

Barbara Olearczyk-Siwik*

PROBLEM NADMIERNEJ MĘTNOŚCI WODY SUROWEJ NA PRZYKŁADZIE ZBIORNIKA CZANIEC

Streszczenie

W artykule przedstawiono problemy związane z uzdatnianiem wody pochodzącej z Soły w Stacji Uzdatniania Wody Czaniec w Kobiernicach. W Sole i w innych rzekach górskich zwiększona mętność wody pojawia się w okresach roztopów oraz podczas dużych opadów deszczu.

Wyniki badań mętności wody surowej z lat 2005–2009, uzyskano ze Stacji Uzdatniania Wody w Kobiernicach. Na ich podstawie obliczono czas pojawiania się i trwania zwiększonej mętności. W celu sprawniejszego uzdatniania wody zaproponowano zmianę stosowanych w stacji koagulantów.

The problem of excessive raw water turbidity by example of the “Czaniec” reservoir

Abstract

The article presents problems connected with the conditioning of water originating from the Soła river at the “Czaniec” Water Conditioning Station in Kobiernice. In the Soła river, as well as in other mountain rivers, the increased water turbidity appears in periods of snow thaws and during considerable rainfalls.

The results of investigations into raw water turbidity concerning the years 2005–2009 were obtained from the water Conditioning Station in Kobiernice. On their basis the times of appearance and duration of increased turbidity were calculated. For the purpose of more effective water conditioning the change of coagulants applied at the station was proposed.

WPROWADZENIE

Podstawowym problemem przy ujmowaniu wód z rzek i potoków górskich do celów wodociągowych jest jej nadmierna okresowa mętność. Mętność ta jest spowodowana nagłymi intensywnymi opadami deszczu lub nagłymi roztopami. Prowadzi to do podwyższenia stanu wód w rzekach oraz zwiększenia ilości niesionych przez nią zawieszin i części stałych. Ich ilość zależy między innymi od czynników klimatycznych, geologicznych, geomorfologicznych, hydrobiologicznych, biologicznych, a także jest wynikiem działalności człowieka. Okresy dużej mętności mogą trwać od kilkudziesięciu godzin do miesiąca. Zmiany mętności w rzekach górskich są bardzo szybkie i mogą osiągnąć kilka tysięcy NTU (*Nephelometric Turbidity Unit* – jednostka ta w Polsce odpowiada 1 mg/dm^3).

Do takich rzek można zaliczyć Solę, z której jest ujmowana woda do celów wodociągowych ze zbiornika Czaniec. Woda ta pochodzi ze zlewni górnej Soły. Przepływa przez układ kaskady zbiorników zaporowych: Tresna, Porąbka, Czaniec. Prawie całość, bo aż 98% całkowitego dopływu, pochodzi ze spływów powierzchni-

* Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie w Głównym Instytucie Górnictwa

wych, pozostałe 2% to opady atmosferyczne i zasilanie wodami podziemnymi. Pojemność zbiorników w porównaniu z natężeniem przepływu wody jest niewielka. Czas wymiany wody w zbiornikach jest następujący: Tresna – od 8 do 62 dni, Porąbka – od 5 do 18 dni, zaś Czaniec – od 3 do 18 dni. Są to bardzo krótkie okresy retencjonowania i mają one decydujący wpływ na parametry jakości ujmowanej wody. Jakość wody pobieranej z Soły jest dosyć dobra, a jedyny problem stanowi jej okresowa zwiększona mętność, która pomimo zbiorników retencyjnych – ze względu na krótki czas retencjonowania w nich wody – nie ulega samooczyszczeniu w ostatnim zbiorniku Czaniec, gdzie jest usytuowane ujęcie wody do celów wodociągowych. Dodatkowy problem stanowią dwa dopływy Soły: Mała i Wielka Puszcza, które mają ujścia do zbiornika Czaniec i są usytuowane w pobliżu ujęcia. W efekcie, mętność ujmowanej wody ulega znacznemu zwiększeniu w krótkim czasie, osiągając bardzo duże wartości. Tak gwałtowne zmiany jakości ujmowanej wody mają ogromny wpływ na efekt jej uzdatniania oraz na samą stację.

