

Jan Markowski, Czesław Symonowicz, Roman Stanisławiak

Eksploatacja mikrosit w Stacji Uzdatniania Wody w Zawadzie pod Zieloną Górą

Stacja Uzdatniania Wody w Zawadzie pod Zieloną Górą została uruchomiona w 1966 roku. Woda ujmowana systemem lewarowym z zespołu 22 studni była w niej poddawana procesom napowietrzania i filtracji przez złoża piaskowe. Jednakże przyrost zawartości związków żelaza i manganu do wartości nieusuwalnych tą metodą oraz postępująca kolmatacja studni, przy jednoczesnym wzroście zapotrzebowania miasta na wodę, a także brak wystarczających zasobów wód podziemnych na terenie miasta i w jego okolicach, spowodowały podjęcie decyzji o zmianie głównego źródła zaopatrzenia w wodę. Od roku 1976 tym głównym źródłem jest Obrzyca, prawostronny dopływ Odry. W Stacji Uzdatniania Wody w Zawadzie dobudowano dwa akcelatory, przestawiając proces technologiczny na uzdatnianie mieszaniny wód podziemnych i powierzchniowych. Dalszy wzrost zapotrzebowania miasta na wodę spowodował w latach 1982–1989 rozbudowę stacji o nową halę filtrów i pompownię wielofunkcyjną, kolejne dwa akcelatory, budynek przygotowania reagentów oraz nową chlorownię. Teoretyczna wydajność stacji wynosi obecnie 100 tys. m³/d, natomiast jej wydajność rzeczywista, wynikająca z przepustowości magistral wodociągowych, wynosi 62 tys. m³/d.

Jakość ujmowanej wody

Woda ujmowana z Obrzycy nie odpowiada wymogom określonym dla wód I klasy czystości, a więc nadających się do zaopatrzenia ludności w wodę do picia i na potrzeby gospodarcze (Dz.U. nr 116, 1991, poz. 503). Przez większą część roku wody tej rzeki odpowiadają II i III klasie czystości, natomiast w okresach zakwitów glonów są pozaklasowe.

Zakwity glonów występują zwykle dwa razy w roku. Pierwszy zakwit ma miejsce w kwietniu–maju, natomiast drugi we wrześniu. Liczebność mikroorganizmów w 1 dm³ wody podczas zakwitów wahała się w granicach 10–60 mln. Dominującymi organizmami były okrzemki, sinice i zielenice.

Technologia uzdatniania wody

Uzdatnianie wody przebiega w następującym układzie: zgrubne cedzenie na kratach i sitach, wstępne chlorowanie do punktu przełamania, koagulacja i klarowanie w akcelatorach, filtracja dwustopniowa przez złoża piaskowo-żwirowe i z uaktywnionego dolomitu oraz końcowa dezynfekcja chlorem.

Podstawowym koagulantem jest chlorowany siarczan żelazawy, jednakże okresowo – zwłaszcza podczas zakwitów glonów – konieczne było przejście na PIX (siarczan żelazowy) lub siarczan glinu, ewentualnie na koagulanty mieszane (chlorowany siarczan żelazawy z PIX-em lub z siarczanem glinu). Taki sposób uzdatniania wody powoduje podczas zakwitów glonów powstawanie specyficznego posmaku i zapachu wody, wyczuwalnego zwłaszcza po jej podgrzaniu, a także trihalometanów i innych chlorowcopochodnych organicznych w stężeniach przekraczających wartości dopuszczalne. Zakwity glonów powodowały zakłócenia w pracy stacji uzdatniania, polegające przede wszystkim na:

- gwałtownym wzroście zapotrzebowania wody na chlor oraz konieczności zwiększania dawek koagulantów,
- zwiększeniu częstości płukania filtrów i odprowadzania osadu nadmiernego z akcelatorów (duże straty technologiczne),
- pogorszeniu smaku, zapachu, barwy i mętności wody uzdatnionej.

