

BOGNA WICHROWSKA, DARIUSZ ŻYCIŃSKI, BOŻENA KROGULSKA, RENATA SZLACHTA, BOŻENA RANKE-RYBICKA, JERZY KOZŁOWSKI

## WPLYW PRZEWODÓW WODOCIĄGOWYCH NA JAKOŚĆ WODY DO PICIA

THE EFFECT OF PIPELINES ON THE QUALITY OF DRINKING WATER

Zakład Higieny Komunalnej, Państwowy Zakład Higieny  
00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24

Kierownik: doc. dr hab. *Stefan Maziarka*

*Wykonano porównawcze badania fizyko-chemiczne, bakteriologiczne i hydrobiologiczne wody do picia przesyłanej rurociągami z polipropylenu, polichlorku winylu, miedzi i stali. Stwierdzono, że niezależnie od rodzaju przewodów jakość wody odpowiadała wymaganiom zawartym w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej i nie budziła zastrzeżeń pod względem zdrowotnym.*

### WSTĘP

Woda do picia nie powinna zawierać drobnoustrojów chorobotwórczych. Bakterii wskazujących na zanieczyszczenie kałowe, ani innych żywych organizmów stwarzających zagrożenie epidemiczne. Nie powinna też zawierać zanieczyszczeń chemicznych lub substancji pochodzenia naturalnego w ilościach zagrażających zdrowiu człowieka, bądź wpływających na jej właściwości organoleptyczne. O tym czy woda dostarczana konsumentowi będzie spełniać te wymagania decyduje pochodzenie uzdatnianej wody surowej, technologia jej oczyszczania oraz jakość materiałów, z których wykonane są urządzenia do jej magazynowania i przesyłania do odbiorców. System wodociągowy, wykonany z materiałów nieodpowiedniej jakości może stać się źródłem wtórnego zanieczyszczenia chemicznego i bakteryjnego uzdatnianej wody. Dystrybucja wody poprzez tradycyjne rurociągi zbudowane z różnego rodzaju stali powoduje często pogorszenie jej właściwości organoleptycznych. Przyczyną tego jest korozja urządzeń spowodowana dużą agresywnością uzdatnionej wody [4, 5]. Szybkość korozji stali w środowisku wody wodociągowej przeliczona na korozję równomierną wynosi  $0,3 \div 0,8$  mmola/rok, a korozji lokalnej, np. we wżerach, może osiągać  $1,0 \div 1,5$  mmola/rok [9]. Skorodowane rurociągi mogą powodować wzrost stężenia w wodzie rozpuszczalnych form metali ciężkich: ołowiu, kadmu, żelaza, cynku. Większą odpornością na korozję charakteryzują się przewody wykonane z miedzi, która posiada ponadto właściwości oligodynamiczne hamujące wzrost mikroorganizmów [10, 16, 17]. Wykorzystanie tego typu przewodów do wód kwaśnych lub miękkich powoduje jednak ich korozję i uwalnianie do wody jonów miedzi w ilościach przekraczających dopuszczalne stężenia. Problemów tego typu nie ma w przypadku instalacji wykonanych z tworzyw sztucznych.

Są one odporne na korozję, charakteryzują się złym przewodnictwem ciepła i gładkością powierzchni przeciwdziałającą zarastaniu przewodów. Niepokój użytkownikom przewodów wodociągowych z tworzyw sztucznych budzą doniesienia o możliwości wykorzystywania przez obecne w wodzie mikroorganizmy związków organicznych uwalnianych z tworzyw sztucznych z tworzyw podczas eksploatacji, co może doprowadzić do wtórnego zanieczyszczenia bakteriologicznego wody do picia [8, 14].

Podjęte badania miały na celu sprawdzenie czy materiały jakie zostały zastosowane w instalacjach wodociągowych budynków mieszkalnych mają istotny wpływ na fizyko-chemiczne, bakteriologiczne i hydrobiologiczne parametry wody do picia.

### MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania jakości wody przeprowadzono w Warszawie, w budynkach mieszkalnych, w których okres eksploatacji sieci wodociągowych (z wyjątkiem starszych rur stalowych) wynosiła 2,5 do 3 lat. Do badań wytypowano 7 budynków mieszkalnych, spośród których dwa były wyposażone w instalację z polipropylenu, dwa w instalację z polichlorku winylu, dwa z miedzi i jeden ze stali.