Z uwagi na okresową zwiększoną mętność woda z Soły przeznaczona do celów spożywczych wymaga uzdatnienia. W związku z powyższym przeprowadzono analizę danych z lat obejmujących dobowe mętności, określono czas trwania i okres pojawienia się podwyższonej mętności i jej wartości. Następnie, dobrano odpowiednie rozwiązania, które mogłyby pozwolić na korzystanie z wody podczas wystąpienia okresowo dużej mętności.

1. POJĘCIE MĘTNOŚCI WÓD

1.1. Definicja mętności

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7027:2003 „Mętność to zmniejszenie przezroczystości cieczy powodowane obecnością substancji nierozpuszczalnych”. Mętność jest definiowana również jako „zdolność do absorbowania promieni świetlnych wskutek obecności w wodzie bardzo drobnych zawiesin pyłowych lub koloidalnych pochodzenia mineralnego lub organicznego” (PN-G-01300:1997). Przez mętność należy rozumieć optyczne właściwości drobnych zawiesin w próbce wody, które powodują rozproszenie światła (Hermanowicz i in. 1976).

Mętność wody może być spowodowana obecnością związków mineralnych i/lub organicznych, które nie ulegają rozpuszczeniu. Mogą ją powodować takie substancje, jak: gliny, iły, wytrącające się związki żelaza, manganu i glinu, rozdrobnione substancje organiczne, kwasy humusowe, plankton, wyższe mikroorganizmy. Przez mętność należy rozumieć optyczne właściwości drobnych zawiesin w próbce wody, które powodują rozproszenie światła (Hermanowicz i in. 1976).

Mętność jest jednym z podstawowych wskaźników oceny jakości wód, pomimo że nie jest ona spowodowana przez szkodliwe zanieczyszczenia i nie wpływa na zdrowie człowieka, pogarsza jednak estetykę wody do picia. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 roku, dotyczącym jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. nr 72, poz. 466) woda ta powinna mieć parametr mętności nie większy niż 1 NTU. Dlatego też, przy uzdatnianiu wody męt-

nej, pochodzącej z ujęcia wód powierzchniowych, stosuje się najczęściej koagulację ze wszystkimi fazami technologicznymi, sedymentacją i filtracją.

1.2. Metody oznaczania mętności wody

Do 18.02.2002 roku mętność wody była wyrażana w $\text{mg SiO}_2/\text{dm}^3$ wody. Przepisy Unii Europejskiej i WHO dopuszczały mętność nie większą niż 1 NTU. Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej nasze przepisy prawne zaczęto dopasowywać do norm europejskich i tak zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie warunków, jakie powinna spełniać woda do picia i na potrzeby gospodarcze z dnia 19.11.2002 roku ustalono, że mętność wody nie powinna przekraczać 1 NTU. Do niedawna obowiązywało Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 roku, w którym dopuszczalna mętność wody przeznaczonej do picia nie mogła być większa od 1 NTU. Obecnie obowiązujące Rozporządzenie z dnia 20 kwietnia 2010 roku nie zmienia normy dotyczącej mętności, ale wprowadza pojęcie „parametr akceptowalny przez odbiorcę”.

Mętność wody oznacza się zgodnie z normą PN-EN ISO 7027:2003 Jakość wody. Oznaczanie mętności. W normie tej zostały przedstawione cztery metody oznaczania mętności, dwie metody półilościowe oraz dwie metody ilościowe. Pomiary mogą być zakłócone obecnością rozpuszczonych substancji absorbujących światło.

Zgodnie z wyżej wymienioną normą oznaczanie mętności powinno być wykonywane jak najszybciej po pobraniu próbki. Jeśli zachodzi taka konieczność, próbkę należy przechować w chłodnym i ciemnym miejscu nie dłużej jednak niż 24 godziny. Próbki przed oznaczeniem należy doprowadzić do temperatury pokojowej. Powinny być także chronione przed kontaktem z powietrzem i częstymi zmianami temperatury.

1.3. Mętność wód w rzekach górskich

Mętność rzek górskich zależy od stanu wody, tzn. przy wysokich stanach jest znacznie większa niż w czasie stanów niższych. Do zwiększenia mętności przyczyniają się również osady dennie oraz zawiesiny spławialne transportowane przy dużej prędkości przepływu wody. Przy wzroście mętności w rzece, na której jest zlokalizowany zbiornik zaporowy, analogicznie obserwuje się wzrost mętności w zbiorniku.

