

Jakość wody w punktach czerpalnych po ponownym rozruchu instalacji wodociągowych wyłączonych z eksploatacji w okresie pandemii

Tap water quality after restart of water supply system shutted down during the pandemic period

Kaja Niewitecka, Jarosław Chudzicki*)

Słowa kluczowe: *jakość wody pitnej, stagnacja, biofilm, pandemia, budynki użyteczności publicznej*

Streszczenie

Ponowne włączenie do użytkowania instalacji wodociągowych w budynkach użyteczności publicznej, po przerwie związanej z pandemią, może być ryzykowne bez odpowiedniego przygotowania.

Ograniczenie działania lub całkowite wyłączenie z eksploatacji instalacji wodociągowych wody zimnej i ciepłej sprzyja stagnacji wody wewnątrz rurociągów. Zastoje, a co za tym idzie również obniżenie ochronnego działania substancji dezynfekcyjnych, dodawanych do wody wodociągowej, mogą prowadzić do pogorszenia jej jakości. Prócz zmian fizykochemicznych, takich jak zmiana barwy, mętności, utlenialności czy przewodnictwa, wzrasta również ryzyko związane z tworzeniem się środowiska sprzyjającego bytowaniu patogenów.

Celem niniejszej pracy była ocena jakości wody w punktach czerpalnych w budynku użyteczności publicznej, po okresie tymczasowego wyłączenia z użytkowania spowodowanego pandemią. Oceny jakości dokonano na podstawie wartości parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych wody zimnej i ciepłej wody użytkowej w punktach czerpalnych, zróżnicowanych pod względem rozbioru i czasu stagnacji.

Zwrócono również uwagę na konieczność prawidłowego przeprowadzenia ponownego rozruchu instalacji wodociągowych w budynku tego typu, po okresie wyłączenia z eksploatacji. Zidentyfikowano kluczowe przewody, które nieobjęte procesem dezynfekcji czy płukania są miejscem bardziej narażonym na kolonizację przez patogenną florę bakteryjną.

Podjęto również próbę sprecyzowania podstawowych zasad dotyczących m.in. ich płukania i dezynfekcji. Zaproponowano także działania profilaktyczne, mogące w przyszłości ograniczyć ryzyko związane z pogorszeniem jakości wody wodociągowej dostarczanej do odbiorców.

Keywords: *water quality, stagnation, biofilm, pandemic, public buildings*

Abstract

Putting water supply systems in public buildings back into service after a pandemic-related interruption can be risky without adequate preparation.

Reduced operation or complete shutdown of cold and hot water supply systems promotes stagnation of water in the pipelines. Stagnation and the consequent reduction in the protective effect of disinfectants added to tap water can lead to deterioration of water quality. In addition to physicochemical changes such as colour, turbidity, oxidisability and conductivity, there is also an increased risk of creating an environment conducive to pathogens.

The aim of this study was to assess the quality of water at points of use in a public utility building after a period of temporary shutdown due to pandemia. The quality assessment was based on the values of physico-chemical and microbiological parameters of cold and hot tap water at points of different consumption and stagnation time.

Attention was also drawn to the necessity of proper recommissioning of water supply systems in a building of this type after a period of shutdown. Key pipes were identified which, if not disinfected or flushed, are more prone to colonisation by pathogenic bacterial flora.

An attempt was also made to specify the basic principles concerning, among others, their rinsing and disinfection. Prophylactic measures were also proposed, which in the future could reduce the risk associated with deterioration of tap water quality supplied to consumers.

Wstęp

Z uwagi na bezpieczeństwo zdrowotne odbiorców wody, ponowne uruchomienie instalacji wodociągowych po dłuższym okresie wyłączenia jej z użytkowania, powinno wiązać się ze ściśle określoną procedurą dotyczącą m.in. płukania i dezynfekcji. Problem ten jest tym bardziej istotny w sytuacji, gdy powszechne doniesienia medialne

sugerują pobór wody do picia bezpośrednio z punktów czerpalnych, co jest zgodne z obowiązującymi aktami prawnymi dotyczącymi jakości wody dostarczanej komunalnymi systemami wodociągowymi do odbiorców [13].

