

WPLYW ROZBIORU WODY WODOCIĄGOWEJ NA ZAWARTOŚĆ Fe, Al, Zn, Pb U WYBRANYCH KONSUMENTÓW W POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI KRAKOWA

THE IMPACT OF WATER USE PATTERN ON THE CONTENT OF Fe, Al, Zn, Pb AT SELECTED CONSUMER'S TAPS IN SOUTHERN KRAKÓW

JAROSŁAW STASZCZAK¹, BEATA KŁOJZY-KARCZMARCZYK¹

Abstrakt. Dla znacznej części Krakowa oraz wielu podkrakowskich miejscowości podstawowym źródłem zaopatrzenia sieci wodociągowej są wody rzeki Raby. W pracy przeprowadzono analizę wpływu rozbioru wody wodociągowej na jej skład fizykochemiczny u wybranych konsumentów. Opróbowanie przeprowadzono w wybranych punktach czerpalnych – w kranach w dwóch zabudowaniach indywidualnych, zlokalizowanych na południowych obrzeżach Krakowa. Pobór próbek wody do analizy wykonano trzykrotnie (w 2009, 2012 oraz na początku 2013 roku). Z przeprowadzonych badań składu fizykochemicznego wody pobieranej w cyklu dobowym w zróżnicowanych odstępach czasowych wynika, że zawartości Fe, Al, Zn i Pb są zmienne. Jakość wody pobieranej przez odbiorców w badanych punktach czerpalnych spełnia wymagania stawiane wodzie przeznaczonej do spożycia, jedynie po okresie stagnacji wody zaobserwowano chwilowy wzrost stężenia Fe i Al. We wszystkich seriach pomiarowych stwierdzono wpływ rozbioru wody wodociągowej na zawartość żelaza ogólnego. W przypadku innych oznaczanych składników nie zaobserwowano takiej zależności. Do czynników kształtujących charakter fizykochemiczny wody dostarczanej do konsumentów zalicza się wielkość zużycia wody oraz materiał, z którego wykonano poszczególne instalacje sieci wodociągowej.

Słowa kluczowe: żelazo, cynk, ołów, glin, rozbiór wody, sieć wodociągowa, ujęcie wód Raby.

Abstract. Analysis of the impact of water use pattern on the physicochemical composition of the water at selected consumers' homes was conducted, as the Raba River is the main source of water for a large part of Kraków and many villages around. Samples were taken at two water draw-off points, i.e. at taps of detached houses located on the southern outskirts of the city of Kraków. Water samples for the analysis were taken three times (in 2009, 2012 and early 2013). The studies of physicochemical composition of the water sampled in a daily cycle at different time intervals showed a variability in the content of Fe, Al, Zn and Pb. In general, the quality of water consumed by the customers at these points was within the acceptable limits for water intended for human consumption. However, after a period of stagnation there was a temporary increase in the concentration of iron and aluminium. All samples taken show the impact of water use pattern on the total iron content. No such dependence has been observed in the case of the other components. One of the factors affecting the physicochemical nature of the water supplied to the consumers may be the amount of water consumption as well as the material from which the different network systems have been made.

Key words: iron, zinc, lead, aluminium, water use pattern, water supply network, Raba River water intake.

¹ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków;
e-mail: jaro@min-pan.krakow.pl, beatakk@min-pan.krakow.pl

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Możliwość wzbogacania wody w sieciach wodociągowych w metale i metaloidy, w tym Pb, Ni, Cd, As oraz Cr, Cu, Fe, Mn i Zn, udokumentowano w pracach wielu autorów (m.in. Kowal, 1997; Świdarska-Bróz, Wolska, 2004; Postawa, Witczak, 2011; Górski, Siepak, 2011). Jakość wody przeznaczonej do spożycia, dostarczanej siecią dystrybucyjną do odbiorców, wynika z wielu czynników, z których najważniejszym jest skład fizykochemiczny wody pozyskiwanej z konkretnego ujęcia. Jakość wody wynika również z procesów jej uzdatniania i ługowania poszczególnych składników z sieci wodociągowej oraz armatury i instalacji wewnętrznych budynków (Postawa, Witczak, 2011). Istotnymi czynnikami kształtującymi charakter fizykochemiczny wody dostarczanej do konsumentów są więc czas przebywania (stagnacji) wody w sieci wodociągowej i wielkość jej zużycia.

