



Ocena mikrobiologiczna osadów wodociągowych, na przykładzie wybranego Systemu Zaopatrzenia w Wodę

Agnieszka Szuster-Janiaczyk
Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Stabilność chemiczna i biologiczna oraz właściwości korozyjne wody, są to trzy główne wskaźniki, w istotny sposób wpływające na jakość wody już w trakcie jej dystrybucji w sieci wodociągowej oraz mechanizmy i prędkość formowania osadów wodociągowych. W odniesieniu do parametrów hydraulicznych pracy Systemu Dystrybucji Wody (SDW) tj. wieku wody, gradientu ciśnienia, gradientu prędkości oraz prędkości przepływu oraz użytych materiałów konstrukcyjnych, stanowią one istotne kryterium decydujące o ilości, rodzaju oraz strukturze osadów wodociągowych formowanych w SDW.

Celem niniejszej pracy jest dokonanie oceny osadów wodociągowych pod kątem ich parametrów mikrobiologicznych dla wybranego Systemu Zaopatrzenia w Wodę (SZwW), w odniesieniu do jakości wody w sieci.

2. Obiekt badań

Badania, na potrzeby niniejszej pracy, prowadzono w skali technicznej, w wybranym SZwW. System ten zaopatruje w wodę 5 miast, 2 miasto-gminy oraz 3 gminy, co daje w sumie ponad 350.000 jej odbiorców. Zaopatrzeniu w wodę, takiej ilości odbiorców, służy 1.744,30 km sieci wodociągowej oraz 37.264 przyłączy wodociągowych. Większa część zaopatrywanego w wodę obszaru jest zwarta, natomiast jeden ob-

szar (usytuowany maksymalnie na południu) jest wyraźnie wyodrębniony od reszty. Ponieważ Przedsiębiorstwo Wodociągowe, zarządzające badanym SDW, nie eksploatuje własnych ujęć i stacji uzdatniania wody, zakup wody odbywa się u dwóch dostawców (D-1 i D-2). Zakupywana woda, jest wodą powierzchniową, pochodzącą z sześciu ujęć wody, uzdatnianą w czterech różnych Zakładach Uzdatniania Wody (ZUW-I, ZUW-II, ZUW-III, ZUW-IV), w sześciu, częściowo powiązanych ciągach technologicznych. W artykule przeanalizowano dane pochodzące z pięciu ujęć, i trzech ZUW (ZUW-I, ZUW-II i ZUW-III), gdyż, obszar zasilany w wodę przez ZUW-IV jest na stałe wyodrębniony (zamknięte zasowy wodociągowe), z przedmiotowego SDW i nie został objęty planem badań w ramach niniejszej pracy. W ZUW I woda pochodząca z dwóch niezależnych ujęć powierzchniowych: U-1 i U-2, poddawana jest procesom uzdatniania. Początkowo proces uzdatniania odbywa się na dwóch niezależnych ciągach technologicznych A (ozonowanie, koagulacja objętościowa, sedymentacja, filtracja) i B (ozonowanie, koagulacja, filtracja). Po procesie filtracji woda z obu ciągów A i B, kierowana jest do pompowni międzyobiektowej, gdzie następuje jej zmieszanie. Z budynku pompowni woda przetłaczana jest do komór ozonowania pośredniego i dalej na filtry węglowe. Po filtrach węglowych woda uzdatniona wpływa do terenowych zbiorników wody czystej. W rurociągach dopływowych do zbiorników, dozowana jest woda chlorowa w celu dezynfekcji. Ze zbiorników terenowych, woda tłoczona jest dwoma odrębnymi magistralami przesyłowymi: MI (poprzez pompownię nr 1) i MII w kierunku północnym. Do ZUW II trafia woda z ujęcia powierzchniowego U-3. W pierwszej kolejności woda ta jest odpowietrzana w zbiornikach wstępnych wody, gdzie odbywa się również wytrącenie z wody grubszej zawiesiny. Ze zbiorników woda grawitacyjnie spływa do budynku filtrów. Filtry zostały wykonane jako filtry kontaktowe i w ich przestrzeni, w razie potrzeby, odbywa się koagulacja wody przy użyciu siarczanu glinu. Po procesie filtracji woda spływa do zbiorników wody czystej. Do zbiorników doprowadzana jest woda chlorowa wytworzona w chlorowni na bazie chloru gazowego. Stąd woda, poprzez pompownię II⁰, trafia do magistralnego rurociągu żelbetowego, przepływając grawitacyjnie na odcinku ok. 32 km do pompowni nr 2. W Zakładzie ZUW III funkcjonują dwa niezależne ciągi technologiczne uzdatniania wody. W ciągu A, woda poddawana jest procesom: filtracji, koagulacji, sedymentacji i de-

