

Stefan Satora, Grzegorz Kaczor

**PRZESTRZENNA I CZASOWA ZMIENNOŚĆ
STĘŻEŃ JONÓW ŻELAZA I MANGANU
W WODACH TRIASOWYCH UJEĆ
NA TERENIE MEZOZOICZNEGO OBRZEŻENIA
GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH**

Streszczenie

W artykule przedstawiono w okresie dziesięciolecia 1993–2002 przestrzenną i czasową zmienność stężeń jonów żelaza i manganu w ujmowanych podziemnych wodach wielootworowego ujęcia „Bzin” zaopatrującego wodociąg dla m. Skarżysko-Kamienna. Ujęcie Bzin składa się z sześciu studni wierconych o głębokości od 37 do 60 m i wydajności od 74 do 341 m³ · h⁻¹, ujmujących wody podziemne z węglanowych, szczelinowych utworów triasowych. Analiza badań zmienności przestrzennej stężeń jonów żelaza i manganu w okresie od 1993 do 2002 r. wskazuje na występowanie dużych zmian stężeń żelaza na początku badanego wielolecia szczególnie na kierunku N-E oraz EE-S, stężeń manganu przez cały okres badań na kierunku S-E, wysokich stężeń żelaza na końcu (studnie 1 i 1a) oraz w połowie okresu badawczego (studnia 4), natomiast manganu w początkowym okresie badań, w całym okresie eksploatacji ujęcia w ujmowanych wodach stężeń jonów żelaza w zakresie 0,01–1,24 mg · dm⁻³, a stężeń jonów manganu 0,01–0,75 mg · dm⁻³.

Analiza czasowej zmienności stężeń jonów Fe i Mn w triasowych wodach podziemnych ujęcia Bzin wskazuje natomiast na to, że w wodach studni 2 i 3 następuje w miarę postępującej eksploatacji zmniejszanie się zarówno stężeń Mn jak i Fe, w studniach 1 i 1a zmniejszanie wyłącznie stężeń Mn przy zwiększających się stężeniach Fe, w studniach natomiast 3b i 4 zwiększanie się zarówno stężeń jonów Mn i Fe. W przypadku żelaza, stężenia w eksploatowanej wodzie dochodzą do 1,52 mg · dm⁻³ (St.1) a manganu do 0,78 mg · dm⁻³ (St.1a).

Najlepsze I klasy wody o bardzo dobrej jakości występują przez cały okres badań w studni 3b, a najgorsze III a nawet IV w 1997 r., w studni 4 z uwagi na duże stężenia jonów żelaza i manganu, a studniach 1, 1a i 2 przez cały okres badań ze względu na stężenia manganu.

W rejonie studni 3b ujęcia Bzin stwierdza się nietypowe zjawisko, w którym współwystępują w ujmowanych wodach triasowych najniższe stężenia jonów żelaza i manganu, strop wodonośca triasowego jest najniżej położony w stosunku do poziomu morza oraz ma miejsce tutaj najniższe ciśnienie piezometryczne zalegających subartezyjskich wód triasowych.

Słowa kluczowe: triasowe ujęcia, wody podziemne, stężenia jonów żelaza i manganu, przestrzenna i czasowa zmienność

WPROWADZENIE

W celu pokrycia swoich potrzeb fizjologicznych człowiek buduje ujęcia eksploatujące różnego rodzaju wody występujące w obrębie skorupy ziemskiej. Bardzo często ujęciami tymi są pionowe studnie wiercone, które udostępniają wody podziemne zalegające w skorupie ziemskiej.

Jakość eksploatowanych studniami wód podziemnych nie jest jednak stała i może się zmieniać w sposób znaczny podczas długotrwałej eksploatacji [Witczak i in. 1974; Satora 1992; Satora, Kaczor 2004]. Szczególnie niekorzystnymi, z punktu widzenia wykorzystania wody, mogą być występujące w wodach podziemnych jony żelaza i manganu, które niekiedy związane są z głęboko zalegającymi skałami węglanowymi [Zuber i in. 1985]. Przykładem tego jest wielotworowe ujęcie Bzin, będące w niniejszym opracowaniu przedmiotem badań.

Celem opracowania jest przedstawienie przestrzennej i czasowej zmienności wielkości stężeń żelaza i manganu występujących w okresie dziesięciolecia 1993–2002 w wodach z triasowych utworów ujętych studniami wierconymi na terenie mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich.

Omawiane ujęcie o nazwie „Bzin” bazujące na wgłębnych wodach podziemnych zalegających w węglanowych utworach wapienia muszlowego zaopatruje w wodę dużą miejscowość województwa świętokrzyskiego – Skarżysko Kamienna.