2. UZDATNIANIE WÓD RZEK GÓRSKICH DO CELÓW WODOCIĄGOWYCH

Wody pochodzące z rzek i potoków górskich charakteryzują się stosunkowo dobrą jakością. W przypadku ich dużej mętności są stosowane zbiorniki do magazynowania wody, klarowniki, osadniki oraz filtry. Ważną rolę odgrywa również właściwie dobrany rodzaj koagulantu, jego dawka i czas kontaktu wody z koagulantem.

Korzystne rozwiązanie stanowią zbiorniki zapasowe i zapasowo-wyrównawcze. W zbiornikach zapasowych, w zależności od ich umiejscowienia, może być gromadzona zarówno woda surowa, jak i uzdatniona. Pozwalają one na odcinanie ujęcia w przypadku zaistnienia zwiększonej mętności wody lub pojawienia się w wodzie skażenia uniemożliwiającego jej dostateczne uzdatnienie. Zbiorniki zapasowe utrzy-

mują zapas wody przeznaczonej na określony cel, np. w przypadku wystąpienia określonej zwiększonej mętności. Gdy zbiornik w ciągu technologicznym znajduje się przed ujęciem, musi być zainstalowany system monitoringu ujmowanej wody. System taki służy do wykrywania zaistniałego zanieczyszczenia. Zbiorniki zapasowe w zależności od ich umiejscowienia w systemie wodociągowym mogą być zbiornikami wody surowej lub wody uzdatnionej. Zbiorniki zapasowo-wyrównawcze, oprócz funkcji gromadzenia wody, mogą również być wykorzystywane do wyrównywania ciśnienia. Objętość zbiorników odpowiada od dwu- do dziesięciokrotnej objętości dobowego zużycia.

Do urządzeń pozwalających na uzdatnianie wody o dużej mętności można zaliczyć również klarowniki. Są to urządzenia do wstępnego oczyszczania (klarowania) skoagulowanej wody. Woda jest przepuszczana przez warstwę uprzednio zawieszono osadu, który stanowi rodzaj filtru, funkcjonującego na zasadach sorpcyjno-adhezyjnych. Działanie klarownika polega na koagulacji kontaktowej. Konstrukcje osadników kontaktowych z osadem zawieszonym są różne i dotyczą głównie sposobu przepływu wody przez warstwę osadu zawieszono.

Kolejnymi urządzeniami do usuwania zawiesiny z wody są osadniki. Służą one do zatrzymywania, łatwo opadających w wodzie, zawiesin pochodzenia naturalnego oraz wytrąconych, na przykład w procesie koagulacji. Wyróżnia się dwa typy osadników: osadniki pokoagulacyjne i osadniki sedymentacji naturalnej. Umieszczenie osadników w układzie wodociągowym zależy od jakości ujmowanej wody. W przypadku zawiesiny łatwo opadającej osadnik jest umieszczony na początku ciągu technologicznego. W przypadku natomiast stosowania koagulacji osadnik jest umieszczony za urządzeniami, w których zachodzą procesy powstawania zawiesin. Po osadnikach pokoagulacyjnych woda jest kierowana na filtry.

2.1. Procesy uzdatniania wód z rzek i potoków górskich

Do podstawowych procesów zachodzących podczas oczyszczania wody z rzek i potoków górskich można zaliczyć koagulację, sedymentację, flotację, filtrację, usuwanie zawiesiny i glonów przy zastosowaniu mikrosit oraz dezynfekcję.

Koagulacja jest stosowana do usuwania z wody cząstek o rozdrobieniu koloidalnym. Powoduje ona destabilizację i agregację cząstek koloidalnych zarówno organicznych, jak i nieorganicznych, które później jako większe aglomeraty są usuwane z wody w procesach sedymentacji, flotacji, filtracji. Z koloidami są usuwane również inne zanieczyszczenia, na przykład: bakterie, jony metali ciężkich, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, pestycydy i inne. W wyniku koagulacji są usuwane z wody cząstki trudno opadające oraz koloidalne, które decydują o mętności wody i jej barwie.

