

Izabela ZIMOCH¹ i Mariusz DUDZIAK¹

OCENA TOKSYCZNOŚCI WODY I OSADÓW WODOCIĄGOWYCH W WIEJSKIM SYSTEMIE ZAOPATRZENIA W WODĘ

EVALUATION OF TOXICITY OF WATER AND WATER-PIPE DEPOSITS IN RURAL WATER SUPPLY SYSTEMS

Abstrakt: Małe systemy zaopatrzenia w wodę w Polsce funkcjonujące na obszarach wiejskich często charakteryzują się złym stanem technicznym przewodów i armatury. Kilkudziesięcioletni wiek przewodów wykonanych głównie z żeliwa szarego i stali powoduje ich znaczną awaryjność wskutek korozji przewodów. W tych warunkach eksploatacji wzrasta też możliwość wystąpienia zjawiska wtórnego zanieczyszczenia wody. Z tych względów w niniejszej pracy podjęto próbę oceny toksyczności wody i osadów wodociągowych pobranych głównie z hydrantów małego gminnego wodociągu północnej Polski. Do badań wykorzystano enzymatyczny test Microtox[®] z bakteriami bioluminescencyjnymi *Aliivibrio fischeri*. Osady wodociągowe przed oznaczeniem poddawano ekstrakcji wodnej. W przypadku 6 na 10 osadów wodociągowych pobranych z hydrantów odnotowano inhibicję bioluminescencji bakterii, co potwierdziło ich toksyczne oddziaływanie. Z kolei surowa woda wodociągowa powodowała stymulację bakterii. Można więc sądzić, że źródłem toksyczności osadów wodociągowych są substancje nieorganiczne, które w długim okresie kumulują się w sieci wodociągowej.

Słowa kluczowe: małe wiejskie wodociągi, toksyczność wody, toksyczność osadów wodociągowych

Wprowadzenie

W raporcie z listopada 2014 r. Komisji Gospodarczej ds. Europy „*Status of small-scale water supplies in the WHO European Region, Results of a survey conducted under the Protocol on Water and Health*”, wskazano na problemy związane z małymi systemami zaopatrzenia w wodę [1]. Problemy te wynikają zarówno ze złego stanu technicznego tych systemów, jak i nieodpowiedniej jakości wody dostarczanej do mieszkańców obszarów wiejskich. Głównym czynnikiem determinującym ten fakt jest problem z właściwą eksploatacją rozproszonych systemów wodociągowych o różnym wieku, jakości i rodzaju materiałów, z jakich zostały wykonane sieci dystrybucyjne. Z raportu wynika, że Polska jest drugim, po Francji, krajem posiadającym tak rozdrobniony system zaopatrzenia mieszkańców w wodę przeznaczoną do spożycia. Z wniosków Komisji jednoznacznie wynika, że rozwiązanie kwestii związanych z tego typu dostawami wody należy traktować nie tylko jako problem wydzielonych gminnych systemów zaopatrzenia, ale także jako kluczową kwestię determinującą zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy i bezpieczeństwo kraju. Historyczne uwarunkowania powstawania w Polsce małych systemów zaopatrzenia w wodę związane są z kolektywizacją w okresie powojennym majątków ziemskich w rolnicze spółdzielnie produkcyjne, a następnie konsekwentną ich konsolidacją w latach 50. w Państwowe Gospodarstwa Rolne (PGR). Przemiany te szczególnie widoczne były na terenach wiejskich północno-wschodniej Polski. Powstawanie licznych PGR-ów związane było z budową lokalnych systemów

¹ Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel. 32 237 16 98, fax 32 237 10 47, email: izabela.zimoch@polsl.pl

Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'16, Zakopane, 5-8.10.2016

dostaw wody, których realizacja często odbiegała od wymaganych standardów budowlano-instalacyjnych, a inwestycje te niejednokrotnie wykonywane były bez uzgodnień dokumentacji projektowej oraz dokumentacji powykonawczej. W 1998 roku zaopatrzenie w wodę przekazano jako zadanie własne gminom, bez odpowiedniego wsparcia merytorycznego i finansowego. Większość małych gmin nie posiada odpowiednio wykształconych zasobów kadrowych, a stan wiedzy osób zajmujących się zaopatrzeniem w wodę, zarówno w organach samorządowych, jak i podmiotach realizujących zaopatrzenie w wodę, jest niewystarczający w aspekcie technicznym, środowiskowym (zapewnienie spójnej ochrony zasobów wodnych, jakimi gmina dysponuje), jak również zdrowotnym (wiedza na temat potencjalnych zagrożeń zdrowotnych związanych z jakością ujmowanej wody, procesami uzdatniania, zanieczyszczeniem pierwotnym i wtórnym spowodowanym niewłaściwym uzdatnianiem i dystrybucją wody). Okoliczności powyższe powodują, że w systemach tych często dochodzi do wtórnego zanieczyszczenia wody w efekcie zarówno braku stabilności hydraulicznej ich eksploatacji, jak i znacznego ich rozproszenia, skutkującego transportem wody do odległych gospodarstw.

Przejęcie przez gminy pod koniec ubiegłego wieku obowiązku zaopatrzenia mieszkańców w wodę i związane z tym trudności organizacyjne, finansowe i kadrowe przyczyniły się do podejmowania działań zmierzających do łączenia tych wodociągów. Polityka taka, zgodnie z zaleceniami Parlamentu Europejskiego, spowodowała znaczny rozwój wiejskich systemów zaopatrzenia w wodę. Nadal jednak dużo problemów stwarza zapewnienie wymaganej jakości dostarczanej wody. Do powodów takiego stanu rzeczy należy charakter tych systemów, nie najwyższa jakość stosowanych materiałów do ich budowy oraz specyfika obszarów wiejskich. System zaopatrzenia w wodę, podobnie jak infrastruktura kanalizacyjna, energetyczna czy gazowa, cechuje złożona struktura sieci wodociągowej, duża kapitałochłonność, długi czas eksploatacji i ciągły ich rozwój, co wymaga dużych nakładów inwestycyjnych na ich modernizację. Wsparcie finansowe, jakie otrzymała Polska w ramach unijnych programów pomocowych (np. „Europejski fundusz rolny na rzecz rozwoju obszarów wiejskich na lata 2007-2013”), zwiększyło dostępność mieszkańców obszarów wiejskich do infrastruktury wodociągowej. Analiza danych GUS wskazuje [2, 3], iż w okresie 2005-2014 w Polsce nastąpiło zwiększenie długości sieci wodociągowej o około 47 tysięcy km, tj. o około 15%. Pod koniec 2014 roku długość sieci wodociągowej wynosiła 292 555,7 km, z czego sieć na terenach wiejskich stanowiła aż 77,5% całkowitej długości sieci w Polsce. W ciągu 9 lat na terenach wiejskich przybyło ponad 36 tysięcy km przewodów wodociągowych. Przeprowadzone inwestycje przełożyły się na wzrost dostępności mieszkańców obszarów wiejskich do infrastruktury wodociągowej blisko o 16%, a dynamika rozwoju była większa w stosunku do miejskich systemów zaopatrzenia w wodę, dla których wzrost ten wynosił zaledwie 1,5%. Istotne z punktu widzenia zmian jakości wody w sieci wodociągowej jest zagęszczenie sieci, które w okresie 2005-2014 wzrosło w obszarach miejskich aż o 45,9 km/km², natomiast w obszarach wiejskich zaledwie o 12,4 km/km². Wiejskie systemy zaopatrzenia w wodę w województwie warmińsko-mazurskim, gdzie zlokalizowana jest sieć wodociągowa będąca przedmiotem oceny toksyczności zdeponowanych osadów wodociągowych, charakteryzowała się większą od średniej dla obszarów wiejskich dynamiką rozwoju. Stopień zwodociągowania wzrósł tu w ciągu ostatnich 9 lat o 19,8%, zapewniając dostęp do wody ponad 88% mieszkańców obszarów wiejskich. W okresie tym długość sieci

wodociągowej wzrosła o 3168 km, co przełożyło się na zwiększenie gęstości infrastruktury wodociągowej do 56,4 km/km², która stanowi blisko o 28% mniejszą gęstość w stosunku do średniej krajowej gęstości sieci wodociągowej dla obszarów wiejskich (77,9 km/km²). Należy nadmienić, iż wiejskie systemy zaopatrzenia w wodę w województwie warmińsko-mazurskim eksploatowane są niekiedy od ponad 100 lat, co przyczynia się do tego, iż zdeponowane w sieci wodociągowej osady stanowią istotne źródło wtórnego zanieczyszczenia wody.