Obiekt badań zlokalizowany jest w południowo-zachodniej części miasta Skarżysko Kamienna. Obszar obejmujący wymienione ujęcie wraz ze stacją uzdatniania wody znajduje się na terenie mezozoicznego

obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, w dolinie rzeki Kamiennej, w której rzędne terenu wahają się od 231,0 do 234,0 m n.p.m. W przypowierzchniowej części omawianego terenu zalegają holocenijskie osady czwartorzędowe, poniżej których występują, stanowiące podłoże, utwory triasowe i jurajskie. Na utwory czwartorzędowe składają się aluwialne i fluwioglacjalne piaski gliniaste, namuły, żwiry i piaski różnoziarniste o miąższości od 11 do 24 m.

Utwory jurajskie retyku stanowią szare, czarne i żółte łyły oraz szare piaskowce przewarstwione łupkami ilastymi, natomiast na trias reprezentowany przez wapień muszlowy składają się wapienie organogeniczne, rogowce krzemienne oraz łyły i łupki.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym są analizy chemiczne określające stężenie jonów żelaza i manganu w szczelinowych, triasowych wodach podziemnych pochodzących z eksploatowanego ujęcia składającego się z sześciu studni wierconych oznaczonych cyframi 1, 1a, 2, 3, 3b i 4, zlokalizowanego w rejonie przysiółka Bzin w miejscowości Skarżysko-Kamienna.

Okres badawczy, z którego pochodzą analizy obejmuje w przypadku studni 1, 1a, 3, 3b i 4 – wielolecie 1993–2002 (10 lat), natomiast studni 2 – lata 1993–1997 (5 lat). Wytypowane do analizy, spośród innych składników chemicznych, jony żelaza i manganu charakteryzują się (w stosunku do innych składników) dużą zmiennością oraz stężeniami przekraczającymi często w sposób znaczny wartości normowe, dopuszczalne dla wód wykorzystywanych do spożycia przez ludzi. Materiały wykorzystane do analizy pochodzą z archiwum SUW Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Skarżysku-Kamiennej i zostały udostępnione z możliwością wykorzystania w publikacji za zgodą Dyrekcji.

Podstawą wykreślenia map hydroizolinii stężeń jonów żelaza i manganu było założenie występowania w obrębie badanej warstwy wodonośnej warunków izotropowych wskazujących na wielokierunkowe i takie same rozprzestrzenienie się własności hydrogeologicznych skał, czyli istnienie pomiędzy badanymi studniami ciągłych połączeń hydraulicznych. Wykreślenie map hydroizoliniowych stężeń nastąpiło przy wykorzystaniu programu komputerowego Surfer 8 Golden Software. Analizy chemiczne wody wykorzystane do opraco-

wania wykonane zostały przez Laboratorium PWiK w Skarżysku-Kamiennej, a próby wody z poszczególnych ujęć pobierane były z częstotliwością 3–4 razy w roku.

Budowa zakładu wodociągowego Bzin rozpoczęta została w latach 1952–1953, kiedy to wykonano dwie pierwsze studnie oznaczone jako St. 1 i St. 2. W roku 1960 oddano do eksploatacji studnię nr 3, a w 1969 r. – studnię nr 4. Studnię nr 1a, o głębokości 50 m, wykonano w 1977 r., a studnię nr 3b o głębokości 60 m w latach 1976–1977. Studnia 1a miała charakter awaryjny, natomiast 3b została studnią zastępczą. W 1996 r. studnię nr 2 poddano kompleksowej renowacji, ze względu na zbyt częste zamulanie się filtra, spowodowane dostawaniem się piasku do jego wnętrza. Renowacja polegała na założeniu nowego filtra siatkowego i wykonaniu obsypki żwirowej. Opisana sytuacja powtórzyła się również w 1997 r., kiedy wydajność studni spadła z 60 do 12 m³ · h⁻¹, dlatego też studnia ta została wyłączona, gdyż dalsza jej eksploatacja stała się nieopłacalna. Sześć studni ujęcia Bzin wykonanych w utworach triasu środkowego w okresie od 1952 r., (St. 1) do 1977 r., (St. 3b) do głębokości 37–60 m, ma łączną wydajność ujęcia wynoszącą 611 m³ · h⁻¹. Pojedyncza wydajność poszczególnych studni waha się od 74 do 305 m³ · h⁻¹ przy depresji od 6,0 do 13,0 m. Wydajność jednostkowa wynosi od 5,7 do 50,8 m³ · h⁻¹ · m⁻¹. Największą wydajność ma studnia 1a, a najmniejszą studnia 1. Zwierciadło naporowe, nawiercane w studniach na głębokości od 26 (St. 2) do 42 m (St. 4), stabilizowało się na głębokości od 0,6 do 4,5 m p p t.