Brak poboru wody przez długi czas i jej stagnacja mogą mieć znaczący wpływ na wzrost mikroorganizmów, co z kolei powoduje pogorszenie wskaźników organoleptycznych, takich jak barwa, smak

*) Kaja Niewitecka, mgr inż. – Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, e-mail: kaja.niewitecka@pw.edu.pl, Jarosław Chudzicki, dr inż., prof. PW – Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, e-mail: jaroslaw.chudzicki@pw.edu.pl.

czy zapach wody w całym systemie dystrybucji. Dodatkowo, czynniki te bezpośrednio wpływają na obniżenie stężenia dezynfektantów w wodzie, stosowanych w celu zabezpieczenia systemów przed wtórnym rozwojem mikroorganizmów. Istotny wpływ mają tutaj również temperatura oraz zawartość substancji organicznych w wodzie [6].

Biofilm obecny na powierzchniach wewnętrznych przewodów jest miejscem namnażania się mikroorganizmów, a dodatkowo jego specyficzna struktura chroni je przed działaniem środków dezynfekcyjnych. W sytuacji ponownego rozruchu instalacji wodociągowej, na skutek zmiany warunków hydrodynamicznych, dochodzi do częściowego zerwania błony biologicznej pokrywającej wewnętrzne ścianki rur, czego efektem jest wzrost liczby mikroorganizmów obecnych w wodzie. W przypadku obecności w biofilmie mikroorganizmów chorobotwórczych, tj. *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila* czy *Clostridium perfringens*, taka sytuacja może stanowić zagrożenie dla zdrowia odbiorców, szczególnie dla osób z obniżoną odpornością.

Na skutek ograniczenia działania lub przestoju systemów instalacyjnych w budynkach, wzrasta również ryzyko wystąpienia patogenów np. bakterii z rodzaju *Legionella* [7], [10].

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie jakości wody w punktach czerpalnych po ponownym rozruchu instalacji wodociągowej, wyłączonej z eksploatacji w okresie pandemii oraz ocena wpływu stagnacji wody na zmianę jej jakości.

Opis obiektu badań

Wybrane do badań punkty czerpalne znajdują się w gmachu obecnego Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Analizowany budynek zasilany jest w wodę wodociągową z miejskiej sieci wodociągowej w Warszawie. Budynek zlokalizowany jest w pobliżu Zakładu Wodociągu Centralnego (SUW „Filtry”) przy ul. Koszykowej. Woda pobierana przez SUW „Filtry” pochodzi głównie z ujęcia wody powierzchniowej, zlokalizowanego przy ul. Czerniakowskiej. Budynek został oddany do użytku w 1976 r. Bryła budynku jest nieregularna, a wysokość jest zróżnicowana – prawe skrzydło jest 6-kondygnacyjne, a lewe – 10-kondygnacyjne.

Układ zasilania instalacji wodociągowych w budynku uwzględnia zróżnicowaną wysokość i został podzielony na dwie strefy ciśnienia: do 5 kondygnacji I strefa zasilana bezpośrednio pod ciśnieniem z zewnętrznej sieci wodociągowej oraz II strefa, obejmująca kondygnacje od 6 do 10, zasilana jest przez dodatkowy zestaw hydroforowy. Ciepła woda przygotowana jest za pośrednictwem wymienników ciepła typu JAD i bezpośrednio zasila instalacje wody ciepłej I i II strefy ciśnienia. Pierwotnie instalacje wodociągowe wody zimnej i ciepłej były wykonane w całości z rur stalowych ocynkowanych, łączonych za pomocą łączników z żeliwa ciągliwego. W trakcie 45-letniego użytkowania budynku różne fragmenty instalacji były modernizowane, naprawiane, wymieniane. Zmianie podlegał także materiał instalacji, dlatego w budynku można napotkać fragmenty instalacji wykonane także z rur polipropylenowych, polietylenowych, polibutylenowych czy rur wielowarstwowych. Piony wodociągowe wody zimnej są prowadzone w szachtach instalacyjnych wspólnie z innymi instalacjami (piony wody ciepłej, piony cyrkulacyjne, przewody kanalizacyjne oraz centralnego ogrzewania).

