

Waldemar Sawiniak, Barbara Kotlarczyk, Katarzyna Nadolska

Skuteczność usuwania związków manganu z wody powierzchniowej w złożu filtrów kontaktowych

W wodach powierzchniowych – głównie w zbiornikach retencyjnych – obserwuje się okresowe zwiększenie zawartości związków manganu [1, 2], przy czym podczas powszechnie stosowanego do oczyszczania tych wód procesu koagulacji, związki manganu nie są usuwane. Obecność manganu w takich przypadkach, często nawet w dużych ilościach (ok. 2 gMn/m^3) nie jest dobrze rozpoznana. Można przypuszczać, że związki manganu są wymywane z osadów dennych [1]. Takie zjawisko występuje głównie w zbiornikach retencyjnych podczas deficytu tlenowego. Jakkolwiek metody odmanganiania wód podziemnych są szeroko opisane w literaturze [3–5], to jednak problem usuwania związków manganu z wody powierzchniowej wymaga indywidualnego potraktowania.

W niniejszej pracy podjęto problem skuteczności oczyszczania wody ujmowanej z Jeziora Czanieckiego na Sole, w warunkach zwiększonej zawartości związków manganu.

Technologia oczyszczania wody

Technologia oczyszczania wody w zakładzie wodociągowym „Czaniec” w Kobiernicach nie zmieniła się od 40 lat i opiera się na filtracji kontaktowej (koagulacja siarczanem glinu w złożu filtracyjnym) oraz dezynfekcji chlorem gazowym [6, 7], jakkolwiek były prowadzone badania nad możliwością zastosowania warstwy węgla aktywnego w tych filtrach [8]. Filtry kontaktowe składają się z 64 komór, każda o powierzchni 46 m^2 , które zgrupowane są w 4 segmentach po 16 komór. Wysokość złoża piaskowego (śr. $0,5 \div 2 \text{ mm}$) w każdym filtrze wynosi 220 cm , pod którym znajduje się żwirowa warstwa podtrzymująca o grubości 35 cm . Prędkość filtracji wynosi $3,5 \div 4,5 \text{ m/h}$. Złoże filtrów kontaktowych płukane jest wodą oczyszczoną z intensywnością $12 \text{ dm}^3/\text{m}^2\text{s}$ przez $8 \div 12 \text{ min}$, po czym czas jego wpracowania przed włączeniem filtru do eksploatacji wynosi $10 \div 30 \text{ min}$. Długość cyklu filtracyjnego waha się – w zależności od jakości wody – od 8 h do 72 h (śr. 32 h). Średnia wydajność zakładu wynosi około $50 \text{ tys. m}^3/\text{d}$.

Do wad filtrów kontaktowych należy zaliczyć ich dużą wrażliwość na zmiany jakości ujmowanej wody, a zwłaszcza na zwiększoną mętność. Duży ładunek zawieszin dopływających na filtry powoduje skrócenie cykli filtracyjnych, co jest związane ze zużyciem większej ilości wody

do płukania złożeń oraz zwiększonym zużyciem reagentów stosowanych w procesie oczyszczania wody, co wpływa na koszty eksploatacji zakładu. W czasie normalnej eksploatacji filtrów kontaktowych uzyskuje się wodę o wymaganej jakości, jednakże okresowo występują problemy technologiczne wynikające z nadmiernej mętności i zawartości związków manganu w ujmowanej wodzie, co powoduje konieczność czasowego wyłączenia zakładu z eksploatacji.

Jakość ujmowanej wody

Woda ujmowana z Soły kwalifikuje się do grupy tzw. wód górskich. Analiza wskaźników jakości wody wykazuje, że skład ujmowanej wody jest dobry przez większą część roku. Jedynie po gwałtownych opadach atmosferycznych lub podczas roztopów jakości wody w kaskadzie Soły gwałtownie się pogarsza, co wynika z warunków eksploatacji zbiorników zaporowych tworzących kaskadę. Dodatkowo na jakość wody wpływają lokalne potoki. Charakterystyczne wskaźniki jakości ujmowanej wody w latach 2009–2010 ilustruje tabela 1 oraz rysunki 1 i 2. Analiza zmian jakości wody wykazała, że w ciągu dwóch lat wyłączenia zakładu „Czaniec” były spowodowane zwiększoną mętnością i intensywnością barwy wody (powodzie) oraz niespodziewanym wzrostem zawartości związków manganu.

