

EFEKTYWNOŚĆ OCZYSZCZANIA WÓD PODZIEMNYCH W GRUNCIE

Badania nad efektywnością oczyszczania wód podziemnych, w warstwie wodonośnej prowadzone są przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Legnicy na ujęciu wody dla miasta Prochowic. Ujęcie stanowią trzy studnie wiercone, usytuowane w zasięgu doliny rzeki Kaczawy, wybudowane w 1976 r.

Studnie ujmują wody z utworów czwartorzędowych, pierwszej warstwy wodonośnej o miąższości 15 — 20 m, a swobodne zwierciadło wody stabilizuje się na głębokości 3,9 — 4,2 m. p. p. t. Warstwę wodonośną poziomu czwartorzędowego budują piaski średnioziarniste i żwiry z domieszką otoczków, korzystnie wykształcone i zasobne w wodę, a ustalony współczynnik filtracji $K = 3,24$ m/h wskazuje na dobrą przepuszczalność warstw wodonośnych.

Brak warstwy nieprzepuszczalnej, izolującej utwory wodonośne od powierzchni terenu stwarza możliwość zanieczyszczenia poziomu wodonośnego ściekami lub zanieczyszczeniami z atmosfery.

Wydażność poszczególnych otworów jest zróżnicowana i wynosi 25 — 42 m³/h przy depresjach $S = 3,1$ —3,5 m. Zatwierdzone zasoby eksploatacyjne odwierconych studni z 1976 r. wynoszą 183,6 m³/h.

Na terenie ujęć wody dla miasta Prochowic obserwuje się wyjątkowo szybki spadek wydajności studzien, powodowany prawdopodobnie procesami kolmatacji biochemicznej filtra i przyfiltrowej warstwy wodonośnej. Z tego też powodu na terenie ujęć w Prochowicach, odwierconych zostało dziesięć otworów studziennych w latach 1932 — 1983 r. Dwie studnie odwiercone w 1932 r. pracowały do 1967 r., natomiast studnie wykonane w latach 1968, 1972 i 1976 szybko tracą wydajność i muszą być wyłączone z eksploatacji.

Ujmowana woda, pod względem fizyko-chemicznym i bakteriologicznym nie odpowiada normom, ze względu na zawartość dużych ilości żelaza i manganu.

Badania fizyko-chemiczne i bakteriologiczne wody z ujęć m. Prochowic prowadzone od 1976 r. w laboratorium. Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Legnicy wskazują na znaczne zmienności składu fizyko-chemicznego wody surowej w poszczególnych studniach, przy czym wahania zmienności stężeń zaobserwowano również w różnych miesiącach pory roku. Granice rozpiętości wynoszą:

żelazo 0,4 — 9,1 mg/dm³ Fe

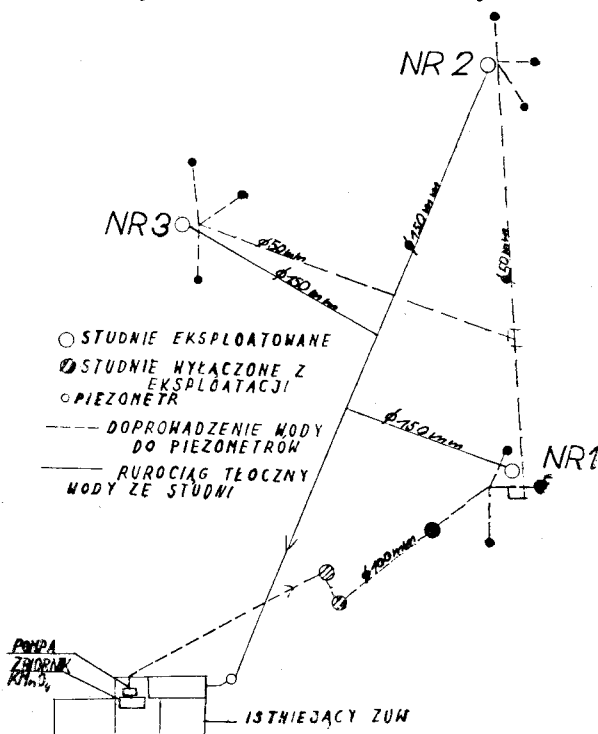
mangan 0,1 — 2,7 mg/dm³ Mn

Okresowo stwierdza się występowanie w wodzie surowej zwiększonych ilości chlorków, amoniaku, azotynów i drobnoustrojów, co wskazuje na zanieczyszczenie eksploatowanych ujęć. Zawarte związki żelaza i manganu, w ujmowanej wodzie są trudne do usunięcia w procesie napowietrzania otwartego i filtracji.

