

Maria Świdarska-Bróz, Małgorzata Wolska

Wpływ przerw w dostawie wody wodociągowej na zmiany jej składu fizyczno-chemicznego

Warunki hydrauliczne panujące w systemie dystrybucji wody współdecydują o zmianach składu fizyczno-chemicznego i bakteriologicznego wody dostarczanej odbiorcom. Znaczne zmiany prędkości przepływu wody oraz jej stagnacja w przewodach wodociągowych, charakteryzujących się bardzo często niewłaściwym stanem technicznym i sanitarnym, powodują wtórne jej zanieczyszczenie. Stagnacja wody w przewodach wodociągowych powoduje wzrost jej temperatury, lecz przede wszystkim stwarza warunki do ustalenia się dynamicznej równowagi procesów rozpuszczania trudno rozpuszczalnych składników osadów w objętości wody wodociągowej bezpośrednio kontaktującej się z tymi osadami oraz wyrównania stężeń substancji w przepływającej wodzie i w wodzie zawartej w osadach [1]. Ponadto, podczas wydłużonego czasu kontaktu wody (głównie niestabilnej) ze zdeponowanymi w systemie dystrybucji osadami chemicznymi i biologicznymi (biofilm), stwierdzono zużycie środków dezynfekcyjnych, sprzyjające następnie rozwojowi mikroorganizmów intensyfikujących korozję metali [2,3]. Wyraźne zwiększenie prędkości lub zmiana kierunku przepływu wody powodują natomiast wypłukiwanie do niej cząstek osadów, zanieczyszczonej wody zawartej w osadach oraz biofilmów, co skutkuje zmianą wartości wielu wskaźników jakości wody [4].

W niniejszym artykule omówiono wpływ przerw w dostawie wody wodociągowej na zmiany jej składu fizyczno-chemicznego.

Przedmiot i metodyka badań

Badania przeprowadzono w rozległym systemie dystrybucji, eksploatowanym od wielu lat. Przedmiotem badań były próbki wody pochodzące z trzynastu miejsc sieci wodociągowej, w których zostały wymienione fragmenty rurociągów. W czterech z nich dodatkowo wymieniono hydranty (próbki 10–13). Punkty poboru wody charakteryzowały się różną odległością od zakładu uzdatniania wody, czasem eksploatacji, średnicą, rodzajem materiału rurociągów, a także rodzajem wody zasilającej (tab. 1).

Ze względu na różne warunki prowadzenia prac, czas wymiany różnił się w poszczególnych miejscach i wynosił od 2 godz. do 6 godz. Próbkę wody pobierano z hydrantów znajdujących się za miejscem wymiany fragmentu rurociągu lub z wymienionego hydrantu. Czas płukania hydrantu przed

poborem próbki wody był zależny od średnicy rurociągu i odległości od miejsca wymiany i gwarantował pobór wody z obszaru stagnacji (pomiędzy dwoma zamkniętymi zasuwami). W każdym z punktów pobrano próbkę wody przed wyłączeniem zasilania, a następnie po jego włączeniu.

Analiza jakości pobranych próbek wody obejmowała wybrane wskaźniki składu fizyczno-chemicznego wody, których wartość oznaczono zgodnie z obowiązującymi normami. Stężenie rozpuszczonych form żelaza oznaczono w próbkach wody po przesączeniu przez twardą bibułę filtracyjną. W interpretacji wyników badań wykorzystano wyniki analiz składu osadów zdeponowanych w przewodach wodociągowych [5], a próbki wody pobranej przed i po przerwie w dostawie wody oznaczono odpowiednio symbolami I i II.

Dyskusja wyników badań

Okresowe wyłączenie przewodów wodociągowych z eksploatacji spowodowało zmianę wartości wskaźników składu fizyczno-chemicznego wody. Wpływ ten był największy w odniesieniu do mętności, barwy oraz stężeń związków żelaza, azotu amonowego, ogólnego węgla organicznego, a tylko w niektórych próbkach dotyczył on również pH wody. Zmiany pozostałych wskaźników były małe i dla wielu próbek mieściły się w granicach błędów analizy.