Próbki do badań pobrano z przewodów na wejściu do budynku i z mieszkań możliwie na najwyższym piętrze. Badania wody obejmowały analizę fizyko-chemiczną, bakteriologiczną i hydrobiologiczną.

Analizę fizyko-chemiczną objęto następujące wskaźniki jakości wody: mętność, barwę, zapach, odczyn, twardość, amoniak, azotyny, azotany, ChZT (utlenialność), żelazo, mangan, chlorki, ołów, kadm, miedź i cynk. Wszystkie oznaczenia wykonano zgodnie z Polskimi Normami.

Wodę do badań bakteriologicznych pobierano zachowując warunki jałowości do sterylnych butelek o pojemności  $1\text{dm}^3$  zawierających tiosiarczan sodu ( $1\text{cm}^3$  10%  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). Ogółem przebadano 34 próbki wody, z których 9 pobrano na wejściu do budynków, 6 w budynkach z instalacją z polipropylenu, 12 w budynkach z instalacją z polichlorku winylu, 4 z instalacją z miedzi i 3 w budynku z tradycyjnymi przewodami stalowymi. Większość próbek pobierano z pionów kuchennych i łazienkowych mieszkań prywatnych usytuowanych na możliwie najwyższych piętrach budynków. Badania bakteriologiczne wody obejmowały określenie ogólnej liczby bakterii w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  i  $37^\circ\text{C}$ , bakterii zarodnikujących (po 15 minutach ogrzewania próbki w temperaturze  $80^\circ\text{C}$ ), bakterii grupy *coli*, bakterii grupy *coli* typu fekalnego oraz *Pseudomonas aeruginosa*. Ogólną liczbę bakterii i bakterie zarodnikujące oznaczono metodą zalewową na agarze odżywcym. Bakterie grupy *coli*, bakterie grupy *coli* typu fekalnego i *Pseudomonas aeruginosa* metodą filtrów membranowych odpowiednio na podłożu Endo sączkowym, Endo drożdżowym i ANC. Wszystkie badania wykonano zgodnie z Polskimi Normami i metodyką Państwowego Zakładu Higieny [3].

Pobieranie i przygotowywanie próbek wody do badań hydrobiologicznych i ich jakościowo – ilościową analizę mikroskopową wykonano zgodnie z metodyką opracowaną w PZH [11]. W analizie brano pod uwagę wszystkie żywe i martwe organizmy, ze względu na to, że stanowią one mogą osłonę przed działaniem środków dezynfekcyjnych dla bakterii i innych organizmów patogennych.

### WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W ocenie jakości wody do picia konsument polega głównie na swoim subiektywnym odczuciu. Głównym kryterium tej oceny są jej właściwości organoleptyczne: mętność, barwa, smak i zapach. Woda pozbawiona czynników wywołujących, te łatwe do wykrycia zmiany, może jednak zawierać substancje szkodliwe dla zdrowia, możliwe do wykrycia jedynie za pomocą specjalistycznych badań. Dotyczy to zarówno

zanieczyszczeń chemicznych jak i bakteriologicznych, których źródłem mogą być przewody wodociągowe.

W tabeli I przedstawiono wyniki badań fizyko-chemicznych wody przesyłanej rurociągami wykonanymi z polipropylenu, polichlorku winylu, miedzi i stali. Przedstawiają one średnie z trzech równoległe wykonanych oznaczeń danego wskaźnika w wodzie doprowadzonej do budynku i na najwyższej kondygnacji. W ostatniej rubryce podano ich najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej [13].

W wyniku porównania średnich (wartości oczekiwanych) z wartościami NDSów przy pomocy testów *t-Studenta* na poziomie ufności  $\alpha = 0,05$  można stwierdzić, że jakość wody przesyłanej rurociągami z badanych tworzyw nie budzi zastrzeżeń pod względem sanitarnym w zakresie oznaczonych wskaźników.

Porównując średnie wartości tego samego wskaźnika pochodzące z wodociągów wykonanych z różnych materiałów nie stwierdzono różnic, które wskazywałyby na istotny wpływ tworzywa na stężenie oznaczonych wskaźników. Porównania te dokonano w oparciu o testy *t-Studenta* (wariancje takie same) lub *Cochrana* i *Coxa* (wariancje różne). Równość wariancji testowano przy pomocy testu *F-Snedecora*. Wszystkie testy przeprowadzono na poziomie ufności  $\alpha = 0,05$ .

