

Maria Sobczyk

Zastosowanie czystego tlenu do uzdatniania wód podziemnych

Wody podziemne stanowią bardzo ważne źródło wody do picia i na potrzeby gospodarcze. Z uwagi na to, iż często pochodzą z pokładów położonych na różnych głębokościach, mają zróżnicowany skład fizyczno-chemiczny i w związku z tym różną podatność na uzdatnianie. Zawartość związków żelaza w wodach podziemnych kształtuje się w szerokich granicach, od ilości śladowych do kilkudziesięciu gFe/m^3 , natomiast mangan występuje w znacznie mniejszych stężeniach, od ilości śladowych do kilku gMn/m^3 . Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 4 września 2000 r. woda do picia i na potrzeby gospodarcze nie powinna zawierać związków żelaza więcej niż $0,2 \text{ gFe/m}^3$, a stężenie związków manganu nie powinno przekraczać $0,05 \text{ gMn/m}^3$.

Znanych jest wiele metod usuwania związków żelaza i manganu z wody, lecz ciągle poszukuje się nowych rozwiązań i dąży do ich dalszego usprawnienia. Klasyczne metody odżelaziania i odmanganiania wody stają się mało skuteczne wówczas, gdy muszą sprostać obecnym wymaganiom sanitarnym. Odżelazianie i odmanganianie wody, wbrew pozorom, nadal jest skomplikowanym procesem technologicznym.

Jednym z najczęściej stosowanych w technologii uzdatniania wód podziemnych sposobów dostarczenia tlenu do wody jest proces napowietrzania, w którym równocześnie usuwa się z wody dwutlenek węgla i siarkowodór. Metody napowietrzania wody podziemnej stosowane są w większości stacji uzdatniania, jednak nie we wszystkich wypadkach ten sposób utleniania związków żelaza okazuje się skuteczny. Często dostarczenie powietrza do wody jest niewystarczające i stosuje się wówczas utlenianie chemiczne. Jednak wszystkie silne utleniacze wprowadzone do wody w większym lub mniejszym stopniu powodują powstawanie ubocznych produktów utleniania [1].

Jednym z mało poznanych i stosowanych w technologii uzdatniania wody utleniaczy jest czysty tlen. Jest on na razie uważany za jeden z najbardziej bezpiecznych utleniaczy, gdyż po dodaniu do wody nie powoduje powstawania związków toksycznych. W Polsce brak jest na ten temat informacji, natomiast w Niemczech czysty tlen techniczny jest stosowany jako utleniacz związków żelaza i manganu w niektórych stacjach uzdatniania wody, dając zadowalające wyniki przy pH wody w zakresie 7+8 [3]. Według danych literaturowych argumenty przemawiające za stosowaniem czystego tlenu technicznego, zamiast napowietrzania, to wzbogacenie wody w czysty tlen, co może mieć wpływ na smak i właściwości organoleptyczne wody, zwiększenie wydajności filtrów, utlenienie związków żelaza i manganu, a także wyłączenie wpływu

zanieczyszczeń pochodzących z powietrza [3]. Poza tym stosując czysty tlen można dokładnie kontrolować jego dawkę, nie powstają szkodliwe produkty uboczne, zapobiega się przechodzeniu dwutlenku węgla do instalacji, koszty inwestycyjne i eksploatacyjne są niewielkie, nie jest też potrzebna dodatkowa energia [2,3]. Tak więc zastosowanie czystego tlenu technicznego w technologii uzdatniania wody jest bardzo obiecujące. Sama modernizacja stacji uzdatniania wody, poprzez zamianę napowietrzania na dawkowanie tlenu, jest łatwa i prosta w realizacji. Należy jednak wykazać, czy utlenienie związków żelaza i manganu w wodach podziemnych za pomocą czystego tlenu technicznego jest skuteczne w każdych warunkach.

Celem badań omówionych w niniejszej pracy było porównanie dwóch sposobów utleniania związków żelaza i manganu w wodach podziemnych, tj. za pomocą tlenu z powietrza i za pomocą czystego tlenu, w układzie z filtracją pospieszną.

Metodyka badań

Badania technologiczne przeprowadzono bezpośrednio w ujęciu wody podziemnej w skali ułamkowo-technicznej w układzie ciągłym na wodzie naturalnej oraz wodzie wzbogaconej w sole żelaza, manganu i azot amonowy. Badania przeprowadzono równolegle na dwóch układach, różniących się sposobem natleniania, złożonych z następujących procesów:

- napowietrzanie i filtracja,
- dawkowanie czystego tlenu technicznego i filtracja.