Coraz gorsza jakość wód Obrzycy oraz jezior w jej zlewni, a także brak perspektyw na szybką poprawę tego stanu, był przyczyną podjęcia poszukiwań takich rozwiązań, które umożliwiłyby wzrost efektywności uzdatniania wody. Jednym z przedmiotów zainteresowania Zakładu był proces mikrofiltracji na mikrositach. Informacje na temat producentów mikrosit były szczegółowo analizowane w latach 1988–1990. Uzyskane materiały – głównie od firm Passavant, Mather+Platt i PoWoGaz – oraz piśmiennictwo naukowo-techniczne pozwoliły na wybór odpowiednich urządzeń. W czerwcu 1993 r. został podpisany kontrakt na dostawę trzech mikrosit firmy Passavant. W okresie od marca do lipca 1993 r. pracownicy Stacji Uzdatniania Wody prowadzili badania nad doborem odpowiedniej wielkości oczek tkaniny filtracyjnej, na podstawie których specjaliści firmy Passavant dobrali urządzenia, zamontowane następnie w budynku mikrosit w roku 1994. W ciągu technologicznym mikrosita poprzedzają akcelatory i zachodzące w nich procesy wstępnego utleniania, koagulacji, flokulacji i sedymentacji.

Efekty technologiczne

Zastosowanie mikrosit w pierwszym etapie uzdatniania wody powierzchniowej spowodowało szereg oczekiwanych i nieoczekiwanych rezultatów.

♦ Stwierdzono, że mikrosita eliminowały średnio około 80% mikroorganizmów, przy czym sinice były zatrzymywane w 67,8%, okrzemki w 86,2%, natomiast zielenice w 80,9% (tab.1). Pomimo braku możliwości ilościowego oznaczania

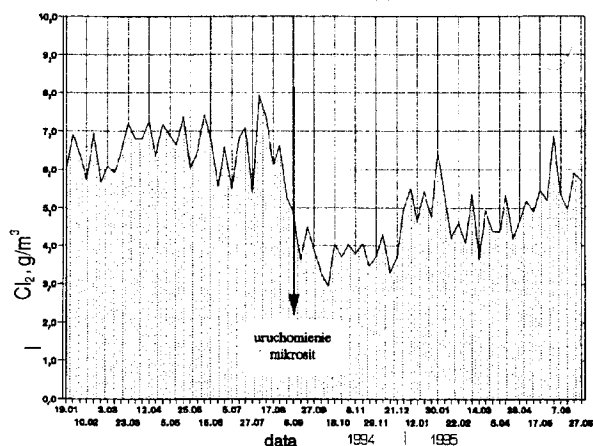
Tabela 1. Uśrednione miesięczne wskaźniki zatrzymywania mikroorganizmów na mikrositach (%)

Miesiąc, rok	Sinice	Zielenice	Okrzemki	Inne	Razem
Wrzesień '94	66,0	75,3	85,6	78,7	75,0
Październik '94	88,6	93,8	95,7	98,6	92,6
Listopad '94	71,9	84,6	87,5	73,8	85,6
Grudzień '94	77,8	86,4	88,8	74,1	86,3
Styczeń '95	65,5	76,6	80,2	65,1	72,5
Luty '95	74,6	69,3	86,0	73,7	79,3
Marzec '95	68,9	71,7	87,0	73,2	79,6
Kwiecień '95	57,4	84,4	76,8	70,2	72,5
Maj '95	45,7	81,1	84,7	74,5	67,5
Czerwiec '95	62,5	86,1	90,0	88,2	86,5
Średnio	67,8	80,9	86,2	77,0	79,7

biomasy można z całą pewnością stwierdzić, że efektywność oddzielania biomasy była znacznie wyższa.

♦ Procesy zachodzące w akceleratorach (koagulacja, flokulacja, sedymentacja) przebiegały wyraźnie korzystniej, niż miało to miejsce przed zastosowaniem mikrosit. Akcelatory także w okresie zimowym pracowały prawidłowo, przy czym – pomimo utrzymywania zbliżonych dawek koagulantu żelazowego – liczba spustów osadu obniżyła się ponad dwukrotnie, co świadczy o większym zagęszczeniu osadu zawieszonego. Był to niewątpliwie wynik usunięcia na mikrositach dużej części biomasy z wody.