Dla wielu mieszkańców Krakowa oraz podkrakowskich miejscowości źródłem zaopatrzenia sieci wodociągowej są wody rzeki Raby. Badania wykonano w celu określenia wpływu rozbioru wody wodociągowej na jej skład fizykochemiczny bezpośrednio u konsumentów. Opróbowanie przeprowadzono w dwóch punktach czerpalnych, tj. w kranach dwóch zabudowań indywidualnych, zlokalizowanych na południowych obrzeżach Krakowa w odległości około 50 m od siebie. W obu przypadkach instalację wewnątrz budynków wykonano ze stalowych rur, a baterie czerpalne – z mosiądzu. Wytypowane obiekty mają podobną instalację,

jednak zupełnie inne zużycie wody. W starszym budynku (instalacja wewnętrzna pochodzi z lat 50. XX w.) mieszka jedna osoba, która prowadzi oszczędny tryb zużycia wody. W młodszym budynku (zbudowanym pod koniec lat 80. ubiegłego stulecia) mieszkają cztery osoby, co wiąże się z większym zużyciem wody. Proces dostarczania wody dla mieszkańców obiektów objętych badaniami, z uwzględnieniem zasilania wodami rzeki Raby, przedstawiono na schemacie blokowym (fig. 1).

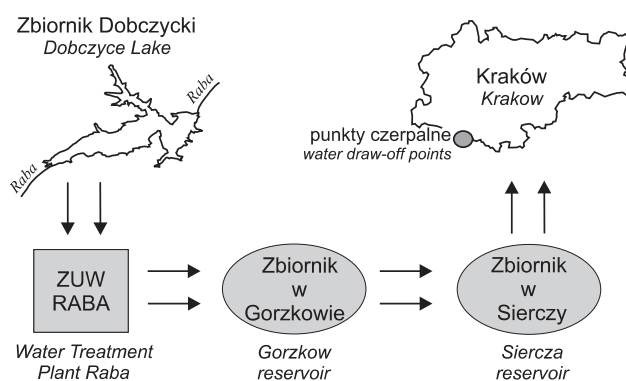


Fig. 1. Schemat procesu dostarczania wody do sieci wodociągowej w południowej części Krakowa

Diagram of the process of water supply to the water supply network in the southern part of Krakow

METODY BADAŃ

Pobór wód prowadzono bezpośrednio z baterii czerpalnych (kranów) użytkowanych przez mieszkańców. Po raz pierwszy takie opróbowanie przeprowadzono w 2009 roku (Staszczak, 2010; Postawa, Witczak, 2011). Badania kontynuowano w kwietniu 2012 roku (Kłojzy-Karczmarczyk, Staszczak, 2012) oraz w lutym 2013 roku. W 2009 roku pierwszy pobór wykonano o godzinie 18.00, po czterech dniach stagnacji wody w instalacji sieciowej starszego budynku. W młodszym budynku woda nie stagnowała przed pierwszym poborem. W latach 2012 i 2013 pobór próbek wody w obydwu obiektach rozpoczęto o godzinie 5.00, po ok. sześciogodzinnej stagnacji wody w sieci. Probki pobierano w ciągu doby w zróżnicowanych odstępach czasowych – w 2009 roku co godzinę, w latach 2012 i 2013 co 2–4 godziny. Po każdym opróbowaniu sprawdzano stan wodomierza,

