

Lidia RECZEK, Tadeusz SIWIEC

Zakład Wodociągów i Kanalizacji Wiejskich SGGW

Analiza zmian jakości wody z utworów trzecio- i czwartorzędowych na przykładzie wód pochodzących ze studni SGGW

Wstęp

Konieczność dostarczania dobrej jakościowo wody do picia na zaspokojenie potrzeb bytowo-gospodarczych stawia przed inżynierami pracującymi w technice wodociągowej dylemat; czy wykorzystywać źródła wód powierzchniowych (rzeki, jeziora, stawy), czy sięgać do wód podziemnych. Rozwiązanie jest możliwe po uwzględnieniu kilku aspektów, do których zalicza się niewątpliwie obecność zasobów wody w odpowiednich ilościach, jakość tych wód i zaangażowanie racjonalnych kosztów.

W przypadku możliwości korzystania z wód zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych zasadniczym kryterium rozstrzygającym o wyborze wariantów jest jakość wody. Z doświadczenia wiadomo, że wody powierzchniowe charakteryzują się znacznym zanieczyszczeniem i uzyskanie z nich dobrej jakościowo wody do picia wymusza zastosowanie wyrafinowanych technik uzdatniania, co pociąga za sobą zaangażowanie znacznych kosztów (Buiteman 1991).

W przypadku konieczności zaopatrzenia w wodę dużych miast tańszym rozwiązaniem jest wykorzystanie poboru wody powierzchniowej, a przeznaczenie większych pieniędzy na zastosowanie droższych metod uzdatniania. Innym rozwiązaniem byłoby tu wywiercenie znacznej liczby studni. Nie tylko koszty inwestycyjne takiego przedsięwzięcia są wysokie ale również znaczne są koszty eksploatacyjne, gdyż w każdej studni musi znajdować się pompa. W przypadku zaopatrzenia w wodę małych skupisk ludności częściej zwracamy się do wód podziemnych, których jakość z reguły jest wyższa niż wód powierzchniowych.

Według obiegowej opinii wody podziemne są czyste. Ta opinia wiąże się z tym, że wody podziemne mają niską i dość stabilną temperaturę, a własności organoleptyczne wody (zapach i smak) bardzo silnie zależą od jej temperatury. Im temperatura jest niższa tym zapach i smak lepszy. W rzeczywistości wody podziemne zawierają różne domieszki (Kowal i Świdorska 1996) pochodzące z utworów, w których się znajdują oraz

zanieczyszczenia pochodzące z powierzchni ziemi, gdzie znalazły się w wyniku działalności człowieka (Paczyński i in. 1993).

Zanieczyszczenia dostają się do wód gruntowych w wyniku transportu razem z wodami opadowymi. Pochodzą one z zanieczyszczeń wytwarzanych w wyniku działalności życiowej i gospodarczej człowieka. W konsekwencji powoli ale sukcesywnie jakość wód gruntowych może pogarszać się. Ocena stanu istniejącego może pozwolić na podjęcie działań technicznych i ochronnych dla zahamowania, a jeszcze lepiej odwrócenia tych niekorzystnych tendencji.

Dlatego celem niniejszego opracowania jest analiza zmian stanu zanieczyszczenia wód gruntowych pochodzących z utworów czwarto- i trzeciorzędowych na przykładzie studni zlokalizowanych na terenie Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Ważnym elementem opracowania jest ocena analiz chemicznych wód pobieranych ze studni czerpiących wodę z utworów czwartorzędowych oraz trzeciorzędowych i dokonanie oceny zmian poszczególnych parametrów w stosunku do analiz wcześniejszych.

Przegląd literatury

Literatura wyników badań jakości wód podziemnych jest dość bogata, jednak trudno jest znaleźć korelację dotyczącą zmian jakości wody, gdyż z reguły są to wyniki dotyczące różnych, często bardzo odległych terenów o dużym róż-

nicowaniu urbanistycznym. Pod uwagę powinny być brane przede wszystkim opracowania dotyczące tego samego terenu.

W dolinie Wisły miąższość czwartorzędowych piasków wodonośnych zalega przeważnie na głębokości 10–40 m. W niektórych miejscach Warszawy, jak np. w ośrodku wczasów w Powsinie czy na Bielanach, wody te nie wymagają uzdatniania. Jednak w większości wypadków zawierają one duże ilości związków żelaza, manganu, a często i azotanów. Złej jakości wody w utworach czwartorzędowych występują szczególnie na terenach Ochoty, Woli, Żoliborza i Mokotowa (Bażyński 1996). Złą jakość tych wód pogłębia stale rosnąca emisja zanieczyszczeń, które dostają się do wód z powietrza razem z opadami atmosferycznymi, ze ścieków przemysłowych i bytowo-gospodarczych, odprowadzanych do rzek lub rowów melioracyjnych bez należytego oczyszczenia lub pod postacią ścieków surowych oraz z wysypisk śmieci i innych odpadów stałych.

Inaczej należy patrzeć na zasoby wód z utworów trzeciorzędowych (oligocen-skich), które należą do jednych z najcenniejszych skarbów. Ich zasoby znajdują się znacznie głębiej, przez co są dość dobrze odizolowane od powierzchni, dlatego wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych na ich jakość jest bardzo mały. Niestety, powstające lawinowo nowe odwierty wywołują obawy o stan tych wód zarówno co do utrzymania ich zasobów, jak i co do utrzymania ich wysokich parametrów jakościowych.

Problem utrzymania wysokiej jakości wód z utworów oligocen-skich polega

przede wszystkim na zminimalizowaniu możliwości ich zanieczyszczenia. Największy problem stanowią niezbyt dobrze wykonane lub eksploatowane studnie, które przy nieszczelnych obudowach, głowicach, skorodowanych rurach osłonowych czy źle wykonanej izolacji wewnątrz studni mogą stanowić poważne zagrożenie dla wód w złożu.