W procesie sedymentacji i flotacji są usuwane zawiesiny znajdujące się w wodzie surowej i w wodzie po koagulacji. Podczas sedymentacji są usuwane zawiesiny mające ciężar właściwy większy niż woda, natomiast podczas flotacji (flotacja gazowa) jest możliwe pozbywanie się z wody cząstek o ciężarze mniejszym niż woda.

Proces filtracji może zachodzić w sposób pospieszny i powolny. Filtracja pospieszna jest najczęściej stosowana po wcześniejszych procesach uzdatniania wody.

Filtracja powolna jest sumą efektów uzyskiwanych podczas filtracji pospiesznej oraz procesów biochemicznych zachodzących z udziałem bakterii saprofitycznych, które znajdują się w złożu filtrów powolnych.

Dezynfekcja polega na niszczeniu mikroorganizmów obecnych w wodzie i zabezpieczeniu jej podczas przesyłania siecią do odbiorcy przed dostępem do niej bakterii. Dezynfekcja jest stosowana na końcu procesu technologicznego. Najczęściej stosowanymi środkami dezynfekującymi są chlor i ozon.

3. OPIS BADANEGO OBIEKTU

3.1. Charakterystyka Soły jako źródła wody do celów wodociągowych

Za początek Soły jest uważany potok Rajcza, który wypływa ze zbocza Stołowego Wierchu na wysokości 755 m n.p.m. W miejscowości Rajcza następuje połączenie potoków Sól, Rajcza i Ujsoła, które tworzą Sołę. Prawie całe dorzecze Soły znajduje się w strefie karpackiej. Rzeka stanowi prawobrzeżny dopływ górnej Wisły. Jej bieg można podzielić na dwa odcinki: górny – beskidzki – od źródeł do Wielkiej Puszczy i dolny – w obrębie Pogórza Cieszyńskiego i Kotliny Oświęcimskiej. Sieć rzeczna Soły stanowi 28 dopływów głównych, z których największe dorzecze mają Koszarawa – 260 km² i Łękawka – 110 km² oraz Żylica 160 km². Powierzchnia zlewni Soły wynosi 1385,70 km². Centralną część zlewni stanowi Kotlina Żywiecka. Poniżej Żywca Soła zasila kaskadę trzech zbiorników zaporowych Tresna, Porąbka, Czaniec. Długość Soły wynosi 88 km. Płynie ona w kierunku północnym z niewielkim odchyleniem na wschód.

3.2. Jakość wody w zbiorniku Czaniec

Zbiornik Czaniec jest ostatnim z trzech zbiorników na Sole. Jest on mały, płytki i przepływowy. Zasilany jest przez Sołę oraz potoki Wielka i Mała Puszcza. Zbiorniki Tresna i Porąbka, które znajdują się powyżej, kształtują jego skład chemiczny oraz wpływają w dużym stopniu na strukturę zespołu organizmów. Zbiornik Czaniec charakteryzuje się bardzo krótkim czasem retencji wynoszącym od 5 do 18 dni oraz częstymi i szybkimi zmianami poziomu wody. Wahania poziomu wody, wynoszące około 1 m, występują w nim dwukrotnie w ciągu doby. Przybór wody trwa około 2 godzin.

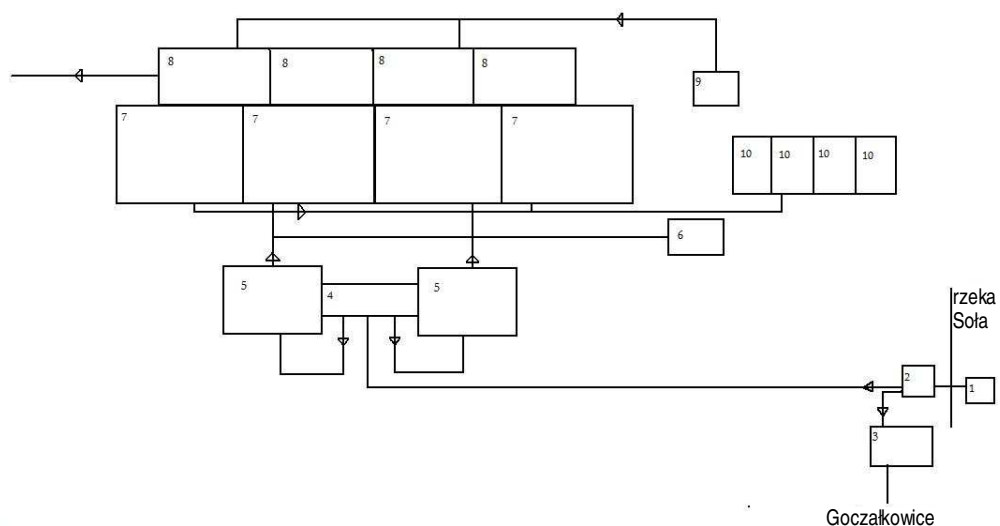
4. CHARAKTERYSTYKA STACJI UZDATNIANIA WODY „CZANIEC”