zynfekcji. Ciąg B bazuje na wodzie pochodzącej z ujęć infiltracyjnych i ujmowana woda jest poddawana tylko procesom dezynfekcji. W ZUW III możliwy jest przerzut wody z ciągu technologicznego B do A i w razie potrzeby odbywa się to tuż przed procesem dezynfekcji.

Magistrale przesyłowe zbudowane są ze stali, żeliwa szarego i sferoidalnego, betonu zbrojonego (żelbetu), polietylenu oraz żywicy epoksydowej wzmacnianej włóknem szklanym (GFK), żeliwa sferoidalnego z wykładziną cementową i rur stalowych z trójwarstwową powłoką polietylenową na zewnątrz i ścianami cementowanymi wewnątrz. Zakres średnic przedmiotowych magistral to od $\varnothing 400$ mm do $\varnothing 1600$ mm.

Zasilanie w wodę badanego obszaru z magistral przesyłowych, odbywa się w 21 punktach (P1-P21), będących często jednocześnie miejscami redukcji (reduktorowanie) lub podnoszenia (pompownie) ciśnienia wody. W 8 z 21 punktów zakupowych, za pomocą odpowiednich instalacji, dozowane są do wody fosforanowe inhibitory korozji. Wewnętrzna sieć magistral i sieć rozdzielcza zbudowana jest z wielu rodzajów materiałów (głównie stal, PE, żeliwo, PVC) o różnej strukturze wiekowej (od 3 do ponad 40 lat). Na badanym terenie, w ścisłym centrum aglomeracji miejskiej znajduje się obszar, w którym dochodzi w sieci do mieszania się wody pochodzącej z dwóch źródeł. Funkcjonują w nim dwie strefy ciśnienia: (I) – o ciśnieniu 0,4-0,5 MPa, obejmująca cały obszar miasta oraz (II) – o ciśnieniu 0,7-1,0 MPa, obejmująca budynki wysokie, powyżej 5-ciu kondygnacji, w obszarze Śródmieścia. Na obszarze miejskim eksploatuje się sieć w układzie pierścieniowym o średnicach $\varnothing 60$ -250 mm, oraz sieć rozdzielczą w układzie pierścieniowo-rozdzielczym, o średnicach $\varnothing 100$ (PE $\varnothing 90$)- $\varnothing 200$ mm.

Wody tłoczone do SDW były wodami nienasyconą w stosunku do CaCO_3 i miały właściwości agresywne. Charakteryzowały się również brakiem stabilności biologicznej, przy towarzyszącej mu nieskutecznej dezynfekcji (Bylka, Szuster-Janiaczyk, 2016).

3. Metodyka badań

W ramach monitoringu, analizie poddano osady wodociągowe pochodzące z 5 punktów, zlokalizowanych na sieci wodociągowej badanego SZwW. Osady pobrano w ciągu jednego roku kalendarzowego, z miejsc zlokalizowanych równomiernie w przedmiotowym SDW,

z materiałów o zbliżonym okresie eksploatacji (około 20 lat). W tabeli 1 podano ilość pobranych prób, ich symbol, datę poboru prób oraz lokalizację punktów poboru prób osadów wodociągowych.