Mimo obiegowych opinii o wielkiej czystości wód czerpanych z utworów oligoceńskich wody te zawierają domieszki mineralne (Latour 1996) pochodzące z rozpuszczania minerałów znajdujących się w warstwach wodonośnych (Kowal 1996). W niektórych regionach kraju mogą występować wody o znacznej zawartości tych domieszek, dlatego aby dostosować je do picia, potrzebne jest przeprowadzenie nie tylko odżelaziania i odmanganiania, ale również zastosowania dość skomplikowanych metod uzdatniania (Paczyński 1993).

Charakterystyka NBSW SGGW

Naukowo-Badawcza Stacja Wodociągowa Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (NBSW SGGW) zlokalizowana jest na terenie uczelni w Ursynowie. Stacja ta korzysta z dwóch rodzajów wód. Z wody pochodzącej z utworów czwartorzędowych i pochodzącej z utworów trzeciorzędowych.

Woda z utworów czwartorzędowych czerpana za pomocą dwóch studni o głębokości ok. 30 m i tłoczona przez ciąg technologiczny do budynków uczelnianych zlokalizowanych w Ursynowie, sta-

nowiąc ich jedyne źródło wody. Woda ta posiada ponadnormatywną zawartość soli żelaza i manganu, dlatego przed wtłoczeniem do sieci przechodzi w stacji cykl odżelaziania i odmanganiania.

Woda z utworów trzeciorzędowych czerpana jest z warstw głębszych za pomocą jednej studni o głębokości 275 m. Zawiera ona ponadnormatywną zawartość żelaza, stąd przed dostarczeniem jej do punktów odbioru przebiega cykl odżelaziania. Woda ta przeznaczona jest jedynie do zaopatrywania okolicznych mieszkańców w wodę zdatną do picia w źródle publicznym. Posiadanie przez uczelnię wyżej scharakteryzowanego obiektu stanowi wspaniałą możliwość prowadzenia badań nad zachowaniem się tych wód w dłuższym okresie, a szczególnie nad ich parametrami jakościowymi.

Zakres badań

W celu zobrazowania tendencji zmian jakości wody pochodzących z utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych (oligoceńskich) wykonano serię badań wody surowej, której wyniki zostały porównane z analizami wcześniejszymi. Obecne analizy fizykochemicznych próbek wody wykonane zostały w laboratorium Chemii i Technologii Wody Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Wiejskich oraz przez Stację Sanitarno-Epidemiologiczną.

Najnowsze analizy jakości wód zostały wykonane jesienią 1996 r., podczas normalnej eksploatacji ujęcia. Analizy wykonano w dwóch powtórzeniach, a

ostateczne wyniki przedstawione w końcowych tabelach i wykresach stanowią średnią arytmetyczną otrzymanych wartości. Do analizy porównawczej zmian jakości wód z utworów czwartorzędowych wykorzystano wyniki badań fizykochemicznych wykonanych 23 marca 1967 r. Analiza ta została wykonana w ramach badań sprawdzających stan studni, które obejmowały próbną pompowania trwającą 96 godzin. Po przeprowadzeniu tak długich pompowań woda pobierana ze studni ma prawdziwe cechy wody surowej pochodzących ze złoże i nie jest skażona związkami wypłukiwanymi z rur okładzinowych studni oraz produktami korozji. Drugi zestaw wyników pochodził z badań wykonanych 25 maja 1971 r. wykonanych jako badania kontrolne.

Badania porównawcze zmian jakości wód z utworów trzeciorzędowych ujmowanych w Ursynowie oparto na analizie wykonanej jesienią 1996 r. w laboratorium Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Wiejskich oraz analizie wykonanej przez Stację Sanitarno-Epidemiologiczną 3 lutego 1988 r.

Zakres badań analitycznych obejmuje:

- badania parametrów fizycznych takich jak, barwa, mętność, zapach i przewodnictwo;
- badania parametrów chemicznych, a wśród nich:
 - parametry oznaczające twardość i stabilność wody, jak wapń, magnez, tlen rozpuszczony, zasadowość, wodorowęglany, wolny dwutlenek węgla i odczyn pH;

- związki biogenne, jak azot amonowy, azot azotynowy, azot azotanowy i fosforany;
- parametry określające zawiesiny i substancje rozpuszczone, jak sucha pozostałość, pozostałość po prażeniu, straty przy prażeniu;
- domieszki mineralne pochodzące ze skał, jak sód, potas, chlorki, siarczany, żelazo, mangan i fluorki;
- oraz utlenialność i siarkowodór jako parametry mogące zasugerować ewentualność zanieczyszczenia wody związkami organicznymi.

Metodyka badań

Próbki do oznaczeń pobierane były z zaworu czerpalnego usytuowanego przed urządzeniami uzdatniającymi wodę w hali technologicznej NBSW SGGW. W celu wyeliminowania wpływu materiałów, z jakich wykonane są rurociągi, oraz zalegających je osadów, próbki pobierane były po długotrwałym pompowaniu wody ze studni.

W przypadku wody z utworów czwartorzędowych, aby uzyskać ciągłą długotrwałą pracę pomp, przed przygotowaniem do badań zatrzymywano pompy w studni, przez co podczas poboru wody przez uczelnię obniżał się poziom wody w zbiorniku. Po uzyskaniu odpowiedniego poziomu gwarantującego na tyle długą pracę pomp studziennych, że przepływająca rurociągiem woda z całą pewnością będzie tą, która nie miała długiego czasu przetrzymywania wewnątrz studni, dokonywany był pobór jej do odpo-

wiednich naczyń szklanych (Gajkowska-Stefańska i in. 1994).

