezynfektanta itp.)?			
Czy i jak często jest systematycznie prowadzona ocena ryzyka zasiedlenia instalacji i urządzeń wodnych na liniach technologicznych?			- 1 raz na 1 rok - 1 raz na 2 lata rzadziej.....
6. Częstotliwość kontroli parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych wody technologicznej/chłodniczej			
Kontrola 1 x w tygodniu:			
- przewodność, [µS/cm]			
- pH			
- kontrola poziomu biocydów utleniających			

Kontrola 1 x w miesiącu:			
- twardość, [mg/l CaCO ₃]			
- chlorki [mg/l]			
- kontrola stężeń inhibitorów			
- przewodność [µS]			
- ogólna liczba bakterii w 30°C, po 48 godz. [jtk/ml]			
Kontrola 1 x na kwartał:			
- całkowita zasadowość [mg/l],			
- siarczany [mg/l],			
- zawiesiny [mg/l],			
- mętność [NTU],			
- żelazo całkowite [mg/l],			
- temperatura [°C],			
- <i>Legionella</i> sp. [jtk/100 ml]			
7. Ocena innych systemów wód technologicznych/chłodniczych występujących na terenie obiektu			
Czy w przypadku obecności wież chłodniczych jest prowadzone:			
- czyszczenie i dezynfekcja instalacji co najmniej 2 razy w roku (i zawsze przed uruchomieniem),			
- kontrola 1 raz w miesiącu i systematyczne usuwanie osadów eksploatacyjnych,			
- monitoring parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych.			
8. Ocena personelu nadzorującego			
Czy jest personel odpowiedzialny za nadzorowanie jakości wody w kierunku bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> ?			
Czy odpowiedzialne osoby zostały właściwie przeszkolone?			

Tabela 5. Ocena ryzyka zasiedlenia przez bakterie z rodzaju *Legionella* instalacji i urządzeń wodociagowych

Dane identyfikacyjne obiektu:		TAK	NIE	Komentarz/wymagane działania
Adres:				
Oceniane obszary/ zakres oceny				
1. Temperatura wody				
Czy w podgrzewaczu temperatura wody ciepłej wynosi min. 60°C?				
Czy w instalacji wodociagowej wody ciepłej temperatura wody jest utrzymywana powyżej 50°C?				
Czy w instalacji wodociagowej wody zimnej temperatura wody jest utrzymywana poniżej 20°C?				
2. Metody dezynfekcji				
Czy stosowane są chemiczne środki dezynfekcyjne: podchloryn, monochloramina, dwutlenek chloru, inne (wymienić jakie). Z jaką częstotliwością przeprowadzana jest dezynfekcja chemiczna?				– stała – okresowa –
Czy kontrolowane jest stężenie dezynfektanta w całym systemie i jest ono na odpowiednim poziomie. Czy stosowane są inne metody dezynfekcji, wymienić jakie i z jaką częstotliwością.				Stężenie, czas kontaktu :
3. Ocena innych czynników sprzyjających występowaniu i namnażaniu się bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> (zastoiny, osady, produkty korozji itp.)				
Czy widoczne są w instalacjach lub urządzeniach osady, biofilm, zanieczyszczenia, korozja?				

Czy występują miejsca których przepływ wody jest spowolniony lub go brak (ślepe odcinki, końcówki sieci) itp.?			
Czy wszystkie kurki, przysznice i inne punkty są utrzymywane w czystości i regularnie dezynfekowane?			
4. Ocena zabiegów czyszczenia i dezynfekcji			
Czy zostały opracowane procedury czyszczenia i dezynfekcji?			
Czy zbiorniki wody wodociagowej (ciepłej/zimnej) są czyszczone i dezynfekowane przynajmniej 1 raz w roku?			
Czy przypadkowo stosowania stacji uzdatniania wody, filtry są systematycznie dezynfekowane/wymieniane?			Częstotliwość:
5. Ocena procedur monitoringu i związanej dokumentacji			
Czy jest przygotowany program zapobiegania występowaniu i namnażaniu w wodzie bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> ?			
Czy program jest odpowiedni i obejmuje wszystkie systemy/instalacje, które mogą stanowić potencjalne źródło zakażenia?			
Czy prowadzone są odpowiednie zapisy dotyczący czynników krytycznych (temperatura, obecność osadów, stężenie dezynfektanta itp.)?			
Czy ocena ryzyka zasiedlenia instalacji i urządzeń wodociagowych (woda ciepła/zimna) jest systematycznie prowadzona?			– 1 raz na 1 rok – 1 raz na 2 lata rzadziej.....
Czy jest prowadzony audit zarówno oceny ryzyka jak i działań kontrolnych, przez odpowiedni personel?			Częstotliwość:
6. Kontrola parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych wody wodociagowej			