Podczas trwającej w 2020 r. pandemii zgodnie z Zarządzeniem Rektora od dnia 12 marca 2020 r. do dnia 30 września 2021 r.¹⁾ na

1) Zgodnie z Zarządzeniem Rektora nr 16/2020 z dnia 11 marca 2020 r. w sprawie podjęcia w Politechnice Warszawskiej działań zapobiegających rozprzestrzenianiu się koronawirusa (COVID-19) od dnia 12 marca 2020 do dnia 30 września 2021 w Politechnice Warszawskiej zawieszono były tradycyjne za-

Wydziale zawieszono były stacjonarne zajęcia dydaktyczne oraz działalność naukowa, a cała aktywność pracowników i studentów została przeniesiona w tryb zdalny. W konsekwencji spora część instalacji została wyłączona z użytkowania na okres kilkunastu miesięcy. Pobór wody z większości punktów czerpalnych w pomieszczeniach higieniczno-sanitarnych i naukowo-dydaktycznych był zerowy lub sporadyczny, jedynie w pomieszczeniach administracyjnych, gdzie pracownicy w tym okresie przebywali stacjonarnie na dyżurach, punkty czerpalne użytkowane były codziennie, lecz ze zmniejszoną częstotliwością.

Metodyka badań

Badania jakości wody przeprowadzono na przełomie sierpnia i września 2021 r., w okresie wakacyjnym, charakteryzującym się mniejszym oraz nieregularnym zużyciem wody w budynku. W tym czasie większość pracowników Wydziału w dalszym ciągu realizowała pracę w sposób zdalny.

Miejsca poboru próbek obejmowały punkty czerpalne zlokalizowane na różnych kondygnacjach, w pomieszczeniach administracyjnych i naukowo-dydaktycznych i różniły się pod względem charakterystyki rozbioru wody i czasu stagnacji, co zostało przedstawione w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka wybranych do badań punktów czerpalnych
Table 1. Characteristics of the water points selected for the tests

Punkt czerpalny	P1	P2	P3	P4	P5
Piętro	V	V	V	V	IV
Rodzaj punktu czerpalnego	bateria czerpalna umywalkowa	bateria czerpalna umywalkowa	bateria czerpalna umywalkowa	bateria czerpalna umywalkowa	bateria czerpalna umywalkowa
Charakterystyka rozbioru	nieużytkowany 3 mc	nieużytkowany 6 mc	użytkowany kilka razy w tygodniu	nieużytkowany 3 mc	użytkowany codziennie
Liczba użytkowników przy stacjonarnym trybie pracy	2	0	3	0	7

Z każdego z wybranych punktów czerpalnych pobrano cztery próby wody zimnej i ciepłej w następujący sposób:

- 1dm³ wody zimnej bezpośrednio po otwarciu punktu czerpalnego, a następnie
- 1dm³ po wcześniejszym spuszczeniu 10 dm³ wody zimnej.

Równoległe z każdego punktu czerpalnego pobrano próbki z instalacji wody ciepłej:

- 1dm³ wody bezpośrednio po otwarciu zaworu czerpalnego oraz
- 1dm³ po uprzednim spuszczeniu 3 dm³.

Objętość 3 dm³ została wybrana zgodnie z warunkami technicznymi, dotyczącymi projektowania instalacji ciepłej wody jako graniczna przy ryzyku namnażania się bakterii *Legionella* w wodzie ciepłej w przewodach instalacji nie objętych obiegiem cyrkulacyjnym [14]. Jako próbę odniesienia (P0) pobrano 1dm³ zimnej wody bezpośrednio za przyłączem wodociągowym. Po pobraniu wszystkich próbek niezwłocznie dokonano oznaczeń.

Na potrzeby drugiej części badań z wnętrza wylewek wybranych baterii czerpalnych pobrano wymazy błony biologicznej. Sposób pobierania wymazów pokazano na rys. 1.

Zakres badań obejmował oznaczenia wskaźników mikrobiologicznych, organoleptycznych i fizykochemicznych w próbkach wody oraz wskaźników mikrobiologicznych w wymazach błony biologicznej.

jęcia dydaktyczne oraz działalność naukowa, a cała aktywność pracowników i studentów została przedstawiona na tryb zdalny.