W efekcie takiej polityki obecnie w Polsce mamy blisko 8 tysięcy małych systemów wodociągowych, z których korzysta około 11,5 mln ludzi. Zatem, zagwarantowanie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, często stanowiących regiony rekreacyjno-wypoczynkowe, wymaga zapewnienia ciągłych i bezpiecznych pod względem zdrowotnym dostaw wody. Te uwarunkowania determinują konieczność identyfikacji zagrożeń wtórnego skażenia wody w sieci wodociągowej i oceny jej toksyczności, stanowiącej potencjalne niebezpieczeństwo dla konsumenta wody. Jedynie identyfikacja tych czynników zanieczyszczenia pozwala na racjonalne opracowanie działań prewencyjnych w celu eliminacji ryzyka wystąpienia wtórnego skażenia wody. Jedną z powszechnie znanych przyczyn zanieczyszczenia wody podczas jej transportu do konsumenta są zdeponowane w sieci wodociągowej osady, stanowiące dogodne warunki do rozwoju mikroorganizmów. Niemniej jednak brak jest w doniesieniach naukowych oceny toksyczności tych osadów, co zainspirowało Autorów niniejszego artykułu do podjęcia cyklu badań, celem których była ocena toksyczności wody i osadów wodociągowych pobranych głównie z hydrantów w gminnym systemie jej dystrybucji północnej Polski.

Opis przedmiotu badań

Gmina wiejsko-miejska Sępólno jest położona w województwie warmińsko-mazurskim, w powiecie bartoszyckim na terenach historycznie użytkowanych rolniczo. Wiodącą działalność rolniczą stanowią uprawy zbóż (ok. 83% gospodarstw), ziemniaków, roślin oleistych, w znacznie mniejszym stopniu gospodarka rolnicza obejmuje hodowlę trzody chlewnej (ok. 8%) i bydła (ok. 8%) [4].

Początki budowy wodociągu w gminie Sępólno przypadają na 1911 rok i do dnia dzisiejszego można wyróżnić w historii jego rozwoju trzy kluczowe okresy. W pierwszym okresie istnienia do końca drugiej wojny światowej dominującym materiałem wykorzystywanym do budowy rozdzielczej sieci wodociągowej były rury żeliwne o średnicach 80 i 100 mm, łączone kielichowo z uszczelnieniem ołowianym. W okresie tym większość przyłączy wykonanych było z przewodów ołowianych. Podczas zmagani wojennych Sępólno uległ ogromnym zniszczeniom, przekraczającym 75%. Zrujnowana infrastruktura wodociągowa Sępólna i okolic w okresie powojennym powstawała w znacznym rozproszeniu przestrzennym, a jej rozwój ściśle determinowało powstawanie Państwowych Gospodarstw Rolnych. Na terenach wiejskich wokół jednostek osadniczych powstawały zakładowe lub lokalne małe wiejskie wodociągi, zaopatrujące fermy czy budowane w tym czasie bloki na osiedlach mieszkaniowych przeznaczonych dla pracowników PGR-ów. W samym Sępólnie także powstawały nowe osiedla bloków i domków jednorodzinnych. W tych ostatnich sieci wodociągowe budowane były często w trybie tzw. działań społecznych - bez kompleksowego planu, krótkimi odcinkami,

z różnorodnych materiałów. Obecnie w całej gminie eksploatowanych jest 10 wodociągów o całkowitej długości sieci rozdzielczej ok 142 km. Wodociąg w Sępopolu zaopatruje również 3 okoliczne wsie. Długość sieci rozdzielczej wynosi tu 38,8 km, ilość przyłączy wodociągowych to 316, a łączna ich długość wynosi 17,8 km. Podstawowym materiałem wykorzystywanym do budowy sieci wodociągowej w latach 50. i 60. były rury żeliwne i stalowe o różnych średnicach od 150 do 50 mm, przewody azbestowo-cementowe o średnicy 80 mm, natomiast przyłącza w większości wykonywane były ze stali, a w późniejszym okresie (lata 70. i 80.) z tworzyw sztucznych PCV i PE. Obecnie 85% długości przewodów wodociągowych stanowi sieć wodociągowa powojenna o znacznym różnicowaniu wiekowym. Przekazanie w 1998 r. gminom zaopatrzenia ludności w wodę jako zadanie własne rozpoczyna trzeci okres eksploatacji sytemu. Okres ten charakteryzuje się łączeniem rozproszonej infrastruktury wodociągowej w jeden spójny i niezawodny system zaopatrzenia w wodę, co wiąże się również ze znaczną rozbudową sieci wodociągowej [4, 5].