Woda dopływała do zbiornika wyrównawczego pod ciśnieniem, jakie panowało w rurociągu, a następnie przepływała równomiernie na oba układy badawcze, tj. do komory napowietrzania i komory natleniania, skąd grawitacyjnie przepływała na filtry. W obydwu układach utrzymano jednakowe warunki przepływu, prędkość filtracji wynosiła 8 m/h. W celu zwiększenia stężeń związków żelaza i manganu w wodzie, do zbiornika wyrównawczego wprowadzono za pomocą pompy dawkującej określone ilości analizowanych jonów. Ilość doprowadzonej wody do układu badawczego oraz ilości wprowadzonego powietrza i tlenu regulowano za pomocą rotametrów.

Jakość badanej wody oraz efekt uzdatniania oceniono na podstawie analizy wody, która obejmowała oznaczenia stężeń związków żelaza i manganu, tlenu rozpuszczonego, a także temperatury, pH, kwasowości, zasadowości i utleniałości wody. Oznaczenia te wykonano w wodzie surowej i w wodzie po filtracji, natomiast w celu kontroli procesu natleniania w wodzie nad złożem filtracyjnym oznaczono zawartość tlenu rozpuszczonego i pH.

Dyskusja wyników

Woda podziemna w okresie badań miała niską temperaturę w zakresie $10+12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=6,97+7,17$, kwasowość w granicach $1,5+1,8\text{ val/m}^3$ i stosunkowo wysoką zasadowość $5,2+6,2\text{ val/m}^3$. Woda zawierała niewielkie ilości związków żelaza w granicach $0,44+0,52\text{ gFe/m}^3$ i manganu w zakresie $0,09+0,19\text{ gMn/m}^3$, zawierała natomiast amoniak w ilościach $0,10+0,45\text{ gN/m}^3$. W wodzie nie stwierdzono obecności tlenu, a jej utlenialność wynosiła $2,0+4,5\text{ gO}_2/\text{m}^3$. Wahania jakości wody podziemnej wynikały z faktu, iż ujęcie wody na stacji zasilane było przez kilka studni włączanych przemiennie (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka składu wody podziemnej

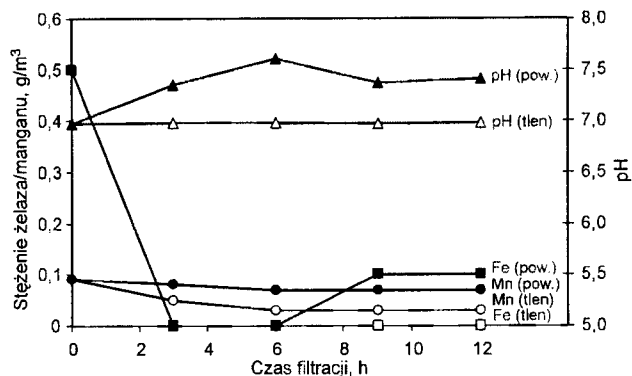
Parametr, jednostka	Woda surowa	Woda wzbogacona
Temperatura, $^{\circ}\text{C}$	10+12	10+10,5
pH,-	6,97+7,17	7,19+7,24
Kwasowość, val/m^3	1,5+1,8	1,4+1,5
Zasadowość, val/m^3	5,2+6,2	5,0+6,2
Żelazo ogólne, gFe/m^3	0,44+0,52	2,0+6,6
Mangan, gMn/m^3	0,09+0,19	0,8+3,0
Tlen rozpuszczony, gO_2/m^3	0,0	0,0
Utlenialność, gO_2/m^3	2,0+4,4	2,2+4,5
Azot amonowy, gN/m^3	0,10+0,45	1,0+1,7

W wodzie wzbogaconej w jony żelaza, manganu i amoniaku również nie stwierdzono obecności tlenu. Stężenia związków żelaza wynosiły $2,0+6,6\text{ g/m}^3$, manganu $0,8+3,0\text{ gMn/m}^3$, amoniaku $1,0+1,7\text{ gN/m}^3$, natomiast pH wody mieściło się w zakresie $7,19+7,24$ (tab. 1).