Zdecydowanie trudniejszy problem stanowiło spompowanie studni czerpiącej wodę z utworów trzeciorzędowych. O ile w studni, czerpiącej wodę z utworów czwartorzędowych, o średnicy 350 mm i długości rur między zwierciadłem wody a filtrem 10 m, mieści się ok. 1 m³ wody, o tyle w tym przypadku w studni przy średnicy 400 mm i długości 183 m mieści się ok. 23 m³ wody. Ponieważ studnia ta włączona jest w układ jednostopniowego pompowania z hydroforem i tłoczy wodę jedynie do ogólnodostępnego źródła, aby zapewnić przepływ wody przez studnię i złożę, próbki były pobierane pod koniec najwyższych rozbiorów wody przez okolicznych mieszkańców.

Próbki wody bezpośrednio po pobraniu poddawane były badaniom w laboratorium.

Oznaczenia barwy, mętności, żelaza ogólnego, potasu, fluorków, azotynów, siarczanów, fosforanów wykonano metodami spektrofotometrycznymi przy użyciu spektrofotometru HACH DR/2000. Oznaczenia barwy, mętności, potasu, fluorków i siarczanów wykonano zgodnie z metodyką firmy HACH. Użyto kuwety pomiarowej firmy HACH. Oznaczenie barwy wykonano przy długości fali 455 nm, oznaczenie mętności przy długości fali 450 nm, potasu przy długości fali 650 nm, oznaczenie fluorków wykonano przy długości 580 nm, a siarczanów 450 nm (Water Analysis..., 1992).

Żelazo oznaczano metodą kolorymetryczną z rodankiem amonowym przy długości fali 480 nm. Fosforany oznaczano metodą kolorymetryczną z molibde-

nianem amonowym i chlorkiem cynowym jako reduktorem, przy długości fali 690 nm. Oznaczenie manganu wykonano metodą zmodyfikowaną metodą kolorymetryczną z katalizatorem srebrnym (Gajkowska-Stefańska i in. 1994).

Azotyny oznaczano metodą kolorymetryczną z kwasem sulfanilowym i l-naftyloaminą przy długości fali 520 nm (PN-73/04576.06).

Oznaczenia odczynu pH, amoniaku, azotanów, sodu wykonano potencjometrycznie przy użyciu jonmierza ORION 720 A. Oznaczenie pH wykonano elektrodą kalomelową (PN-74/C-04540.01), natomiast elektrodami jasnoselektywnymi azotany (PN-86/C-04576.10) amoniak i sól (Water 1992).

Metodami miareczkowymi oznaczono takie parametry, jak twardość metodą wersenianową (PN-71/C-04554.02), zasadowość wobec oranżu metylowego i fenoloftaleiny jako wskaźników (PN-90/C-04540.03), chlorki argentometrycznym miareczkowaniem (PN-75/C-04617.02), wolny dwutlenek węgla za pomocą ługu sodowego (PN-74/C-04547.01), wapń i magnez za pomocą wersenianu sodowego (Gomółka 1992), tlen rozpuszczony metodą Winklera (PN-72/C-04545.02), a utlenialność w środowisku kwaśnym za pomocą nadmanganianu potasowego (PN-72/C-04578.02).

Suchą pozostałość, pozostałość po prażeniu, straty przy prażeniu oznaczano wagowo (PN-78/C-04541).

Zapach oznaczany był organoleptycznie, przewodnictwo właściwe konduktometrycznie, natomiast wodorowęglany obliczane z analiz zasadowości (Gajkowska-Stefańska i in. 1994).

Wyniki badań

Wyniki badań zostały przedstawione w tabeli 1 i 2.

Analiza otrzymanych wyników i wnioski szczegółowe. Analiza otrzymanych wyników pozwoliła na wyciągnięcie następujących wniosków:

- Wody z utworów czwartorzędowych
- W badanym okresie ok. 30. lat niewiele zmieniła się barwa, mętność i odczyn. Rzeczywista ich barwa waha

się 20–30 mg Pt/dm³, mętność 4–15 mg SiO₂/dm³ a pH 7,2–7,33 i wykazuje znaczną stabilność.

- Ujmowane wody pozostają nadal dobrze zmineralizowane, przewodnictwo waha się w przedziale 555–658 μS/cm.
- Są to wody twarde. Podczas eksploatacji ujęcia zaobserwowano znaczne podwyższenie twardości ogólnej w obu studniach i tak w studni nr 1 z 5,7 do 8,02 mval/dm³, w studni nr 2 do 7,84 mval/dm³, a tym samym zna-

TABELA 1. Zestawienie wyników badań wód z utworów czwartorzędowych

Wskaźnik	Jednostka	Studnia nr 1 z roku		Studnia nr 2 z roku	
		1967	1996	1967	1996
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	4	8	3	15
Barwa	mgPt/dm ³	30	26	22	20
Zapach	–	z2S	z1R	z1S	z2S
Odczyn	pH	7,2	7,33	7,25	7,31
Twardość ogólna	mval/dm ³	5,7	8,02	5,7	7,84
Zasadowość ogólna	mval/dm ³	4,1	4,9	3,8	4,8
Żelazo ogólne	mgFe/dm ³	2,4	3,05	2,1	3,9
Mangan	mgMn/dm ³	0,25	0,46	0,17	0,46
Wapń	mgCa/dm ³	88,5	130,71	80,5	129,28
Magnez	mgMg/dm ³	13,7	16,71	13,7	18,0
Sód	mgNa/dm ³	n.o.	12,5	n.o.	13,6
Potas	mgK/dm ³	n.o.	7,88	n.o.	4,67
Fluorki	mgF/dm ³	n.o.	0,42	n.o.	0,42
Chlorki	mgCl/dm ³	23,1	40,32	16,5	39,36
Amoniak	mgN/dm ³	0,14	0,15	0,06	0,34
Azotany	mgN/dm ³	0,1	0,3	0,1	0,1
Azotyny	mgN/dm ³	0,001	0,0	0,001	0,0
Siarkowodór	mg/dm ³	0,0	0,0	0,0	0,0
Siarczany	mgSO ₄ /dm ³	68,0	152	77	168
Fosforany	mgPO ₄ /dm ³	n.o.	0,65	n.o.	0,48
Wodorowęglany	mgHCO ₃ /dm ³	250,1	298,9	231,8	292,8
Wolny dwutlenek węgla	mgCO ₂ /dm ³	15,0	12,1	13,0	15,4
Tlen rozpuszczony	mgO ₂ /dm ³	1,8	1,58	2,1	1,65
Utlenialność	mgO ₂ /dm ³	1,7	2,16	2,0	1,86
Sucha pozostałość	mg/dm ³	396	496	378	503
Pozostałość po prażeniu	mg/dm ³	350	376	322	382
Straty przy prażeniu	mg/dm ³	46	120	56	121
Przewodność właściwa	μS/cm	n.o.	658	n.o.	555