Stacja Uzdatniania Wody „Czaniec” (rys. 1) w Kobiernicach to jedna z 11 stacji Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów. Proces uzdatniania wody w tej stacji polega głównie na filtracji kontaktowej i dezynfekcji.

Woda ujmowana za pomocą ujęcia nurtowego, zlokalizowanego w górnej części zbiornika Czaniec jest dostarczana do stacji uzdatniania wody w Kobiernicach rurociągiem lewarowo-grawitacyjnym. W stacji uzdatniania woda jest gromadzona w zbiornikach wstępnych wody surowej, w których w czasie 5–6 min, następuje jej odpowietrzanie i wytrącanie z grubszej zawiesiny. Ze zbiorników wstępnych woda grawitacyjnie jest dostarczana na filtry kontaktowe. Przed wpłynięciem wody na filtry,

za pomocą pompy dozującej, jest dodawany do wody koagulant (siarczan glinu), który wcześniej został rozpuszczony w zbiornikach rozrobowych. Ilość koagulantu jest dobierana stosownie do stanu mętności określonego w ujmowanej wodzie surowej. Filtry kontaktowe są podzielone na cztery segmenty. W każdym segmencie znajduje się 16 komór filtracyjnych. Złoże filtracyjne składa się z warstw żwiru i piasku filtracyjnego. Przepływ wody w filtrach kontaktowych następuje przez dysze od dołu do góry. Prędkość filtracji nie przekracza 5 m/h. Długość filtrocyklu waha się w zależności od jakości wody od 8 do 72 godzin, średnio wynosi 48 godzin. Następnie woda wpływa do czterech zbiorników wody czystej, przylegających do filtrów. W zbiornikach tych następuje półgodzinny kontakt z chlorem, podawanym w postaci wody chlorowej z chlorowni.

Filtry kontaktowe są płukane wodą filtrowaną z intensywnością $12 \text{ dm}^3 \cdot \text{m/s}$ w czasie od 8 do 10 min. Czas stabilizacji złoża po płukaniu i odprowadzeniu filtratu wynosi od 10 do 20 min. Ścieki powstałe w procesie uzdatniania (popłuczyny z filtrów i wody spustowe) są odprowadzane do czterech odstożników zlokalizowanych poza terenem zakładu. Proces uzdatniania wody przebiega prawidłowo, jeżeli mętność wody nie przekracza wartości 30–60 NTU.