Badania osadów prowadzono w akredytowanym laboratorium badawczym. Transport próbek do laboratorium odbywał się w temperaturze zbliżonej do temperatury wody pochodzącej z sieci. Probki, przez cały proces pobierania oraz transportu zanurzone były w wodzie wodociągowej, pobranej w badanym obszarze, tak, aby zminimalizować procesy utleniania zachodzące na powierzchni osadów, przed wykonaniem konkretnej analizy.

Analiza bakteriologiczna próbek obejmowała określenie: ogólnej liczby bakterii mezofilnych (rosnących w temperaturze 37°C), psychrofilnych (rosnących w temperaturze 22°C), grupy *coli*, *coli* typu kałowego (termotolerancyjne) lub *E. coli*, paciorkowców kałowych, *Clostridium perfringens*, bakterii rodzaju *Pseudomonas*, bakterii wytrącających żelazo, bakterii beztlenowych redukujących siarczany (SRB – inicjujących procesy korozji), promieniowców i grzybów stanowiących ewentualne zanieczyszczenie glebowe.

Badania podstawowe prowadzono zgodnie z obowiązującymi normami, metodą filtrów membranowych oraz metodą posiewu powierzchniowego lub wgłębnego próbki nierozcieńczonej i z rozcieńczeń dziesiętnych, na odpowiednie podłoża odżywcze i selekcyjne.

Z osadu, zdjętego z powierzchni wewnętrznej rury przygotowano zawiesiną wyjściową w oparciu o normę PN-EN ISO 6887-1 2000. Z zachowaniem sterylności materiałów i warunków pracy (komora z laminarnym nawiewem), odważono 1 g osadu i zawieszono w 9 cm³ wody z dodatkiem Tweedu 80, który zmniejsza napięcie powierzchniowe i zapewnia równomierne rozmieszczenie drobnoustrojów zawartych w osadzie. Ogólna liczbę drobnoustrojów oznaczono metodą posiewu wgłębnego (agar odżywczy inkubowany w temp. 22° i 37°C). Posiew powierzchniowy, w ilości 0,1 cm³ próbki wody lub zawiesiny osadu oraz kolejnych dziesiętnych rozcieńczeń, stosowano w przypadku agarowych podłoży selektywnych dla rodzaju *Pseudomonas*, bakterii wytrącających żelazo, promieniowców, grzybów pleśniowych i drożdży. Określenie najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL), bakterii beztlenowych redukujących siarczany, prowadzono metodą posiewu próbki wody lub zawiesiny wyjściowej osadu i kolejnych rozcieńczeń, w systemie trzech

próbówek z selekcyjnym podłożem ZB. Beztlenowe warunki wzrostu, zapieniono przez zalanie podłoża warstwą płynnej sterylnej parafiny, lub umieszczenie próbek w komorze z systemem GENbox anaer firmy bioMérieux. Próbkę inkubowano w kontrolowanej temperaturze, wynoszącej $30^{\circ}\text{C}\pm 2$. Ocenę wzrostu SRB prowadzono po 3, 7, 21 dniach odnotowując liczbę próbek z każdego rozcieńczenia, w których pojawiło się zaczernienie podłoża. NPL bakterii odczytywano z tablic statystycznych.

Tabela 1. Zestawienie danych dotyczących analizowanych prób osadów wodociągowych

Table 1. Summary of data concerning analyzed samples of deposits

Lp.	Lokalizacja punktu poboru próby osadów wodociągowych	Rodzaj materiału konstrukcyjnego, z jakiego pobrano osady	Symbol próbki osadów	Miesiąc poboru próby
1	Obszar O5/E+H	żeliwo	(I)	styczeń
2	Obszar O4/D	tworzywo	(II)	styczeń
3	Obszar O3/C	żeliwo	(III)	marzec
4	Obszar O2/B	azbesto-cement	(IV)	październik
5	Obszar O2/B	żeliwo	(V)	grudzień

Naważkę osadu, pobranego z rury, suszono do stałej wagi próbki, a uzyskane wyniki oznaczeń mikrobiologicznych, przeliczono i podano na 1 g suchej masy osadu.