Ponieważ badana naturalna woda podziemna zawierała niewielkie ilości żelaza i manganu, dlatego poddano ją uzdatnieniu w procesach utleniania i filtracji pospiesznej. W celu porównania skuteczności procesu utleniania zastosowano sprężone powietrze i czysty tlen. W obydwu wypadkach efekty usuwania związków żelaza były zadowalające. Po procesie napowietrzania oraz po 9-godzinny cykl filtracyjny stwierdzono tylko śladowe ilości związków żelaza, tj. $0,07\text{ gFe/m}^3$, natomiast utleniając związki żelaza czystym tlenem nie stwierdzono obecności żelaza po 12-godzinny cykl filtracyjny. Nie udało się natomiast usunąć całkowicie związków manganu, niezależnie od sposobu utleniania. W układzie z napowietrzaniem stężenia związków manganu po filtracji wynosiły $0,07+0,16\text{ gMn/m}^3$, tj. powyżej wartości dopuszczalnej. Zdecydowanie lepiej przebiegał proces odmanganiania wody w układzie z czystym tlenem, w którym stężenia związków manganu po filtracji wynosiły $0,02+0,03\text{ gMn/m}^3$, czyli poniżej wartości dopuszczalnej. Nie uzyskano całkowitego usunięcia związków manganu ze względu na prawdopodobnie zbyt niskie pH wody, które w czasie badań utrzymywało się na poziomie około 7.

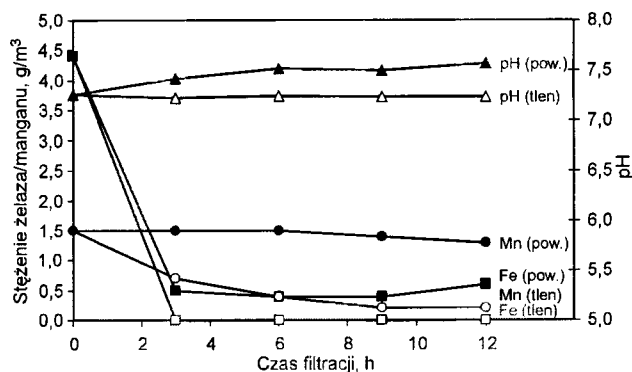
Porównując zmiany pH wody w dwóch układach badawczych stwierdzono, że podczas napowietrzania osiągnęło ono wyższe wartości, gdyż nastąpiła desorpcja dwutlenku węgla, a także zmniejszyła się kwasowość wody. Zjawisko to nie występowało w układzie z czystym tlenem (rys. 1).

Gdy w wodzie surowej zwiększono zawartość związków żelaza do $4,4\text{ gFe/m}^3$, a manganu do $1,5\text{ gMn/m}^3$, wówczas w układzie z napowietrzaniem nie uzyskano całkowitego usunięcia żelaza i manganu. Zawartość związków żelaza po filtracji ($0,4+0,6\text{ gFe/m}^3$) była powyżej wartości dopuszczalnej, natomiast manganu ($1,3+1,5\text{ gMn/m}^3$) na poziomie połowy wartości początkowej. W układzie z czystym tlenem żelazo



Rys. 1. Przebieg zmian pH oraz żelaza i manganu po napowietrzaniu/natlenianiu i filtracji wody

zostało całkowicie usunięte, natomiast zawartość manganu obniżyła się do wartości $0,07+0,20\text{ gMn/m}^3$, lecz ciągle była powyżej wartości dopuszczalnej (rys. 2).

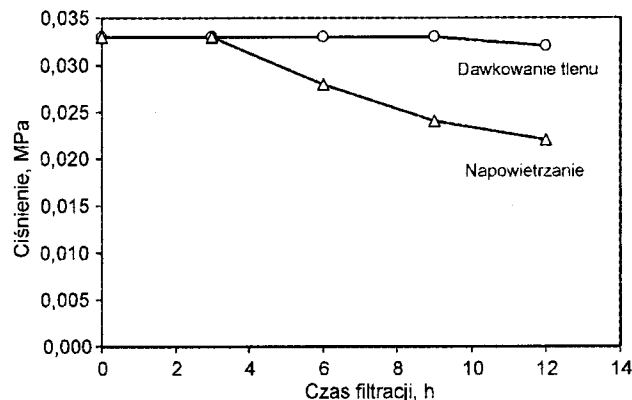


Rys. 2. Przebieg zmian pH oraz żelaza i manganu po napowietrzaniu/natlenianiu i filtracji wody (woda wzbogacona)