X. Zagadnienie związane z ochroną zdrowia osób narażonych na aerozol wodny na stanowisku pracy

Celem przeciwdziałania skażeniu mikrobiologicznemu przemysłowych obiegów wodnych oraz instalacji wody ciepłej w zakładach pracy jest zapewnienie odpowiednich warunków BHP w miejscu pracy oraz ochrona zdrowia osób w nich zatrudnionych. Związane z tym działania obejmują bieżącą i okresową analizę skuteczności działań profilaktycznych oraz wdrożenie właściwych procedur w sytuacji podwyższonego ryzyka zachorowania i podejrzewanych lub stwierdzonych przypadków zachorowań. Obie te kwestie wymagają odrębnego omówienia.

Mimo iż w Polsce legionelloza jest chorobą objętą obowiązkowym zgłaszaniem, od lat ilość rejestrowanych corocznie zachorowań jest minimalna waha się od kilku do kilkudziesięciu przypadków rocznie. Liczba rejestrowanych zachorowań rośnie wraz ze zwiększającą się dostępnością testów, potwierdzających rozpoznanie. Badania takie są niezbędne do potwierdzenia rozpoznania, ponieważ w praktyce obdarzenia takim są niezbędnym do odróżnienia tej choroby od zapalenia płuc o innej etiologii. Średni wskaźnik zapadalności w skali UE, uwzględniający jedynie przypadki potwierdzone, wynosił w 2010 r. 1.16/100 000, co w odniesieniu do Polski odpowiada liczbie około 400 zachorowań rocznie. Jedynie nieliczne z nich podlegają zgłaszaniu, a jeszcze rzadziej są potwierdzane. Wskazuje to na potrzebę powiadamiania służb BHP o możliwości szerzenia się legionellozy także w środowisku pracy, lekarze natomiast powinni być informowani o uwzględnieniu tej choroby w rozpoznaniu różnicowym u chorego z podejrzeniem zapalenia płuc i wywiadem wskazującym na zawodowe narażenie na wdychanie aerozolu wodnego. Legionelloza powszechnie bywa bowiem wiązana przede wszystkim z zakażeniami wewnątrzszpitalnymi, zwłaszcza u pacjentów w podeszłym wieku, palących papierosy, z upośledzeniem odporności w przebiegu chorób współistniejących lub ich terapii. Istnieje także świadomość, że zakażenia pałeczkami z rodzaju *Legionella* wiążą się ze skażeniem instalacji wodnej współpracującej z systemem klimatyzacyjnym, ewentualnie kolonizacją systemów wody ciepłej w budynkach zamieszkania zbiorowego, prowadzącym do zachorowań u osób korzystających w podróży z obiektów hotelowych. Tymczasem z odnotowanych w 2010 r. w UE 6249 zachorowań 71% stanowiły przypadki pozaszpitalne i z negatywnym wywiadem dotyczącym podróży (*community-acquired*), w 20% zakażenie wiązano z podróżą i pobytem w hotelach, a w 8% - z korzystaniem z leczenia szpitalnego. Zakażenia związane z narażeniem w środowisku pracy bywają przedmiotem wnikliwych badań zwykle wtedy, gdy mają one formę zbiorową.

