

SKŁAD CHEMICZNY WODY W SIEDLECKIEJ SIECI WODOCIĄGOWEJ

Dorota KALEMBASA, Dawid JAREMKO

Akademia Podlaska w Siedlcach, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej

Słowa kluczowe: ICP-AES, makro- i mikroelementy, woda wodociągowa

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań składu chemicznego wody wodociągowej w mieście Siedlce. Punkty pobierania próbek do badań wyznaczono na wyjściu ze stacji uzdatniania, skąd woda jest kierowana do sieci miejskiej, oraz w 18 kurkach czerpalnych położonych w różnych dzielnicach miasta. Próbki wody pobrano w czterech terminach, w odstępach kwartalnych, w latach 2004/2005. Badano w nich zawartość 26 pierwiastków metodą ICP-AES. Uzyskane dane opracowano statystycznie. Stwierdzono, że jakość wody uzdatnionej przekazywanej do systemu dystrybucji w Siedlcach spełnia wszystkie normy w zakresie wskaźników objętych badaniami. Jej jakość w wyniku wtórnego zanieczyszczenia ulega niewielkiej zmianie w czasie transportu. Nie zaobserwowano znacznych przekroczeń dopuszczalnych stężeń składników mineralnych w próbkach wody, a niewielkie ponadnormatywne ilości wystąpiły w małej liczbie analizowanych próbek.

WSTĘP

Źródłem wody do picia dla miasta Siedlce (około 80 tys. ludności) są głównie mioceńskie pokłady wodonośne (100–120 m ppt) z okresu trzeciorzędowego oraz, w mniejszej części, pokłady plejstoceńskie (30–40 m ppt) z czwartorzędu. Siedlce pobierają wodę łącznie z 35 studni głębinowych. Gwarantuje to jej dobrą jakość pod względem bakteriologicznym, a znajdujące się w niej ponadnormatywne ilości związków żelaza i manganu są usuwane w stacjach uzdatniania. Proces technologiczny uzdatniania wody polega na jej napowietrzaniu i filtracji jednostopniowej przez złożo katalityczne lub dwustopniowej przez filtry ciśnieniowe z wypełnieniem zwirowym. W celu zapewnienia stabilnych parametrów ciśnieniowych na wejściu do miejskiej sieci wodociągowej stosuje się płynną regulację

wydajności pomp. Długość sieci wodociągowej wynosi około 350 km. Istotną rolę w procesie zaopatrzenia ludzi w wodę odgrywa możliwość jej wtórnego zanieczyszczenia. W systemie dystrybucji wody wodociągowej przebiegają fizyczne, chemiczne i biochemiczne procesy, wpływające na jakość wody dostarczanej odbiorcom [ŚWIDERSKA-BRÓZ, 2003]. W czasie przepływu wody od stacji poboru i uzdatniania do punktów (kurków) czerpalnych użytkownika często następuje pogorszenie jej jakości. Najbardziej narażone na wtórne zanieczyszczenie są wody niestabilne chemicznie i biologicznie, gdyż powodują one korozję metalowych elementów sieci wodociągowych i instalacji wewnętrznych.

Celem badań było zbadanie składu chemicznego wody wodociągowej dostarczanej mieszkańcom miasta Siedlce.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Punkty poboru próbek do badań wyznaczono na wyjściu ze stacji uzdatniania (skąd woda jest kierowana do sieci miejskiej) oraz w 18 kurkach czerpalnych, położonych w różnych dzielnicach miasta (ul. 11 Listopada – źródło miejskie, ul. 3 Maja, ul. Aleksandrowska, ul. Armii Krajowej – źródło miejskie, ul. Mieszka, ul. Modrzewiowa, ul. Piłsudskiego – źródło miejskie, ul. Pomorska, ul. Poniatowskiego, ul. Poznańska, ul. Prusa, ul. Sobieskiego, ul. Sokołowska, ul. Świrskiego – źródło miejskie, ul. Wiatraczna, ul. Wyszyńskiego, ul. Żeglarska, ul. Żytia). Próbkę wody pobierano w czterech terminach, w odstępach kwartalnych, w latach 2004/2005.