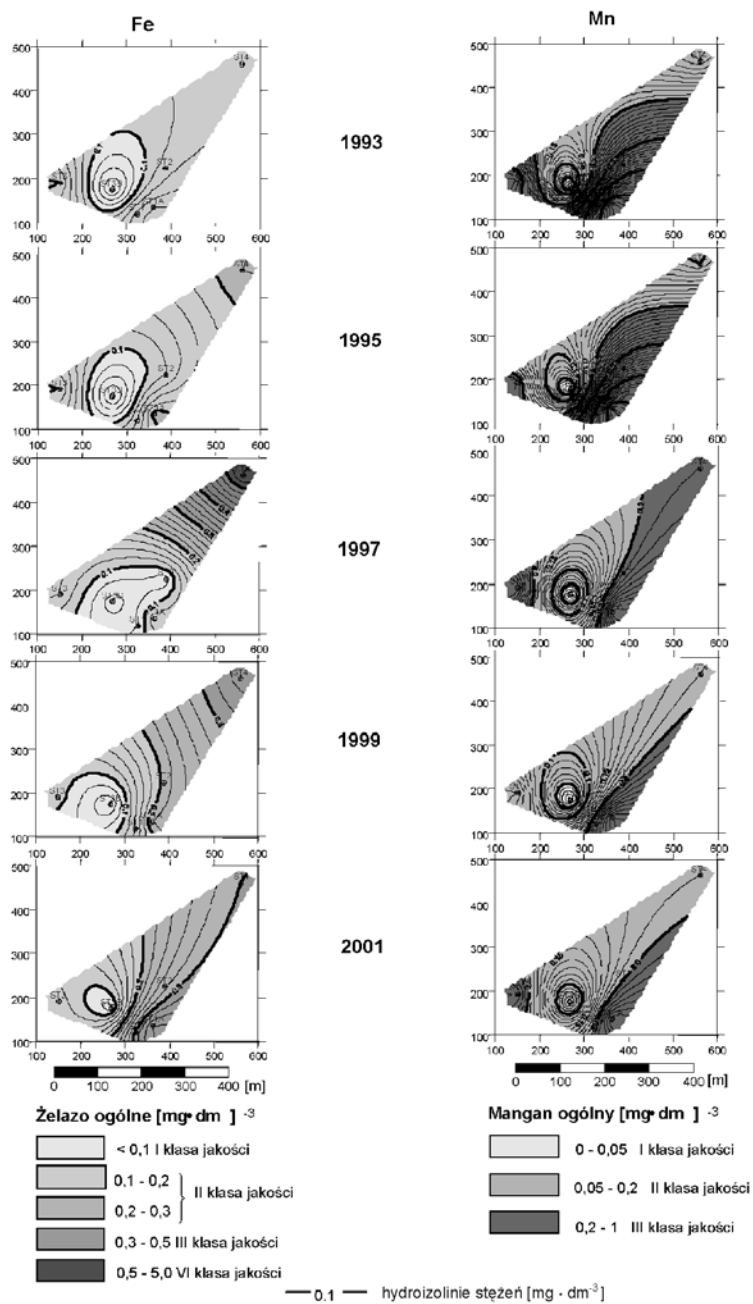
W trakcie prowadzenia prac wiertniczych we wszystkich otworach ujęcia Bzin stwierdzono dwa poziomy występowania wód gruntowych. Pierwszy zalega na głębokości 1,6–3,0 m p. p. t. Zwierciadło wody tego poziomu jest swobodne i występuje w czwartorzędowych utworach piaszczystych. Drugi poziom wodonośny eksploatowany przez omawiane ujęcie występuje na głębokości 26–42 m p. p. t. i związany jest z wapiennymi utworami triasowymi.

Najbliżej rzeki Kamiennej usytuowane są studnie 1 i 1a (odpowiednio w odległości 45 m i 36 m), studnia 2 znajduje się w odległości 90 m, studnia 3b – 135 m, a studnie 3 i 4 są najbardziej oddalone od rzeki – o odległość 225 m. Odległości pomiędzy sąsiednimi studniami wahają się od 45 m (St.1 od St.1a) do 512 m (St. 3 od St. 4).