Inkubację płytek, prowadzono w temperaturze, optymalnej dla danej grupy mikroorganizmów. Bakterie wyrosłe na podłożach w ilości 15 do 300 kolonii, charakterystycznych dla danego rodzaju, liczono w okresie inkubacji wynoszącym od 24 h do 72 h. Kolonie grzybów wyrosłych na podłożu selekcyjnym liczono po 5-7 dniach inkubacji.

Bakterie z rodzaju *Pseudomonas* oznaczano na podłożu Flo Agar firmy BECTON DICKINSON – podłoże przygotowane zgodnie z zaleceniami producenta.

Promieniowce oznaczano na podłożu POCHONA o składzie: asparagina – 0,05 g, nystatyna – 0,1 g, skrobia rozpuszczalna – 2 g, agar – 20 g, roztwór standardowy soli Winogradskiego – 50cm^3 . Po rozpuszczeniu składników, podłoże jałowiono trzykrotnie, w aparacie Kocha, w odstęp-

pach 24h przez 30 minut. SRB oznaczono na podłożu ZB o składzie K_2HPO_4 – 0,2 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,2 g, Na_2SO_3 – 0,1 g, $Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ – 0,1 g, mleczan wapnia – 3,5 g, kwas askorbinowy – 0,1 g, Bacto-peptone – 1,0 g, Yeast extract – 1,0 g, Bactro-agar – 3,0 g, H_2O dest. – 1000 cm^3 , roztwór rezazuryny 0,1% – 1 cm^3 . Składniki rozpuszczano, zachowując kolejność dodawania. Podłoże jałowiono w autoklawie, przez 30 minut w 121°C. Pozostałe podłoża przygotowano zgodnie z przepisami zamieszczonymi w normach – tabela 2.

Tabela 2. Metodyka oznaczeń mikrobiologicznych osadów wodociągowych
Table 2. Methodology for microbiological analysis of deposits

L.p.	Oznaczany parametr	Użyta metoda badawcza
1	Wykrywanie i oznaczenie ilościowe bakterii grupy coli, bakterii grupy coli termotolerancyjnych i domniemanych <i>Escherichia coli</i>	PN-EN ISO 9308-1:2014-12 – wersja polska
2	Ogólne zasady oznaczania bakterii grupy coli	PN-ISO 4832:2007 – wersja polska
3	Oznaczanie paciorkowców kałowych metodą filtrów membranowych i metodą probówkową	PN-82C- 04615/25
4	Wykrywanie i oznaczanie ilościowe przetrawników beztlenowców redukujących siarczany (clostridia)	PN-EN 26461-1:2001 – wersja polska
5	Oznaczanie żywych mikroorganizmów. Określenie ogólnej liczby kolonii na agarze odżywczym metoda posiewu powierzchniowego lub wgłębnego.	PN-EN ISO 6222:2004 – wersja polska
6	Ogólne zasady oznaczania drożdży i pleśni.	PN-ISO 7954:1999 – wersja polska
7	Oznaczanie grupy heterotroficznych bakterii wytrącających żelazo, metodą hodowli na pożywce płynnej-modyfikacja własna z pożywką płynną zestaloną agarem.	PN-80 C-04615.24

UWAGA: Przygotowanie próbek zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych do badań mikrobiologicznych dokonano w oparciu o PN-EN ISO 6887-1

Z podłoży selekcyjnych izolowano charakterystyczne kolonie różniące się morfologią i pasażowano, w celu uzyskania czystych hodowli. Wstępna identyfikacja prowadzona przez barwienie metodą Grama i obserwacje mikroskopowe. W przypadku bakterii Gram-ujemnych, oznaczano występowanie oksydazy cytochromowej, testem REF, firmy bioMérieux. Szczepy wykazujące obecność oksydazy, identyfikowano do gatunku w systemie ATB-Expression, na podstawie analiz 32 cech biochemicznych, obecnych w teście ID32GN.