W próbkach wody zimnej oznaczono następujące wskaźniki fizykochemiczne jakości wody, wybrane na podstawie Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2017 r. [13]: temperatura, barwa, zapach, stężenie jonów wodoru (pH), mętność, przewodność elektryczna, utlenialność z $KMnO_4$, stężenie chloru wolnego oraz żelazo ogólne. Zakres mikrobiologicznych parametrów wskaźnikowych, oznaczonych w próbkach wody zimnej, obejmował: ogólną liczbę mikroorganizmów w $36^{\circ}C$ i w $22^{\circ}C$, liczbę bakterii z grupy *coli* i *Escherichia coli*, ogólną liczbę enterokoków oraz obecność *Clostridium perfringens* i grzybów. W próbkach wody ciepłej oznaczono obecność bakterii z rodzaju *Legionella*.



Rys. 1. Pobór wymazu błony biologicznej z baterii czerpalnej
Fig. 1. Biofilm swabbing from a water tap

Badania mikrobiologiczne wymazów błony biologicznej wykonano w kierunku obecności: *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, enterokoków, *Pseudomonas aeruginosa*, gronkowców koagulazo-dodatnich. Oznaczenia mikrobiologiczne przeprowadzono metodą hodowlaną zgodnie z normą PN-EN ISO 6222:2004 [11], z wykorzystaniem dedykowanych podłoży mikrobiologicznych wyszczególnionych w tab. 2.

REZULTATY BADAŃ I DISKUSJA WYNIKÓW

Uzyskane wyniki oznaczeń wskaźników fizykochemicznych w próbkach wody zimnej przedstawiono w tab. 3. Pobrane próbki wody oznakowano w następujący sposób:

- P0 – próbka odniesienia, woda zimna pobrana bezpośrednio za przyłączem wodociągowym,
 - PX.1 – próbka wody zimnej pobrana bezpośrednio po otwarciu punktu czerpalnego,
 - PX.2 – próbka wody zimnej pobrana po spuszczeniu z punktu czerpalnego 1 dm^3 wody,
- gdzie X to numer punktu czerpalnego, zgodnie z tab. 1.

W tab. 3 w ostatniej kolumnie podano wartości dopuszczalne dla oznaczonych wskaźników na podstawie Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2017 r. [13]. W wyróżnionych komórkach tabeli zaznaczono przekroczone wartości.

Jak można było się spodziewać, występują znaczne różnice w wartościach poszczególnych wskaźników fizykochemicznych w próbkach wody pobranych bezpośrednio po otwarciu punktów czerpalnych i po spuszczeniu 10 dm^3 wody. We wszystkich punktach poboru zaobserwowano zbliżoną temperaturę wody zimnej, która bezpośrednio po otwarciu baterii czerpalnej wynosiła około $20\text{--}21^{\circ}C$, a w punkcie P5 aż $24^{\circ}C$. W kolejnej próbie, czyli po spuszczeniu 10 dm^3 ,

Tabela 2. Wykaz podłoży mikrobiologicznych użytych w badaniach

Table 2. List of microbiological substrates used in the tests

Parametr	Próbki wody	Wymazy
Liczba bakterii z grupy coli i <i>Escherichia coli</i>	Agar MacConkeya	Chromogenic Coliform Agar
Ogólna liczba mikroorganizmów w $36^{\circ}C$ i w $22^{\circ}C$	Agar z ekstraktem drożdżowym bez glukozy	x
Ogólna liczba enterokoków	Agar z eskuliną, solami żółci i azydkiem sodu	Agar z eskuliną, solami żółci i azydkiem sodu
Obecność <i>Clostridium perfringens</i>	TSC Agar (Trytopse Sulphite Cycloserine)	TSC Agar (Trytopse Sulphite Cycloserine)
Obecność bakterii z grupy <i>Legionella</i>	BCYE Agar (z węglem i ekstraktem drożdżowym) z cysteiną	x
Obecność <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	x	King B Agar
Obecność gronkowców koagulazo-dodatnich	x	Columbia Agar z 5% krwi baraniej

Objaśnienia:
x – nie badano

Tabela 3. Oznaczenia parametrów organoleptycznych i fizykochemicznych wody zimnej w wybranych punktach czerpalnych