Jedynie w przypadku przewodów miedzianych zaobserwowano znaczną różnicę stężenia jonów miedzi pomiędzy wodą doprowadzoną a pobieraną na końcówce sieci. Wynikło to najprawdopodobniej z nocnego postoju wody w przewodach i małego poboru jej przed pobraniem próbek do analizy. Wykryte ilości jonów miedzi nie stanowią zagrożenia dla zdrowia, a jedynie potwierdzają korozyjne właściwości wody wodociągowej.

Uzyskane wyniki badania zawartości ołowiu w wodzie pobranej na najwyższych kondygnacjach pozwalają na stwierdzenie, że badane tworzywa nie stanowią zagrożenia zanieczyszczenia wody tym toksycznym metalem.

Wyniki przeprowadzonych badań bakteriologicznych wody przedstawiono w tabeli II.

W żadnej z próbek wody nie wykryto bakterii grupy coli, bakterii grupy coli typu fekalnego, ani też *Pseudomas aeruginosa*. We wszystkich próbkach wody ogólna liczba bakterii w 37°C i 20°C była wielokrotnie niższa od dopuszczanej w Rozporządzeniu MZOiOS [13]. Również niska była liczba bakterii zarodnikujących jakie wykrywano w badanych próbkach wody. Uzyskane wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że niezależnie od materiałów, z jakich zostały wykonane przewody wodociągowe budynków mieszkalnych dostarczana konsumentom woda pod względem bakteriologicznym nie budziła zastrzeżeń. Należy jednak zaznaczyć, że niska ogólna liczba bakterii w próbkach badanej wody nie świadczy o braku kolonizacji wewnętrznych powierzchni rur przez mikroorganizmy. Liczne dane z piśmiennictwa, potwierdzone zdjęciami wykonanymi techniką elektronowej mikroskopii skaningowej wskazują na możliwość zasiedlania się mikroorganizmów praktycznie na każdej powierzchni mającej kontakt z wodą, nie wyłączając rur miedzianych [1, 6, 7, 17]. Rozwój błony biologicznej związany jest z tendencją większości mikroorganizmów do adhezji. W zetknięciu się z powierzchnią stałą wytwarzają one organiczne polimery, głównie polisacharydy i glikoproteiny. Powoduje to ich zlepianie się i przytwierdzenie do powierzchni, na której równocześnie

Tabela I. Wyniki badań fizyko-chemicznych wody przesyłanej rurociągami z polipropylenu, polichlorku winylu  
Results of physicochemical studies

Wskaźnik	Jednostka miary	Polipropylen				Polichlorek winylu				NDS***
		Budynek 1		Budynek 2		Budynek 1		Budynek 2		
		1*	2	1*	2	1*	2	1*	2	
mętność	mg/dm <sup>3</sup>	1	1	1	1	3	3	3	2	5
barwa (Pt)	mg/dm <sup>3</sup>	4	5	7	5	12	10	10	7	20
zapach **	-	g3S	g1R	g3S	g2S	g3S	g3S	g3S	g3S	20
odczyn	pH	7,6	7,5	7,5	7,4	7,5	7,4	7,4	7,4	6,5÷8,5
twardość	mgCaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	305	305	305	305	302	301	302	298	500
żelazo	mgFe/dm <sup>3</sup>	0,09	0,09	0,15	0,09	0,46	0,39	0,35	0,28	0,5
chlorki	mgCl/dm <sup>3</sup>	250	250	250	250	270	270	270	270	300
amoniak	mgN/dm <sup>3</sup>	0,20	0,18	0,35	0,33	0,13	0,12	0,10	0,09	0,5
azotyń	mgN/dm <sup>3</sup>	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	-
azotany	mgN/dm <sup>3</sup>	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	10
utlenialność	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,69	2,64	2,63	2,77	2,80	2,80	2,78	2,81	-
mangan	mgMn/dm <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,1
ołów	mgPb/dm <sup>3</sup>	0,029	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,05
kadm	mgCd/dm <sup>3</sup>	0,0003	0,0003	0,0039	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,005
miedź	mgCu/dm <sup>3</sup>	0,0026	0,0026	0,0017	0,0014	0,0032	0,0027	0,0024	0,0008	0,5
cynk	mgZn/dm <sup>3</sup>	0,12	0,06	0,13	0,05	0,06	0,02	0,13	0,09	5,0

Tabela Ia. Wyniki badań fizyko-chemicznych wody przesyłanej rurociągami z miedzi i stali  
Results of physicochemical studies