Wieloletnie uwarunkowania eksploatacji systemu zaopatrzenia w wodę skutkują tym, że przewody są pokryte grubą warstwą osadów i są silnie skorodowane, przez co wewnątrz przewodów występują zwiększone opory przepływu, a ich średnice są znacznie zmniejszone. Zniszczone przewody wodociągowe są jedną z przyczyn nie tylko niewystarczającego ciśnienia w sieci wodociągowej (0,8-2,5 bar), ale stanowią potencjalne zagrożenie wtórnego zanieczyszczenia wody w czasie wielokrotnego zwiększenia jej rozbioru, w okresie wakacyjnym, kiedy to z usług świadczonych przez przedsiębiorstwo wodociągowe dodatkowo korzystają turyści spędzający w tych okolicach okres wakacyjny.

Materialy i metodyka badań

Przedmiotem badań były próbki wody i osadów wodociągowych pobranych głównie z hydrantów w wodociągu Sępopol. Punkty te stanowiły reprezentatywne obiekty badań, uwzględniające różnorodność wiekową i materiałową budowy systemu zaopatrzenia w wodę (tab. 1).

Charakterystyka punktów poboru próbek

Tabela 1

Characteristics of sample points

Table 1

Nr punktu poboru	Lokalizacja	Wiek	Material rur
1	Zasilanie z SUW Sępopol	1911	żeliwo
2	ul. Dworcowa	1911	żeliwo
3	pl. Wolności	lata 60. XX w.	żeliwo/azbestocement
4	wieś Romankowo	2008	żeliwo/PCV
5	wieś Miedna	2008	PCV
6	ul. Przemysłowa	lata 60. XX w.	azbestocement
7	ul. Wojska Polskiego	1911	żeliwo
8	ul. Podgrodzie	lata 60./70. XX w.	żeliwo/stal
9	wieś Rygarby	2010	żeliwo/PCV
10	ul. Lipowa	lata 70. XX w.	żeliwo
Nr punktu poboru	Lokalizacja		Próbka wody
11	SUW Sępopol		woda uzdatniona

Charakterystykę badanych próbek pod kątem zanieczyszczenia substancjami nieorganicznymi przedstawiono w tabeli 2. W celu scharakteryzowania potencjalnych substancji toksycznych występujących w badanych próbkach oznaczono wybrane metale, w tym metale ciężkie. Oznaczenie przeprowadzono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej po wcześniejszej mineralizacji próbek. Stężenie tych metali w wodzie wodociągowej, które podlegają uwarunkowaniom prawnym, było zgodne z normami podanymi w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia [6]. Z kolei zanieczyszczenie osadów wodociągowych wyraźnie zależało od rodzaju próbki, jednak w żadnej z analizowanych próbek nie stwierdzono arsenu i srebra.

Tabela 2

Charakterystyka badanych próbek

Table 2

Samples characteristics

	Próbka										Woda uzdat- niona
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Rodzaj	Osad										
Zanie- czyszczenie	Stężenie [µg/mg]										Stężenie [µg/dm ³]
Arsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Bar	35 725	1012	1139	377	1462	2674	3531	10 972	14 042	6919	27
Chrom	132	175	193	88	280	179	231	340	394	482	1
Cynk	3002	160	180	73	462	1145	1504	2163	27 231	1626	41
Glin	2496	825	458	461	717	491	590	817	959	1032	10
Kadm	20	25	28	13	40	26	34	51	60	69	1
Mangan	16 005	4481	1843	1174	11 975	25 351	28 811	60 375	0	36 508	30
Miedź	321	25	12	4	28	78	107	438	580	281	22
Nikiel	30	9	6	2	8	7	10	24	30	21	5
Ołów	21	18	15	60	45	43	45	75	126	82	1
Srebro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Stront	16 589	457	509	212	639	659	958	3862	4527	2473	85
Żelazo	157 227	189 860	200 395	121 225	238 607	191 310	218 491	246 944	253 533	267 776	1386