Identyfikacje grzybów, prowadzono w obserwacjach mikroskopowych, w oparciu o powszechnie stosowane w laboratoriach mikrobiologicznych klucze i opracowania. Zastosowane metody badawcze zestawiono w Tabeli 2.

Ponadto, w badaniach osadów wykorzystano skaningowy mikroskop elektronowy, typ 1430 firmy LEO (obecnie Ziess-Niemcy), z cyfrowym zapisem obrazu, sprzężony z mikroanalizatorem dyspersji energii promienia rentgenowskiego typu ISIS 300, firmy Oxford Instruments, (dla obserwacji w zakresie od kilkudziesięciu do 26.000 x).

4. Wyniki badań

W próbkach osadów, pobranych z rur w styczniu, stwierdzono wyższą liczebność bakterii wyhodowanych w temp. 22°C i 37°C aniżeli w próbkach wody pobranych w tym samym czasie (odpowiednio $1,7 \times 10^1$ - $1,2 \times 10^2$ oraz $1,2 \times 10^1$ - $1,2 \times 10^4$). W przypadku próbek pobranych z rury z tworzywa sztucznego, liczebność bakterii, wyhodowanych w dwóch temperaturach, była wielokrotnie wyższa, aniżeli w przypadku próbek pobranych z rury żeliwnej. W próbce osadów, pobranej z tworzywa, liczebność bakterii wyhodowanych w obydwu temperaturach, wielokrotnie przekraczała dopuszczalne wartości dla wody. W przypadku, wszystkich badanych próbek, wśród kolonii bakterii wyrosłych na agarze odżywczym, dominowały bakterie z rodzaju *Bacillus*. Pozostałe kolonie bakterii należały do gatunków, których nie można było oznaczyć w systemie ATB-Expression.

Wyniki analizy mikrobiologicznej osadów wodociągowych, zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki analizy mikrobiologicznej osadów wodociągowych
Table 3. The results of microbiological analysis of deposits

Symbol proby /Material	Liczba kolonii wyrosłych na agarze odżywczym z 1 g suchego osadu, po czasie		Liczba mikroorganizmów w 1 g osadu (w przeliczeniu na suchą masę)					
	24 godz. w 37°C	72 godz. w 22°C	Bakterie mezoofile	Bakterie z rodzaju Pseudomonas	Bakterie wytrącające żelazo	Bakterie redukujące siarczany SRB	Bakterie rodziny Enterobacteriaceae	Promieniowce, grzyby pleśniowe i drożdże
(I) /żeliwo	6,3x10 ²	3,7x10 ²	-	0	2,7x10 ⁴	1,4x10 ²	-	0
(II) /tworzywo	2,0x10 ⁵	6,4x10 ⁷	-	0	1,4x10 ³	2,4x10 ²	-	0
(III) /żeliwo	-	-	2,2x10 ⁵	4,0x10 ⁴	8,8x10 ³	9,2x10 ²	0	-
(IV) /azbesto- cement	-	-	-	-	-	-	-	-
(V) /żeliwo	-	-	3,3x10 ⁴	1,3x10 ⁴	0	1,2x10 ³	0	-