Z uwagi na to, iż w czterech analizowanych przypadkach poza wycinkiem rurociągu wymieniono również hydrant, dlatego zmiany jakości próbek wody pobranej do badań z tych obiektów omówiono oddzielnie.

Wymiana rurociągów

Porównanie zakresów wartości badanych wskaźników jakości wody pobranej przed i po przerwie w jej dostawie przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunkach 1–7.

Przedstawione w tej tabeli dane świadczą o zanieczyszczeniu wody wodociągowej podczas przerwy w jej dostawie. Stwierdzone zmiany wartości badanych wskaźników jakości wody nie zależały od średnicy i wieku przewodów wodociągowych oraz od lokalizacji punktów poboru wody. Skutkiem stagnacji wody, a następnie włączenia przewodów wodociągowych do eksploatacji było wtórne zanieczyszczenie wody, w wielu próbkach do poziomu ponadnormatywnego (tab. 3).

Zmiany wartości pH wody były najczęściej niewielkie, przy czym w 6 na 9 próbek stwierdzono nieznaczne zakwaszenie wody (rys. 1). Przyczyn obniżenia pH wody może być kilka. Za najbardziej prawdopodobne można uznać uwalnianie do stagnującej wody kwasowych produktów przemiany materii mikroorganizmów zasiedlających osady jak i rozkładu

Tabela 1. Charakterystyka miejsc poboru próbek wody

Nr	Rok wykonania przewodu	Średnica mm	Rodzaj materiału	Rodzaj wody	Odległość od zakładu uzdatniania km	Odległość hydrantu od miejsca wymiany m	Czas wymiany h
1	1976	100	azb.-cem.	powierzchniowa	17,2	20	2
2	–	100	żeliwo	powierzchniowa	16,4	70	2
3	1930	80	stal	podziemna	6,5	15	2
4	1935	80	żeliwo	powierzchniowa	25,2	20	2
5	1932	80	żeliwo	powierzchniowa	28,4	30	2
6	1921	225	żeliwo	powierzchniowa	9,6	10	2
7	1932	80	żeliwo	powierzchniowa	25,2	20	2,5
8	1986	125	żeliwo	powierzchniowa	15,4	20	2
9	1987	150	żeliwo	powierzchniowa	17,4	15	2
10	1983	150	żeliwo	powierzchniowa	20,0	0	2
11	1908	125	żeliwo	infiltracyjna	9,5	0	2,5
12	1927	68	żeliwo	powierzchniowa	30,0	0	4
13	1935	125	żeliwo	powierzchniowa	13,4	0	6

substancji organicznych, których obecność stwierdzono w osadach [5], a także hydrolizę związków żelaza wymywalnych z osadów. O ostatecznej wartości pH wody współdecydowały również procesy degradacji białek (obumarłe mikroorganizmy) i deaminacja lub dekarboksylacja aminokwasów [6,7] oraz ewentualna amonifikacja azotanów. Przyczyną wzrostu pH wody w próbkach 6, 7 i 8 mogło być rozpuszczanie uwodnionych tlenków żelaza(II) do ich wodorowęglanów oraz hydroliza fosforanów wapnia. Osady zgromadzone w tych rurociągach zawierały bowiem więcej fosforanów i wapnia niż osady z pozostałych przewodów wodociągowych [5].

Kontakt próbek wody z produktami korozji, a następnie zwiększenie prędkości przepływu wody spowodowały wzrost intensywności barwy wody (rys. 2).