Toksyczność wody i osadów wodociągowych oceniono na podstawie wyników testu Microtox[®], wykorzystującego luminescencyjny szczep bakterii morskich *Alivibrio fischerii*. Ekspozycja bakterii na działanie substancji toksycznych prowadzi do zmian w procesach metabolicznych, co równocześnie powoduje zmiany natężenia światła emitowanego przez mikroorganizmy [7]. Badania przeprowadzono z użyciem systemu MicrotoxOmni w analizatorze Microtox model 500 firmy Tigret Sp. z o.o. (Polska) pełniącego funkcję zarówno inkubatora, jak i fotometru.

Oceny toksyczności próbek wody dokonano bez wstępnego przygotowania, a w przypadku osadów wodociągowych prowadzono analizę fazy ciekłej uzyskanej po ekstrakcji wodnej (wykonanej z użyciem wody zdejonizowanej) badanych próbek stałych. W tym przypadku czas ekstrakcji wynosił 10 min, a proporcja próbki osadu do wody wynosiła 1 mg/1 cm³. Warunki prowadzenia ekstrakcji wodnej dobrano na podstawie wyników prac własnych przedstawionych w [8]. Następnie, do próbek wodnych dodawano

zawiesinę zrehydratowanych bakterii. Po 5 i 15 minutach ekspozycji zmierzono procent inhibicji bioluminescencji względem próby kontrolnej (2% NaCl). Do klasyfikacji toksyczności próbek wykorzystano powszechny system, stosowany przez wielu badaczy [9, 10], oparty o wielkość obserwowanego efektu (E) wywoływanego u wykorzystanych organizmów wskaźnikowych (tab. 3).

Tabela 3

System klasyfikacji toksyczności próbek [9, 10]

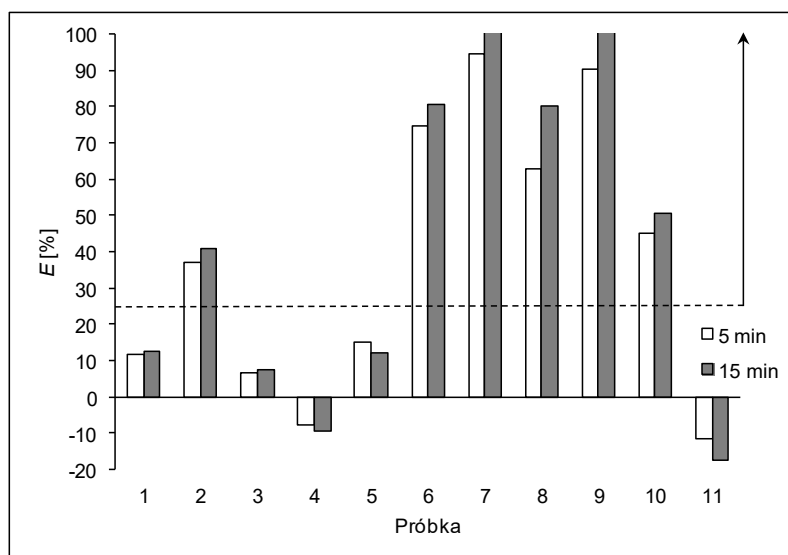
Table 3

Samples toxicity classification system [9, 10]

E [%]	Klasa toksyczności
< 25	nietoksyczna
25-50	niska toksyczność
50,1-75	toksyczność
75,1-100	wysoka toksyczność