Wykonane badania technologiczne w laboratorium Przedsiębiorstwa Hydrogeologicznego we Wrocławiu ustaliły sposób uzdatniania wymienionych wód, polegający na trzystopniowej filtracji wody przez szeregowo połączone dwa filtry odżelaziające i jeden filtr odmanganiający, z prędkością przepływu przez złoża 6 m/h.

W schemacie stacji uzdatniania przewidziano wstępne i międzystopniowe napowietrzanie wody na aeratorach.

Trudności technologiczne związane z usuwaniem związków żelaza i manganu, na istniejącej stacji uzdatniania wody dla m. Prochowic oraz stopniowy zanik wydajności trzech eksploatowanych studni od 1976 r. wywołał ko-



Rys. 1 Szkic sytuacyjny ujęcia wody i instalacji badawczej

nieczność opracowania metody uzdatniania wody w warstwie wodonośnej, przy użyciu nadmanganianu potasu. Projekt koncepcyjny opracowano w 1979 r. i po uzyskaniu pozytywnej opinii, zatwierdzony został do realizacji w 1982 r.

Pokazana na rys. nr 1 instalacja technologiczna składa się z otworów piezometrycznych o średnicy 9 5/8 cala i głębokości 15 m od p. p. t. Otwory piezometryczne, rozmieszczone są 5,0 — 5,5 m od osi studni po trzy sztuki przy każdej, w kształcie trójkąta i zafiltrowane zostały na przestrzeni warstwy wodonośnej. Każdy otwór piezometryczny połączony jest przewodem zasilającym, wykonanym z rury ocynkowanej, o średnicy Φ 50 mm i wyposażony w zawory, odcinające umieszczone w sudziencie rozdzielczej.

Na główny przewód zasilający wszystkie piezometry, od istniejącego zakładu uzdatniania wody do studni nr 1 adaptowano nieczynny rurociąg żeliwny o średnicy Φ 100 mm.

W studni nr 1, na głównym przewodzie zasilającym otwory piezometryczne zainstalowano zawór czerpalny, który umożliwia pobór prób zmieszanego z wodą zasilającą, roboczego roztworu nadmanganianu potasu. Roboczy roztwór, zasilający piezometry, stanowi napowietrzona i odgazowana woda ujmowana ze studni, a następnie odżelaziana i odmanganiana na filtrach pośpiesznych otwartych, zainstalowanych w istniejącej stacji uzdatniania wody. Napowietrzanie i odgazowanie wody surowej odbywa się na wieży kontaktowej, wg patentu nr. 74292 — PWiK w Legnicy.

Do wody zasilającej piezometry dodawany jest uprzednio przygotowany roztwór 1 n nadmanganianu potasu (KMnO_4). Rostwory nadmanganianu potasu przygotowuje się w zbiorniku stalowym o pojemności ca 2,5 m³. Roztwór nadmanganianu potasu wtłaczany jest cyklicznie do rurociągu wody zasilającej piezometry wszystkich trzech studni pompą dawkującą typu DF-350.

Woda zasilająca sieć technologiczną piezometrów podawana jest pompami drugiego stopnia, tłoczącymi wodę do miasta. Stężenie roztworu nadmanganianu potasu po zmieszaniu z wodą zasilającą, przed wtłoczeniem do piezometrów, wynosi 0,25 — 0,4 mg/dm³ Mn.

Włączenie wykonanej instalacji technologicznej do eksploatacji opóźnia fakt zaniku wydajności eksploatowanych od 1976 r. trzech studni.

Trudna sytuacja zaopatrzenia m. Prochowiec w wodę, jaka wystąpiła we wrześniu 1982 r. wywołała decyzję wykonania awaryjnie dwóch otworów studziennych, o Φ 1600 mm na istniejących terenach wodonośnych, w pobliżu eksploatowanych studni. Niezależnie od decyzji budowy nowych studni podjęto próby rozkolmatowania filtra studni i przyfiltrowej warstwy wodonośnej.

Zdemontowano pompę głębinową w studni nr. 1 i rurę nadfiltrową połączono z rurociągiem tłocznym wody surowej, a następnie pompami drugiego stopnia wtłaczano uzdatnianą wodę

(chlorowaną dawką 1,2 mg/dm³ Cl_2) do studni i jednocześnie do trzech otworów piezometrycznych, wykonaną siecią technologiczną, pod ciśnieniem 5,2 atm.

Ze względu na braki wody, wtłaczanie wody do studni wykonywano w godzinach nocnych od 23,00 — 3,00 przez trzy noce do każdej studni. Po wykonaniu opisanego zabiegu wszystkie trzy studnie włączano do eksploatacji, wtłaczając cyklicznie chlorowaną wodę do sieci technologicznej piezometrów, przez okres od dnia 12.11.1982 r. do dnia 13.12.1982 r.