Badano stężenie 26 pierwiastków metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP-AES) za pomocą spektrometru Optima 3200RL. Zastosowana metoda umożliwia jednoczesne oznaczenie wielu pierwiastków na niskich poziomach wykrywalności, przy stosunkowo małym wpływie matrycy próbek [BOSS, FREDEEN, 1999; STANKIEWICZ i in., 2003]. Pobrane próbki wody utrwalano stężonym kwasem azotowym (V) w ilości odpowiadającej przygotowanym roztworom wzorcowym i bezpośrednio poddawano analizie (dodawano po 2 cm³ kwasu do 48 cm³ wody).

WYNIKI BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że stężenie dwunastu z analizowanych pierwiastków (Pb, Cd, Ni, As, Cr, Sn, Al, Co, Mo, Ti, V, Se) mieściło się poniżej granic wykrywalności metody, przy czym wartości graniczne były w większości przypadków mniejsze od największych dopuszczalnych stężeń (tab. 1).

Stężenie P, K, Ca, Mg, Na, B, Li, Ba i Sr w próbkach wody z punktów czerpalnych było mało zróżnicowane i stosunkowo niewiele różniło się od stężenia w próbkach wody uzdatnionej na wejściu do sieci wodociągowej. Największe zmiany jakości wody w trakcie transportu oraz dość duże różnice stężenia stwierdzono w przypadku S, Fe, Mn, Cu i Zn (tab. 2).

Zbadano także wpływ terminu poboru próbki na wtórne zanieczyszczenie wody w sieci wodociągowej (tab. 3). Istotne zróżnicowanie zanotowano w przypadku żelaza i cynku, nieco mniejsze – miedzi i manganu.

Tabela 1. Granice wykrywalności metody i normy jakości wody do picia ustalone w przepisach Unii Europejskiej, przepisach polskich i wytycznych WHO**Table 1.** Detection limits of the method, drinking water quality standards in European Union, Poland and WHO recommendations

Pierwiastek Element	Dopuszczalne stężenie wg Maximal allowable concentration according to:			Granica wykrywalności ¹⁾ Detection limit ¹⁾
	wytycznych WHO z 1998 r. WHO recommen- dations from 1998	Dyrektywy 80/788/EC z 1998 r. EU Directive 80/788/EC of the year 1998	Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2007 r. Order of the Minister of Health from 2007	
	mg·dm ⁻³			
Pb	0,01	0,05	0,025	0,008
Cd	0,003	0,005	0,005	0,0009
Ni	0,02	0,02	0,02	0,002
As	0,01	0,01	0,01	0,02
Cr	0,05	0,05	0,05	0,001
Sn	–	–	–	0,004
Al	0,2	0,2	0,2	0,05
Co	–	–	–	0,001
Mo	–	–	–	0,001
Ti	–	–	–	0,0004
V	–	–	–	0,001
Se	0,01	0,01	0,01	0,05

¹⁾ Granice wykrywalności obliczono jako trzykrotne odchylenie standardowe (3σ) próby zerowej ($n = 20$, czas integracji = 50 s).

¹⁾ Detection limits are calculated as three times the standard deviation (3σ) of the blank ($n = 20$, integration time = 50 s).

Stwierdzono, że stężenie żelaza w próbkach wody wodociągowej wynosiło 0,009–1,043 mg·dm⁻³. Zawartość tego pierwiastka często była większa w próbkach wody pobieranych u konsumenta, niż w próbkach wody wprowadzonej do sieci wodociągowej. Ponadnormatywne stężenia zaobserwowano w trzech punktach poboru – na ulicach Armii Krajowej, 11 Listopada i Poniatowskiego. Znacznie więcej żelaza (więcej niż najwyższe dopuszczalne stężenia) zanotowano w dwóch ulicznych źródłach (na Armii Krajowej i 11 Listopada) w próbkach pobranych w terminie wiosennym. Tłumaczyć to można korozją instalacji wodociągowej spowodowaną stagnacją wody podczas zimowej przerwy w korzystaniu ze źródła miejskiego.