Table 3. Determination of organoleptic and physicochemical parameters of cold water at selected points of consumption

L.p.	Wskaźnik		P0	P1.1	P1.2	P2.1	P2.2	P3.1	P3.2	P4.1	P4.2	P5.1	P5.2	Wartości dopuszczalne Dz.U. 2017 poz. 2294
1.	temperatura	$^{\circ}C$	19	20,5	21	20,5	19	20	19,5	21	20	24	19	-
2.	barwa	mg Pt/l	2	3	5	15	0	13	0	10	3	19	2	15
3.	zapach	-	akceptowalny											akcept.
4.	pH	-	7,4	7,9	7,7	7,6	7,6	7,4	7,5	7,5	7,5	7,3	7,4	6,5 – 9,5
5.	mętność	NTU	0,54	1,14	1,31	4,58	0,41	5,22	0,38	3,61	0,47	5,23	0,55	1
6.	przewodność elektryczna	$\mu S/cm$	700,35	691,15	691,15	710,7	640,55	695,75	691,15	698,05	694,6	750,95	667	2500
7.	utlenialność z $KMnO_4$	mg O_2/l	1,12	2,96	2,4	2,4	1,68	1,68	1,6	1,36	1,92	1,2	1,44	5
8.	stężenie chloru wolnego	mg/l Cl_2		0,02	0,05	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03	0,01	0,035	0,015	0,3
9.	żelazo ogólne	mg/l	0,04	0,12	0,18	0,4	0,02	0,46	0,01	0,34	0,03	0,54	0,04	0,2

temperatura obniżyła się zaledwie o 1°C, a więc nadal przekraczała wartości zalecane dla wody wodociągowej. Na podwyższone wartości temperatury wody zimnej ma wpływ przede wszystkim źródło wody wodociągowej, a więc wody powierzchniowe, których temperatura zmienia się sezonowo. Niekorzystne podgrzewanie wody zimnej w pionach wodociągowych może być również związane z bliską odległością innych instalacji w szachtach instalacyjnych.

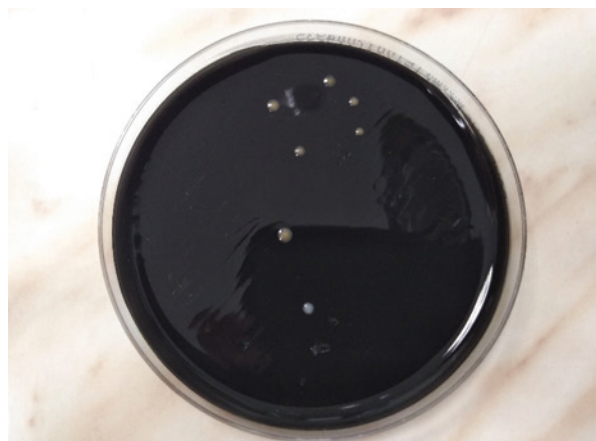
Można zaobserwować, że woda przetrzymywana dłuższy czas w odgałęzieniach instalacji ma podwyższone wartości charakteryzujące barwę i mętność. Z drugiej strony wartość utlenialności oraz stężenie żelaza ogólnego pokrywają się tylko w niektórych badanych punktach czerpalnych z tendencją zaobserwowaną przy barwie i mętności. W badanych próbkach nie zaobserwowano ponadnormatywnych przekroczeń wartości utlenialności. Podwyższone wartości mętności i żelaza ogólnego występują także w próbkach wody pobranych po spuszczeniu 10 dm³, co wskazuje na możliwość porywania fragmentów błony biologicznej wraz z produktami korozji z wewnętrznych ścianek rur przy pojawieniu się wyższych prędkości przepływu wody [15,16]. Na obecność materii organicznej w oznaczanych próbkach wody wskazuje także stosunkowo niskie stężenie chloru wolnego, jako środka dezynfekującego. Oznaczone wartości we wszystkich próbkach są niższe niż dopuszczalne w wodzie do picia [13].