Czy prowadzona jest okresowa kontrola temperatury wody?	Punkty kontrolne:
Czy prowadzony jest okresowy monitoring wody ciepłej w kierunku <i>Legionella</i> sp.?	Częstotliwość: Punkty kontrolne:
8. Ocena personelu nadzorującego	
Czy jest personel odpowiedzialny za nadzorowanie jakości wody w kierunku bakterii z rodzaju <i>Legionella</i> ?	Częstotliwość:
Czy odpowiedzialne osoby posiadają odpowiednie przeszkolenie?	

Profilaktyka i ochrona pracowników przed zachorowaniem

Oparte są na monitorowaniu czynników sygnalizujących stopień zagrożenia i na analizie stanu zdrowia pracowników.

W ocenie tej należy pamiętać, że o prawdopodobieństwie zachorowania decydują:

- intensywność skażenia bakteriami *Legionella* wody i aerozolu wodnego,
- odległość stanowiska pracy od źródła aerozolu wodnego, kierunek przemieszczenia się aerozolu w powietrzu,
- stopień podatności na zakażenie (wiek, płeć, palenie tytoniu, choroby współistniejące).

Dwa pierwsze punkty decydują o sumarycznej ekspozycji pracownika na bakterie *Legionella* i tylko w ich przypadku możliwe są działania ograniczające ryzyko zachorowania. Podstawowe znaczenie ma eliminacja tych bakterii z systemów wodnych w zakładzie pracy, a jeśli okazuje się to niemożliwe, maksymalne zmniejszenie ich liczebności.

Wymaga to oceny przeprowadzanych w tym celu procedur i środków zaradczych, do których należą:

- przeglądy stanu instalacji wodnej,
- remonty i modernizacje systemów wodnych, w tym likwidacja odcinków instalacji, w obrębie których dochodzi do zastoju wody,
- kontrola korozji i biofilmu w systemach wodnych,
- procedury dezynfekcji systemów wodnych,
- kontrolne badania fizykochemiczne (w tym zawartość środka dezynfekcyjnego) oraz badania,
- mikrobiologiczne wody,
- udokumentowane wyniki pomiarów pH i temperatury wody.

Za przeprowadzenie powyższych czynności odpowiedzialne są osoby nadzorujące stan techniczny instalacji. Służby BHP i lekarz medycyny pracy powinni być natomiast informowani o wynikach powyższych procedur. Wynika stąd konieczność współpracy specjalisty ds. BHP z osobami odpowiedzialnymi za stan techniczny instalacji wodnej w zakładzie. **Szczególne znaczenie ma szybkie informowanie służb BHP, a w szczególności lekarza zakładowego/sprawu-**

jącego opiekę nad pracownikami o wynikach badania próbek wody w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella*, co może zwiększyć jego czujność diagnostyczną, zwłaszcza w przypadku chorych uskarżających się na dolegliwości ze strony układu oddechowego. Podobnie ważny jest kontakt lekarza z osobą odpowiedzialną za stan techniczny instalacji wodnej w zakładzie w razie zgłoszenia się chorego z objawami sugerującymi zapalenie płuc. Wykonane badania mogą uchronić przed zachorowaniem innych pracowników. W analizie przypadków zachorowań w budynkach zamieszkania zbiorowego wielokrotnie wykazywano, że przyczyną zbiorowych zachorowań był niedostateczny lub zbyt wolny przepływ informacji i niedostateczna koordynacja działań między służbami technicznymi, a osobami zarządzającymi obiektem.

Stopień zagrożenia osób zatrudnionych w zakładzie jest zróżnicowany, o czym poza czynnikami osobniczymi decyduje przede wszystkim odległość stanowiska pracy od źródła aerozolu wodnego. Powinno być ono odnotowane w dokumentacji zatrudnionego jako czynnik ryzyka i brane pod uwagę przy okresowych badaniach kontrolnych stanu zdrowia. Badania przeprowadzone przez autorów w zakładach mechanicznej obróbki szkła wskazują, że częstość dolegliwości ze strony układu oddechowego, mogących nasuwać podejrzenie zapalenia płuc rosta wraz ze zmniejszaniem się odległości stanowiska pracy od źródła aerozolu. W grupie pracujących w odległości do 20 m od źródła aerozolu ryzyko względne wystąpienia takich objawów było 2,7 większe w porównaniu z osobami, których stanowiska pracy znajdowały się w większej odległości. Istotną rolę odgrywa także informacja, dotycząca nie tylko typu wykonywanych czynności, ale także umiejscowienie stanowiska pracy na hali produkcyjnej i jego oddalenie od źródła aerozolu wodnego. Pomocny może być w tym plan lub schemat hali produkcyjnej z zaznaczonymi stanowiskami pracy oraz roz-mieszczeniem urządzeń, emitujących aerozol wodny.