n.o. – wskaźnik nie oznaczony

TABELA 2. Zestawienie wyników badań wód z utworów trzeciorzędowych

Woda oligoceńska		Rok	
wskaźnik	jednostka	1988	1996
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	10	20
Barwa	mgPt/dm ³	10	20
Zapach		z1R	z2R
Odczyn	pH	7,3	7,52
Twardość ogólna	mval/dm ³	3,4	3,25
Zasadowość ogólna	mval/dm ³	5,6	6,0
Żelazo ogólne	mgFe/dm ³	0,52	2,35
Mangan	mgMn/dm ³	0,0	0,0
Wapń	mgCa/dm ³	40,0	40,71
Magnez	mgMg/dm ³	17,1	14,14
Sód	mgNa/dm ³	n.o.	124,0
Potas	mgK/dm ³	n.o.	34,73
Fluorki	mgF/dm ³	0,62	0,56
Chlorki	mgCl/dm ³	124,0	100,8
Amoniak	mgN/dm ³	0,8	0,6
Azotany	mgN/dm ³	0,0	0,1
Azotyiny	mgN/dm ³	0,0	0,001
Siarkowodór	mg/dm ³	0,0	0,0
Siarczany	mgSO ₄ /dm ³	0,0	9,0
Fosforany	mgPO ₄ /dm ³	0,1	0,36
Wodorowęglany	mgHCO ₃ /dm ³	341,6	366,0
Wolny dwutlenek węgla	mgCO ₂ /dm ³	11	11
Tlen rozpuszczony	mgO ₂ /dm ³	3,6	6,1
Utlenialność	mgO ₂ /dm ³	3,9	2,35
Sucha pozostałość	mg/dm ³	540	550
Pozostałość po prażeniu	mg/dm ³	530	517
Straty przy prażeniu	mg/dm ³	10	33
Przewodność właściwa	μS/cm	727	703

n.o. – wskaźnik nie oznaczony.

czne podwyższenie stężenia głównych kationów powodujących twardość wody tzn. wapnia i magnezu. Ich stężenia wynosiły odpowiednio, w studni nr 1 wapnia z 88,5 do 130,71 mgCa/dm³, magnezu z 13,7 do 16,71 mgMg/dm³, w studni nr 2 wapnia z 80,5 do 129,28 mgCa/dm³, magnezu z 13,7 do 18,0 mgMg/dm³.

- Na podstawie otrzymanych wyników obliczono stabilność wody wykorzystując zależność
- $$pH_s = \log K(\text{CaCO}_3) +$$

$$- \log K(\text{HCO}_3^-) + \\ - \log[\text{Ca}^{++}] - \log[\text{HCO}_3^-]$$

gdzie:

K są stałymi dysocjacji, pozostałe wyrażenia przedstawiają logarytmy stężeń odpowiednich jonów wyrażonych w mmolach.

Następnie obliczono indeks nasyce-
nia SI = pH – pH_s. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Jak widać w początkowym okresie eksploatacji obie studnie miały wodę o słabych parametrach korozyjnych (ujem-

TABELA 3. Indeks nasycenia SI

Parametry	Woda z utworów czwartorzędowych			
	studnia nr 1		studnia nr 2	
	1967 r.	1996 r.	1967 r.	1996 r.
pH	7,20	7,33	7,25	7,31
pHs	7,264	7,018	7,338	7,032
SI	-0,064	0,321	-0,088	0,278

ny indeks), natomiast obecnie woda nie jest korozyjna, lecz stanowi roztwór nasycony CaCO_3 i występuje tendencja wytrącania węglanu wapnia (indeks dodatni) (Buiteman 1991; Kowal 1996).

- Stwierdzono także wzrost zawartości jonów żelaza w studni nr 1 z 2,4 do 3,05 mgFe/dm^3 , w studni nr 2 z 2,1 do 3,9 mgFe/dm^3 . To niezbyt wielkie zwiększenie stężenia żelaza może być spowodowane powolnym rozpuszczaniem się, w warunkach o niskim nasyceniu tlenu, rur okładzinowych studni lub powiększeniem się zawartości żelaza w złożu, w wyniku identycznego oddziaływania studni sąsiednich.
- Kationy manganu występują również w zwiększonych ilościach w stosunku do stężenia z roku 1967. Obecnie stężenie manganu wynosi 0,46 mgMn/dm^3 .
- Stężenia głównych anionów w studniach nr 1 (St1) i nr 2 (St2) w analizowanym okresie czasu wzrosły odpowiednio:
 - wodorowęglany w St1 z 250,1 do 298,9 mg/dm^3 , w St2 z 231,8 do 292,8 mg/dm^3 ,
 - chlorki w St1 z 23,1 do 40,32 mg/dm^3 , w St2 z 16,5 do 39,36 mg/dm^3 ,