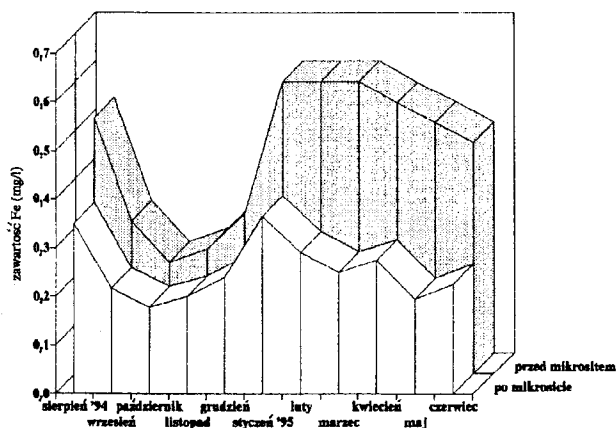
♦ Wyraźnie spadło zużycie chloru. Badania laboratoryjne wykazywały, że woda po mikrosicie miała o 8÷18% niższe zapotrzebowanie na chlor. Ponieważ w skali technicznej wstępne utlenianie (chlorowanie) przebiegało równoległe z koagulacją domieszek wody, więc rzeczywiste zużycie chloru spadło o około 30% (rys.1).



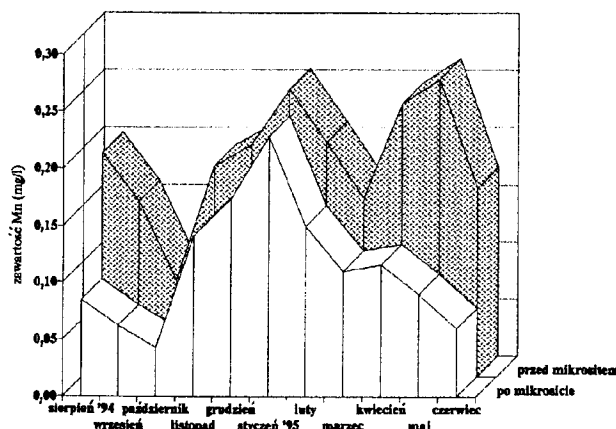
Rys. 1. Zapotrzebowanie wody na chlor w okresie przed i po uruchomieniu stacji mikrosit

♦ Woda z Obrzycy poddawana jest w mikrositach intensywnemu mieszaniu, przenika przez otwory o wielkości 10 µm, przy czym kosze sitowe w górnym położeniu są zraszane. Procesy te pociągają za sobą korzystne zmiany w jakości wody, takie jak usuwanie części związków żelaza i manganu (rys.2, 3), obniżenie jej utlenialności o 7÷21% (rys.4), duży przyrost zawartości tlenu rozpuszczonego (rys.5), obniżenie zawartości azotu amonowego (rys.6) oraz pewne zmiany pH wody. Dane z każdego miesiąca są średnią z 5÷12 pomiarów.

♦ Zdecydowanie zmniejszyła się częstość płukania filtrów, co wynika z poprawy jakości wody dopływającej z akcelato-