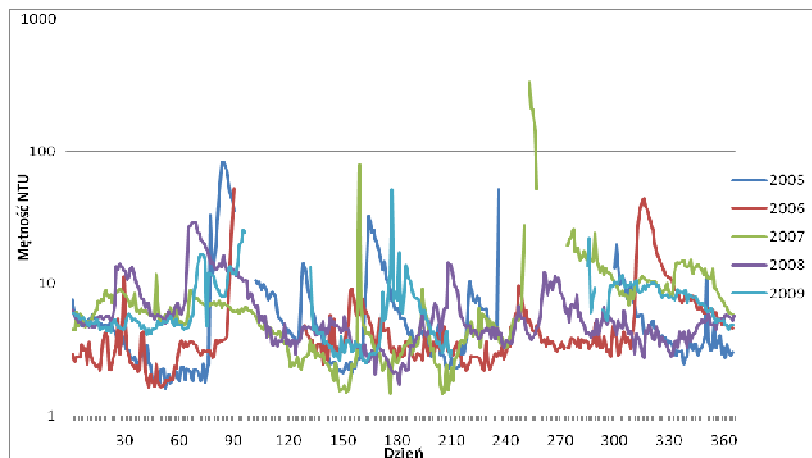


Rys. 1. Schemat Stacji Uzdatniania Wody Czaniec: 1 – ujęcie, stacja wczesnego ostrzegania, 2 – studnia zbiorcza, 3 – pompownia GO-CZA II przepompowująca wodę do Goczałkowic, 4 – pompownia, 5 – zbiornik wstępny wody surowej, 6 – koagulacja, 7 – filtry kontaktowe, 8 – zbiorniki wody uzdatnionej, 9 – chlorownia, 10 – odstożniki popłuczyn

Fig. 1. Scheme of the "Czaniec" Water Conditioning Station: 1 – intake, early warning station, 2 – collective well, 3 – GO-CZA II pumping station pumping over the water to Goczałkowice, 4 – pumping station, 5 – raw water initial reservoir, 6 – coagulation, 7 – contact filters, 8 – conditioned water reservoirs, 9 – chlorination station, 10 – washings sedimentation tank

5. ANALIZA DANYCH POMIAROWYCH PARAMETRÓW MĘTNOŚCI WODY SUROWEJ W LATACH 2005–2009

Charakterystykę dobowych stanów mętności wody surowej, ujmowanej ze zbiornika Czaniec w latach 2005–2009, przedstawiono na rysunku 2. Wyniki badań mętności zostały udostępnione przez Stację Uzdatniania Wody w Kobiernicach, za zgodą Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów.



Rys. 2. Mętność wody surowej w latach 2005–2009

Fig. 2. Turbidity of raw water in years 2005–2009

Na rysunku 2 można zaobserwować pojawiające się w tych samych okresach stany zwiększonej mętności, które występują na przełomie marca i kwietnia, kiedy szybki wzrost wskaźnika mętności wody z Soły jest powodowany roztopami. Rzeka niesie wówczas duży ładunek części koloidalnych, które są trudne do usunięcia. Kolejnymi miesiącami, w których pojawia się zwiększona mętność, są czerwiec i lipiec oraz wrzesień i październik. Jest ona spowodowana intensywnymi opadami deszczu, które gwałtownie zwiększają stan wody w rzece, zwiększając wskaźnik mętności. Soła niesie wtedy duży ładunek części stałych, które nie są retencjonowane w zbiornikach. W okresach zwiększonej mętności przekraczającej 30–60 NTU, pojawiają się problemy z uzdatnieniem ujmowanej wody.

W tabelicy 1 została przedstawiona liczba przypadków wystąpienia mętności w latach 2005–2009, która przekroczyła przyjęte wartości: 15, 30, 50, 100 NTU.

Tablica 1. Liczba przypadków wystąpienia mętności wody większej od przyjętych wartości mętności w analizowanych latach 2005–2009

Przyjęta mętność NTU	Mętność większa od mętności przyjętych, dni					
	2005	2006	2007	2008	2009	2005–2009
15	3	2	2	2	4	13
30	4	2	0	0	0	6
50	1	1	3	0	1	6
100	0	0	1	0	0	1

W tablicy 2 przedstawiono poszczególny całkowity czas wystąpienia mętności wody większej od: 15, 30, 50 i 100 NTU oraz udziały procentowe w stosunku do całego roku.

Tablica 2. Czas występowania mętności wody większej od przyjętej w latach 2005–2009

Przyjęta mętność NTU	Czas występowania mętności większej od przyjętej mętności kryterialnej w latach											
	2005		2006		2007		2008		2009		2005–2009	
	dni	%	dni	%	dni	%	dni	%	dni	%	dni	%
15	8	2,22	7	1,92	15	4,12	13	3,55	9	2,46	52	2,85
30	7	1,92	7	1,92	0	0	0	0	0	0	14	0,77
50	5	1,37	1	0,27	3	0,83	0	0	1	0,27	10	0,55
100	0	0	0	0	5	1,37	0	0	0	0	5	0,27

Średni i maksymalny czas występowania mętności wody większej od: 15, 30, 50, 100 NTU w poszczególnych latach (2005–2009) przedstawiono w tablicy 3. Średni czas został obliczony według wzoru

$$t_{sr} = \frac{\sum t}{n}, \text{ dni}$$

gdzie:

$\sum t$ – czas trwania wszystkich przypadków wystąpienia mętności wody, większej od przyjętej, dni;

n – liczba przypadków wystąpienia zwiększonych mętności.