Wskaźnik	Jednostka miary	Miedź				Stal		
		Budynek 1		Budynek 2		1*	2	5
		1*	2	1*	2			
mętność	mg/dm <sup>3</sup>	2	2	2	2	2	1	5
barwa (Pt)	mg/dm <sup>3</sup>	13	12	8	8	4	4	20
zapach **	-	g2S	g1S	g3S	g1S	g1R	g1R	-
odczyn	PH	7,5	7,5	7,4	7,5	7,4	7,3	6,5 ÷ 8,5
twardość	mgCaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	302	304	312	305	305	305	500
żelazo	mgFe/dm <sup>3</sup>	0,27	0,26	0,20	0,20	0,11	0,08	0,5
chlorki	mgCl <sup>-</sup> /dm <sup>3</sup>	266	268	268	270	258	258	300
amoniak	mgN/dm <sup>3</sup>	0,22	0,26	0,24	0,26	0,19	0,19	0,5
azotyny	mgN/dm <sup>3</sup>	0,002	0,003	0,003	0,004	0,002	0,002	-
azotany	mgN/dm <sup>3</sup>	3,1	3,2	3,4	3,5	3,2	3,2	10
utlenialność	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,70	3,0	2,36	2,40	3,10	3,10	-
mangan	mgMn/dm <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,1
ołów	mgPb/dm <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,05
kadm	mgCd/dm <sup>3</sup>	0,0003	0,0004	0,0003	0,0004	0,0007	0,0008	0,005
miedź	mgCu/dm <sup>3</sup>	0,0089	0,2487	0,1238	0,8515	0,0028	0,0012	0,5
cynek	mgZn/dm <sup>3</sup>	0,05	0,07	0,07	0,07	0,41	1,01	5,0

- \* 1 – woda pobierana na wejściu do budynku;  
2 – woda pobierana na najwyższej kondygnacji budynku.

- \*\* g1R – zapach roślinny oznaczany na gorąco;  
g1S – zapach specyficzny (chlor).

- \*\*\* NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie

Tabela II. Wyniki badań bakteriologicznych wody rozprowadzanej rurami z różnych materiałów  
Results of bacteriological studies of water flowing in pipelines of various materials

Nr próbki	Rodzaj materiału*	Miejsce poboru próbki	Ogólna liczba bakterij / 1 cm <sup>3</sup> w temperaturze		Ogólna liczba zarodników / 1 cm <sup>3</sup>	Bakterie grupy coli / 100 cm <sup>3</sup>	Bakterie grupy coli typ fekalny / 100 cm <sup>3</sup>	Pseudomonas aeruginosa / 100 cm <sup>3</sup>
			37°C	20°C				
1	-	na wejściu do budynku	3	0	2	0	0	0
2	PP	VIII p. kuchnia	1	0	1	0	0	0
3	PP	VIII p. łazienka	2	0	3	-	-	0
4	PP	VIII p. kuchnia	0	1	0	-	-	0
5	-	na wejściu do budynku	1	0	0	0	0	0
6	PP	X p. gabinet lekarski	1	0	0	0	0	0
7	PP	IX p. kuchnia	2	2	1	-	-	0
8	PP	X p. gabinet lekarski	0	0	3	-	-	0
9	-	na wejściu do budynku	0	1	2	0	0	0
10	PCV	IV p. kuchnia	1	0	1	0	0	0
11	PCV	IV p. łazienka	2	0	2	-	-	0
12	PCV	IV p. łazienka	2	2	7	-	-	0
13	-	na wejściu do budynku	1	7	1	0	0	0
14	PCV	IV p. łazienka	1	1	4	0	0	0
15	PCV	IV p. łazienka	0	0	3	-	-	0
16	PCV	IV p. kuchnia	0	1	1	-	-	0
17	-	na wejściu do budynku	2	0	3	0	0	0
18	PCV	X p. łazienka	1	0	1	0	0	0
19	PCV	X p. kuchnia	1	0	0	-	-	0
20	PCV	X p. łazienka	0	0	2	-	-	0
21	-	na wejściu do budynku	0	0	1	0	0	0
22	PCV	X p. kuchnia	1	0	1	0	0	0
23	PCV	X p. łazienka	1	1	1	-	-	0
24	PCV	X p. łazienka	1	2	1	-	-	0
25	-	na wejściu do budynku	0	1	0	0	0	0
26	Cu	IV p. kuchnia	2	0	2	-	-	0
27	Cu	IV p. łazienka	1	0	7	-	-	0
28	-	na wejściu do budynku	0	0	1	0	0	0
29	Cu	I p. kuchnia	2	1	0	-	-	0
30	Cu	I p. łazienka	5	1	2	-	-	0
31	Stal	na wejściu do budynku	0	0	1	0	0	0
32	Stal	V p. laboratorium PZH	0	0	0	-	-	0
33	Stal	V p. laboratorium PZH	0	0	1	0	0	0
34	Stal	VIII p. laboratorium PZH	1	0	1	-	-	0