Zachorowania wywołane bakteriami *Legionella* wykazują wyraźne wahania sezonowe, osiągając maksimum w miesiącach letnich i wczesną jesienią (czerwiec-październik). W UE w 2010 r. na okres ten przypadało ok. 60% odnotowanych przypadków zachorowań. Najmniej zachorowań stwierdzono w najchłodniejszej porze roku, w lutym i w marcu. Zjawisko to wiąże się z wpływem warunków pogodowych na temperaturę wody w instalacjach przemysłowych, przyczyniających się do jej wzrostu w porze letniej i tworzących tym samym

środowisko sprzyjające namnażaniu bakterii *Legionella*. Badania przeprowadzone przez autorów w zakładach mechanicznej obróbki szkła jesienią i wiosną wykazały, że temperatura wody w obiegach przemysłowych wahała się od 22.1°C do 25.8°C. W tych warunkach proces namnażania się bakterii przebiega powoli, może on natomiast ulegać nasileniu w wyniku wzrostu temperatury wody. Sezonowość ta może być dodatkową wskazówką dla lekarza, składającą go do podejrzenia tej choroby i ewentualnego podjęcia diagnostyki w tym kierunku.

Wzrost zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody i podwyższone ryzyko zachorowania

Dotyczy to sytuacji, w których liczba bakterii *Legionella* w próbkach wody wskazuje na intensywną kolonizację obiegów wodnych. Zdarza się to mimo wielokrotnie podejmowanych w danym obiekcie prób przeciwdziałania temu zjawisku.

Analizując przyczyny tej sytuacji, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- zły stan techniczny instalacji wodnych, niezrealizowane prace modernizacyjne (często z uwagi na koszty i kłopoty organizacyjne),
- niewystarczająca kontrola procesów korozji i narastania biofilmu w instalacji,
- niedostateczna kontrola temperatury wody,
- brak wystarczającej skuteczności środka biobójczego:
 - zbyt mała dawka dezynfektanta, w efekcie zbyt niskie stężenie wolnego środka biobójczego w całym systemie wodnym,
 - przeterminowany, niewłaściwie przechowywany lub niewłaściwie dobrany środek dezynfekcyjny,
 - rozwinięty biofilm na wewnętrznej powierzchni elementów konstrukcyjnych instalacji wodnych, ograniczający możliwość przenikania środka biobójczego i jego kontakt z mikroorganizmami,
 - zanieczyszczenie wody substancjami organicznymi, powodującymi zużycie utleniającego środka biobójczego i zmniejszenie stężenia wolnego dezynfektanta do poziomu nie zapewniającego skutecznej dezynfekcji wody,
 - nieodpowiednie pH wody, zmniejszające aktywność środka biobójczego,
 - występowanie w wodzie i w biofilmie pierwotniaków jednokomórkowych, do których komórek mogą przenikać bakterie, co chroni je przed bezpośrednią ekspozycją na działanie środka dezynfekcyjnego.

Z uwagi na konieczność zapewnienia ochrony pracownikom w powyższej sytuacji istotne jest jak najszybsze podjęcie doraźnych działań naprawczych, w tym zastosowanie środków dezynfekcyjnych, a w razie wybitnie nasilonej kolonizacji (> 10⁴ jtk/100 ml) nawet czasowej przerwy w funkcjonowaniu obiegów wodnych.