Tablica 3. Średni i maksymalny czas występowania mętności wody większej od przyjętej

Przyjęta mętność NTU	Średni i maksymalny czas występowania mętności większej od założonych mętności kryterialnych, dni											
	2005		2006		2007		2008		2009		2005–2009	
	t_{sr}	t_{max}	t_{sr}	t_{max}	t_{sr}	t_{max}	t_{sr}	t_{max}	t_{sr}	t_{max}	t_{sr}	t_{max}
15	2,67	6	3,5	5	7,5	13	6,5	14	2,25	4	4	14
30	1,67	3	3,5	6	0	0	0	0	0	0	2,33	6
50	5	5	1	1	1	1	0	0	1	1	1,67	5
100	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	5	5

Z zestawienia wynika, że w ciągu pięciu lat w stacji uzdatniania odnotowano aż 265 dni zwiększonej mętności, przy której pojawiał się problem z uzdatnianiem wody ujmowanej, co stanowi 14,5% w stosunku do pięciu analizowanych lat.

6. ULEPSZENIE SPOSOBU UZDATNIANIA WODY

Jak wspomniano, do uzdatniania wody z rzek górskich są często stosowane zbiorniki zapasowe. Jednak w przypadku uzdatniania wody z Soły nie byłoby to właściwe, ponieważ czas występowania zwiększonej jej mętności jest zbyt długi. Wynika to z następujących faktów:

- maksymalny czas przechowywania wody uzdatnionej w zbiorniku, aby nie utracić jej właściwej jakości, wynosi dwa dni,
- ze względu na długi czas występowania zwiększonej mętności wody surowej, musiałby być to zbiornik o zbyt dużych rozmiarach, jak na warunki omawianej stacji,
- przy tak długim czasie retencjonowania wody surowej mogłyby pojawić się problemy z utrzymaniem jej właściwej jakości.

Rozwiązaniem, które mogłoby przynieść efekty w poprawie jakości i możliwości uzdatniania wody w okresie zwiększonej mętności, była zmiana koagulantu. W Stacji Uzdatniania Wody „Czaniec” zostały przeprowadzone próby między innymi z koagulantami PAX XL 19F, PAX XL 1905, PAX XL 60, Flokor 1A, Flokor 1ASW oraz z siarczanem glinu jako koagulantem porównawczym. Ich podstawowe właściwości chemiczne przedstawiono w tabelicy 4.

W wyniku badań laboratoryjnych zostały wyeliminowane Flokor 1,2A, który powodował zwiększenie zawartości glinu w uzdatnionej wodzie i PAX 69, który charakteryzował się mniejszym stopniem redukcji od stosowanego w stacji siarczanu glinu (Zimoch, Sawiniak, Kotlarczyk 2008).

Tablica 4. Podstawowe właściwości chemiczne wybranych koagulantów według kart charakterystyk producenta (Zimoch, Sawiniak, Kotlarczyk 2008)

Koagulat	pH	Glin, %	Tlenek glinu Al ₂ O ₃ , %	Chlorki, %	Żelazo ogólne, %	Zasadowość
PAX XL 19F	4,0 ± 0,5	8,5 ± 0,3	–	5,5 ± 0,5	–	–
PAX XL 1905	3,6 ± 0,4	6,00 ± 0,5	–	5,0 ± 1,0	–	85 ± 5
PAX XL 69	2,5 ± 0,5	6,0 ± 0,5	–	11,0 ± 2,0	–	60 ± 10
PAX XL 60	1,5 ± 0,5	7,5 ± 0,3	–	17,0 ± 2,0	–	40 ± 10
Flokor 1A	4,35 ± 0,05	10,8 ± 0,3	20,30 ± 0,5	6,00 ± 0,2	0,010 ± 0,005	85,33 ± 2,0
Flokor 1ASW	3,9–4,2	8,00–10,00	15,00–18,80	4,70–5,20	maks. 0,02	70,0–90,0
Flokor 1,2A	4,5 ± 0,05	11,1 ± 0,4	20,85 ± 0,6	5,89 ± 0,2	0,015 ± 0,005	85 ± 10
Siarczan glinu	–	9,2 ± 0,2	17,2 ± 0,2	–	maks. 0,01	–