a zapis pomiarów przedstawiono na wykresach (fig. 2). Wszystkie próbki pobierano, utrwalano, przechowywano i transportowano z uwzględnieniem wytycznych podawanych w pracach Postawy, Witczaka (2010) oraz Postawy (2012). Przeprowadzone opróbowanie spełnia kryteria metody losowej bez wcześniejszego przepłukiwania instalacji, uznawanej za optymalną metodę monitoringu wód przeznaczonych do spożycia (Postawa, Witczak, 2011). Opróbowanie po nocnej stagnacji wody również przeprowadzono bez uprzedniego przepłukiwania instalacji. Oznaczenia zawartości poszczególnych składników w próbkach przeprowadzono z wykorzystaniem spektrometru atomowego z detektorem masowym ICP-MS (Elan 6100, Perkin Elmer) oraz spektrometru emisyjnego ze wzbudzeniem plazmowym ICP-OES (Optima 7000 DV, Perkin Elmer).

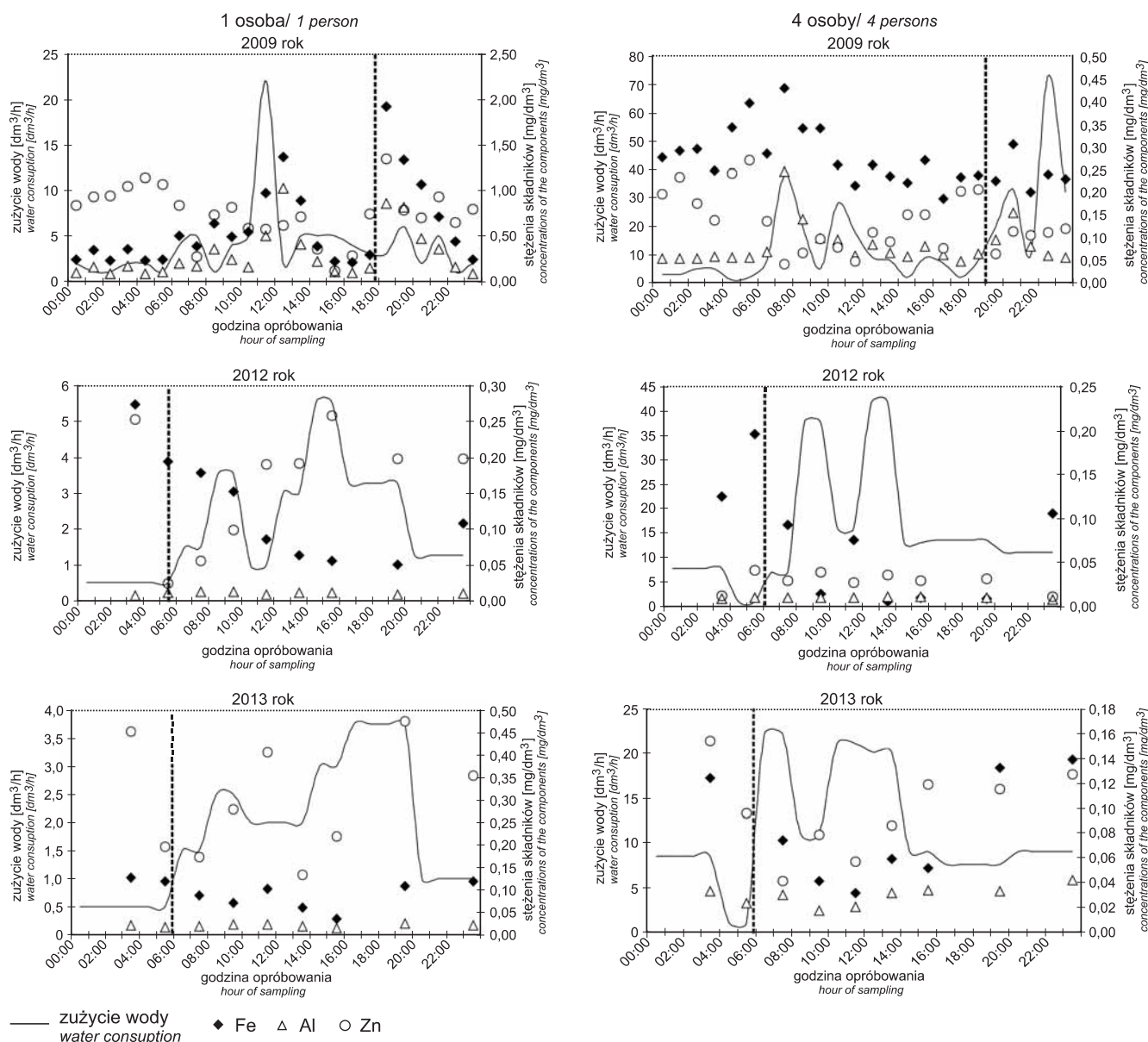


Fig. 2. Zmienność stężenia Fe_{tot} , Al, Zn w wodach pobieranych w cyklu dobowym z baterii czerpalnych na tle zużycia wody (badania 2009 r. wg Staszczaka, 2010; Postawy, Witczaka, 2011)

Variability of Fe_{tot} , Al, Zn concentration in tap water over 24 h against water consumption (research 2009 after Staszczak, 2010; Postawa, Witczak, 2011)

ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Wyniki badań składu fizykochemicznego wód pobieranych w cyklu dobowym wykazały zmienność stężenia analizowanych pierwiastków. Zawartości Al, Fe, Pb i Zn wraz z zużyciem wody zestawiono w tabeli 1 oraz na wykresach (fig. 2). Zawartości składników zestawiono w tabeli 1 przedstawiają wartości średnie w odniesieniu do pory nocnej (godz. 23.00–7.00), o mniejszym zużyciu wody oraz do pory dziennej (godz. 8.00–22.00), o większym zużyciu wody.

Stwierdzono zdecydowanie większe zużycie wody w domu zamieszkałym przez czteroosobową rodzinę. Pobór wody w obiekcie zamieszkałym przez jedną osobę kształtuje

się w granicach od 44 do 93 dm^3 na dobę, natomiast w obiekcie zamieszkałym przez cztery osoby zużycie wody kształtuje się w granicach od 268 do 361 dm^3 na dobę. Większy pobór wody ma miejsce w godzinach dziennych, w godzinach nocnych jest znikomy. Zużycie wody pomierzone w obu obiektach jest mniejsze niż średnie jednostkowe zużycie wody przez mieszkańca budynku jednorodzinnego podanego w literaturze w odniesieniu do innych obszarów badawczych (Żuchowicki, Gawin, 2013). Jakość wody, pod względem analizowanych składników, ujmowanej przez wybranych konsumentów spełnia wymagania stawiane wo-

Tabela 1

**Uśrednione zawartości składników w wodzie ujmowanej przez konsumentów w kranach
na tle zużycia wody w porze dziennej i nocnej**

Average content of components in the water drawn from the taps by consumers against water consumption in day and night time