Stężenie manganu w analizowanej wodzie wynosiło 0,001–0,076 mg·dm⁻³. Woda pobierana ze złóż podziemnych poddana procesowi odmanganiania zawierała śladowe ilości tego pierwiastka i jej jakość pod tym względem nie zmieniała się w trakcie transportu.

Stężenie cynku w próbkach wody wynosiło 0,021–4,682 mg·dm⁻³. Dużą rozpiętość zawartości tego pierwiastka w analizowanych próbkach wody można wytłumaczyć jakością i stanem technicznym instalacji wodociągowej.

Tabela 2. Stężenie pierwiastków w wodzie wodociągowej miasta Siedlce**Table 2.** Concentration of elements in tap water in Siedlce

Pierwiastek Element	Stężenie w wodzie wprowadzanej do sieci wodociągowej Concentration in water delivered into the water supply system	Średnie stężenie w próbkach wody z punktów czerpalnych Mean concentration in investigated tap water samples	SD
	mg·dm ⁻³		
P	0,066	0,076	0,007
K	1,606	1,589	0,078
Ca	74,285	73,908	2,181
Mg	10,081	9,530	0,816
Na	3,699	4,180	0,354
S	3,217	7,283	3,841
Fe	0,018	0,064	0,084
Mn	0,004	0,007	0,009
B	0,029	0,037	0,009
Li	0,006	0,006	0,001
Ba	0,043	0,036	0,005
Sr	0,257	0,203	0,041
Cu	0,015	0,022	0,028
Zn	0,527	0,637	0,712

Objaśnienie: SD – odchylenie standardowe. Explanation: SD – standard deviation.

Tabela 3. Statystyczna ocena stężeń wybranych pierwiastków w badanych próbkach wody wodociągowej z punktów czerpalnych pobranej w poszczególnych kwartałach roku**Table 3.** Statistical assessment of selected elements content in tap water samples collected in particular quarters

Pierwiastek Element	Stężenie w próbkach Concentration in tap water samples							
	min	max	średnia mean	SD	min	max	średnia mean	SD
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	I kwartał I quarter				II kwartał II quarter			
P	0,000	0,060	0,031	0,018	0,022	0,046	0,033	0,008
K	1,276	1,719	1,501	0,109	1,286	1,648	1,400	0,094
Ca	72,515	84,015	77,083	3,215	67,299	81,481	72,134	3,538
Mg	8,355	11,307	9,553	0,891	8,283	11,722	9,504	1,021
Na	2,808	3,813	3,205	0,309	3,702	4,914	4,238	0,401
S	3,289	18,843	9,050	4,826	2,731	14,899	7,878	4,315
Fe	0,017	1,043	0,122	0,267	0,035	0,315	0,072	0,073
Mn	0,001	0,051	0,006	0,011	0,001	0,076	0,010	0,019
B	0,056	0,112	0,071	0,014	0,016	0,022	0,019	0,002

cd. tab. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Li	0,004	0,007	0,006	0,001	0,004	0,007	0,006	0,001
Ba	0,029	0,046	0,038	0,006	0,026	0,046	0,036	0,007
Sr	0,138	0,261	0,200	0,045	0,140	0,259	0,207	0,043
Cu	0,005	0,138	0,026	0,036	0,004	0,134	0,020	0,030
Zn	0,063	4,682	0,974	1,240	0,054	3,178	0,749	0,977
		III kwartał	III quarter			IV kwartał	IV quarter	
P	0,174	0,217	0,193	0,015	0,018	0,067	0,043	0,014
K	1,258	1,534	1,343	0,068	1,946	2,460	2,152	0,156
Ca	66,635	73,086	69,912	1,830	74,881	79,060	76,432	1,129
Mg	8,581	10,726	9,595	0,671	8,705	10,397	9,492	0,581
Na	4,951	5,980	5,416	0,346	2,991	4,505	3,708	0,525
S	1,410	7,403	4,023	2,338	1,965	14,746	7,347	4,579
Fe	0,009	0,043	0,018	0,009	0,009	0,207	0,033	0,050
Mn	0,002	0,024	0,005	0,005	0,001	0,058	0,005	0,013
B	0,016	0,093	0,039	0,021	0,013	0,025	0,017	0,003
Li	0,005	0,006	0,006	0,001	0,005	0,008	0,006	0,001
Ba	0,028	0,043	0,037	0,005	0,029	0,044	0,036	0,005
Sr	0,134	0,258	0,210	0,041	0,159	0,267	0,211	0,044
Cu	0,009	0,101	0,022	0,022	0,002	0,076	0,012	0,017
Zn	0,021	2,033	0,279	0,463	0,032	2,752	0,474	0,721