Potwierdzenie zachorowania w następstwie zakażenia bakteriami *Legionella*

Obraz kliniczny legionelozy, diagnostyka, potwierdzenie rozpoznania i leczenie są domeną medycyny klinicznej. Z praktycznego punktu widzenia istotna jest natomiast interpretacja wyników badań, pozwalających w sposób pewny potwierdzić rozpoznanie lub uznać je za prawdopodobne.

O prawdopodobnym zachorowaniu świadczą:

- dane z wywiadu, wskazujące na wziewne narażenie na aerozol wodny,
- obraz kliniczny, odpowiadający jednej z postaci legionelozy,
- miano przeciwciał przeciwko bakteriom *Legionella* w jednorazowym badaniu ≥ 256,
- inne przypadki zachorowań w otoczeniu chorego.

Potwierdzenie przypadku zachorowania w sposób pewny wymaga spełnienia następujących kryteriów:

- rozpoznanie zapalenia płuc na podstawie obrazu klinicznego oraz radiografu klatki piersiowej,
- dodatniego wyniku jednego z poniższych badań laboratoryjnych:
 1. Wyizolowanie z bakterii *Legionella* z materiału biologicznego od chorego (plwocina, wydzielnina oskrzelowa, popłuczyny oskrzelowe) z następującą dalszą identyfikacją gatunku i serotypu. Z uwagi na trudności techniczne związane z izolacją drobnoustroju jest to znacznie ograniczone,
 2. Wykrycie antygeny *L. pneumophila* w próbce moczu chorego. Badanie o dużym znaczeniu praktycznym, dodatni wynik utrzymuje się do kilku tygodni lub nawet kilku miesięcy po zachorowaniu. Czulość testu jest ograniczona, umożliwia bowiem wykrycie jedynie antygeny *L. pneumophila*. Ujemny wynik testu nie wyklucza zakażenia innymi pałeczkami *Legionella*,
 3. Dodatni wynik testu immunofluorescencji bezpośredniej w materiale pobranym od chorego. Przydatność ograniczona, częste ujemne wyniki we wczesnej fazie choroby,

4. Test immunofluorescencji pośredniej metodą ELISA,

5. Test serologiczny - co najmniej 4x wzrost miana przeciwciał między badaniem wykonanym w początkowej fazie choroby i powtórzonym po 4-8 tygodniach od zachorowania.

Analiza absencji chorobowej w zakładzie pracy

Przeprowadzanie w zakładzie pracy okresowej oceny zaświadczeń lekarskich o niezdolności do pracy z powodu choroby może zwrócić uwagę na zachorowania, które z uwagi na jednoczasowy charakter i występowanie u osób narażonych w największym stopniu na aerozol wodno powietrzny może nasuwać podejrzenie szerzenia się czynnika patogennego za jego pośrednictwem i tym samym skłaniać do bardziej wnikliwej kontroli stanu obiegów wodnych i oceny jakości wody.

W analizie należy uwzględnić:

- częstość niezdolności do pracy z powodu choroby w danym okresie czasowym, zwrócenie uwagi na nagły ich wzrost,
- częstość niezdolności do pracy u poszczególnych pracowników, w tym z uwzględnieniem narażenia na aerozol wodny,
- dane demograficzne pracowników, których dotyczy zwolnienia lekarskie (wiek, płeć).

Szkolenie pracowników

Ważnym elementem zapobiegania zakażeniom bakteriami z rodzaju *Legionella* jest szkolenie pracowników, zapoznające ich z charakterem zagrożenia, możliwymi objawami klinicznymi różnych jej postaci, drogami szerzenia się zakażenia i środków zapobiegających, możliwych do zastosowania przez samych pracowników. Chodzi zwłaszcza o unikanie bezpośredniego wdychania aerozolu wodnego podczas pracy, co ma zasadnicze znaczenie w ograniczaniu ryzyka zachorowania. W szkoleniu tym celowe może być zwięźle przedstawienie wybranych przykładów rzeczywistych zachorowań, będących wynikiem wdychania skażonego aerozolu wodnego w miejscu pracy, których fachowe opisy dostępne są w piśmiennictwie. Pozwoli to lepiej zilustrować charakter zagrożenia, a zarazem przedstawić je pracownikom jako mogącą realnie zaistnieć sytuację. Jednocześnie pracownicy powinni być poinformowani o podejmowanych przez pracodawcę środkach zapobiegawczych i kontroli ich skuteczności.