\* PP - polipropylen;  
PCV - polichlorek winylu;  
Cu - miedź.

osadzają się organiczne i nieorganiczne związki pochodzące zarówno z wody jak i z materiałów, z których wykonane są rury i ich powłoki ochronne [6, 15].

Jakość bakteriologiczna wody przesyłanej rurami z utworzonym na ich wewnętrznej powierzchni biofilmem może być bardzo dobra do momentu, gdy nie zostaną oderwane strzępy błony. Oderwanie strzępów błony może nastąpić po całkowitym wyczerpaniu się związków odżywczych i degradacji komórek, pociągającej za sobą rozluźnienie struktury błony, jak też przy nagłym zwiększeniu ciśnienia przesyłanej wody, czy utworzeniu podciśnienia powodującego zassanie powietrza i zakłócenie kierunku przepływu. Z tego względu konieczna jest ciągła kontrola mikrobiologiczna jakości wody przeznaczonej do picia i na potrzeby gospodarcze, a otrzymane wyniki badań są nie tylko oceną skuteczności dezynfekcji wody, ale również na ich podstawie można ocenić stan techniczny sieci wodociągowych.

Hydrobiologiczna analiza jakościowo-ilościowa pobranych próbek wody wodociągowej wykazała, że w wodzie występowały nieliczne mikroskopowe organizmy roślinne i zwierzęce. Wyniki badań przedstawiono w tabeli III.

Tabela III. Występowanie mikroskopowych organizmów wodnych w wodzie rozprowadzanej rurami z różnych materiałów

Occurence of aquatic microorganisms in water flowing in pipelines of various material

Rodzaj materiału*	Kondygnacja w budynku**	Liczba organizmów w 1 dm <sup>3</sup>		Suma organizmów w 1 dm <sup>3</sup>
		Roślinne	Zwierzęce	
PP	dolna	2	4	6
PP	górna	1	2	3
PP	dolna	1	2	3
PP	górna	0	0	0
PCV	dolna	5	3	8
PCV	górna	5	6	11
PCV	dolna	5	6	11
PCV	górna	7	6	13
Cu	dolna	1	5	6
Cu	górna	0	0	0
Cu	dolna	3	3	6
Cu	górna	0	0	0
Stal	dolna	9	7	16
Stal	górna	8	10	18

- \* PP – polipropylen;  
PCV – polichlorek winylu;  
Cu – miedź.

- \*\* dolna – miejsce pobrania próbek wody doprowadzanej do budynku;  
górna – miejsce pobrania próbek wody przewodzonej rurami przez całą ich długość.

Woda zawierała pojedyncze martwe okrzemki (*Bacillariophyceae*) i pierwotniaki (*Protozoa*). W kilku próbkach napotkano zmacerowane wrotki (*Rotatoria*) i pojedyncze saprofityczne nicienie (*Naematoda*, *Rabditidae*). Wszystkie organizmy należały do analogicznych jednostek taksonomicznych jak w ujmowanej wodzie rzeki Wisły. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują na to, że w czasie ciągłej eksploatacji przewodów organizmy te nie znajdują sprzyjających warunków do bytowania. Jednocześnie wyniki te pozwalają na stwierdzenie, że jakość wody wodociągowej w Warszawie pod względem hydrobiologicznym uległa znacznej poprawie w porównaniu do lat ubiegłych [12]. Poprzednio woda zawierała znaczne, dochodzące do kilku tysięcy ilości organizmów, a obecnie liczebność ich nie przekracza kilkunastu w 1 dm<sup>3</sup> wody.

#### WNIOSKI

1. Badania fizyko-chemiczne, bakteriologiczne i hydrobiologiczne nie wykazały istotnych różnic jakości wody przesyłanej rurociągami z polipropylenu polichlorunku winylu, miedzi i stali;
2. Jakość wody przesyłanej przewodami z polipropylenu, polichlorunku winylu, miedzi i stali odpowiadała Rozporządzeniu MZiOS i nie budzi zastrzeżeń pod względem zdrowotnym.