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wody podziemne ujęte omawianymi sześcioma studniami wierconymi są wodami normalnie słodkimi, o suchej pozostałości od 174 (St. 1) do 300 (St. 2) $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, pod względem odczynu – wodami bardzo słabo zasadowymi o pH od 7,11 do 7,54 i twardości ogólnej wynoszącej od 210,0 do 271,9 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ CaCO_3 , wskazującej na wody średnio twarde. Zawierają one wodorowęglany w stężeniu od 122,0 do 225,8 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, siarczany – od 6,1 (St. 4) do 37,8 (St. 1a i 2) $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, chlorki – od 27,3 do 46,0 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, wapń – 47,2 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i magnez – 6,8 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Utlenialność kształtuje się w zakresie od 1,1 do 2,1 $\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, zawartość azotanów waha się od 0,05 do 0,5 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, azotynów – 0,001 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, amoniaku od 0,02–0,3 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i fluorków – od 0,1 do 0,15 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Wody te charakteryzują się stężeniami jonów żelaza od ilości śladowych do maksymalnie – 1,52 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a jonów manganu od 0,0 do 0,75 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Przestrzenną zmienność stężeń jonów żelaza i manganu w obrębie ujęcia Bzin w dwuletnich okresach wielolecia 1993–2001 przedstawiono za pomocą mapy izoliniowych (rys. 1), wykonanych techniką komputerową przy założeniu izotropowości środowiska skalnego (istnienie połączeń hydraulicznych pomiędzy omawianymi studniami ujęcia oraz możliwość rozchodzenia się własności hydrogeologicznych wodonośca we wszystkich kierunkach). Analiza układu izolinii wskazuje na występowanie w 1993 r. w obrębie całego ujęcia Bzin, w ujmowanych wodach podziemnych, najniższych stężeń jonów żelaza w granicach od 0,01 do 0,2 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i równocześnie najwyższych od 0,07 do 0,55 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ stężeń jonów manganu. Największe zmiany stężeń jonów żelaza w wodach występowały tutaj na kierunku W (St. 3b–St. 3) i S-E (St. 3b–St. 1a), a jonów manganu natomiast na kierunku S-E (St. 3b–St. 1a). W późniejszym okresie, w miarę upływu lat eksploatacji studni, następuje w ujmowanych wodach na kierunku N-E znaczny wzrost stężeń jonów żelaza (0,05–0,54 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) jak i wielkości spadku do osiągnięcia kulminacji w 1997 r., zmiana kierunku wzrostu stężeń jonów żelaza w 2001 roku na EE-S oraz zmniejszenie się do 1999 roku stężeń jonów manganu od 0,02 do 0,27 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i utrzymanie tego stanu i kierunku spadku aż do 2001 r. W dalszym okresie eksploatacji do 2001 r. następuje obniżanie stężeń żelaza do zakresu od 0,08 do 0,36 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz zmiana kierunku spadku stężenia z N-E na EE-S.



Rysunek 1. Przestrzenna zmienność stężeń jonów żelaza i manganu w obrębie ujęcia Bzin w dwuletnich okresach wielolecia 1993–2001
Figure 1. The spatial variability of iron and manganese ions concentration within „Bzin” water intake in two-year periods (1993–2001)

Najniższe stężenia w eksploatowanych wodach ujęcia, tak jonów żelaza, jak i manganu, utrzymują się w najbliższym sąsiedztwie studni 3b, przy czym najniższe stężenie jonów żelaza w samej studni 3b obserwuje się na początku badanego okresu, a najwyższe (ok. $0,18 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) na końcu. Najniższe stężenie manganu ($0,02 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) występuje w eksploatowanych wodach studni 3b w latach 1993–1999, a najwyższe w tej studni (ok. $0,06 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) w 2001 r.

Najwyższe stężenie jonów żelaza ($0,54 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) wystąpiło w połowie badanego okresu (1997) w rejonie studni 4, a najwyższe manganu ($0,54 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) w latach 1993–1995 w najbliższym sąsiedztwie studni 1a.

Najlepsze wody o bardzo dobrej jakości (I klasa) występują przez cały okres badań w studni 3b, a najgorsze (klasy III a nawet IV z uwagi na duże stężenia jonów żelaza i manganu) w 1997 r. w studni 4. Gorsza jakość wody ze względu na stężenie manganu, przez cały okres badań, występuje w studniach 1, 1a i 2.