Wyniki oznaczeń mikrobiologicznych w badanych próbkach wody zimnej zamieszczono w tab. 4. Podstawowa analiza parametrów mikrobiologicznych pobranych próbek wody obejmowała określenie ogólnej liczby mikroorganizmów w dwóch zakresach temperatur. W większości punktów poboru bezpośrednio, po otwarciu punktu czerpalnego, próbki zawierały ogólną liczbę mikroorganizmów przekraczającą 200 jtk/ml inkubowanych w 22°C, tym samym przewyższając wartości dopuszczalne w wodzie pitnej u konsumenta [13]. Po spuszczeniu 10 dm³ wody wartości malały do około 50 jtk/ml. W korelacji z zaobserwowanym niskim stężeniem chloru wolnego na poziomie około 0,03 mg Cl₂/l może to świadczyć o zbyt niskiej ochronie przed rozwojem mikroorganizmów w wodzie.

Najniższe stężenie bakterii wyrosłych w temperaturze 22°C zaobserwowano w próbkach pobranych z punktu P2 (do 100 jtk/ml), który charakteryzował się najdłuższym czasem stagnacji. Na ten wynik mógł mieć wpływ specyficzny układ tego fragmentu instalacji, w którym odgałęzienie od pionu wodociągowego do analizowanego punktu czerpalnego miało długość zaledwie kilkunastu centymetrów.

W żadnej z próbek wody zimnej badania nie wykazały obecności bakterii groźnych dla zdrowia człowieka takich jak *Escherichia coli*, *Enterococcus* czy *Clostridium perfringens*.

Wyniki oznaczeń obecności bakterii z rodzaju *Legionella* w badanych próbkach wody ciepłej zamieszczono w tab. 5. Na podłożu BCYE wyhodowano podane w tab. 5 ilości kolonii (rys. 2). W wykonanym preparacie mikroskopowym zaobserwowano drobne pałeczki Gram – o charakterystycznym dla bakterii *Legionella* wyglądzie. W procesie identyfikacji za pomocą spektrofotometru MALDI-TOF MS, nie zostały one jednak zaklasyfikowane jako bakterie z rodzaju *Legionella*. Należy stwierdzić, że pomimo dość długiego czasu stagnacji wody w instalacji, w badanych próbkach wody ciepłej nie stwierdzono obecności bakterii patogennych, mogących zagrażać zdrowiu użytkowników instalacji.



Rys. 2. Kolonie wyhodowane na podłożu BCYE z próbki wody ciepłej P2.1c
Fig. 2. Colonies grown on BCYE medium from hot water sample P2.1c

Wyniki posiewu wymazów błony biologicznej, pobranych z określonych punktów czerpalnych instalacji, wykluczyły obecność mikroorganizmów potencjalnie patogennych, tj. *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* i *Pseudomonas aeruginosa*. W wymazach nie stwierdzono również obecności enterokoków, gronkowców koagulazo-dodatnich i grzybów.

Tabela 4. Oznaczenia parametrów mikrobiologicznych wody zimnej w wybranych punktach czerpalnych

Table 4. Determination of microbiological parameters of cold water in selected tap points

L.p.	Parametr	Numer próby									
		P1.1	P1.2	P2.1	P2.2	P3.1	P3.2	P4.1	P4.2	P5.1	P5.2
1.	liczba bakterii z grupy coli i <i>Escherichia coli</i>	0	x	0	x	0	x	0	x	0	x
2.	ogólna liczba mikroorganizmów w 36°C	130	0	0	0	0	19	170	0	68	13
3.	ogólna liczba mikroorganizmów w 22°C	>300	60	58	50	>300	24	>300	25	230	57
4.	ogólna liczba enterokoków	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.	obecność <i>Clostridium perfringens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Objaśnienia:

x – nie badano

Kolorem czerwonym zaznaczono wskaźniki bakteriologiczne przekraczające wartości dopuszczalne w wodzie do picia [13].