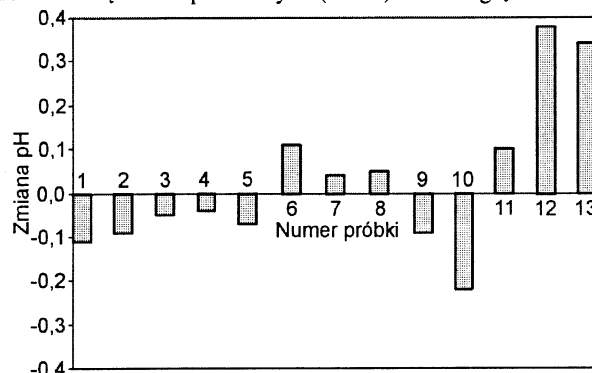
Największy wzrost tego parametru (o ok. 600%) stwierdzono dla próbki nr 3 (woda podziemna), charakteryzującej się najniższym poziomem zanieczyszczenia przed wyłączeniem przewodu wodociągowego z eksploatacji. Skutkiem zmiany warunków hydraulicznych w analizowanych fragmentach systemu

Tabela 2. Zakresy wartości wskaźników jakości wody przed (I) i po przerwie w jej dostawie (II)

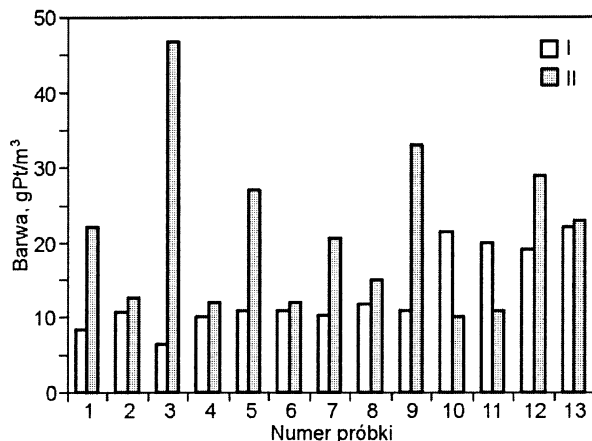
Wskaźnik, jednostka	Próbka wody	
	I	II
pH, –	7,29÷8,07	7,40÷8,12
Mętność, NTU	0,8÷11,0	11,0÷48,0
Barwa, gPt/m ³	6,5÷11,8	12÷47
Azot amonowy, gN/m ³	0,05÷0,16	0,12÷1,76
OWO, gC/m ³	1,15÷7,22	3,15÷11,15
Żelazo ogólne, gFe/m ³	0,14÷0,99	0,25÷2,76
Żelazo rozpuszczone, gFe/m ³	0,02÷0,26	0,03÷0,49
Żelazo(II), gFe/m ³	0,04÷0,2	0,05÷0,24
Zasadowość ogólna, val/m ³	2,5÷5,4	2,55÷5,25
Twardość ogólna, gCaCO ₃ /m ³	225÷381	218÷431
Wapń, gCa/m ³	64,2÷129,4	62,8÷128,7
Magnez, gMg/m ³	11,1÷19,9	12,8÷40,95
Agresywny dwutlenek węgla, gCO ₂ /m ³	0,0÷9,9	0,0÷4,4
Przewodność właściwa, μS/cm	486÷690	488÷710

dystrybucji wody było zwiększenie intensywności barwy wody w pięciu próbkach do wartości ponadnormatywnej (tab. 3).

Mierzalnym i negatywnym skutkiem stagnacji wody, a następnie włączenia przewodów wodociągowych do eksploatacji, był wyraźny wzrost mętności we wszystkich badanych próbkach wody. Przyrost tego parametru wynosił od 4,0 NTU do 45,1 NTU (rys. 3) i był największy dla próbek 1 i 9, pobranych z przewodów eksploatowanych krócej niż zdecydowana większość pozostałych (tab. 1). Bez względu na wiek