B. Wichrowska, D. Życiński, B. Krogulska, R. Szlachta, B. Ranke-Rybicka, J. Kozłowski

#### THE EFFECT OF PIPELINES ON THE QUALITY OF DRINKING WATER

##### Summary

The purpose of the study was to assess the effects of various pipelines on drinking water quality. For the study carried out in Warsaw buildings were chosen in which the installations were made of polypropylene, polyvinyl chloride, copper and steel. Water samples were taken from the sites of water leading to the buildings and from the highest floors, if possible. Physicochemical studies included determination of turbidity, colour, odour, pH, hardness, chlorides, ammonia, nitrates, nitrites, oxidability, manganese, iron, lead, cadmium, copper and zinc content. Bacteriological tests included determination of total microorganism count at 20° C and 37°C, total number of sporing bacteria and *Pseudomonas aeruginosa*. The hydrobiological testing of water samples included quantitative and qualitative analysis of macroscopic and microscopic plant and animal organisms. All studies were carried out according to Polish Standards and the methods of the State Institute of Hygiene. The results of the physicochemical, bacteriological and hydrobiological tests failed to show any effect of the material of pipelines on the quality of drinking water in the range of the determined parameters.

#### PIŚMIENNICTWO

1. *Arens P., Tuschewitzki G.J., Wollmann M., Follner H., Jacobi F.*: Indicators for microbologically induced corrosion of copper pipes in a cold – water plumbing system. Zbl. Hyg. 1995, 196, 444. – 2. *De Beer D., Stoodley P., Lewandowski Z.*: Liquid flow in heterogenous biofilms. Biotechnol. Bioeng., 1994, 44, 636. – 3. *Buczowska Z., Ziemińska S., Geschwind Z.*: Metodyka bakteriologicznego badania wody. Oznaczanie wskaźnika *coli* metodą filtrów membranowych. Wyd. Med. PZH 1965, 3, (14). – 4. *Czarnowska M.*: Agresywność korozyjna wód wodociągowych w niektórych miastach Polski w odniesieniu do istniejących materiałów instalacyjnych. INSTAL



- 1996, 5, 2. – 5. *Demińska J.*: Ocena agresywności korozyjnej wód wodociągowych w stosunku do materiałów instalacyjnych. *GWiTS* 1993, 67, 274. – 6. *Grubert L., Tuschewitzki G.J., Patsch B.*: Scanning electron microscope studies of microbial colonization of the inner surfaces of polyethylene and steel service water pipes. *GWf – Wasser/Abwasser* 1992, 133, 310. – 7. *Iverson W.P.*: Microbial corrosion of metals. *Adr. Appl. Microbiol.* 1988, 32, 1. – 8. *Kreevil C.W., Rogers J., Walker J.T.*: Potable – Water Biofilms. *Microbiology Europe* 1995, 3, 10. – 9. *Kowal A.L., Świdorska-Bróz M.*: *Oczyszczanie wody*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1996;
10. *Ostrowski M., Skłodowska A.*: *Małe bakterie, wielka miedź*. Wyd. SCI-ART, Warszawa 1966. – 11. *Ranke-Rybicka B., Rybak M.*: *Metody badania wody. Metodyka wykonania analizy hydrobiologicznej wody używanej do picia i potrzeb gospodarstwa domowego*. Wyd. Met. PZH 1980. – 12. *Ranke-Rybicka B., Łuczak J.*: Zmiany jakościowo-ilościowe organizmów mikroskopowych występujących w wodzie z Wodociągu Centralnego w Warszawie. *Roczn. PZH* 1986, 37, 249. – 13. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze. *Dz.U.* nr 35, poz. 205 z 1990 r. – 14. *Schoenen D., Wehse A.*: Mikrobielle Kontamination des Wassers durch Rohr – und Schlauchmaterialien. 1. Mitteilung: Nachweis von Koloniezahlveränderungen. *Zbl. Bakt. Hyg. B* 1988, 186, 108. – 15. *Schoenen D.*: Influence of materials on the microbiological colonization of drinking water. *Aqua* 1989, 38, 101. – 16. *Sick H.*: Die Wirkung von Kupfer auf Mikroorganismen im Trinkwasser. *Sanitär und Heizungstechnik* 1992, 4, 222. – 17. *Tuschewitzki G.J.*: Induktion einer mikrobiellen Wandbesiedlung in Trinkwasserdurchströmten Kupferrohren. *Zbl. Hyg.* 1990, 190, 62.

Otrzymano: 1997.03.18