Tabela 5. Oznaczenia parametrów mikrobiologicznych wody ciepłej w wybranych punktach czerpalnych

Table 5. Determination of microbiological parameters of hot water in selected tapping points

Parametr	Numer próby									
	P1.1c	P1.2c	P2.1c	P2.2c	P3.1c	P3.2c	P4.1c	P4.2c	P5.1c	P5.2c
wzrost na podłożu BCYE	0	0	5 kol	2 kol	1 kol	3 kol	0	2 kol	1 kol	1 kol

Objaśnienia:

c – dotyczy próbek wody ciepłej

Zidentyfikowano natomiast mikroorganizmy autochtoniczne sieci wodociągowej, m.in. *Micrococcus*, *Sphingopyxis sp.*, *Acidovorax delafieldi* czy *Serratia sp.*, stale zasiedlające wewnętrzne ściany przewodów wodociągowych [1,18]. Obecność mikroorganizmów w wodzie wskazuje, że jest ona niestabilna biologicznie i zawiera organiczne i nieorganiczne substraty pokarmowe niezbędne do wzrostu drobnoustrojów, w tym także chorobotwórczych. Świadczy to również o zbyt niskim stopniu zabezpieczenia instalacji środkiem dezynfekcyjnym lub szybkim zaniku jego stężenia na skutek wydłużonego czasu stagnacji.

WNIOSKI

1. Wartości wskaźników mikrobiologicznych i fizykochemicznych wody zimnej, pobranej z punktów czerpalnych po okresie wyłączenia z eksploatacji, nie spełniają wymagań zawartych w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Zdrowia [13] w przypadku ogólnej liczby bakterii, mętności, barwy, utleniałości i żelaza ogólnego. Przekroczone wartości parametrów wskaźnikowych mogą świadczyć o wtórnym zanieczyszczeniu wody lub nieprawidłowościach w instalacji wodociągowej.
2. W wybranych punktach czerpalnych odnotowano zdecydowanie zbyt wysoką temperaturę wody zimnej, co miało znaczący wpływ na przekroczoną wartość ogólnej liczby bakterii w wodzie, co z kolei mogło spowodować podwyższenie mętności. Jest to istotne biorąc pod uwagę, że zimna woda jest wodą pitną.
3. Podwyższona temperatura wskazuje również na brak prawidłowej izolacji przewodów wody zimnej (izolacja przeciwskropleniowa) i cieplej (izolacja termiczna), co w konsekwencji sprzyja rozwojowi biofilmu na ściankach wewnętrznych instalacji, który stanowi środowisko dla bytowania patogenów. Można założyć, że wydłużony czas stagnacji również będzie skutkował podgrzaniem wody zimnej do temperatury otoczenia nawet przy zastosowaniu prawidłowej izolacji.
4. Podwyższone stężenia żelaza mają znaczący wpływ na barwę wody. Może to świadczyć o korozji stalowych rur w instalacjach wodociągowych.
5. Obecne w wodzie związki żelaza umożliwiają również osadzanie się i przenikania do wody innych substancji. Dodatkowo stagnacja może powodować przyspieszoną erozję i korozję rur stalowych.
6. Wiek wody znacząco wpływa na obniżenie poziomu chloru wolnego. Na skutek obniżenia ochronnego działania substancji dezynfekcyjnych, dodawanych do wody wodociągowej, wzrasta ryzyko pojawienia się wewnątrz instalacji mikroflory patogennej [4].

W związku z panującą pandemią w ostatnim czasie wiele budynków użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego zostało tymczasowo wyłączonych z eksploatacji.

Przedstawione wyniki badań pokazują, że dostarczana do budynku uzdatniona woda, przeznaczona do spożycia przez ludzi, na skutek stagnacji może ulec wtórnemu zanieczyszczeniu. Przed rozpoczęciem normalnej pracy wewnątrz systemy wodociągowe powinny obowiązkowo zostać poddane płukaniu, z uwzględnieniem jak największej liczby punktów czerpalnych, w celu wymiany całej objętości wody w instalacji oraz zapewnienia i utrzymania właściwych jej parametrów, chociażby temperatury [3,4].

Ważny jest dobór skutecznej metody unieszkodliwiania i eliminacji zanieczyszczeń mikrobiologicznych, w zależności od rodzaju i przeznaczenia budynku. Przy wyborze metody dezynfekcji należy wziąć pod uwagę przede wszystkim jej skuteczność w dłuższym okresie, koszty i czasochłonność procesu, bezpieczeństwo użytkowników, wpływ na wskaźniki jakości wody i materiały instalacyjne a także zdolność do unieszkodliwiania bakterii, nie tylko obecnych w wodzie, ale również tych zasiedlających osad biofilmu [8,9].