- Szkolenie powinno obejmować następujące zagadnienia:
 - charakter potencjalnego zagrożenia, jego źródło,
 - postaci kliniczne zakażenia, a zwłaszcza związane z nimi dolegliwości,
 - drogi szerzenia zakażenia z podkreśleniem, że zagrożenie stanowi wyłączenie drogi inhalacyjnej – poprzez wdychanie skażonego aerozolu wodnego.
 - Należy wyjaśnić pracownikom, że choroba nie szerzy się z człowieka na człowieka, jak również nie jest następstwem narażenia drogą pokarmową,
 - środki pozwalające na zmniejszenie narażenia pracownika,
 - działania zapobiegawcze i ochronne, podejmowane w zakładzie pracy, monitoring ich skuteczności,
 - zwrócenie uwagi pracownikom na potrzebę informowania lekarzy o narażeniu na aerozol wodny na stanowisku w pracy, zarówno podczas okresowej kontroli stanu zdrowia, jak i w razie zasięgnięcia porady lekarskiej, szczególnie w razie dolegliwości ze strony układu oddechowego.
- Informacje te pracownik powinien uzyskać w ramach szkolenia BHP przed przystąpieniem do pracy, a ponadto powinny być one okresowo przypominane pracownikom w zwięźlejszej formie. Szkolenie takie powinno być powtórzone bardziej szczegółowo, jeśli w zakładzie pracy zostanie wykryty przypadek/przypadek zachorowania na legionelozę.

XI. Załączniki

Załącznik 1. Charakterystyka legionellozowego zapalenia płuc i gorączki Pontiac

Cecha	Legionellozowe zapalenie płuc (choroba legionistów)	Gorączka Pontiac
Czas inkubacji	2-10 dni, rzadko do 20 dni	5 godzin -3 dni (najczęściej 24-48 godzin)
Czas trwania	tygodnie	2-5 dni
Współczynnik śmiertelności	Zmienna w zależności od wrażliwości pacjentów, przeciętnie 15% w zakażeniach szpitalnych może osiągnąć 40-80%	Brak przypadków śmiertelnych
Zachorowalność	0.1-5% całej populacji 0.4-14% w przypadku zakażeń szpitalnych	do 95% całej populacji
Objawy	<p>Często niespecyficzne</p> <ul style="list-style-type: none"> - osłabienie - wysoka gorączka - ból głowy - suchy kaszel - dreszcze - ból mięśni - trudności w oddychaniu, - ból w klatce piersiowej - biegunka (25-50% przypadków) - wymioty, nudności (10-30% przypadków) - zapętlenie i majaczenia (50% przypadków) - niewydolność nerek - brak odpowiedzi na antybiotyki β-laktamowe lub aminoglikozydy 	<p>Grypopodobne (umiarkowane do ciężkich)</p> <ul style="list-style-type: none"> - osłabienie - uczucie zmęczenia - wysoka gorączka - i dreszcze - ból mięśni - ból głowy - ból stawów - biegunka - wymioty, nudności, (w małej ilości osób) - trudności w oddychaniu (duszność) - suchy kaszel

Źródło: Legionella and the prevention of legionellosis. WHO 2007

Załącznik 2 Porównanie metod usuwania bakterii Legionella sp. z instalacji wodnych