Rys. 2. Wpływ mikrosit na zawartość związków żelaza w wodzie

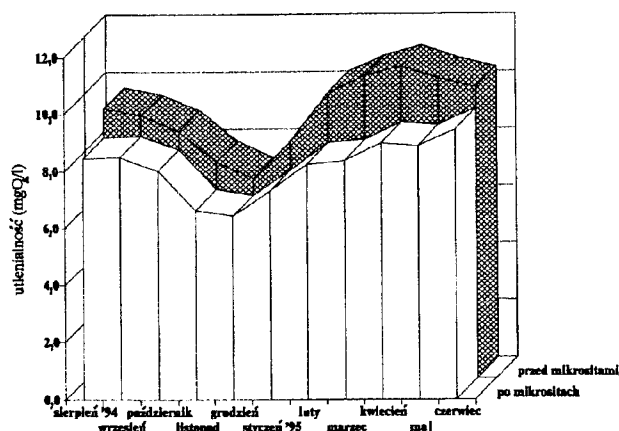


Rys. 3. Wpływ mikrosit na zawartość związków manganu w wodzie

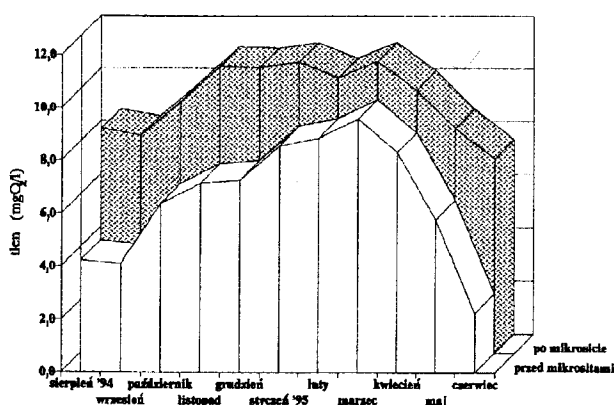
rów, jak również ze zwiększonej pojemności filtrów po zatrzymaniu wcześniej części biomasy.

♦ W okresie zimowym pierwszy raz nie wystąpiło wymywanie manganu z filtrów piaskowych. Można przypuszczać, że wynika to z korzystnych zmian właściwości fizyczno-chemicznych wody.

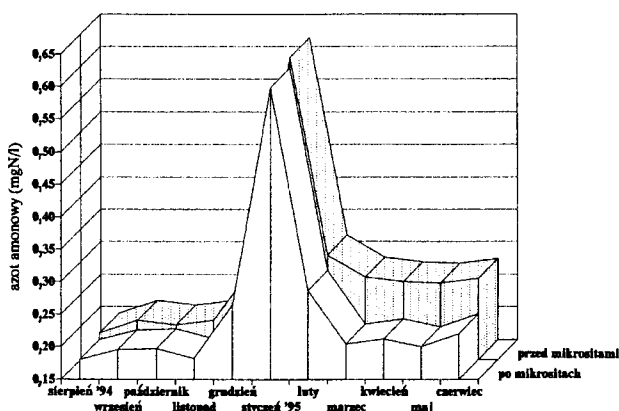
♦ W okresie pracy mikrosit dawki koagulantu były zbliżone do okresu wcześniejszego, lecz jakość uzdatnionej wody (utlenialność, barwa, ChZT) była lepsza. Należy jednak oczekiwać obniżenia zużycia koagulantu o około 10÷15%, co wynika z porównania jego zużycia dla wód o zbliżonych wartościach ChZT w okresach przed stosowaniem mikrosit i po ich wprowadzeniu.



Rys. 4. Wpływ mikrosit na utlenialność wody



Rys. 5. Wpływ mikrosit na zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie



Rys. 6. Wpływ mikrosit na zawartość azotu amonowego w wodzie

Wprowadzenie mikrosit stwarza nowe możliwości modyfikowania następnych etapów uzdatniania wody. W tym celu przeprowadzono wstępne badania laboratoryjne nad zastosowaniem węgla pylistego w procesie flokulacji. Stwierdzono, że efektywność działania węgla w wodzie po mikrositach była wyższa, w związku z czym planuje się kontynuowanie tych prób także na skalę techniczną.

W skali technicznej na jednym z akceleratorów przeprowadzono doświadczenia polegające na wyeliminowaniu wstępnego utleniania chlorem. Zastosowano koagulant PIX w podwyższonej dawce ($200+240 \text{ g/m}^3$), a niewielką dawkę

chloru podawano do odpływu z akcelatora. Sedymentacja w akcelatorze przebiegała nieco gorzej niż z udziałem chloru, lecz w sposób zadowalający. Woda odpływająca z akcelatora miała bardzo dobre parametry, tj. niską barwę, utlenialność i ChZT. Wodę z tego akcelatora oraz wodę z akcelatora prowadzonego równolegle w zbliżonych warunkach (z chorowaniem i normalną dawką koagulantu) poddano działaniu odpowiednich dawek chloru w czasie 2 i 20 godzin. Woda nie poddana chlorowaniu wstępnemu wykazywała 3,5-krotnie niższy poziom zawartości THM-ów.

Doświadczenia eksploatacyjne

Dotychczasowe spostrzeżenia dotyczące pracy mikrosit są niepełne, gdyż obejmują jedynie okres pierwszych siedmiu miesięcy ich eksploatacji. Należy również zwrócić uwagę, że pora jesienno-zimowa nie jest reprezentatywna do określenia skuteczności zatrzymywania mikroorganizmów, ponieważ procesy życiowe w tym czasie są znacznie ograniczone.