OBIEKT BADAWCZY I – 1 osoba						OBIEKT BADAWCZY II – 4 osoby					
Czas opróbowania	Uśredniona zawartość składnika [mg/dm ³]				Uśrednione zużycie wody [dm ³ /h]	Czas opróbowania	Uśredniona zawartość składnika [mg/dm ³]				Uśrednione zużycie wody [dm ³ /h]
Opróbowanie – 2009 rok (listopad)*											
	Al	Fe	Pb	Zn			Al	Fe	Pb	Zn	
Pora nocna	0,127	0,305	0,006	0,869	2,22	Pora nocna	0,078	0,311	<0,001	0,173	10,77
Pora dzienna	0,392	0,763	0,009	0,660	4,86	Pora dzienna	0,083	0,252	<0,001	0,112	16,80
Dobowe zużycie wody					93 dm ³	Dobowe zużycie wody					349 dm ³
Opróbowanie – 2012 rok (kwiecień)											
	Al	Fe	Pb	Zn			Al	Fe	Pb	Zn	
Pora nocna	0,009	0,188	0,003	0,132	0,80	Pora nocna	0,009	0,129	<0,001	0,023	6,44
Pora dzienna	0,010	0,081	0,002	0,186	2,85	Pora dzienna	0,010	0,023	<0,001	0,033	20,20
Dobowe zużycie wody					50 dm ³	Dobowe zużycie wody					361 dm ³
Opróbowanie – 2013 rok (luty)											
	Al	Fe	Pb	Zn			Al	Fe	Pb	Zn	
Pora nocna	0,020	0,113	0,002	0,294	0,78	Pora nocna	0,032	0,108	0,001	0,104	9,89
Pora dzienna	0,020	0,075	0,002	0,302	2,46	Pora dzienna	0,027	0,063	0,001	0,091	11,90
Dobowe zużycie wody					44 dm ³	Dobowe zużycie wody					268 dm ³

*Badania z 2009 roku – Staszczak, 2010; Postawa, Witczak, 2011

dzie przeznaczanej do spożycia (DzU Nr 72, poz. 466 z 2010 r.). Wyjątek stanowił chwilowy wzrost zawartości Fe, Pb i Al, przekraczający stawiane wymagania, obserwowany jedynie po dłuższej stagnacji wody (fig. 2). Zawartości Pb w wodzie w latach 2012 i 2013 były niskie i kształtowały się na poziomie 0,0004–0,0075 mg/dm³ w obiekcie I oraz 0,0008–0,0022 mg/dm³ w obiekcie II. Jedynie w 2009 roku w obiekcie I stwierdzono jednorazowe przekroczenie zawartości Pb w wodzie – 0,072 mg/dm³.

We wszystkich seriach pomiarowych zaobserwowano wpływ rozbiórki wody wodociągowej na zawartość żelaza ogólnego (tab. 1, fig. 2). Najwyższe stężenia Fe w wodzie obserwowano w godzinach nocnych, przy zdecydowanie ograniczonym jej zużyciu. W 2012 oraz 2013 roku w obiek-

cie I zawartość Fe w wodzie pobranej z punktu czerpalnego kształtowała się w godzinach nocnych na poziomie 0,09–0,27 mg/dm³, a najwyższą jego zawartość pomierzono o godzinie 3.00. W porze dziennej stężenie Fe było mniejsze, nie przekraczało 0,15 mg/dm³. W obiekcie II, przy mniejszym zużyciu wody w godzinach nocnych zawartość Fe w wodzie kształtowała się na poziomie 0,08–0,19 mg/dm³, natomiast w porze dziennej zawartość Fe była niższa i kształtowała się na poziomie 0,01–0,13 mg/dm³. Analizy wykonane w 2009 roku wykazały zdecydowanie większe zawartości Fe w wodzie (fig. 2). Mogło to być spowodowane jakością wody surowej i odmiennym sposobem jej uzdatniania, a także dłuższym czasem jej stagnacji w obiekcie zamieszkałym przez jedną osobę.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania potwierdzają zwiększenia zawartości żelaza ogólnego w wodzie ujmowanej przez konsumentów w wyniku jej dłuższego przebywania w sieci wodociągowej oraz w stalowych rurach instalacji wewnętrznej. Wzrost stężenia Fe zaobserwowano zarówno po okresie całkowitej stagnacji, jak i w porze nocnej, przy zdecydowanie mniejszym zużyciu wody w porównaniu z porą dzienną. W przypadku pozostałych oznaczanych składników nie za-

obserwowano takiej zależności, poza pojedynczymi przypadkami, występującymi po okresie dłuższej stagnacji wody. Ważnymi czynnikami kształtującymi charakter fizykochemiczny wody dostarczanej do konsumentów są wielkość zużycia wody i materiał, z którego wykonano poszczególne instalacje sieci wodociągowej. Przedstawione badania dotyczą konkretnych warunków oraz indywidualnej charakterystyki instalacji objętych analizą.