Tabela 1. Jakość wody ujmowanej z Jeziora Czanieckiego w latach 2009–2010

Table 1. Quality of the water taken in from Lake Czanieckie in the time span of 2009 to 2010

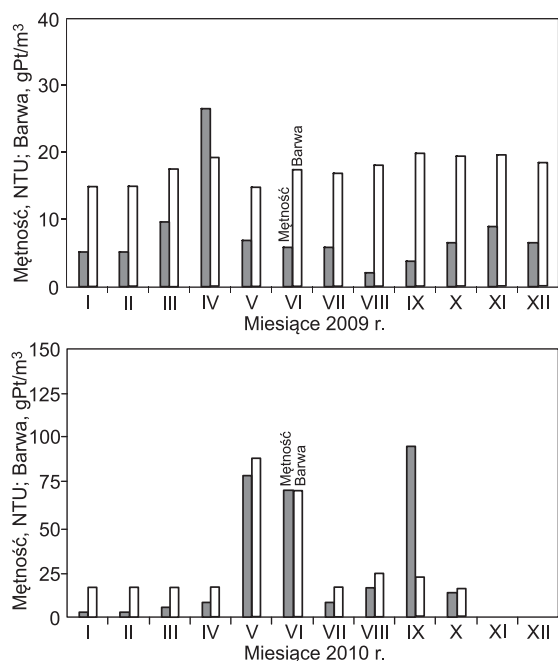
Wskaźnik, jednostka	2009	2010
Mętność, NTU	1,0+53,0	2,2+385
Barwa, gPt/m ³	10+60	10+460
pH	6,7+8,7	6,7+7,8
Glin, gAl/m ³	0,00+0,23	0,00+0,19
Mangan, gMn/m ³	0,02+0,74	0,02+0,41
Absorbancja w UV _{254nm} ^{1cm}	0,183+0,813	0,095+1,154
Absorbancja w UV _{272nm} ^{1cm}	0,137+0,630	0,055+1,045

Usuwanie związków manganu w skali technicznej

Korzystając z doświadczeń innych zakładów wodociągowych [5] uznano, że do usuwania manganu racjonalnym rozwiązaniem będzie zastosowanie nadmanganianu potasu. W związku z tym, przed wprowadzeniem tego reagenta do eksploatacji, wykonano badania technologiczne na dwóch

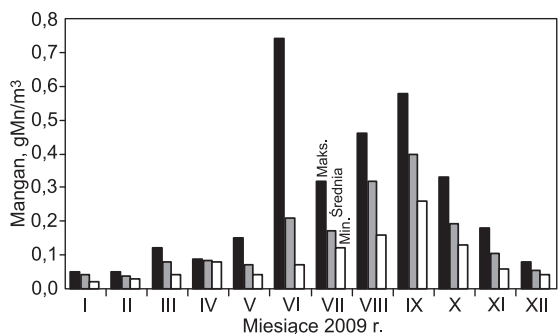
Dr hab. inż. W. Sawiniak: Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Zakład Technologii Wody i Ścieków, ul. S. Konarskiego 18, 44–100 Gliwice, waldemar.sawiniak@polsl.pl

Inż. B. Kotlarczyk, mgr inż. K. Nadolska: Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów SA, ul. Wojewódzka 19, 40–026 Katowice



Rys. 1. Średnia mętność i intensywność barwy wody ujmowanej w latach 2009–2010

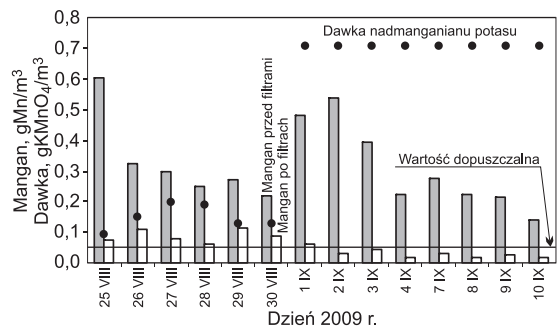
Fig. 1. Average turbidity and color of the lake water in the time span of 2009 to 2010



Rys. 2. Zawartość związków manganu w ujmowanej wodzie w 2009 r.

Fig. 2. Manganese compound content of the lake water in 2009

filtrach technicznych o wydajności 300 m³/h, podczas których ustalono niezbędne dawki nadmanganianu potasu wprowadzanego do rurociągu przed filtrami, do którego również dawkowano koagulant. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunku 3.



Rys. 3. Skuteczność usuwania związków manganu podczas badań w skali technicznej

Fig. 3. Efficiency of manganese compound removal during full-scale tests

Analizując uzyskane wyniki stwierdzono, że przy wartości manganu w zakresie 0,140÷0,605 gMn/m³ w ujmowanej wodzie najlepsze wyniki uzyskano przy dawce nadmanganianu potasu ok. 0,7 gKMnO₄/m³. Jakość wody oczyszczonej spełniała warunki, jakim powinna odpowiadać woda przeznaczona do spożycia [9, 10]. Mniejsze dawki nadmanganianu potasu (0,1÷0,2 gKMnO₄/m³) okazały się nieskuteczne, co obrazują tabela 2 oraz rysunek 3.