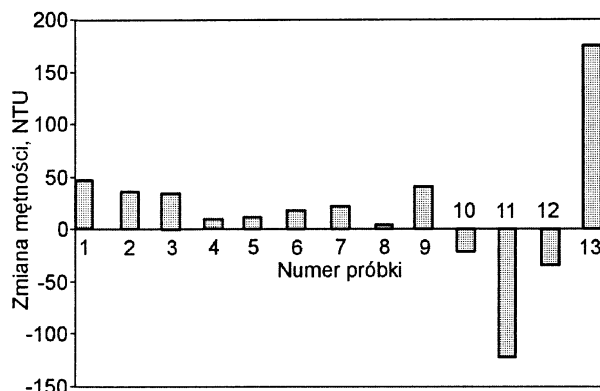
Rys. 1. Zmiana pH wody wodociągowej po przerwie w jej dostawie



Rys. 2. Barwa wody wodociągowej przed (I) i po przerwie w jej dostawie (II)

Tabela 3. Liczba próbek przekraczających wartości dopuszczalne wskaźników jakości wody

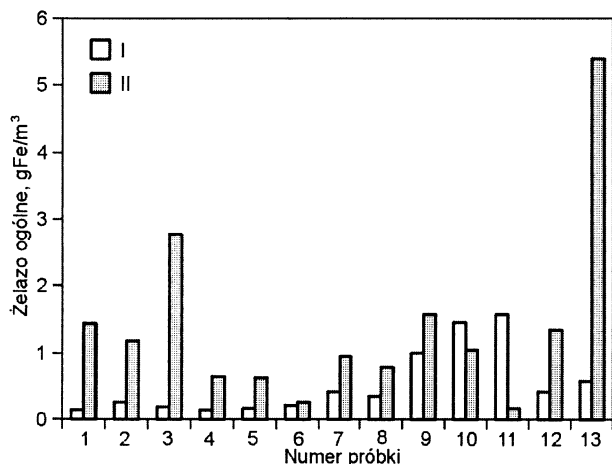
Wskaźnik, jednostka	Próbki nr 1–9		Próbki nr 10–13	
	I	II	I	II
Mętność, NTU	6	9	4	4
Barwa, gPt/m ³	0	5	4	2
Azot amonowy, gN/m ³	0	5	3	2
Żelazo ogólne, gFe/m ³	4	9	4	3



Rys. 3. Zmiana mętności wody wodociągowej po przerwie w jej dostawie

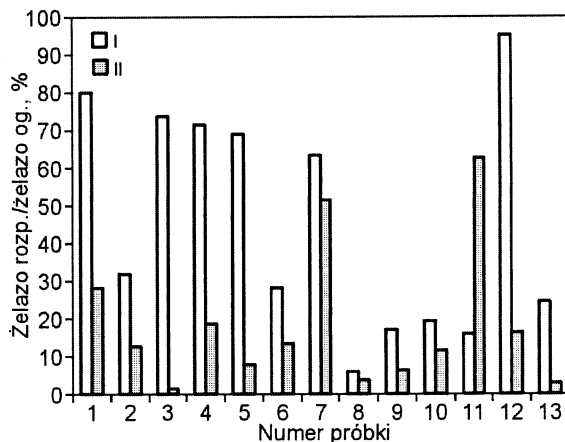
i średnicę rurociągów oraz rodzaj oczyszczanej wody, po wymianie wycinków przewodów wodociągowych charakteryzowała się ona ponadnormatywną mętnością (tab. 3). Stwierdzony wzrost mętności świadczył o braku stabilności osadów zdeponowanych w rurociągach, sprzyjającej uwalnianiu z nich do wody zawieszin i koloidów.

Podobnie jak w wypadku mętności, we wszystkich próbkach wody stwierdzono wzrost stężenia żelaza ogólnego do wartości większych niż dopuszczalna w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi (rys. 4).