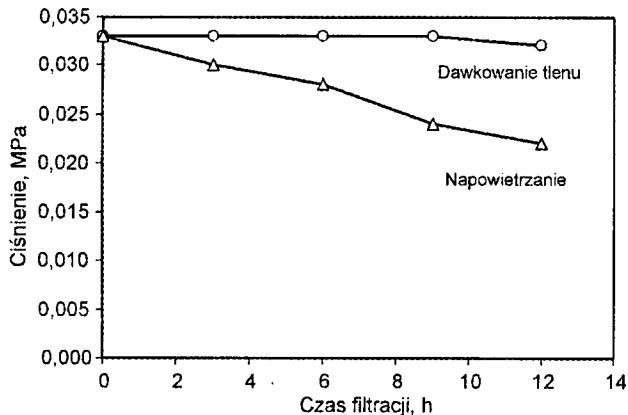
Prrowadząc kontrolę zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie nad złożem filtracyjnym stwierdzono, że jego stężenia były mniejsze w układzie z czystym tlenem. Podczas napowietrzania wody stężenie tlenu wahało się w zakresie $8,0+9,5\text{ gO}_2/\text{m}^3$, natomiast podczas dawkowania czystego tlenu stężenia te były zawsze niższe i mieściły się w przedziale $3,0+6,0\text{ gO}_2/\text{m}^3$.

W badanej wodzie podziemnej, a także wzbogaconej występowały niewielkie ilości amoniaku, jednak nie udało się go całkowicie usunąć. Nieznacznie spadło jego stężenie w układzie z czystym tlenem.

Podczas trwania 12-godzinnych cykli badawczych przeprowadzono także pomiary oporów filtracji. Stwierdzono, że niezależnie od zawartości związków żelaza i manganu w wodzie, opory filtracji rosły wolniej w układzie z czystym tlenem w stosunku do układu z napowietrzaniem (rys. 3).



Rys. 3. Zmiany oporów filtracji wody podziemnej



Rys. 4. Zmiany oporów filtracji wody podziemnej wzbogaconej w związki żelaza i manganu

Podczas zastosowania dużych stężeń związków żelaza i manganu w wodzie przyrost oporów filtracji w układzie z czystym tlenem był łagodniejszy niż w układzie z napowietrzaniem. Przyczyną tego zjawiska mógł być fakt, że w wypadku napowietrzania wody pęcherzyki powietrza powodowały wzrost oporów filtracji, a tym samym skrócenie cyklu filtracyjnego. Wprowadzając do wody czysty tlen można uniknąć tego zjawiska (rys.4).

Wnioski

◆ Przy niskich stężeniach związków żelaza i manganu w wodzie w układach technologicznych z napowietrzaniem i dawkowaniem czystego tlenu związki żelaza zostały całkowicie usunięte z wody, natomiast nie usunięto całkowicie związków manganu. Przy wyższych stężeniach związków żelaza i manganu w wodzie, niezależnie od sposobu utleniania, nie uzyskano całkowitego usunięcia tych jonów.

◆ Wzrost oporów filtracji podczas natleniania wody czystym tlenem następował znacznie wolniej niż podczas jej napowietrzania, niezależnie od początkowych stężeń związków żelaza i manganu w wodzie.

LITERATURA

1. R. BRYCH: Próba oceny utleniaczy i sorbentów stosowanych w uzdatnianiu wody. GWiTS, 1989, nr 7.
2. H. GAHS, P. RUTTEN, G. SCHNOOR: Trinkwasseraufbereitung mit Wasserstoff, Gas Aktuell, Heft 32, 1986.
3. B. MÜLLER: Der Einsatz von Gasen bei der Trinkwasseraufbereitung—Technische Gase sichern die Trinkwasserqualität. Mat. Messer Griesheim, 1986.

On the Application of Pure Oxygen to Groundwater Treatment

The objective of the study was to examine the efficiency of iron and manganese removal for groundwater with the use of various oxidants. Pilot-scale experiments were run direct at the water intake. The oxidizing agents of choice were atmospheric oxygen and pure oxygen. Consideration was given to the problem

of how the method of oxidation affected iron and manganese content and head loss variations. Of the two oxidants tested, pure oxygen was found to yield higher efficiencies of iron and manganese removal. The use of pure oxygen as an oxidizing agent should therefore be recommended.