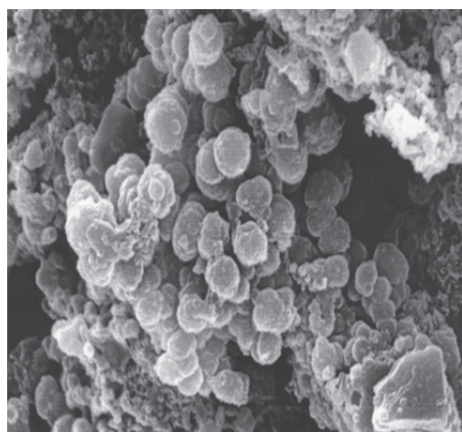
W próbkach osadów, z marca oraz grudnia, stwierdzono liczne kolonie bakterii mezofilnych. W obu próbkach, dominowały bakterie rodzaju *Pseudomonas*, odpowiedzialne za formowanie błony biologicznej. Nie zidentyfikowano wśród nich, chorobotwórczego gatunku *Pseudomonas aeruginosa*. W próbce z grudnia dominowały *Pseudomonas fluorescens*.

We wszystkich próbkach, oprócz tej z grudnia obecne były bliżej niezidentyfikowane bakterie, grupy wytrącającej żelazo. W osadach, stwierdzono ponadto obecność beztlenowych bakterii redukujących siarczany (SRB), odpowiedzialnych między innymi, za procesy korozyjne metali.

W próbkach z marca i grudnia nie stwierdzono bakterii z rodziny Enterobacteriaceae.

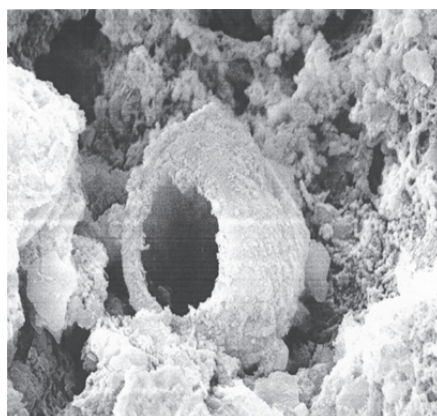
W próbkach, w których wykonywano oznaczenia, nie stwierdzono obecności bakterii wskaźnikowych – promieniowców i grzybów, świadczących o zanieczyszczeniach pochodzących z gleby.

Fotografie 1 i 2 przedstawiają zdjęcia osadów wykonanych za pomocą mikroskopu elektronowego.



Fot. 1. Żelaziste osady pochodzenia biologicznego – Próba (I) – powiększenie 8000 razy

Photo. 1. Ferric deposits of biological origin – Sample (I) – 8,000 times larger



Fot. 2. Okrzemka widoczna na tle osadów wodociągowych – Próba (II) – powiększenie 9000 razy

Photo. 2. The diatom visible on the background of deposits – Sample (II) – 9000 times larger

5. Dyskusja i wnioski

Wyniki badań mikrobiologicznych wykazały, iż na powierzchni rur rozwinął się biofilm, stanowiący znaczny rezerwuuar mikroorganizmów, co jest zjawiskiem często występującym w systemach dystrybucji wody (Zacheus et al. 2001; Lethola, 2002; Huck et al. 2004; Ndingue, 2005). Fakt ten powinien zostać uwzględniony, przy opracowywaniu planu zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego, w trakcie dozowania fosforanowych inhibitorów korozji. W przeciwnym wypadku, uwalniające się osady i produkty korozji, mogą przyczynić się do niekontrolowanego uwalniania do wody organizmów zasiedlających biofilm.