Rys. 4. Zawartość związków żelaza w wodzie wodociągowej przed (I) i po przerwie w jej dostawie (II)

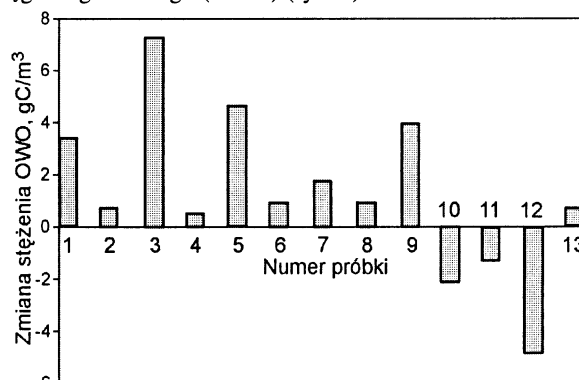
Wzrost stężenia związków żelaza był największy w próbce nr 3, dla której odnotowano największy stopień wzrostu barwy wody. Porównanie udziału rozpuszczonych form żelaza w zawartości żelaza ogólnego w próbkach wody pobranych do badań przed i po przerwie w jej dostawie wykazało, iż po włączeniu rurociągów do eksploatacji z osadów zdeponowanych na ich powierzchniach do wody wypłukane zostały przede wszystkim nierozpuszczone związki żelaza (rys. 5).



Rys. 5. Udział żelaza rozpuszczonego w ogólnej zawartości związków żelaza w wodzie wodociągowej przed (I) i po przerwie w jej dostawie (II)

We wszystkich próbkach wody stwierdzono przyrost stężenia jonów Fe(II) wynoszący $0,02 \pm 0,16 \text{ gFe/m}^3$, który był spowodowany najprawdopodobniej migracją do wody np. siarczków żelaza(II). Nie można jednak wykluczyć również mikrobiologicznej redukcji Fe(III) do Fe(II) [7]. Pomimo wzrostu stężenia jonów Fe(II), ich udział w zawartości żelaza ogólnego (poza próbką nr 8) po przerwie w dostawie wody był mniejszy ($3,26 \pm 25,26\%$), niż w warunkach ciągłej eksploatacji systemu wodociągowego ($6,06 \pm 83,33\%$).

Kolejnym parametrem, którego wartość zwiększyła się we wszystkich badanych próbkach wody, było stężenie ogólnego węгла organicznego (OWO) (rys. 6).

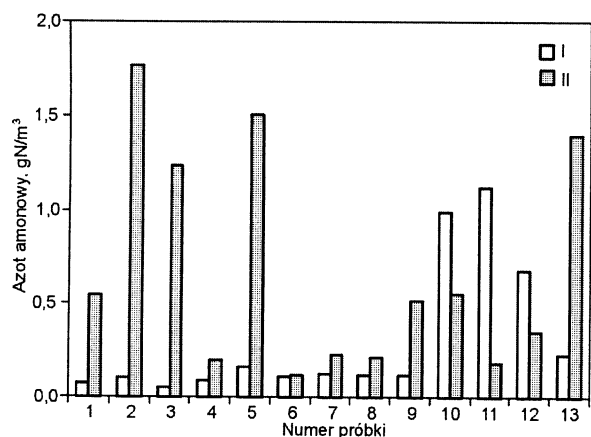


Rys. 6. Zmiana zawartości OWO w wodzie wodociągowej po przerwie w jej dostawie

Przyrost stężenia OWO dobrze korelował ze wzrostem stężenia żelaza ogólnego i intensywnością barwy próbek wody. Konsekwencją tego był największy wzrost stężenia OWO (do $7,3 \text{ gC/m}^3$) w próbce nr 3. W pozostałych próbkach wody przyrost ten mieścił się w zakresie $0,5 \pm 4,6 \text{ gC/m}^3$. Główną przyczyną wzrostu poziomu zanieczyszczenia organicznego próbek wody było najprawdopodobniej uwolnienie z osadów do wody mikroorganizmów, organicznych produktów ich przemian metabolicznych oraz pozakomórkowych polimerów warunkujących kolonizację drobnoustrojów na powierzchniach rurociągów [8].