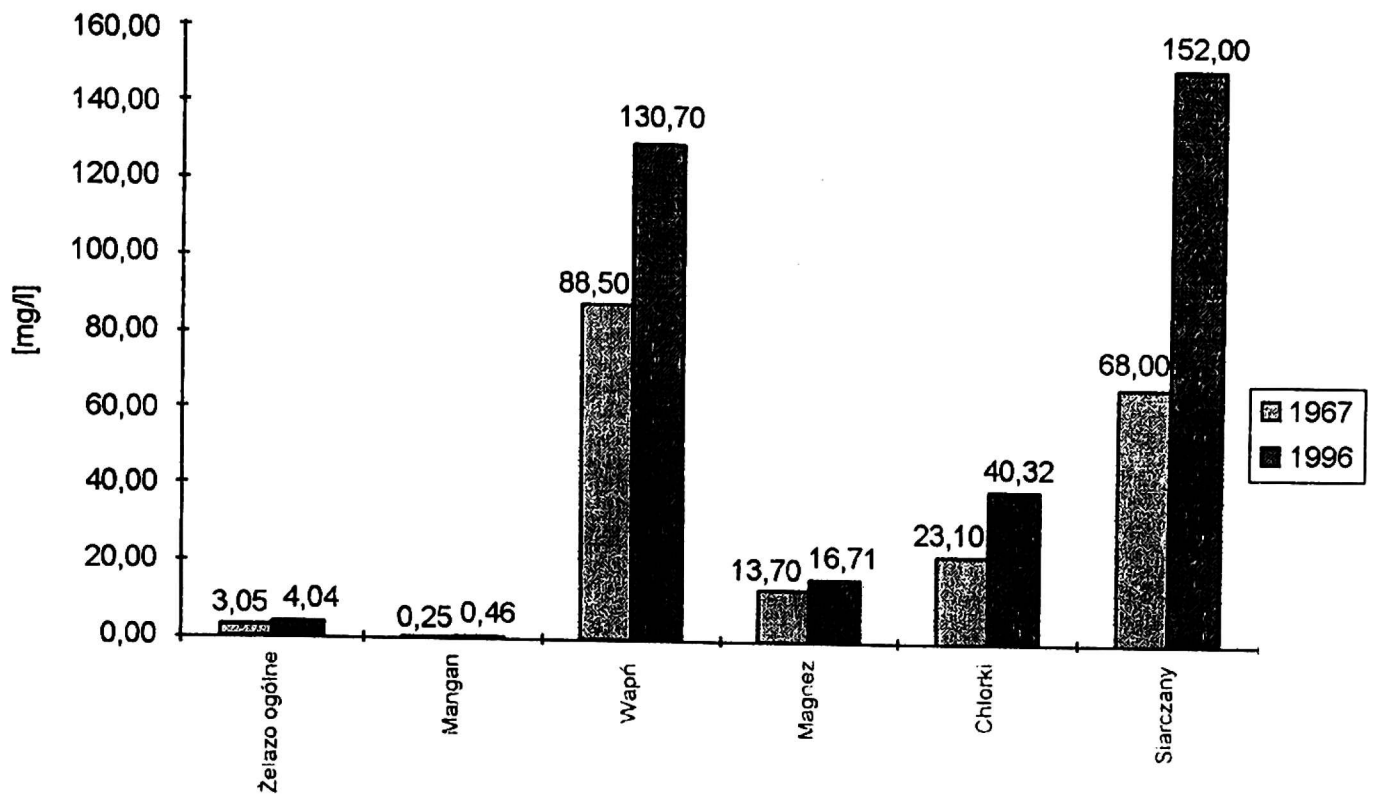
- siarczany w St1 z 68 do 152 mg/dm^3 , w St2 z 77 do 168 mg/dm^3 .

Jednoczesny wzrost stężenia chlorków, wodorowęglanów, siarczanów oraz twardości przy niewielkim zwiększaniu utlenialności oraz związków azotu świadczy o znaczącym wzroście w tych wodach stężenia domieszek związków mineralnych, które prawdopodobnie powstały w wyniku wymywania ich z minerałów z warstw wodonośnych oraz z rozkładu, w przeważającej większości węglowodanów. Potwierdza to spadek ilości tlenu rozpuszczonego oraz wzrost ilości wodorowęglanów oraz wapnia. O małym wpływie na te wody produktów rozkładu białek i aminokwasów świadczy mały wzrost związków azotu.