Dnia 14. 12. 1982 r. rozpoczęto dawkowanie roztworu nadmanganianu potasu, do wody zasilającej sieć technologiczną piezometrów.

Stężenie roztworu nadmanganianu potasu po zmieszaniu z wodą zasilającą, przed wtłoczeniem do piezometrów wynosiło początkowo ilości śladowe systematycznie zwiększane, w celu stopniowego zaszczepiania warstw wodonośnych, wytrącanymi podczas reakcji chemicznych dwutlenkami manganu MnO_2 i tlenkami żelaza Fe_2O_3 oraz powodowanie zmiany równowagi w środowisku hydrogeochemicznym na skutek zachodzących procesów oksydacyjno-redukcyjnych i biochemicznych, wokół strefy zasilania danej studni. Stężenia nadmanganianu potasu w zmieszonym roztworze zasilającym wzrastały od śladowych w następującym ciągu 0,17, 0,18, 0,21, 0,24, 0,26, 0,27, 0,28, 0,30, 0,32, 0,33, 0,37 mg/dm³.

Dawkowany nadmanganian potasu do wód gruntowych, poprzez opisaną instalację technologiczną, w podanych wyżej stężeniach, w okresie od 12. 12. 1982 r. do dnia 26. 01. 1983 r. spowodował zmniejszenie zawartości związków żelaza i manganu, amoniaku, azotynów i azotanów, utlenialności, ilości bakterii na agarze — w temperaturze 37°C po 24 h i w temperaturze 20°C po 72 h oraz obniżenie wskaźnika bakterii grupy Coli i wskaźnika bakterii Coli typu fekalnego do zera, w ujmowanej wodzie. Zaobserwowano jednoczesny wzrost wydajności studni, co zarejestrowano na podstawie odczytu wodomierzy, zainstalowanych na ZUW.

Pod koniec grudnia 1982 r. eksploatowane trzy studnie osiągnęły pierwotną wydajność, co zlikwidowało występujący wcześniej niedobór w zaopatrzeniu miasta Prochowiec w wodę.

Dnia 27. 01. 1983 r. przerwano prowadzenie badań uzdatniania wód podziemnych, w warstwie wodonośnej na wniosek geologów Przedsiębiorstwa Hydrogeologicznego we Wrocławiu, którzy stwierdzili, że doprowadzana woda zasilająca do otworów piezometrycznych powoduje zakłócenia, w prowadzeniu pomiarów wydajności nowoodwierconych dwóch studni.

Nowo odwiercone studnie zostały zlokalizowane w rejonie eksploatowanych studni nr. 1, 2 i 3, w odległości od 60 — 70 m. Odpiaszczanie nowo odwierconych studni, łącznie z pompowaniem pomiarowym trwało od dnia 27.01.1983 r. do dnia 14.04.1983 r.

W podanym okresie czasu instalacja badawcza była wyłączona, prowadzono natomiast ustalony cykl badań laboratoryjnych.

Z zebranych badań wynika, że złożę warstwy wodonośnej zostało wpracowane, gdyż zawartość związków żelaza, manganu, amoniaku, azotanów, utlenialności utrzymuje się na poziomie wpracowywania złoża, tj. dawkowania roztworu nadmanganianu potasu do wód gruntowych.

Obserwuje się okresowy wzrost azotanów, chlorków, utlenialności, ChZT oraz zanieczyszczeń bakteriologicznych, szczególnie bakterie typu Coli i Coli typu fekalnego, w ujmowanej wodzie ze studni. Wzrosty zanieczyszczeń wyżej wspomnianych pojawiają się okresowo, ale stosunkowo często wywołując określone perturbacje technologiczne w uzdatnianej wodzie i jej jakości.

Bezpośredni wpływ na zanieczyszczenie ujmowanych wód gruntowych dla m. Prochowic, ma wybudowane w latach 1976—1978 osiedle domków jednorodzinnych „XXX-lecia”, które zostało zlokalizowane obok ujęcia wód na terenie, gdzie brak jest kanalizacji sanitarnej, a ścieki gromadzone są w szambach bezodpływowych.

Wykonane szamba, przez poszczególnych inwestorów, są nieszczelne i ścieki odpływają do gruntu, zanieczyszczając ujmowane wody gruntowe dla zaopatrzenia m. Prochowic. Powyższe wnioski potwierdzają wyniki badań, ujmowanej wody ze studni w latach 1975—1978, w której ilość chlorków wynosiła 62—100 mg/dm³ Cl⁻, a sporadycznie występowały podwyższone ilości bakterii.