Pracę mikrosit w analizowanym okresie można podzielić umownie na trzy okresy. Próbné uruchomienie poszczególnych mikrosit miało miejsce w drugiej połowie sierpnia 1994 r. Sprawdzono wówczas wszystkie funkcje i układy, w jakich będą pracowały te urządzenia. Właściwa eksploatacja mikrosit rozpoczęła się we wrześniu 1994 r., przy czym ich praca we wrześniu i październiku była traktowana jako czas, w którym należy poznać te urządzenia na tyle, aby określić ewentualne niedomagania, których nie udało się określić w fazie rozruchu. W okresie tym stwierdzono niejednakowe obciążenia hydrauliczne wszystkich mikrosit, wynikające ze zróżnicowania liczby godzin pracy pomp płuczących. Spowodowane to było niewłaściwym wypoziomowaniem krawędzi przelewowych na odpływach wody z mikrosit, pomimo iż pracę tę wykonali geodeci. Znacząca poprawa wystąpiła dopiero wówczas, gdy we własnym zakresie wykonano regulację poziomu tych krawędzi, opierając się na wskazaniach liczników pracy pomp płuczających. Regulacji wymagało również automatyczne sterowanie pracą mikrosit, a zwłaszcza moment włączania i wyłączania pomp płuczających, wynikający ze stanu spiętrzenia wody w bębnie mikrosita. Po wykonaniu tych czynności przez serwis firmy Passavant, mikrosita eksploatowane są bez większych zakłóceń. Największe problemy eksploatacyjne powstały w momencie wiosennego mieszania wód w jeziorach zlewni Obrzycy. Mimo niewielkiej liczby żywych mikroorganizmów (od 400 tys. do 2 mln w 1 dm^3 wody) od połowy stycznia do połowy kwietnia 1995 r. urządzenia były przeciążone detrytusem obecnym w wodzie. W tym czasie wszystkie mikrosita pracowały w górnych granicach obciążeń. Okres ten udało się przetrwać bez wyłączania mikrosit jedynie dlatego, iż ujmowano w tym czasie jedynie połowę ilości wody, na jaką dobrano mikrosita. Nasuwa się więc wniosek, że badania prowadzone w okresie największych zakwitów nie zawsze są miarodajne, a dobór wielkości oczek siatki filtracyjnej powinien być poprzedzony co najmniej rocznymi badaniami, tak by nie pominąć wpływu detrytusów na przebieg procesu mikrofiltracji.

Zasadniczym problemem występującym podczas eksploatacji mikrosit jest zarastanie tkaniny filtracyjnej, co wymaga stosowania zabiegu czyszczenia tkaniny środkami chemicznymi średnio co dwa miesiące. Zgodnie z zaleceniami producenta testowano roztwory kwasu solnego, podchlorynu sodu, kwasu szczawiowego, kwasu cytrynowego oraz płyn Rotox

dostarczony przez stronę niemiecką. Dobre rezultaty uzyskano stosując kwas solny i podchloryn sodu, natomiast gorsze dla płynu Rotox i pozostałych środków.

Kłopotliwym zabiegiem było także uruchamianie mikrosit po całkowitym opróżnieniu z wody komór, w których są one zamontowane. Oprócz tych problemów eksploatacja stacji mikrosit nie nastręczała większych trudności. Bezpośrednią obsługą obiektu zajmuje się jedna osoba. Kontrola pracy mikrosit odbywa się w centralnej dyspozytorni, do której doprowadzone są wszystkie istotne informacje. Energochłonność zamontowanych urządzeń nie przekraczała wartości $0,03 \text{ kWh/m}^3$.

Ocena osiągniętych efektów

W celu określenia efektów technologicznych, jakie dało zastosowanie mikrosit, porównano dwa okresy eksploatacji Stacji Uzdzielania Wody, tj. bez mikrosit (październik '93 – marzec '94) i z mikrositami (październik '94 – marzec '95).

♦ Z porównania danych o ilościach wody ujętej w obu tych okresach wynika, że podczas eksploatacji mikrosit ujęto średnio o 26,3% mniej wody, w porównaniu z okresem przed ich stosowaniem.