W przypadku próbek osadów, pobranych z rury z tworzywa sztucznego, liczebność bakterii, wyhodowanych w dwóch temperaturach, była wielokrotnie wyższa, aniżeli w przypadku próbek pobranych z rury żeliwnej – tabela 3. W próbce wody pobranej z tworzywa, liczebność bakterii wyhodowanych w obydwu temperaturach, wielokrotnie przekraczała dopuszczalne wartości dla wody. Uzyskane wyniki są spójne z wnioskami Heim'a i współautorów, Hallam'a i współautorów, Zacheus'a i współautorów oraz Lethola i współautorów (Zacheus et al., 2000; Hallam et al., 2001; Lethola et al., 2004b; Heim et al., 2007), mówiących, między innymi, że to właśnie w przypadku rur z tworzywa, dochodzi do uwalniania największej ilości TOC, a to sprzyja rozwojowi biomasy. Podobne wnioski, w swojej publikacji prezentują Momba i Makala (Momba et al. 2004). Natomiast Niquette i współautorzy przedstawiają przeciwne rezultaty badań, (Niquette et al. 2000), wskazując PE i PVC, jako materiały, dla których przyrost biomasy w porównaniu z innymi materiałami (stal, azbesto-cement, żeliwo), był najniższy. Kluczową rolę, w uzyskiwanych sprzecznych wynikach badań, odgrywały prawdopodobnie warunki prowadzonych badań: jakość wody i badanych materiałów oraz warunki hydrauliczne.

Wykonywana równoległe z analizą osadów, analiza jakości wody w badanym Systemie Zaopatrzenia w Wodę wykazała, że osady biologiczne, tzw. biofilm, jest poważnym źródłem zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody. Procesom formowania biofilmu w badanym SDW, sprzyjał brak stabilności biologicznej wody tłoczonyj do sieci oraz brak prowadzenia skutecznej dezynfekcji wody – na większości badanego obszaru, średnie dawki chlory nieznacznie przekraczały średnie stężenie $0,00 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ (Bylka, Szuster-Janiaczyk, 2016).

Literatura

- Bylka, J., Szuster-Janiaczyk, A. (2016). *The effect of the mixing of water from different sources in the water supply system on tap water quality – a full-scale technical investigation case study*. 8th Eastern European Young Water Professionals Conference, IWA, 11-14 May 2016, Gdansk, Poland.
- Hallam, N.B., West, J.R., Forster, C.F., Simms, J. (2001). The potential biofilm growth in water distribution systems. *Water Research*, 35(17), 4063-4071.
- Heim, T.H., Dietrich, A.M. (2007). Sensory aspects and water quality impacts of chlorinated and chloraminated drinking water in contact with HDPE and cPVC pipe. *Water Research*, 41, 757-764.
- Huck, P.M., Gagnon, G.A. (2004). *Understanding the distribution system as a bioreactor: a framework for managing heterotrophic plate count levels*. *International Journal of Food Microbiology*, 92, 347-353.
- Lethola, M.J. (2002). *Microbially available phosphorus in drinking water*, National Public Health Institute, Kuopio, Finland, www.ktl.fi.
- Lethola, M.J. (2004). Removal of soft deposits from the drinking systems improves the drinking water quality. *Water Research*, 38, 601-610.
- Momba, M., Makala, N. (2004). Comparing the effect of various pipe materials on biofilm formation in chlorinated and combined chlorine-chloraminated water systems. *Water SA* 30(2).
- Ndingue, S., Huck, P.M., Slawson, R.M. (2005). Effects of temperature and biodegradable organic matter on control of biofilms by free chlorine in a model drinking water distribution system. *Water Research*, 39(6), 953-964.
- Niquette, P., Servais, P., Savoie, R. (2000). *Impact of pipe materials on densities of fixed bacterial biomass in a drinking water distribution system*. *Water Research*, 34(6), 1952-1956.
- PN-EN ISO 6887-1 2000- Mikrobiologia żywności i pasz - Przygotowanie próbek, zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych do badań mikrobiologicznych – Ogólne zasady przygotowania zawiesiny wyjściowej i rozcieńczeń dziesięciokrotnych.
- PN-EN ISO 9308-1:2014-12 – wersja polska – Jakość wody – Oznaczanie ilościowe *Escherichia coli* i bakterii grupy coli – Część 1: Metoda filtracji membranowej do badania wód o małej ilości mikroflory towarzyszącej.
- PN-ISO 4832:2007 – wersja polska – Mikrobiologia żywności i pasz – Horyzontalna metoda oznaczania liczby bakterii z grupy coli – Metoda płytkowa.
- PN-82C-04615/25 – Oznaczanie paciorkowców kałowych metodą filtrów membranowych i metodą próbkową.