Porównanie stężeń azotu amonowego w próbkach wody przed i po wymianie wycinków rurociągów wodociągowych (rys. 7) wskazuje, iż we wszystkich próbkach wody wzrosło jego stężenie, w tym w pięciu do wartości ponadnormatywnej (tab. 3).

Przyrost zawartości azotu amonowego zwiększał się wraz ze wzrostem poziomu zanieczyszczenia próbek wody. Prawdopodobnymi przyczynami zanieczyszczenia badanych



Rys. 7. Zawartość azotu amonowego w wodzie przed (I) i po przerwie w jej dostawie (II)

wód azotem amonowym były degradacja białek obumarłych mikroorganizmów, której etapem jest deaminacja aminokwasów oraz amonifikacja azotanów zachodząca w warunkach beztlenowych w obecności siarczków stymulujących tę przemianę [7]. Podczas przerwy w dostawie wody zaistniały warunki do uwolnienia produktów tych procesów do stagnującej wody. Fakt, iż wzrostowi stężenia azotu amonowego towarzyszyło obniżenie wartości pH świadczyło o tym, że o końcowym pH wody w istotnym stopniu współdecydowało uwalnianie do wody kwasowych produktów innych przemian zachodzących w osadach zgromadzonych w przewodach wodociągowych.

Skład chemiczny osadów [5] wskazuje, iż ilościowo dominowały w nich produkty korozji, o której przebiegu współdecydował brak stabilności chemicznej większości próbek wody. Świadczyły o nim obecność agresywnego dwutlenku węgla (tab. 2) oraz wartości indeksu Ryznara ($IR > 6,8$) i Langeliera ($IL < 0$) (tab. 4).

Porównanie wartości IL i IR wykazało, że wyłączenie przewodów wodociągowych z eksploatacji nie zmieniło wyraźnie stabilności chemicznej badanych wód. Wynikało to z małych zmian zasadowości ogólnej i wartości pH w większości z badanych próbek wody. Podobną prawidłowość stwierdzono w zmianach twardości ogólnej wody. Jedynie w próbce nr 1 wyraźnie zwiększyła się twardość magnezowa, co spowodowane było wypłukiwaniem do wody uwodnionych krzemianów magnezu z powierzchni rurociągu azbestowo-cementowego.

Porównanie przewodności właściwej wody wykazało, iż w zdecydowanej większości próbek (7 na 9) wartość tego parametru nieznacznie wzrosła (tab. 2) w wyniku wydłużonego czasu kontaktu wody z osadami zdeponowanymi w sieci wodociągowej, co świadczyło o rozpuszczaniu osadów w środowisku o charakterze korozyjnym.

Wymiana rurociągów wraz z hydrantami

O zmianach wartości wskaźników wody decydowały procesy zachodzące podczas stagnacji wody w rurociągach i ich włączenia do eksploatacji oraz dodatkowo usunięcie osadów zdeponowanych w hydrantach. Wymiana hydrantów była

zwykle korzystna, gdyż zmniejszyła się liczba próbek wody o ponadnormatywnych stężeniach żelaza ogólnego i azotu amonowego oraz intensywności barwy wody (tab. 3).

Należy zaznaczyć również, iż próbki o nr. 10–13, pobrane do badań przed wymianą elementów przewodów wodociągowych, charakteryzowały się zdecydowanie większym poziomem zanieczyszczenia niż próbki nr 1–9. W trzech z czterech badanych próbek wody stwierdzono mały wzrost pH (rys. 1), co było najprawdopodobniej efektem m.in. usunięcia wraz z wodą osadową i osadami zdeponowanymi w hydrantach kwasowych produktów przemiany materii mikroorganizmów oraz produktów korozji, stanowiących substraty procesu hydrolizy. Niewielkie zmiany zasadowości ogólnej wody oraz pH znalazły odzwierciedlenie w wartościach IL i IR, świadczących o agresywności korozyjnej próbek wody przed i po przerwie w jej dostawie (tab. 4)