LITERATURA:

- [1] Biedroń I., Traczewska T. M., Plaza G. 2016.: „Charakterystyka mikroorganizmów biofilmów pochodzących z punktów czerpalnych wody do picia”. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 18, cz. 2. 86-99, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej.
- [2] Chudzicki J., Krejzler M., Stybliński W. 2004.: „Metody dezynfekcji wody skażonej *Legionellą*.” *Rynek Instalacyjny* (7):7-10. ISSN 1230-9540.
- [3] Chudzicki J., Kwietniewski M., Iwanek M., Suchorab P. 2014.: „Secondary contamination in polish drinking water.” *Urban Water II*, Edit. Mambretti S., Brebbia CA, WITpress, UK.: 15-26.
- [4] Chudzicki J., Niewitecka K. 2021.: „Budynki zamieszkania zbiorowego: włączanie do użytkowania instalacji wod-kan po okresie pandemii”. *Waarunki Techniczne*, nr 39: 48-50.
- [5] Dyrektywa Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. UE nr L 330).
- [6] Domańska M., Łomotowski J. 2009.: „Badania nad szybkością zaniku chloru i dwutlenku chloru w wodzie w sieci wodociągowej”. *Ochrona Środowiska*, Vol.31, nr 4,
- [7] Grabińska-Loniewska A. 2011.: „Sieć wodociągowa jako środowisko bytowania i przenoszenia mikroorganizmów”. *Technologia wody* (3): 14-18.
- [8] Grabińska-Loniewska A., Siński E. 2010.: „Mikroorganizmy chorobotwórcze i potencjalnie chorobotwórcze w ekosystemach wodnych i sieciach wodociągowych” Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa.
- [9] Kręgiel Dorota: 2020. „Biofilmy i osady w systemach dystrybucji wody pitnej”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Nr 11.
- [10] Kręgiel Dorota: 2020. „Pandemia COVID-19 a występowanie bakterii *Legionella sp.* w systemach wody ciepłej – ocena ryzyka”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (7-8): 32-35.
- [11] Matuszewska R., Stankiewicz A. 2017.: „Metody dezynfekcji stosowane do usuwania zanieczyszczenia pałeczkami *Legionella* z instalacji wodociągowych w zakładach opieki zdrowotnej”. *Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny w Warszawie, Hygeia Public Health*, 52(3), 226-233.
- [12] PN-EN ISO 6222:2004. Jakość wody. Oznaczanie ilościowe mikroorganizmów zdolnych do wzrostu. Określanie ogólnej liczby kolonii metodą posiewu na agarze odżywczym.
- [13] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2017 poz. 2294).
- [14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2019, poz. 1065).
- [15] Rożej A., Aftyka A.: Zmiany jakości mikrobiologicznej wody podczas stagnacji w instalacji wodociągowej budynku użyteczności publicznej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2013, Nr 8, 312-316.
- [16] Rożej A., Kowalski D., Kowalska B. Wpływ stagnacji na jakość mikrobiologiczną wody w instalacji pilotażowej wykonanej z tworzyw sztucznych (PVC, PE-HD, PEX). IV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne – projektowanie, wykonanie, eksploatacja, Wydawnictwo Seidel – Przywecki, Warszawa Dębe 2011, 53-65.
- [17] Staszowska A.: Ocena jakości wody w budynku edukacyjnym na podstawie występowania bakterii z rodzaju *Legionella*, *Inżynieria Ekologiczna*, 2017, Vol. 18, nr 3, 245-252.
- [18] Szczotko M.: Biofilm – krótka charakterystyka obrotów mikrobiologicznych związanych z instalacjami wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Rocznik PZH*, 58, nr 4, 2007, 667-675.
- [19] Zalecenia dotyczące ponownego otwierania budynków użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego po wydłużonym przestoju lub ograniczonej eksploatacji, w ramach działań zapobiegających zakażeniom bakteriami z rodzaju *Legionella*. Opracowanie Zakładu Bezpieczeństwa Zdrowotnego Środowiska NIZP-PZH we współpracy z Głównym Inspektorem Sanitarnym, www.gov.pl/web/gis/, marzec 2021.