Po pomyślnie przeprowadzonej próbie technicznej podjęto decyzję o wprowadzeniu nadmanganianu potasu do układu technologicznego zakładu „Czaniec”. W ciągu roku eksploatacji, tj. od X 2009 r. do X 2010 r., zawartość związków manganu w wodzie oczyszczonej nie przekroczyła wartości dopuszczalnej 0,05 gMn/m³, przy czym ich zawartość w ujmowanej wodzie w czasie wprowadzenia nadmanganianu potasu do technologii oczyszczania kształtowała się w granicach 0,02÷0,41 gMn/m³.

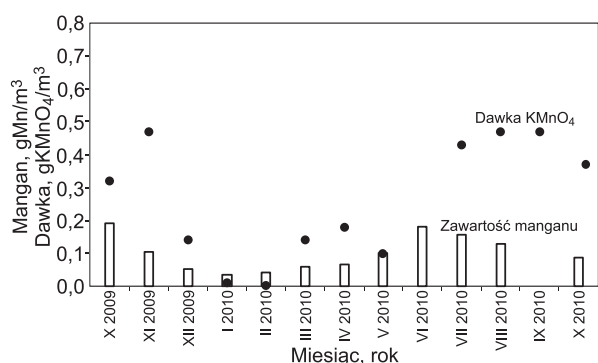
Roztwór nadmanganianu potasu jest przygotowywany w budynku koagulacji w zbiornikach o pojemności 23 m³ oraz 24 m³ i dawkowany za pomocą pompy Braun-Lübbe

Tabela 2. Wyniki badań w skali technicznej

Table 2. Results of full-scale tests

2009 Data	Woda z ujęcia				Woda oczyszczona				Dawka KMnO ₄ g/m ³
	Barwa gPt/m ³	Mętność NTU	Mangan gMn/m ³	pH	Barwa gPt/m ³	Mętność NTU	Mangan gMn/m ³	pH	
25 VIII	35	10,76	0,605	–	11	1,72	0,076	–	0,09
26 VIII	16	3,83	0,324	–	9	0,63	0,108	–	0,15
27 VIII	15	2,79	0,299	7,3	5	0,43	0,079	6,9	0,20
28 VIII	15	2,02	0,250	7,6	5	0,37	0,062	7,1	0,19
29 VIII	13	2,36	0,273	7,5	5	0,63	0,112	7,5	0,13
30 VIII	15	2,06	0,217	7,3	5	0,67	0,088	7,4	0,13
1 IX	27	11,75	0,481	8,4	12	1,20	0,060	7,6	0,71
2 IX	26	10,51	0,539	7,7	8	0,73	0,031	7,2	0,71
3 IX	25	4,26	0,395	7,8	6	0,41	0,043	7,1	0,71
4 IX	23	3,21	0,224	7,1	6	0,37	0,019	7,0	0,71
7 IX	25	5,94	0,275	7,8	5	0,64	0,032	7,5	0,71
8 IX	20	3,35	0,222	7,3	5	0,30	0,019	7,1	0,71
9 IX	20	3,08	0,213	7,3	5	0,32	0,025	7,0	0,71
10 IX	18	2,85	0,140	7,5	6	0,36	0,017	7,1	0,71

do rurowości wody dopływającej na filtry, podobnie jak roztwór siarczanu glinu. Procesy utlenienia związków manganu i koagulacji zanieczyszczeń wody zachodzą w złożu filtrów kontaktowych. Największą zawartość związków manganu w ujmowanej wodzie w 2010 r. zaobserwowano (podobnie jak w 2009 r.), w miesiącach letnich, a zdecydowanie mniejsze w pozostałym czasie. Nadmanganian potasu był stosowany w procesie oczyszczania wody w sposób ciągły, co pozwoliło na utrzymanie zawartości związków manganu w wodzie oczyszczonej zgodnie z obowiązującymi przepisami [9, 10]. Dawki utleniacza wprowadzane do wody kształtowały się w granicach $0,00\div 0,67 \text{ gKMnO}_4/\text{m}^3$. Na rysunku 4 przedstawiono średnią zawartość związków manganu i średnie dawki nadmanganianu potasu podczas pracy zakładu przez rok od wprowadzenia tego reagenta do technologii oczyszczania wody.