Wyniki badań i ich dyskusja

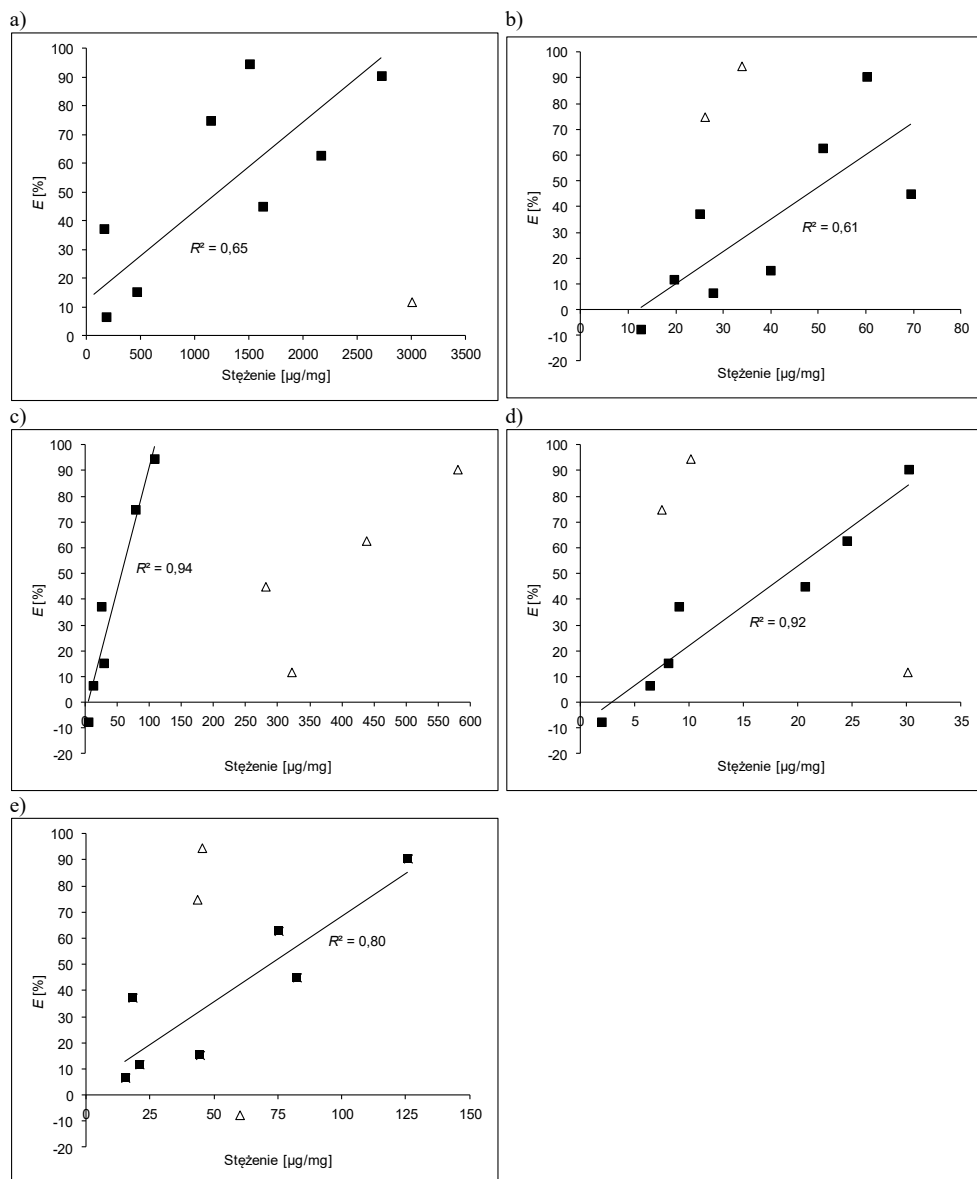
Na rysunku 1 przedstawiono zmiany efektu bioluminescencji bakterii dla badanych próbek w czasie ekspozycji 5 i 15 minut.



Rys. 1. Zmiany efektu bioluminescencji bakterii dla próbek (czas ekspozycji 5 i 15 minut)

Fig. 1. Changes in the effect of bacterial bioluminescence for the samples (exposition time 5 and 15 min)

Można stwierdzić, że w przypadku znacznej liczby próbek większy efekt był obserwowany dla dłuższego czasu ekspozycji. Jest to zjawisko powszechnie obserwowane w tego typu analizach [7]. Stwierdzono również, że w przypadku 9 na 10 osadów wodociągowych pobranych z hydrantów odnotowano inhibicję bioluminescencji bakterii.