Zmienność czasowa stężeń jonów żelaza i manganu w wodach podziemnych eksploatowanych poszczególnymi studniami ujęcia Bzin w latach 1993–2002 (rys. 2) można scharakteryzować następująco:

– w wodach studni 1, w okresie do końca 2000 r., stężenie jonów manganu obniża się prawie dwukrotnie. Najwyższe stężenie manganu ($0,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) wystąpiło w czerwcu i grudniu 1993 r., sierpniu, wrześniu i październiku 1994 r. oraz styczniu 1995 r. Po 2000 r., w końcowym okresie eksploatacji, następuje gwałtowny wzrost w wodach stężeń żelaza do wartości maksymalnej $1,52 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (styczeń 2001), które zaczynają dominować nad stężeniami manganu uzyskującymi średnią wartość $0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

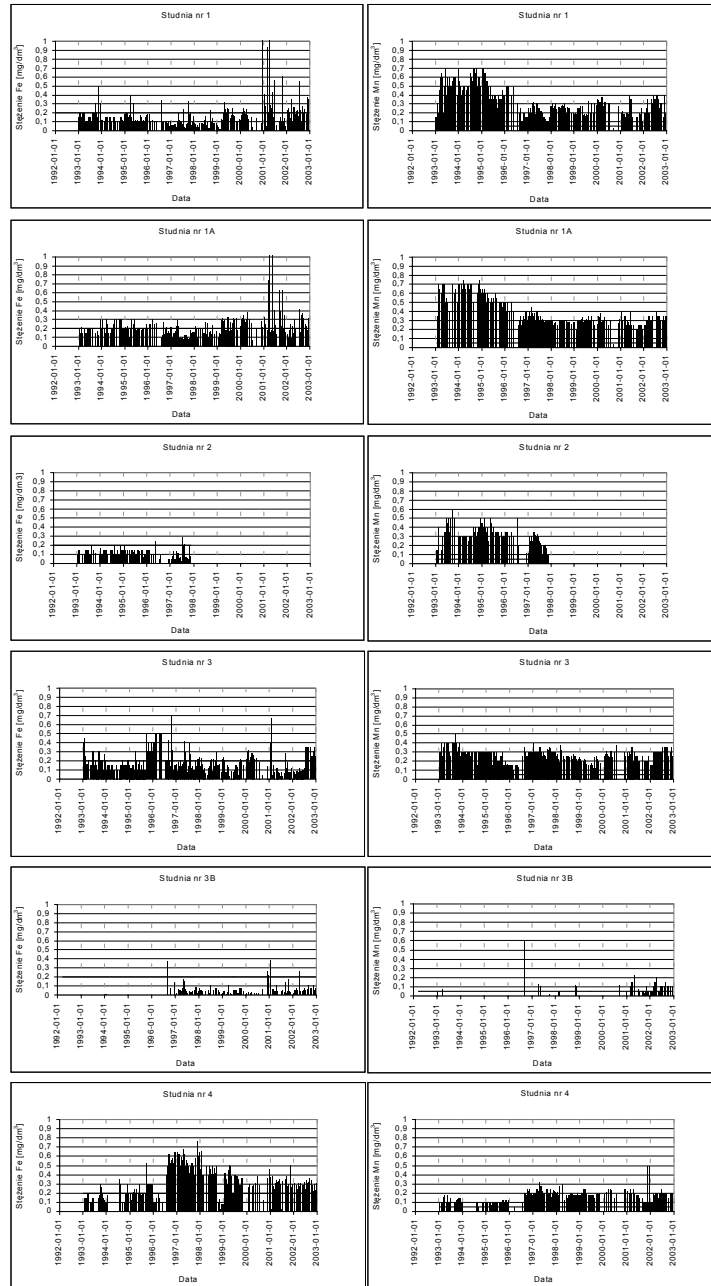
Stężenie jonów manganu w badanym wieloleciu posiada trend malejący o dość widocznym spadku, w przypadku jonów żelaza występuje trend wzrastający [Satora, Kaczor 2005].

– w studni 1a zmienność stężeń obydwu analizowanych składników jest prawie identyczna jak w studni 1, za wyjątkiem tego, że w początkowym okresie eksploatacji stężenie manganu jest nieco wyższe niż miało to miejsce w studni 1 (średnia $0,19 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Najwyższe stężenie jonu manganu osiąga wartość $0,75 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w marcu i listopadzie 1994 r. Stężenie żelaza w końcowym okresie jest niższe niż w studni 1 i wynosi $1,21 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w czerwcu 2001 i $1,24 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w kwietniu 2001 r. Linia trendu stężeń w wieloleciu ma przebieg podobny jak w studni 1 [Satora, Kaczor 2005].