- PN-EN 26461-1:2001 – wersja polska – Jakość wody – Wykrywanie i oznaczanie ilościowe przetrwalników beztlenowców redukujących siarczyny (clostridia) - Część 1: Metoda namnażania w podłożu płynnym.
- PN-EN ISO 6222:2004 – wersja polska – Jakość wody – Oznaczanie ilościowe mikroorganizmów zdolnych do wzrostu – Określanie ogólnej liczby kolonii metodą posiewu na agarze odżywczym.
- PN-ISO 7954:1999 – Mikrobiologia – Ogólne zasady oznaczania drożdży i pleśni – Metoda płytkowa w 25 stopniach C.
- PN-80 C-04615.24 – Woda i ścieki. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie grup heterotroficznych grup wytracających żelazo, metoda hodowli na pożywce płynnej.
- Zacheus, O.M., Iivanainen, E.K., Nissinen, T.K., Lethola, M.J., Martikainen P.J. (2000). Bacterial biofilm formation on polyvinyl chloride, polyethylene and stainless steel exposed to ozonated water. *Water Research*, 34(1), 63-70.
- Zacheus O.M., Lethola M.J., Korhonen L.K., Martikainen P.J. (2001). Soft deposits, the key site for microbial growth in drinkind water distribution networks. *Water Research*, 35(7), 1757-1765.

The Microbiological Evaluation of Deposits Come from Water Network on the Example of Selected Water Supply System

Abstract

The study described herein was carried out on a technical scale on a water supply system servicing approximately 350 thousand inhabitants. The total length of the water mains and distribution pipelines in the area under review approximates 1 744 km and 37 264 water supply connections. The greater part of the water supply area is compact, and a region (a maximum located to the south) is clearly separated from the rest. Because the Waterworks Company, which manages the examined SDW, does not exploit its own intakes and water treatment plants, it has to purchase the water from two external suppliers (D-1 and D-2). The studied area is supplied with water from water mains through 21 points (P1-P21) which, in many cases, are also points of water pressure reduction (reduction stations) or elevation (pumping stations). In 8 of the 21 points of purchase, through appropriate installations, phosphate corrosion inhibitors are dispensed to the water. In an article, the microbiological evaluation of deposits collected from five points in the water distribution system was conducted. The analyzed deposits were located at three different materials: cast iron, plastic, and asbestos cement, which in terms of age ranged from 3 to

40 years. Samples of deposits were collected using the same method for various months during one calendar year. Bacteriological analysis of samples included determination of: total number of mesophilic bacteria (growing at 37°C), psychrophilic (growing at 22°C), coliform, faecal coliform (thermotolerant) or *E. coli*, fecal streptococci, *Clostridium perfringens*, bacteria of the *Pseudomonas* genus, bacteria precipitating iron, anaerobic bacteria sulfate reducing (SRB-initiate corrosion processes), actinomycetes and fungi which are the possible contamination of the soil.

Results of microbiological testing showed that the surface of the pipes developed biofilm, which is a significant reservoir of microorganisms, which is a phenomenon often occurring in water distribution systems. The analysis showed a variety of deposits in terms of microbiological, depending on the type of material which they were originally placed on. In the case of sediment samples taken from the plastic pipe, the size of the bacteria grown in the two temperatures was several times higher than in the case of samples taken from the cast iron pipe. In the case of the water sample taken from the plastic, the size of bacteria grown at both temperatures exceeded the limit values for water several times.

Słowa kluczowe:

osady wodociągowe, biofilm, stabilność chemiczna i biologiczna wody, korozja

Keywords:

deposits, biofilm, chemical and biological water stability, corrosive properties