Porównanie intensywności barwy próbek wody przed i po przerwie w jej dostawie (rys. 2) wskazuje, że zmniejszenie ilości osadów kontaktujących się z przepływającą wodą wodociągową nie miało jednoznacznego wpływu na zmianę barwy wody. Znaczne zmniejszenie wartości tego wskaźnika stwierdzono w próbkach nr 10 i 11 i praktycznie brak zmian w próbce nr 13. Duży wzrost intensywności barwy (o ok. 53%) miał natomiast miejsce w próbce nr 12, charakteryzującej się największą agresywnością korozyjną (tab. 4.) i stężeniem żelaza rozpuszczonego ($0,4 \text{ gFe/m}^3$) większym niż pozostałe próbki ($0,1+0,3 \text{ gFe/m}^3$).

Wymiana hydrantów zapewniła zmniejszenie mętności trzech próbek wody (rys. 3), jednak nie do wartości dopuszczalnej w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi (tab. 3). Duży wzrost tego wskaźnika stwierdzono w próbce wody nr 13, w której prawie 10-krotnie zwiększyło się również stężenie żelaza ogólnego (ilościowo dominowały nierozpuszczone związki żelaza, stanowiące 97,04% żelaza ogólnego).

Wydłużenie czasu stagnacji wody w rurociągach do 4,0 godz. i 6,0 godz. (odpowiednio próbki wody nr 12 i 13) zwiększyło stężenia żelaza ogólnego – zasadniczego produktu korozji żeliwa [5]. Odwrotny wpływ spowodowała natomiast wymiana hydrantów w punktach nr 10 i 11 (rys. 4), dla których przerwa w dostawie wody była krótsza i wynosiła 2,0 godz. oraz 2,5 godz. (tab. 1). Wśród związków żelaza uwolnionych do próbek wody dominowały również frakcje nierozpuszczone, stanowiące 73+96% żelaza ogólnego.

W próbkach o nr. 10–12 stwierdzono zmniejszenie stężenia OWO (rys. 6) oraz azotu amonowego (rys. 7), które wynosiło odpowiednio $1,3+4,8 \text{ gC/m}^3$ i $0,33+0,94 \text{ gN/m}^3$. Spowodowane to było usunięciem substancji organicznych, w tym zawierających grupy aminowe, wraz z wymienionymi fragmentami przewodów wodociągowych. Jedynie w próbce nr 13, pobranej po najdłuższej przerwie w dostawie wody (6 godz.), nastąpił wzrost wartości tych wskaźników. Równoczesny wzrost stężenia azotu amonowego i OWO świadczył o uwolnieniu do wody produktów deaminacji aminokwasów

Tabela 4. Wartości indeksów agresywności korozyjnej próbek wody

Indeks	Próbka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
IL	I	-0,15	-0,10	0,66	-0,11	-0,09	-0,39	-0,20	0,77	0,27	-0,16	-0,11	-0,72	-0,16
	II	-0,16	-0,20	0,58	-0,15	-0,14	-0,16	-0,20	0,62	0,41	-0,32	-0,05	-0,36	0,16
IR	I	7,85	7,70	6,44	7,72	7,67	8,07	7,79	6,56	7,43	7,78	7,65	8,34	7,74
	II	7,76	7,81	6,55	7,76	7,70	7,72	7,81	6,88	7,12	7,88	7,63	8,00	7,44

oraz organicznych produktów przemiany materii mikroorganizmów i polimerów pozakomórkowych.

We wszystkich badanych próbkach wody zmiany stężenia wapnia i magnezu, a tym samym twardości ogólnej, nie przekroczyły jednego stopnia twardości. Jednocześnie w trzech (na cztery) próbkach wody nastąpiło zmniejszenie przewodności właściwej o ok. 10%, co wskazuje na uwolnienie do wody z osadów głównie nierozpuszczonych frakcji zanieczyszczeń.