– w wodach studni 2 stężenie manganu w całym okresie badawczym wielokrotnie przewyższa stężenie żelaza. Okres badań dotyczący tej studni jest o połowę krótszy niż w pozostałych studniach z uwagi na przerwanie eksploatacji spowodowane uszkodzeniem części czynnej filtra. Stężenie manganu po początkowym silnym wzroście do wartości maksymalnej $0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (wrzesień 1993) zmniejsza się do wartości minimalnej $0,08 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (październik 1997). Stężenia jonów żelaza początkowo w miarę stałe, o wartościach wielokrotnie niższych od manganu, pod koniec omawianego okresu zwiększają swoją amplitudę wahań, osiągając maksymalnie $0,29 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W ciągu pięciu lat badań (przerwano je w 1998 – rys. 2) stężenia obydwu jonów mają trendy wyraźnie malejące z większym spadkiem dla jonów manganu [Satora, Kaczor 2005],

– do listopada 1995 r. w wodach studni 3 stężenie manganu dominuje nad stężeniem żelaza, osiągając wartość maksymalną $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (wrzesień 1993). Stężenia jonów żelaza są niższe, wynosząc średnio $0,16 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Po listopadzie 1995 r., na okres prawie roku, następuje zmiana dominacji jonów i stężenie żelaza przewyższa stężenie manganu, osiągając maksymalnie $0,69 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w październiku 1996 r. Po 1997 r. powraca dominacja jonów manganu nad jonami żelaza, która utrzymuje się do końca okresu badawczego. Najwyższe wartości stężeń jonów manganu sięgają $0,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, natomiast stężeń jonów żelaza do $0,67 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (luty 2001). Linie trendu stężeń dla obydwu składników są równoległe do siebie w okresie badawczym, mając niewielką tendencję spadkową [Satora, Kaczor 2005],

– w wodach studni 3b stężenie jonów manganu i żelaza do sierpnia 1996 r. było niskie, wystąpiły jedynie dwa przypadki przekroczenia wartości $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ przez jony manganu. Podwyższenie stężenia manganu (do $0,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) zaobserwowano w sierpniu 1996 r. W dalszym okresie eksploatacji następował systematyczny wzrost stężeń zarówno manganu (do $0,22 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w kwietniu 2001), jak i żelaza (do $0,38 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w styczniu 2001 r. Linie trendu obydwu stężeń są do siebie równoległe, mając charakter wzrastający pod niewielkim nachyleniem w miarę upływu czasu eksploatacji. Wielkość stężeń żelaza dominowała nad wielkościami stężeń manganu [Satora, Kaczor 2005],



Rysunek 2. Zmienność czasowa stężeń żelaza i manganu w triasowych wodach studni zlokalizowanych w obrębie ujęcia Bzin
Figure 2. The time variation of concentration iron and manganese in underground waters Triassic within „Bzin” water intake

– w wodach studni 4, przez cały okres badań, stężenia żelaza dominowały nad stężeniami manganu. Obserwowany jest wzrost stężeń żelaza od wartości śladowych w początkowym okresie eksploatacji do wartości maksymalnej wynoszącej $0,77 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w listopadzie 1997 r., czyli w połowie analizowanego okresu. W ciągu dalszej eksploatacji stężenia żelaza stopniowo maleją do wartości $0,31 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ przy końcu okresu badań. Stężenia jonów manganu wzrastają do 1997 r., występuje jednak mniejszy przyrost niż w przypadku żelaza. Maksymalne stężenie żelaza ($0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) wystąpiło w listopadzie 2001 r. Trendy obydwu stężeń wykazują wzrost, przy czym wyraźniejszy jest w przypadku jonów żelaza [Satora, Kaczor 2005].

W celu wyjaśnienia występowania dużej zmienności przestrzennej stężeń żelaza i manganu w eksploatawanych wodach ujęcia Bzin, podjęto próbę dowiązania wykrytych zmienności do posiadanych innych informacji związanych z poziomem wód triasowych. Tymi informacjami było ukształtowanie stropu utworów triasowych oraz rozkład ciśnień wód naporowych zalegających w tych utworach.

Wykonana izoliniowa mapa powierzchni stropu utworów triasowych (rys. 3), z których ujmowane są wody podziemne na terenie ujęcia Bzin, wyraźnie wskazuje na istnienie w rejonie studni 2 i 3b rynnowego obniżenia o osi S-E – N-W, którego najniżej usytuowana powierzchnia występuje w rejonie otworu 3b (rzędna 203,01 m n. p. m.). Skrzydło N-E obniżenia wznosi się w rejonie studni 4 na wysokość 213,68 m n. p. m, natomiast S-W w rejonie studni 1 zalega na rzędnej 232,97 m n p m.