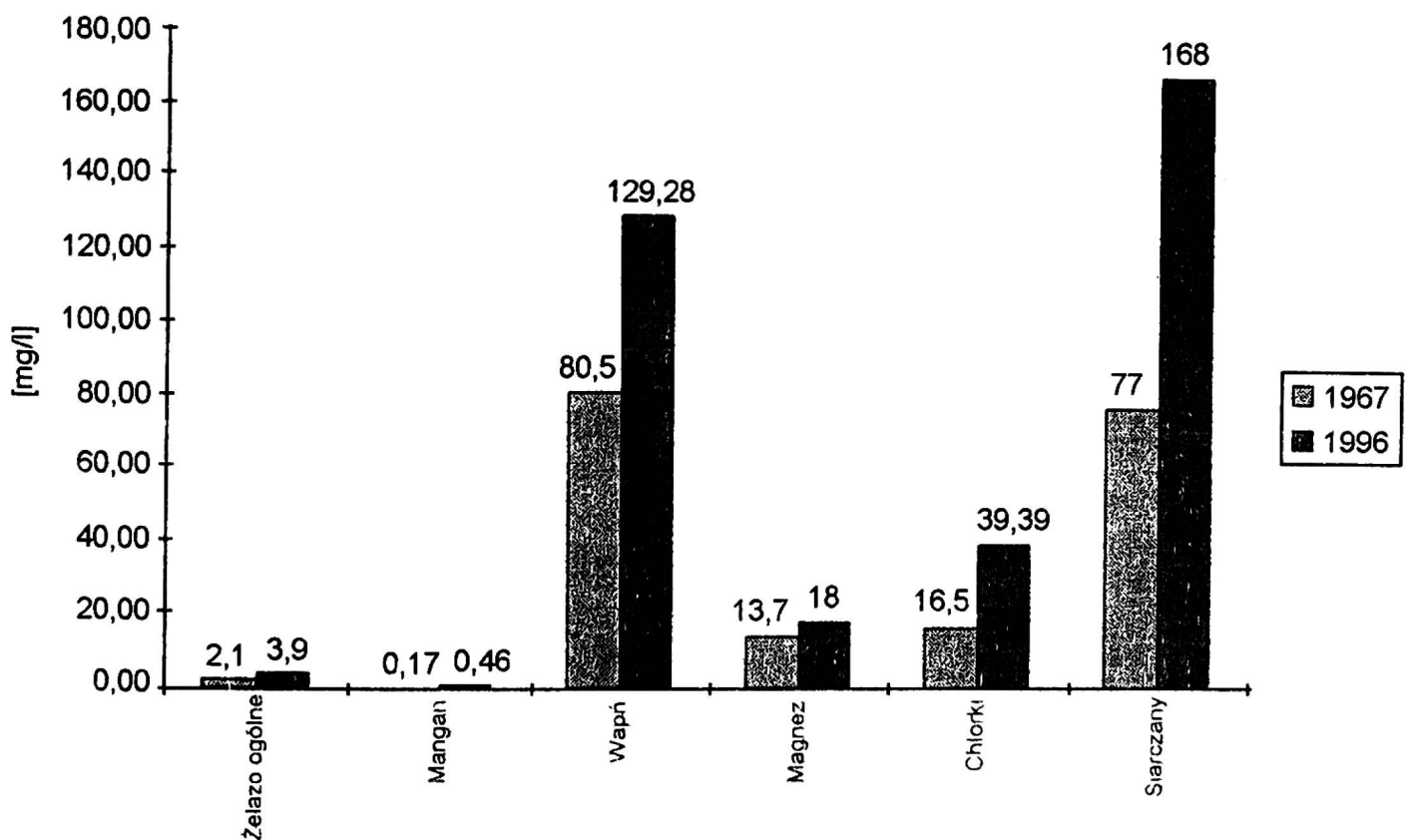
Dla graficznego zobrazowania zmian stężeń podstawowych anionów i kationów w wodach czwartorzędowych przedstawiono ich wykresy słupkowe na rysunku 1 i 2.

Wody z utworów trzeciorzędowych

- Rzeczywista barwa tych wód waha się 10–20 mg Pt/dm^3 , mętność 10–20 $\text{mg SiO}_2/\text{dm}^3$, odczyn pH zawarty jest w przedziale 7,3–7,4.
- Są to wody dobrze zmineralizowane, o czym świadczy wysokie przewodnictwo utrzymujące się w granicach 700 $\mu\text{S/cm}$.
- Należą do wód miękkich, twardość ogólna zawarta jest w przedziale 3,25–3,4 mval/dm^3 .



RYSUNEK 1. Zmiany stężeń wybranych anionów i kationów wód z utworów czwartorzędowych ujmowanych w studni nr 1



RYSUNEK 2. Zmiany stężeń wybranych anionów i kationów wód z utworów czwartorzędowych ujmowanych w studni nr 2

Wykorzystując, jak i w przypadku wód z utworów czwartorzędowych, wyniki analiz obliczono stabilność. Wyniki indeksów nasycenia przedstawiono w tabeli 4.

TABELA 4. Wyniki indeksów nasycenia

Parametry	Woda z utworów trzeciorzędowych w latach	
	1988	1996
pH	7,3	7,52
pHs	7,474	7,436
SI	-0,174	0,084

Jak widać w początkowym okresie eksploatacji woda miała słabe własności korozyjne (ujemny indeks), natomiast obecnie woda nie jest korozyjna. Indeks bliski zeru mówi o stabilności wody, która nie ma własności korozyjnych; a jeśli wystąpi tendencja wytrącania węglanu wapnia (indeks dodatni) (Buiteman 1991; Kowal i Świdorska 1996) to bardzo słaba, gdyż wynik zawiera się w granicach błędu pomiarowego.

Mimo że dominującymi kationami są jony sodowe i wapniowe, to ich stężenia wahają się w niewielkich granicach. Obecnie stężenie jonów sodowych wynosi 124 mgNa/dm^3 , a wapniowych 40 mgCa/dm^3 .

Zawartość żelaza w 1988 r. wynosiła $0,52 \text{ mgFe/dm}^3$, obecnie w wodzie surowej zawartość żelaza przekracza 2 mgFe/dm^3 ($2,35 \text{ mgFe/dm}^3$). Tak znaczny wzrost żelaza (prawie czterokrotny) prawdopodobnie jest spowodowany oddziaływaniem rur okładzinowych studni. Wykonując precyzyjne badania wody ze złóż trzeba by było wykonać wielogodzinne pompowania, aby całkowicie wy-

eliminować wpływ oddziaływania materiału rur. Nie jest to nigdy możliwe podczas normalnych prac eksploatacyjnych. Stąd można zaryzykować stwierdzenie, że każda ze studni głębokich np. czerpiąca wodę z utworów trzeciorzędowych musi mieć zainstalowane urządzenia odżelaziające wodę.

Dominujące aniony to aniony chlorkowe, których stężenie waha się w przedziale $100\text{--}124 \text{ mgCl/dm}^3$.

Zaobserwowano pojawienie się siarczanów ($9 \text{ mgSO}_4/\text{dm}^3$).