Stężenie miedzi wynosiło od 0,002 do 0,138 mg·dm⁻³ i było znacznie mniejsze od dopuszczalnego.

W celu stwierdzenia istotności różnic stężeń pierwiastków w poszczególnych próbkach wody oraz terminach poboru przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji oraz test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Stwierdzono statystycznie istotne różnice stężeń manganu, miedzi i cynku między punktami czerpalnymi oraz statystycznie istotny wpływ terminu poboru na stężenie cynku. Zawartość miedzi w wodzie pitnej z domów przy ulicy Sobieskiego i Modrzewiowej, w których były zainstalowane przewody miedziane istotnie różniła się od zawartości w pozostałych próbkach. Zawartość cynku w wodzie z ulicy Żeglarskiej i Sobieskiego, a także znacznie większe jego stężenie w wodzie pobieranej wiosną niż w pozostałych porach roku, także różniło się istotnie od stężenia w wodzie pobieranej z innych miejsc.

WNIOSKI

1. Jakość uzdatnionej wody wodociągowej przekazywanej do systemu dystrybucji w Siedlcach spełnia wszystkie normy w zakresie wskaźników objętych badaniami.
2. Jakość analizowanej wody wodociągowej w niewielkim stopniu ulegała zmianie w czasie transportu, w wyniku wtórnego zanieczyszczenia. Stężenie ponadnormatywne

badanych pierwiastków obserwowano sporadycznie i w niewielkim stopniu, głównie w punktach czerpalnych, gdzie materiałami budującymi urządzenia instalacyjne są stalowe rury ocynkowane lub miedziane.

LITERATURA

- BOSS C.B., FREDEEN K.J., 1999. Concepts, instrumentation and techniques in inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Norwalk: Perkin-Elmer.
- Dyrektywa Rady Unii Europejskiej z dnia 3 listopada 1998 roku 98/83/EC o jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. OJ no L 330/5.12.98 s. 32–54.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. nr 61 poz.417.
- STANKIEWICZ A., JAMSHEER-MYDŁOWSKA M., WICHROWSKA B., 2003. Zastosowanie metody ICP-AES do oznaczania metali w wodzie przesyłanej konsumentom w wybranych dzielnicach Warszawy. W: Mikrozanieczyszczenia w środowisku człowieka. Mater. konf. Częstochowa: Wydaw. PCz. s. 324–328.
- ŚWIDERSKA-BRÓZ M., 2003. Wtórne zanieczyszczenie wody w systemie jej dystrybucji. W: Mikrozanieczyszczenia w środowisku człowieka. Mater. konf. Częstochowa: Wydaw. PCz. s. 13–22.

Dorota KALEMBASA, Dawid JAREMKO

CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER IN SIEDLCE

Key words: ICP-AES, macro- and microelements, tap water

S u m m a r y

Results of chemical analyses of the tap water in Siedlce are presented in this paper. Samples of water were taken from water treatment station and from eighteen taps situated in various parts of the town. Quarterly investigations included analysis of total concentrations of twenty six elements by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). The resulting data were processed statistically. It was found that treated water in Siedlce water supply system meets the requirements for drinking water. Quality of water slightly worsens during transport due to secondary contamination, but this happened sporadically.

Recenzenci:

prof. dr hab. Jan Dojlido

prof. dr hab. Jerzy Drozd

Praca wpłynęła do Redakcji 28.01.2008 r.