Mapa przebiegu hydroizopiez [Praca zbiorowa... 2002] poziomu triasowego (rys. 4) wskazuje także na wyraźne obniżanie się subarteryjckiego ciśnienia wód naporowych w kierunku studni 3b i 1a, stabilizującego się na linii studni 3b–1a na rzędnych 230,22 do 230,71 m n. p. m.

Powyższe informacje wskazują na istnienie w rejonie studni 3b ujęcia Bzin nietypowego zjawiska, w którym współwystępują najniższe stężenia jonów żelaza i manganu w ujmowanych wodach triasowych, najniżej położony jest strop triasowego wodonośca oraz występuje najniższe ciśnienie piezometryczne. Być może powyższe elementy mają wpływ na występujące zmiany stężeń jonów żelaza i manganu w eksploatawanych wodach lub wpływają na inne bliżej nieznanne czynniki kształtujące reżim triasowych wód podziemnych tego rejonu.

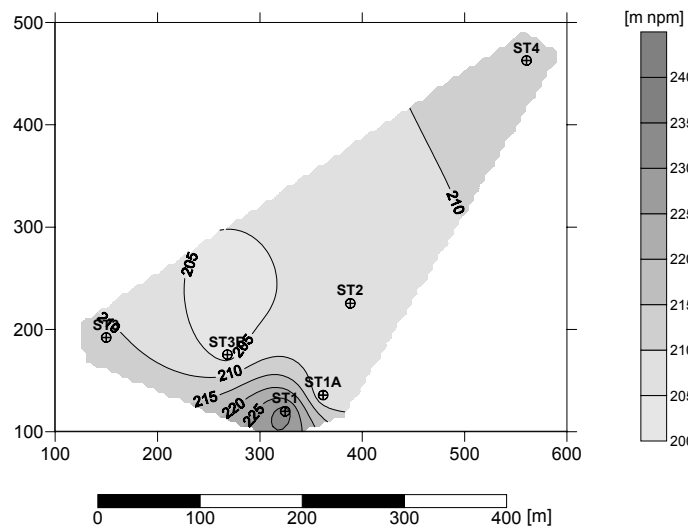
PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wykonana analiza badań obszarowych, jak i zmienności czasowej stężeń jonów żelaza i manganu w okresie od 1993 do 2002 r., w sześciu studniach wierconych na terenie ujęcia Bzin w miejscowości Skarżysko Kamienna wskazuje na występowanie:

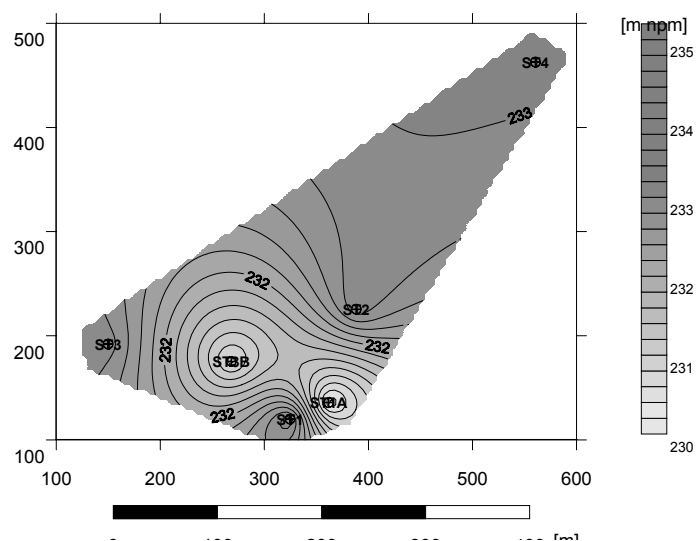
- dużych zmian stężeń żelaza na początku badanego wielolecia szczególnie na kierunku N-E oraz EE-S, natomiast stężeń manganu przez cały okres badań na kierunku S-E,
- wysokich stężeń żelaza na końcu (studnie 1 i 1a) oraz w połowie okresu badawczego (studnia 4), natomiast manganu w początkowym okresie badań,
- w całym okresie eksploatacji ujęcia w ujmowanych wodach stężeń jonów żelaza w zakresie od 0,01 do 1,24 mg · dm⁻³, a stężeń jonów manganu od 0,01 do 0,75 mg · dm⁻³,
- wyraźnej przewagi wielkości stężeń jonów manganu nad jonami żelaza (z wyjątkiem wód w studni 4),
- w większości przypadków malejących trendów wielkości stężeń obydwu jonów w miarę upływu czasu eksploatacji, za wyjątkiem studni 1 i 1a, w których wzrasta stężenie jonów żelaza oraz studni 4, w której wzrastają stężenia obydwu jonów.