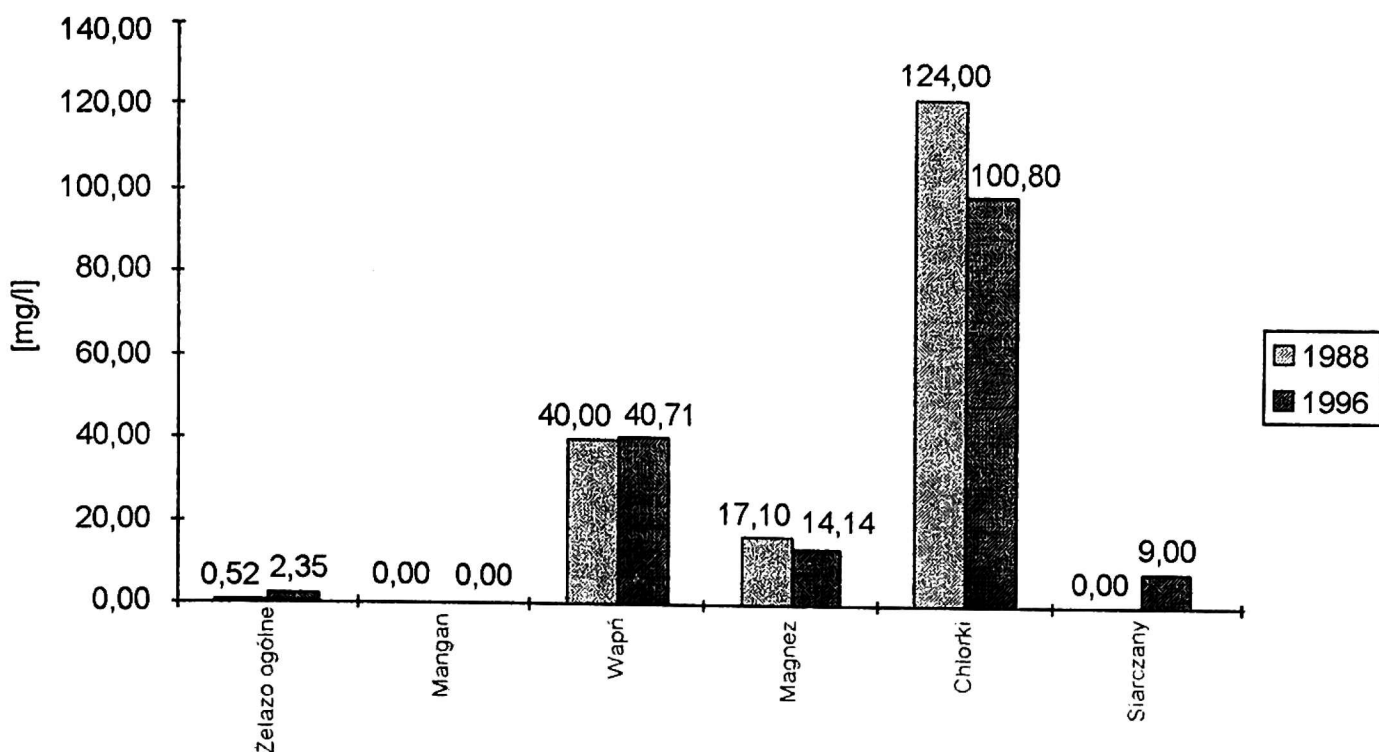
Zawartość azotanów i azotynów nadal jest niewielka $0,1 \text{ mgN-NO}_3/\text{dm}^3$, $0,001 \text{ mgN-NO}_2/\text{dm}^3$, co świadczy o niewystąpieniu zanieczyszczeń przenikających z powierzchni gruntu, szczególnie zanieczyszczeń białkowych.

Zawartość substancji organicznych wyrażona jako utlenialność utrzymuje się w granicach $2\text{--}3 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$.

W celu graficznego zobrazowania zmian stężeń podstawowych anionów i kationów w wodach z utworów trzeciorzędowych przedstawiono ich wykresy słupkowe na rysunku 3.

Podsumowanie

Jakość wód pochodzących z utworów czwartorzędowych ujmowanych w NBSW w Ursynowie podczas prawie trzydziestoletniej eksploatacji uległa zmianom. Obecnie wody te zaliczane są do wód twardych, na początku eksploatacji były to wody o średniej twardości. Stężenie wapnia wzrosło w studni nr 1 o około 47%, magnezu o około 22%.



RYSUNEK 3. Zmiany stężeń wybranych anionów i kationów wód oligoceńskich ujmowanych w NBSW

W studni nr 2 stężenie wapnia wzrosło o około 60%, magnezu o około 31%. Stężenie wodorowęglanów wzrosło w studni nr 1 o około 20%, w studni nr 2 o 26%. Stężenie chlorków w studni nr 1 wzrosło o około 75%, w studni nr 2 ponad 100%. Stężenie siarczanów w obu studniach wzrosło o ponad 100%.

Badania przeprowadzone w różnych krajach wskazują, że twardość wody ma wpływ na zdrowie człowieka. Wody o dużej zawartości soli wapnia i magnezu nadają wodzie gorzkawy smak. Niektóre sole magnezu mają właściwości fizjologiczne, wysokie ich stężenie może działać jako środek przeczyszczający (Hermanowicz 1984). Podwyższenie twardości wpływa też na pracę urządzeń podgrzewających wodę (instalacje centralnego ogrzewania, węzły ciepne, czajniki), wytrąca się coraz większa ilość kamienia kotłowego, co pogarsza efektywność podgrzewania i powoduje straty energetyczne.