Wnioski

◆ Przerwa w dostawie wody wodociągowej, związana z wymianą wycinków rurociągów, spowodowała zanieczyszczenie wody, objawiające się przede wszystkim zwiększeniem mętności, barwy oraz stężenia żelaza ogólnego, azotu amonowego i ogólnego węgla organicznego.

◆ Istotnym źródłem zanieczyszczenia były osady zdeponowane w rurociągach i hydrantach, a wymiana tych ostatnich poprawiła jakość większości próbek wody.

◆ Zwiększenie stężenia rozpuszczonych form żelaza było wprost proporcjonalne do wzrostu intensywności barwy ($y=0,018x+0,008$, dla $r=0,95$).

◆ Ilość organicznych i nieorganicznych składników osadów uwolnionych do wody nie zależała jednoznacznie od średnicy i czasu eksploatacji przewodów wodociągowych

oraz od odległości punktu poboru próbek wody od zakładu uzdatniania.

LITERATURA

1. W. NISSING: Einfluss von Werkstoffen auf die Trinkwasserqualität in der Trinkwasser-Installation. GWF – Wasser Abwasser, 2002, 13, S. 84–90.
2. I. FRATEUR *et al.*: Free chlorine consumption induced by cast iron corrosion in drinking water distribution system. Water Research, 1999, No. 8, pp. 1781–1790.
3. P. J. BREMER, B. J. WEBSTER, D. B. WELLS: Biocorrosion of copper in potable water. Journal AWWA, 2001, No. 8, pp. 82–91.
4. G. F. CRAUN, R. I. CALDERON: Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies. Journal AWWA, 2001, No. 9, pp. 64–75.
5. M. ŚWIDERSKA-BRÓŹ, T. M. TRACZEWSKA: Badania składu chemicznego i stanu sanitarnego osadów z sieci wodociągowej m. Wrocławia. Ins. Inż. Ochr. Środ. Pol. Wr., Raport SPR-8, Wrocław 2002.
6. A. WILCZAK i in.: Occurrence of nitrification in chloraminated distribution systems. Journal AWWA, 1996, No. 7, pp. 66–77.
7. H. G. SCHLEGEL: Mikrobiologia ogólna. PWN, Warszawa 2000.
8. T. SŁOMCZYŃSKI, M. ŁEBKOWSKA: Rola mikroorganizmów zawartych w chłodziwach i produktach ropopochodnych w korozji mikrobiologicznej stali. Mat. konf. „Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych”, Łódź 2001, ss. 252–257.

Świdarska-Bróż, M., Wolska, M. Interruption to Water Supply and its Contribution to the Physicochemical Parameters of Tap Water. *Ochrona Środowiska* 2003, Vol. 25, No. 4, pp. 69–73.

Abstract: The objective of the study was to investigate how interruptions to water supply due to the replacement of a pipe section and/or hydrant affect the composition of tap water. Stagnation resulting from an interrupted supply was found to deteriorate mainly such water quality parameters as coloured matter, turbidity, total iron, ammonia nitrogen and total organic carbon concentrations. The corrosive power of the stagnant water during contact with the incrustations deposited in the pipeline accounts for their dissolution. As soon as the flow velocity required is reestablished, the polluting species released in this

way deteriorate the quality of the water. In our study, the replacement of a pipeline section together with a hydrant in many instances brought about an improvement of water quality owing to the concomitant removal of pollutants which resided in the pipes in large amounts. The changes in the physicochemical composition depended on the duration of water stagnation in the pipes, as well as on the composition and amount of the incrustation deposited in the pipeline. Interrupted supply very often leads to the recontamination of the water mainly by the products of pipeline corrosion and by the products of metabolism of the microorganisms colonizing the water conduit.

Keywords: Water distribution, recontamination, stagnation, incrustation, water conduit, pipes.