Rys. 4. Średnia zawartość związków manganu w ujmowanej wodzie i średnia dawka nadmanganianu potasu podczas rocznej eksploatacji zakładu wodociągowego „Czaniec”

Fig. 4. Average manganese compound content of the lake water and average annual KMnO_4 dose applied in the Czaniec Waterworks

Podsumowanie

Analizując pracę zakładu wodociągowego „Czaniec” stwierdzono, że 2009 r. był szczególnie niekorzystny pod względem ekonomicznym. Na większe koszty włączenia 1 m^3 wody do sieci magistralnej w ciągu całego roku miały wpływ dwa postoje zakładu przez łącznie 117 d, tj. przez prawie 1/3 roku. Wprowadzenie do technologii oczyszczania wody nadmanganianu potasu zapobiegło konieczności wyłączeń zakładu spowodowanych dużą zawartością związków manganu w ujmowanej wodzie. Zwiększona

mętność i intensywność barwy wody w dalszym ciągu są przyczyną wyłączeń zakładu z eksploatacji, czego przykładem może być 2010 r., w którym dwie powodzie (w maju i wrześniu) spowodowały postoje zakładu trwające łącznie 85 d. Pomimo wzrostu kosztów eksploatacji zakładu wodociągowego „Czaniec”, jednostkowy koszt oczyszczania wody jest w nim najmniejszy spośród zakładów Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów SA ujmujących wody powierzchniowe.

LITERATURA

1. E. SZALIŃSKA, A. KOPERCZAK, A. CZAPLIKA-KOTAS: Badania zawartości metali ciężkich w osadach dennych dopływów Jeziora Goczałkowickiego. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 1, ss. 21–25.
2. A. CZAPLIKA-KOTAS, Z. ŚLUSARCZYK, J. ZAGAJSKA, A. SZOSTAK: Analiza zmian zawartości jonów wybranych metali ciężkich w wodzie Jeziora Goczałkowickiego w latach 1994–2007. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 4, ss. 51–56.
3. A.L. KOWAL, M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ: Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
4. J. NAWROCKI [red.]: Uzdatanie wody. Procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne. Wydawnictwo Naukowe UAM, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
5. W. SAWINIĄK: Badania nad zastosowaniem wodorotlenku żelazowego do usuwania dużych ilości żelaza i manganu z wód podziemnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 1053, Gliwice 1990.
6. I. ZIMOCH, W. SAWINIĄK, B. KOTLARZYK: Doświadczenia technologiczne pracy SUW Czaniec w Kobiernicach w okresie 40-letniej eksploatacji. W: I. ZIMOCH, W. SAWINIĄK, B. PIECZYKOLAN, K. BARBUSIŃSKI [red.]: Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody. Politechnika Śląska, Gliwice 2011, ss. 237–247.
7. I. ZIMOCH, B. KOTLARZYK, A. SOŁTYSIK: Uwarunkowania techniczne pracy SUW „Czaniec” w Kobiernicach w okresie 35-letniej eksploatacji stacji. *Instal* 2006, nr 12, ss. 49–53.
8. W. SAWINIĄK, B. KOTLARZYK, M. MATUSIAK: Skuteczność usuwania związków organicznych w złożu filtrów kontaktowych z warstwą węgla aktywnego. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 3, ss. 29–31.
9. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 61, poz. 417.
10. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 72, poz. 466.

Sawiniak, W., Kotlarczyk, B., Nadolska, K. Efficiency of Manganese Compound Removal from Surface Water by Treatment in Contact Filters. *Ochrona Środowiska* 2011, Vol. 33, No. 3, pp. 59–61.

Abstract: Manganese compounds that occur in surface water are virtually not removed during coagulation. The treatment train applied in the Czaniec Waterworks, which includes contact filtration and the use of aluminum sulfate, practically fails to remove the manganese compounds that periodically occur in the impoundment lake, even if their concentration amounts to $0.6 \text{ gMn}/\text{m}^3$. Full-scale tests have shown that potassium permanganate doses of $0.7 \text{ gKMnO}_4/\text{m}^3$ applied before the contact filters (with

aluminum sulfate) provided efficient removal of manganese compounds from the level of $0.140\text{--}0.605 \text{ gMn}/\text{m}^3$ to the admissible value of $0.05 \text{ gMn}/\text{m}^3$. Experience gained during one-year observations has shown that the size of the potassium permanganate dose depends not only on the manganese compound content, but also on the concentration of the other lake water components. The inclusion of potassium permanganate into the treatment train eliminated the necessity for temporary discontinuation of the treatment process as a consequence of the high manganese content of the water entering the plant.

Keywords: Impoundment lake, surface water, manganese removal, contact filter, potassium permanganate.