Obserwowany wzrost stężenia wodorowęglanów, dwutlenku węgla, twardości i wapnia, przy niewielkim wzroście utlenialności oraz związków azotu, świadczy o znacznym wzroście zawartości w wodach związków mineralnych, które prawdopodobnie powstały w wyniku rozpuszczenia soli wapniowych z minerałów z warstw wodonośnych pod wpływem kwasu wodorowęglowego powstającego w wyniku reakcji powstającego z rozkładu węglowodanów, dwutlenku węgla i wody. Potwierdza to spadek ilości tlenu rozpuszczonego. O małym wpływie na te wody produktów rozkładu białek i aminokwasów świadczy mały wzrost związków azotu.

Niezbyt wielki wzrost stężenia żelaza może być spowodowany powolnym rozpuszczaniem się, w warunkach o

niskim nasyceniu tlenu i dużym stężeniu kwasu wodorowęglowego, rur okładzinowych studni badanej oraz sąsiednich.

Parametry jakościowe wód z utworów trzeciorzędowych ujmowanych w NBSW w Ursynowie od 1988 r. nie uległy zasadniczym zmianom. Zaobserwowano jedynie znaczny wzrost stężenia żelaza i pojawienie się siarczanów. W tym przypadku, najprawdopodobniej znacznie większy wpływ miała chemiczna reakcja materiałów rur z wodą i rozpuszczonych w niej związków.

Literatura

- BAŻYŃSKI J. 1996: *Woda poziomu oligocenijskiego na tle zaopatrzenia Warszawy w wodę do picia*. Przegląd Geologiczny, vol. 44, nr 4, s. 391–393.
- BAŻYŃSKI J. 1996: *Eksploatacja wód z utworów oligocenijskich w rejonie Warszawy*. Przegląd Geologiczny, vol. 44, nr 4, s. 404–406.
- BUITEMAN J.P. 1991: *Conventional water treatment*. Edition International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering. Delft, The Netherlands.
- GAJKOWSKA-STEFAŃSKA L., GUBERSKI S., GUTOWSKI W., MAMAK Z., SZPERLIŃSKI Z. 1994: *Laboratoryjne badania wody ścieków i osadów ściekowych*. Cz. 1 i 2. Oficyna Wydaw. Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- GOMÓŁKA E., GOMÓŁKA B. 1992: *Ćwiczenia laboratoryjne z chemii wody*. Wydaw. Politechniki Wrocławskiej.
- HERMANOWICZ W. 1984: *Chemia sanitarna*. Arkady, Warszawa.
- KOWAL A.L., ŚWIDERSKA-BRÓŹ M. 1996: *Oczyszczanie wody*. PWN, Warszawa-Wrocław.
- LATOURE T. 1996: *Ocena przydatności wód z warstw oligocenijskich do celów pitnych*. Przegląd Geologiczny, vol. 44, nr 4, s. 401–403.
- PACZYŃSKI B. 1996: *Zasoby wód oligocenijskich*. Przegląd Geologiczny, vol. 44, nr 4, s. 394–396.
- PACZYŃSKI B., JEZERSKI J., MITRĘGA J., PŁOCHNIEWSKI Z., SKRZYPCZAK L. 1993: *Atlas hydrogeologiczny Polski*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- PN-73/04576.06 Woda i ścieki. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu azotowego metodą kolorymetryczną z kwasem sulfanilowym i 1-naftyloaminą.
- PN-74/C-04540.01 Woda i ścieki. Badania wartości pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie wartości pH metodą elektrometryczną.
- PN-71/C-04554.02 Woda i ścieki. Badania twardości. Oznaczanie twardości ogólnej powyżej 0,357 mval/dm³ metodą wersenianową.
- PN-90/C-04540.03 Woda i ścieki. Badania wartości pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie kwasowości i zasadowości mineralnej i ogólnej metodą miareczkowania wobec wskaźników.
- PN-75/C-04617.02 Woda i ścieki. Badania zawartości chlorków. Oznaczanie chlorków w wodzie i ściekach metodą argentometrycznego miareczkowania.
- PN-72/C-04545.02 Woda i ścieki. Badania zawartości rozpuszczonego tlenu. Oznaczanie rozpuszczonego tlenu metodą Winklera.
- PN-74/C-04547.01 Woda i ścieki. Badania zawartości dwutlenku węgla. Oznaczanie wolnego dwutlenku węgla w wodzie.
- PN-72/C04578.02 Woda i ścieki. Badania zapotrzebowania tlenu i zawartości węgla organicznego. Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu metodą nadmanganianową.
- PN-78/C-04541 Woda i ścieki. Oznaczanie suchej pozostałości, pozostałości po prażeniu, straty przy prażeniu oraz substancji rozpuszczonych, substancji rozpuszczonych mineralnych i substancji rozpuszczonych lotnych.
- PN-86/C-04576.10 Woda i ścieki. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu azotanowego metodą potencjometryczną z użyciem elektrody jonoselektywnej.
- Water Analysis Handbook Second Edition. HACH 1992.
- WIENCŁAW E., SIWIEC T., GRUNWALD P., MORAWSKI D. 1996: *Jakość wód podziemnych*. Wydaw. PWN, Warszawa.

mnych ujmowanych w Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej SGGW w Ursynowie. Przegląd Nauk. Wydz. Mel. i Inż. Środ., Wydaw. SGGW, Warszawa, nr 6.

Summary

Analysis of water quality changes from quaternary and tertiary based on intake from Warsaw Agriculture University wells. Paper contains comparative analysis of water quality from quaternary and tertiary. Investigations has been done for water from Scientific Research Water Supply Plants wells of Warsaw Agricultural Univer-

sity during last years. Trade-off studies show deterioration of quaternary water quality as a results of pollution migration from surface and wells construction. In case of tertiary water quality the main impact comes from the materials used for a well construction. Increasing number of wells can case changes of water quality in the water measures.

Authors' address

L. Reczek, T. Siwiec

Warsaw Agricultural University – SGGW

02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

Poland