Wykonane mapy izoliniowe ukształtowania stropu utworów triasowych (rys. 3) oraz rozmieszczenia hydroizopiez poziomu triasowego (rys. 4), wskazują na istnienie w środkowej części ujęcia Bzin na kierunku S-E – N-W (rejon studni 1a, 2 i 3b), rynnowego obniżenia stropu triasu oraz występowanie też w tym rejonie wyraźnego obniżenia ciśnień piezometrycznych wód naporowych.

Najlepsze wody o bardzo dobrej jakości (I klasa) występują przez cały okres badań w studni 3b, a najgorsze (klasy III a nawet IV z uwagi na duże stężenia jonów żelaza i manganu) w 1997 r. w studni 4. Gorsza jakość wody ze względu na stężenie manganu, przez cały okres badań, występuje w studniach 1, 1a i 2.



Rysunek 3. Izoliniowa mapa stropu podłoża triasowego w obrębie ujęcia Bzin
Figure 3. The isoline (isopleth) map of roof triassic base with in „Bzin” water intake



Rysunek 4. Mapa hydroizopiez wodonośnego poziomu triasowego na terenie ujęcia Bzin
Figure 4. The isopiestic map of water-bearing horizon Triassic in the area of “Bzin” water intake

BIBLIOGRAFIA

- Satora S. Ponadnormatywne ilości żelaza i manganu w wodach podziemnych województwa nowosądeckiego. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 7/92, 1992.
- Satora S., Kaczor G. Przestrzenna zmienność wybranych składników chemicznych wód podziemnych wielootworowego ujęcia na tarasie rzeki Dłubni. *Inżynieria Rolnicza* nr 2, 2004, s. 199–213.
- Satora S., Kaczor G. Przestrzenna zmienność wybranych składników chemicznych wód podziemnych ujęcia zlokalizowanego na wysokim tarasie Wisły. *Zesz. Nauk. AR. Inżynieria Środowiska* z. 26, 2005.
- Praca zbiorowa pod redakcją Lipnickiej T. *Słownik hydrogeologiczny*. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa 2002.
- Witczak S., Kleczkowski A.S., Adamczyk A. Żelazo w wodach wysokiego tarasu Wisły na wschód od Krakowa. *Rocznik PTG* vol. 44, z. 2–3. 1974.
- Zuber A., Kleczkowski A.S., Myszka J., Witczak S. Wydajność i mineralizacja ujęcia wody z wysokiego tarasu Wisły na wschód od Krakowa w świetle badań izotopowych. *Aktualne problemy hydrogeologii III Ogólnopolskie Sympozjum*. Wydawnictwo AGH Kraków 1985.

dr inż. Stefan Satora, dr inż. Grzegorz Kaczor
Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji AR
al. Mickiewicza 24/28, 31-120 Kraków

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk*

Stefan Satora, Grzegorz Kaczor

SPATIAL AND TIME VARIABILITY OF IRON AND MANGANESE CONCENTRATION IN UNDERGROUND WATERS OF TRIASSIC INTAKES ON AREA MEZOZOIC OF SHORE MOUNTAINS ŚWIĘTOKRZYSKIE

SUMMARY

In the article was presented variability of iron and manganese ions concentration during the decade 1993-2002 in the underground waters of „Bzin” water intake that supply water pipe for Skarżysko-Kamienna city. The Bzin water intake includes

six drilled wells of 37 to 60 meters depth and 74 to 341 m³/h capacity that intake underground waters from carbonated, slotted Triassic formation. Conducted research indicated very high variability of analyses compounds. The analysis of Fe and Mn ions variability in the underground Triassic waters of Bzin intake showed that in the well II and III waters decreasing of Mn and Fe concentrations, in the wells I and Ia decreasing only of Mn concentration and increasing of Fe level, however in wells IIIb and IV increasing both Mn and Fe concentrations was followed during progressive exploitation. In case of Fe ions, concentration in exploited water reached up to 1,52 mg/dm³ (well I) and manganese up to 0,78 mg/dm³ (well Ia).

First class waters (very good quality) occurred throughout research period in the well 3b, and the worst third and fourth class: in the year 1997, in the well 4, that was connected with high concentration of Fe and Mn ions, and throughout whole research period, in wells 1, 1a and 2 for the sake of Mn concentration.

In the well 3b area of Bin intake atypical phenomenon was affirmed, in which co-occurred in the intake Triassic waters the lowest Fe and Mn ions concentrations, roof of Triassic aquifer was located lowest above sea level and the lowest piezometric pressure of deposition subarthesian Triassic waters took place.

Key words: triassic waters intakes, underground waters, drilled wells, iron and manganese ions concentrations