♦ Z przeprowadzonej analizy pracy urządzeń do koagulacji i filtracji wynika, że liczba spustów osadu z akceleratorów zmniejszyła się po wprowadzeniu mikrosit prawie 2,5-krotnie, zaś liczba płukania filtrów pospiesznych obniżyła się 2,3-krotnie. Jednakże z powodu braku urządzeń pomiarowych na odpływie ścieków technologicznych niemożliwe było określenie ich rzeczywistych ilości.

♦ Średnie miesięczne zużycie wody do płukania mikrosit w okresie sześciu miesięcy ich eksploatacji wynosiło 1,8% w odniesieniu do całkowitej ilości ujętej wody, natomiast 2,3% w odniesieniu do wody ujętej z Obrzyca.

♦ Z przeprowadzonych szacunków wynika, że najistotniejsze oszczędności wody można uzyskać ograniczając spusty osadów z akceleratorów. Średnie zmniejszenie ilości ścieków technologicznych po zastosowaniu mikrosit wyniosło 33%.

LITERATURA

1. A. KĘPIŃSKI, W. KOWALSKI: Mikrosita. GWiTS, 1964, nr 6.
2. W. LEIMER: Doświadczenia nad filtracją wody przez mikrosita. Mat. konf. „Postęp techniczny w dziedzinie wodociągów”, PZITS, Wrocław 1968.
3. J. KELUS: Problem planktonu w procesach uzdatniania wody. GWiTS, 1971, nr 3.
4. Materiały informacyjne firmy Passavant. Trinkwasserwerk der Stadt Oslo. Mikrosiebung von Rohwasser. Aarbergen 4/1975.
5. W. GELLER, D. MAIER: Untersuchungen zur Wirksamkeit der Mikrosiebung bei der Aufbereitung von Bodenseewasser. GWF, 1978, 4.
6. R. BRYCH: Próba oceny filtracji wody i ścieków na mikrositach. GWiTS, 1978, nr 12.
7. Microstraining. Anti-pollution systems. Materiały informacyjne firmy Mather+Platt, Manchester.
8. R. BRYCH, H. KLIMOWICZ, J. BRZEZIŃSKA-MIKOŁAJCZYK: Ocena przydatności filtracji na mikrositach w rozwoju technologii i urządzeń do użytkowania wód naturalnych oraz ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem na podstawie badań laboratoryjnych. IKŚ, Warszawa 1980 (praca nie publikowana).
9. K. STACHOWICZ, M. CZERNOCH: Próba ustalenia związku między morfologią glonów a ich podatnością na koagulację. GWiTS, 1982, nr 6.
10. H. KLIMOWICZ: Usuwanie organizmów za pomocą mikrosit w procesach uzdatniania wody i oczyszczania ścieków. GWiTS, 1982, nr 11–12.
11. W. GROCHOWALSKI: Zastosowanie mikrosit w technologii uzdatniania wód powierzchniowych. Biul. PoWoGaz, nr 4, Poznań 1987.
12. Mikrosita. Materiały informacyjne PoWoGaz, Poznań 1988.
13. Materiały informacyjne firmy Passavant. Mikrosiebung zur Feinstsiebung mit Maschenweiten von 100 m bis 5 m. Aarbergen 4/90.
14. Informacja o stanie Środowiska na terenie województwa zielonogórskiego w 1993 roku. WIOŚ, Wyd. Ochr. Środow. UW, Zielona Góra, 1994 (praca nie publikowana).
15. B. KAWECKA, P.V. ELORANTA: Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych. PWN, Warszawa 1994.

On the Utility of the Microsieves Operated by the Zawada Water Treatment Plant

Passavant microsieves were included in the treatment train for the Obrzyca river water which is characterized by the occurrence of algae blooming. The influent stream is treated by the microsieves prior to prechlorination, iron-salt or iron and alum coagulation in accelerators, and two-stage filtration on sand and dolomite beds. After six months of operation it was found that the microsieves provided a separation efficiency

which, on the average, amounted to 80%, 67.8% and 86.2% for total algae, Cyanophyta and diatoms, respectively. Owing to the application of the microsieves the frequency of flocculation sludge removal from the accelerators, as well as the frequency of filter wash, decreased considerably. Investigations for the improvement of the microsieving efficiency are underway.