LITERATURA

- GÓRSKI J., SIEPAK M., 2011 — Metale i substancje towarzyszące w wodzie do picia u konsumentów w Poznaniu. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **445**, z. XII/1: 139–148.
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., STASZCZAK J., 2012 — Dobowa zmienność składu fizykochemicznego wód rzeki Raby pobieranych w punkcie czerpalnym. *Zesz. Nauk. IGSMiE PAN*, **82**: 173–182.
- KOWAL A.L., 1997 — Ochrona sieci wodociągowej przed korozją i zarastaniem. *Ochrona Środowiska*, **4**, 67: 3–6.
- POSTAWA A. (red.), 2012 — Best Practice Guide on Sampling and Monitoring of Metals in Drinking Water. IWA Publ., London.
- POSTAWA A., WITCZAK S., 2010 — Racjonalizacja metodyki monitoringu metali i metaloidów w wodach przeznaczonych do spożycia. *W: Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód* (red. M.M. Sozański i in.): 75–86. PZiTS, Poznań.
- POSTAWA A., WITCZAK S. (red.), 2011 — Metale i substancje towarzyszące w wodach przeznaczonych do spożycia w Polsce. AGH, Kraków.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (DzU Nr 72, poz. 466).
- STASZCZAK J., 2010 — Sezonowe i dobowe zmiany składu chemicznego wód przeznaczonych do spożycia w Krakowie [pr. magister.]. Arch. AGH, Kraków.
- ŚWIDERSKA-BRÓŹ M., WOLSKA M., 2004 — Wpływ nierównomierności rozbioru wody wodociągowej na zmianę jej jakości. *Ochrona Środowiska*, **4**: 21–23.
- ŻUCHOWICKI A.W., GAWIN R., 2013 — Struktura zużycia wody w budynkach jednorodzinnych. *Annual Set The Environment Protection (Rocznik Ochrona Środowiska)*, **15**: 924–929.

SUMMARY

The objective of the study was to analyse the impact of water use pattern on the physicochemical composition of the water at selected consumers' homes. Samples were taken three times (2009, 2012, 2013) from two water draw-off points, i.e. at taps of detached houses located on the southern outskirts of the city of Kraków. The Raba River is the source of water for the water supply network. The sampling points have similar water supply installations but they highly differ in water consumption. Water consumption in the house with one inhabitant ranges from 44 to 93 dm³ per day, and in the house with four inhabitants, it ranges from 268 to 361 dm³ per day. Water consumption is much higher during daytime and minimal at night. The study of physicochemical composition of the water used in a daily cycle showed variability in the content of individual metals. In general, the quality of water consumed by customers in these buildings is within the limits for water intended for human consumption. The exception is a temporary increase in Pb, Fe and Al content, observed only after a long period of stagnation.

All the measurements show a noticeable impact of water supply demand on total iron content. No such dependence

has been observed in the case of the other components. The highest Fe concentration was measured in the water at night, when its consumption was significantly lower. In 2012 and 2013, in the case of the house inhabited by one person, the Fe content in the tap water at night (from 11.00 pm to 7.00 am) ranged from 0.09–0.27 mg/dm³, and during the day, it was significantly lower and did not exceed 0.15 mg/dm³. A similar trend in the variability of iron content was observed in the house inhabited by four persons. With observable reduction in water consumption during the night, the Fe content in the water ranged from 0.08–0.19 mg/dm³, while during the day, the Fe content in the tap water at the consumer's was lower and ranged between 0.01–0.13 mg/dm³. Studies conducted in 2009 showed a slightly higher Fe content in the water. The studies allow formulating an assumption that the increase in the total iron content in the water drawn by the consumers may be due to its longer residence time in the water supply network and in the steel pipes of the internal system. It should be noted that the present observations relate to the specific circumstances and individual characteristics of the installations covered by the analysis.