Rys. 2. Zależność pomiędzy obserwowanym efektem toksykologicznym i stężeniem wybranych zanieczyszczeń w próbkach: a) Zn, b) Cd, c) Cu, d) Ni i e) Pb (■ - obserwacja, Δ - obserwacja odstająca)

Fig. 2. Relationship between the observed toxicological effect and the concentration of selected contaminants in the samples: a) Zn, b) Cd, c) Cu, d) Ni and e) Pb (■ - observation variable, Δ - outlier)

Zgodnie z systemem toksyczności próbek (tab. 3), 6 spośród 10 próbek określono jako toksyczne, przy czym próbka 2 charakteryzowała się niską toksycznością, próbka 10 była

toksyczna, a próbki 6-9 były wysokotoksyczne. Z kolei surowa woda wodociągowa powodowała stymulację bakterii. Zjawisko to również obserwowano w przypadku 1 osadu wodociągowego (próbka 4). Osad ten w porównaniu do pozostałych charakteryzował się najmniejszym zanieczyszczeniem pod względem 8 (bar, chrom, cynk, kadm, miedź, nikiel, stront i żelazo) z występujących metali (tab. 2).

Na podstawie wcześniejszych prac własnych [8] stwierdzono, że źródłem toksyczności osadów wodociągowych są substancje nieorganiczne (metale), które w długim okresie kumulują się w sieci wodociągowej. Potwierdza to również fakt, że w przypadku analizowanej surowej wody wodociągowej stwierdzono obecność wszystkich badanych metali, w tym metali ciężkich (tab. 2), a próbka ta nie była toksyczna. Wynika to z małego stężenia tej grupy zanieczyszczeń.

W dalszej części pracy badano zależność pomiędzy obserwowany efektem toksykologicznym i stężeniem wybranych zanieczyszczeń nieorganicznych (metale) w próbkach. W przypadku 5 na 13 analizowanych metali w próbkach osadów wodociągowych stwierdzono korelację pomiędzy badanymi zmiennymi (rys. 2). Podstawą oceny był wyznaczony współczynnik korelacji liniowej (R^2), przy założeniu minimalnej wartości tego parametru na poziomie 0,60 [11]. Analiza zależności badanych zmiennych wykazała, że efekt działania toksykologicznego zależy od stężenia cynku ($R^2 = 0,65$), kadmu ($R^2 = 0,61$), miedzi ($R^2 = 0,94$), niklu ($R^2 = 0,92$) i ołowiu ($R^2 = 0,80$). Można zauważyć, że wszystkie te metale są z grupy metali ciężkich (według definicji opartej na toksyczności pochodzącej z nauk biologicznych i medycznych), odznaczających się toksycznością dla człowieka i środowiska. Za bardzo istotny uznano wpływ cynku na efekt toksykologiczny próbki osadu wodociągowego, ponieważ w tym przypadku współczynnik korelacji liniowej przekraczał 0,60 przy odrzuceniu tylko jednej obserwacji.

Wnioski

- W przypadku 9 na 10 osadów wodociągowych pobranych z hydrantów odnotowano inhibicję bioluminescencji bakterii, przy czym 6 spośród nich charakteryzowało się oddziaływaniem toksycznym. Z kolei surowa woda wodociągowa powodowała stymulację bakterii. Zjawisko to również obserwowano w przypadku 1 osadu wodociągowego.
- Źródłem toksyczności osadów wodociągowych były wybrane metale ciężkie (cynk, kadm, miedź, nikiel i ołów). Obecność tych zanieczyszczeń stwierdzono również w surowej wodzie wodociągowej, ale przy małych stężeniach o pomijalnym oddziaływaniu toksycznym.
- Podejmowane działania w gminie Sępopol w zakresie modernizacji systemu zaopatrzenia w wodę stanowią racjonalne działania zmierzające do eliminacji przestarzałej infrastruktury wodociągowej, a co za tym idzie zdeponowanych osadów będących źródłem zagrożenia wtórnym skażeniem wody.