Metoda	Zalety	Wady
Dezynfekcja termiczna okresowe 70-80°C	Prosta metoda, łatwa kontrola Zdolność do usuwania i hamowania powstawania biofilmu	Nie ma zastosowania do systemów wody zimnej Wymagana stała kontrola temperatury wody Ryzyko oparzenia Szybka rekolonizacja w ciągu kilku dni
Dezynfekcja podchlorynem sodu	Sprawdzona, skuteczna metoda Proste zastosowanie Relatywnie niskie koszty	Powstawanie trihalometanów Zależna od temperatury wody -dezynfektant niestabilny, zwłaszcza w gorącej wodzie Zwiększona korozyjność również w instalacjach z miedzi Ograniczony wpływ na biofilm
Dezynfekcja monochloraminą	Sprawdzona, skuteczna metoda Dezynfektant bardziej trwały niż chlor Proste zastosowanie w głównych systemach dystrybucji Penetracja biofilmu	Powstawanie trihalometanów Wpływa na elementy gumowe
Dezynfekcja dwutlenkiem chloru	Proste zastosowanie Penetracja biofilmu Zdolność do usuwania i hamowania powstawania biofilmu	Wymaga zachowania odpowiednich środków bezpieczeństwa (w zależności na metody wytwarzania) konieczne monitorowanie stężeń chloranów i chlorynów (w przypadku wody przeznaczony do spożycia)
Dezynfekcja nadtlakiem wodoru	Proste zastosowanie	Słaby dezynfektant, szybki rozkład H ₂ O ₂ Działanie mutagenne

Jonizacja Cu ²⁺ /Ag ⁺	Skuteczna metoda przy zachowaniu odpowiednich stężeń i zastosowaniu w trybie ciągłym Penetracja biofilmu Niezależna od temperatury	Częste monitorowanie stężeń miedzi i srebra Zależne od pH i twardości wody
Dezymfekcja UV	Proste zastosowanie	Nie nadaje się do mętnych wód Najbardziej skuteczna w zastosowaniu punktowym Brak wpływu na tworzenie i usuwanie biofilmu
Filtracja (na- nofiltracja, ultrafiltracja)	Proste zastosowanie	Nie nadaje się do mętnych wód Brak wpływu na tworzenie i usuwanie biofilmu

Zródło: *Legionella and the prevention of legionellosis. WHO 2007*

Załącznik 3 Procedury czyszczenia i dezynfekcji wież chłodniczych oraz systemów wód technologicznych

Wieże chłodnicze

W przypadku stwierdzonego zanieczyszczenia system wodny powinien zostać natychmiast wyłączony i poddany zabiegom czyszczenia i dezynfekcji.

Prace powinny wykonywać odpowiednio przeszkolone ekipy wyposażone w środki ochrony osobistej, w tym w maski z respiratorami wytwarzającymi dodatnie ciśnienie. Aby zmniejszyć ryzyko zagrożenia zdrowia personelu czyszczącego, przed przystąpieniem do czyszczenia mechanicznego całego systemu (przy włączonych wentylatorach) należy poddać dezynfekcji związkami chloru np.: stosując podchloryn sodu lub tabletki chloro-izocjanurowe w takiej ilości, aby cyrkulująca przez 6 godzin woda zawierała minimum 5 mg wolnego chloru w litrze (przy pH < 8). Jeżeli pH wody w systemie jest wyższe od 8,0 konieczne jest wtedy zwiększenie stężenia wolnego chloru do 15-20 mg/l. Po 6 godzinach wodę należy spuścić, system w miarę możliwości osuszyć.

Czyszczenie: należy przeprowadzić unikając wytwarzania aerozolu, unikać także stosowania metod z użyciem wody pod wysokim ciśnieniem. Jeżeli jest to możliwe, oczyszczanie trzeba wykonać dbając, aby w pobliżu nie przebywali ludzie, a okna i otwory wentylacyjne sąsiadujących budynków były zamknięte. Osady, których nie można mechanicznie usunąć, powinny być usunięte przy zastosowaniu odpowiednich środków chemicznych. Należy przy tym zwrócić uwagę, aby wybrane środki nie wpływały niekorzystnie na zmiany struktury powierzchni systemu. Czyszczenie ręczne (mechaniczne) wieży zbiornika ścięgowego i systemu dystrybucji powinno przebiegać przy zastosowaniu specjalistycznego sprzętu ochrony osobistej, w tym ciśnieniowych masek oddechowych.