Wyniki badań ujmowanej wody ze studni, przed uruchomieniem instalacji technologicznej zamieszczono w tabeli nr 1, w czasie badań — w tabeli nr 2 i w czasie postoju instalacji — w tabeli nr 3.

Tabela 1

JAKOŚĆ WODY SUROWEJ UJMOWANEJ PRZED ROZPOCZĘCIEM BADAŃ UZDATNIANIA WODY W GRUNCIE

Oznaczenia	Jednostka	Woda ujmowana ze studni	
		Stężenie	
		min	max
Mętność	mg/dm ³	2	5
Barwa	mg/dm ³ Pt	7	37
Odczyn pH	pH	6,8	7,3
Amoniak NH ₃	mg/dm ³ N	0,2	0,38
Azotany NO ₃	mg/dm ³ N	2,0	7,0
Utlennalność	mg/dm ³ O ₂	1,8	3,2
Chlorki	mg/dm ³ Cl	90	430
Żelazo	mg/dm ³ Fe	0,55	4,53
Mangan	mg/dm ³ Mn	0,5	2,15

ZANIECZYSZCZENIA BAKTERIOLOGICZNE WODY GRUNTOWEJ

A g a r				W s k a ź n i k i			
24 h 37°C		72 h 20°C		grupy coli		coli typu fekalnego	
min	max	min	max	min	max	min	max
1,14	22	11	49	12	46	12	55

Tabela 2

JAKOŚĆ WODY SUROWEJ UJMOWANEJ ZE STUDNI PODCZAS ZASILANIA WODY GRUNTOWEJ ROZTWORZEM NADMANGANIANU POTASU

Oznaczenia	Jednostka	Woda ujmowana ze studni	
		Stężenie	
		min	max
Mętność	mg/dm ³	2	6
Barwa	mg/dm ³ Pt	2	7
Odczyn pH	pH	7,0	7,31
Amoniak NH ₃	mg/dm ³ N	0,005	0,14
Azotany NO ₃	mg/dm ³ N	0,14	3,0
Utlennalność	mg/dm ³ O ₂	1,5	2,1
Chlorki	mg/dm ³ Cl	95	276
Żelazo	mg/dm ³ Fe	0,12	0,65
Mangan	mg/dm ³ Mn	0,11	0,4

ZANIECZYSZCZENIA BAKTERIOLOGICZNE WODY GRUNTOWEJ

A g a r				W s k a ź n i k i			
24 h 37°C		72 h 20°C		grupy coli		coli typu fekalnego	
min	max	min	max	min	max	min	max
0	3	0	60	0	6	0	17

Tabela 3

JAKOŚĆ WODY SUROWEJ UJMOWANEJ ZE STUDNI W CZASIE POSTOJU INSTALACJI BADAWCZEJ

Oznaczenia	Jednostka	Woda ujmowana ze studni	
		Stężenie	
		min	max
Mętność	mg/dm ³	2	4
Barwa	mg/dm ³ Pt	2	7
Odczyn pH	pH	6,9	7,3
Amoniak NH ₃	mg/dm ³ N	0,005	0,2
Azotany NO ₃	mg/dm ³ N	0,2	5
Utlennalność	mg/dm ³ O ₂	1,7	2,6
Chlorki	mg/dm ³ Cl	1,58	251
Żelazo	mg/dm ³ Fe	0,1	0,35
Mangan	mg/dm ³ Mn	0,04	0,49

ZANIECZYSZCZENIA BAKTERIOLOGICZNE WODY GRUNTOWEJ

A g a r				W s k a ź n i k i			
24 h 37°C		72 h 20°C		grupy coli		coli typu fekalnego	
min	max	min	max	min	max	min	max
0	28	3	200	0	37	0	37

Pierwsza faza przeprowadzonych badań, przy stosunkowo niskich stężeniach nadmanganianu potasu, dawkowanych do wody zasilającej, przyniosła pozytywne rezultaty, w postaci obniżenia zawartości związków żelaza, manganu, zmniejszenia występujących zanieczyszczeń bakteriologicznych i pochodnych wskaźników fizyko-chemicznych zanieczyszczania ujmowanej wody ze studni.

Ponadto dotychczas trudno usuwalne związki żelaza i manganu, zawarte w wodzie surowej, poddane procesowi napowietrzania otwartego i filtracji na filtrach pośpisznych otwartych, ulegają obniżeniu do zawartości śladowych, nie występują również kłopoty z bakteriologią wody, dostarczanej do miasta.

Celem określenia optymalnych parametrów uzdatniania wody w warstwie wodonośnej przy zastosowaniu nadmanganianu potasu należy kontynuować dalsze badania.