Podziękowania

Praca naukowa wykonana w ramach badań statutowych Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

Autorzy składają podziękowania władzom gminy Sępólno i kierownictwu Zakładu Gospodarki Mieszkaniowej i Usług Komunalnych w Sępólnie za współpracę w ramach rozpoznawania problemów istotnych dla małych gminnych wodociągów, jednocześnie wyrażając nadzieję, że wspólne prace i działania wspomogą władze rządowe i samorządowe w tworzeniu właściwych polityk, strategii i planów w zakresie zaopatrzenia w wodę, zgodnego z zasadami bezpieczeństwa zalecanymi przez WHO i gwarantującego jak najlepszą jakość dostarczanej wody.

Literatura

- [1] Status of small-scale water supplies in the WHO European Region. Results of a survey conducted under the Protocol on Water and Health; - Draft report - informal document - Economic Commission for Europe, World Health Organization Regional Office for Europe; Geneva, 26 and 27 November 2014. http://www.wecf.eu/download/2014/December/7thPWH_meetingResultsSurveySSWS_26112014.pdf.
- [2] Infrastruktura komunalna 2005. Informacje i opracowania statystyczne GUS. Warszawa: GUS; 2006. <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/infrastruktura-komunalna-nieruchomosci/nieruchomosci-budynki-infrastruktura-komunalna/infrastruktura-komunalna-w-2014-r-,3,12.html?pdf=1>.
- [3] Infrastruktura komunalna 2014. Informacje i opracowania statystyczne GUS. Warszawa: GUS; 2015. <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/infrastruktura-komunalna-nieruchomosci/nieruchomosci-budynki-infrastruktura-komunalna/infrastruktura-komunalna-w-2015-r-,3,13.html>.
- [4] Plan Odnowy Miejscowości Sępólno w Gminie Sępólno na lata 2009-2015. Załącznik do Uchwały Nr XXI/124/09 Rady Miejskiej w Sępólnie z dnia 3 marca 2009.
- [5] Dokumentacja archiwalna infrastruktury wodno-kanalizacyjnej gminy Sępólno. Materiały niepublikowane, Sępólno, 2016.
- [6] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (DzU 2015, poz. 1989). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20150001989+2015%2411%2428&min=1>.
- [7] Pöllumaa L, Kahru A, Manusadzianas L. *J Soils Sediments*. 2004;4:267-275. DOI: 10.1007/BF02991123.
- [8] Dudziak M, Zimoch I. Ocena toksyczności osadów wodociągowych. *Instal*. 2016;1:58-59. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element/baztech-95943346-aaa0-4089-afb8-c2e4837c9ecf>.
- [9] Ricco G, Tomei MC, Ramadori R, Laera G. *Water Res*. 2004;38:2103-2110. DOI: 10.1016/j.watres.2004.01.020.
- [10] Mahugo Santana C, Sosa Ferrera Z, Torres Padrón ME, Santana Rodríguez JJ. *Molecules*. 2009;14:298-320. DOI: 10.3390/molecules14010298.
- [11] Berthouex PM, Brown LC. *Statistic for Environmental Engineers*. 2nd ed. Boca Raton: Lewis Publishers. CRC Press Inc; 2002. ISBN: 9781566705929.

EVALUATION OF TOXICITY OF WATER AND WATER-PIPE DEPOSITS IN RURAL WATER SUPPLY SYSTEMS

Institute of Water and Wastewater Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice

Abstract: Polish small water supply systems in rural areas are characterized by bad technical condition of water-pipes and fittings. Water-pipes which are mainly made from iron cast and steel are in majority very old and corroded what leads to increased failure rate. Weak technical condition of this water-pipe system also increases the risk of secondary water contamination. High probability of secondary water contamination in rural water supply system was a main reason for the following study which includes evaluation of toxicity of both water and water-pipe deposits. Study used hydrants in one of a large rural water supply system located in the north Poland as the sampling points. In this research a Microtox[®] enzymatic test that uses bioluminescent bacteria (*Aliivibrio fischeri*) was applied. In the first part of the study the water-pipe deposits were extracted using water. It was noted that, 6 out of 10 water-pipe deposits from hydrants inhibited bioluminescent bacteria, thus proving their toxicity. On the other hand tap water from this system stimulated the growth of those bacteria. From this research we can infer that the sources of toxicity of water and water-pipe deposits are inorganic substances which accumulate in water-pipe network in a long term.

Keywords: small rural water supply system, water toxicity, toxicity of water-pipe deposit