Dezynfekcja: po czyszczeniu, system należy napełnić wodą o zawartości chloru 5-15 mg/litr. Woda powinna krążyć minimum przez 6 godzin przy wyłączonych wentylatorach. Po 6 godzinach wodę należy spuścić, system o ile jest to możliwe ponownie osuszyć, a następnie uzupełnić wodą zawierającą zwykle stosowane w normalnych dawkach środki chemiczne (w tym biocydy). Po 2 do 7 dniach od włączenia systemu, powinny być powtórzone badania w kierunku wykrywania pałeczek *Legionella*.

Inne urządzenia i systemy wód technologicznych w zakładach przemysłowych

Urządzenia posiadające stałe zbiorniki z wodą powinny być dezynfekowane (1 raz w tygodniu). Do dezynfekcji można użyć np roztworu wody utlenionej lub podchlorynu sodu. Dezynfekcja osadników polega na równomiernym rozprawdzeniu środka do dezynfekcji i dwukrotnym wytlukaniu zbiorników. Sprzęt ochrony osobistej: długie rękawice gumowe, okulary ochronne, gumowce, fartuch nieprzemakalny. Sprzęt dodatkowy: menzurka i kubek do przygotowania roztworu.

1. Zainstalować sprzęt ochrony osobistej.
2. Odizolować filtry oraz układ uzdatniania wody.
3. Wyczyścić zbiorniki z osadów.
4. Przygotować środek do dezynfekcji w stężeniu zgodnie z instrukcją producenta
5. Środek do dezynfekcji wlać do zbiornika urządzenia. Uruchomić urządzenie na czas 1,5 h w celu równomiernego rozprowadzenia dezynfektanta.
6. Opróżnić zbiorniki i wytlukać je czystą wodą.
7. Napełnić zbiorniki czystą wodą i uruchomić urządzenie na kolejne 30 minut.
8. Ponownie opróżnić zbiorniki, wyczyścić całe wnętrze urządzenia (sprawdzić dysze natryskowe).
9. Przeprowadzić kolejne płukanie układu czystą wodą w czasie 15 minut pracy urządzenia. Ponownie wodę usunąć.
10. Przygotować urządzenie do normalnej pracy.

Załącznik 4 ANKIETA DOTYCZĄCA DOLEGLIWOŚCI ZE STRONY UKŁADU ODDECHOWEGO U PRACOWNIKÓW NARAŻONYCH NA WDYCHANIE AEROSZŁU WODNEGO NA STANOWISKACH PRACY

Nr ankiety:..... data:.....

ANKIETOWANY:

Wiek:.....lat

Płeć:

M

K

Miejsce zamieszkania:

MIASTO

WIEŚ

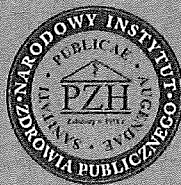
I. PRACA I NARAŻENIE W MIEJSCU PRACY

1. Od jak dawna pracuje Pan/ Pani w tutejszym zakładzie?.....lat
w tym na obecnym stanowisku.....lat
2. Czy wcześniej pracował Pan/ Pani w innym zakładzie - jak długo:
.....-zakład..... stanowisko (rodzaj pracy).....w latach
.....-zakład..... stanowisko (rodzaj pracy).....w latach
.....-zakład..... stanowisko (rodzaj pracy).....w latach
3. Czy bierze Pan/Pani prysznic po zakończeniu pracy?
- w zakładzie pracy (3x tyg, lub częściej) TAK NIE
- w domu TAK NIE
4. Czy w czasie wolnym systematycznie korzysta Pan/ Pani z basenu kąpielowego lub aquaparku?
jeśli tak, jak często
TAK NIE

II.A. DOLEGLIWOŚCI ZE STRONY UKŁADU ODDECHOWEGO

1. Czy kiedykolwiek stwierdzano u Pana/Pani:
.....- zapalenie płuc TAK NIE
ile razy?:.....
.....- przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (lub pzo) TAK NIE
.....- astmę oskrzelową TAK NIE
2. Czy wymaga(a) Pan/Pani z tego powodu leczenia szpitalnego?
TAK NIE

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



ISBN 9788389379931