Do próby technicznej wytypowano cztery komory filtracyjne, na których były testowane Flokor 1A, Flokor ASW, PAX XL 19F, PAX XL 1905; pozostałe filtry uzdatniały wodę przy zastosowaniu siarczanu glinu. Koagulanty były dozowane do rurociągu przed filtrami za pomocą pomp dozujących. Sposób podawania testowanych koagulantów był identyczny jak obecnie stosowanego siarczanu glinu. Średnia prędkość filtracji, którą przyjęto w badaniach, wynosiła 4 m/h. Woda surowa w okresie wykonywania badań nie wykazywała zwiększonej mętności (tabl. 5). Badania wykonywano od października 2007 roku do stycznia 2008 roku. Dawki koagulantów zostały dobrane stosownie do jakości wody surowej oraz jakości wody uzdatnionej, tak aby spełniała ona wymagania, zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29

marca 2007 roku, dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (mętność nieprzekraczająca 1 NTU). Zostały one przedstawione w tablicy 6. W tablicy 7 natomiast podano średnie dawki siarczanu glinu.

Tablica 5. Średnie dawki koagulantów

Koagulant	Dawka, g/dm ³		
	minimalna	maksymalna	średnia
Flokor 1 ASW	3,9	4,6	4,25
Flokor 1A	3,95	4,3	4,12
PAX XL 19F	5,9	9,8	7,85
PAX XL 1905	5,6	7,5	6,65

Tablica 6. Średnie wartości mętności wody surowej podczas testowania koagulantów

Koagulant	Mętność wody surowej, NTU		
	minimalna	maksymalna	średnia
Flokor 1 ASW	5	14	6
Flokor 1A	3,1	4,1	3,7
PAX XL 19F	6,7	9,6	8,0
PAX XL 1905	3,1	5	4,2

Tablica 7. Średnie dawki siarczanu glinu

Koagulant	Dawka siarczanu glinu, g/dm ³		
	minimalna	maksymalna	średnia
Flokor 1 ASW	5,5	9,8	6,5
Flokor 1A	15,9	18,1	16,6
PAX XL 19F	15,8	17,7	16,75
PAX XL 1905	16,1	19,9	18

Z przedstawionych w tablicach danych wynika, że dawki testowanych koagulantów były we wszystkich przypadkach mniejsze od dawek siarczanu glinu stosowanego w stacji. Wraz ze wzrostem wskaźnika mętności wody surowej zwiększała się również różnica dawki między koagulantami testowymi a siarczanem glinu. Przy małej mętności wody surowej mętność wody uzdatnionej z zastosowaniem koagulantów testowych była podobna, a niekiedy nawet mniejsza w porównaniu z mętnością wody uzdatnianej siarczanem glinu. Różnica ta zwiększała się – na korzyść koagulantów – wraz ze wzrostem mętności wody surowej (tabl. 8).

Tablica 8. Średnie wartości mętności wody surowej i uzdatnionej siarczanem glinu oraz testowanymi koagulantami

Lp.	Wyszczególnienie	Mętność, NTU
1	Woda surowa	10
	Woda uzdatniana siarczanem glinu	0,3
	Woda uzdatniana Flokor 1 ASW	0,4
2	Woda surowa	12
	Woda uzdatniana siarczanem glinu	0,49
	Woda uzdatniana Flokor 1A	0,56
3	Woda surowa	10
	Woda uzdatniana siarczanem glinu	0,61
	Woda uzdatniana PAX XL 19F	1,09
4	Woda surowa	12
	Woda uzdatniana siarczanem glinu	0,72
	Woda uzdatniana PAX XL 1905	0,9

Pojawiła się również duża różnica w długości filtrocyklu, a mianowicie średni filtrocykl na filtrach zasilanych wodą surową z dodatkiem siarczanu glinu wynosił 32 godziny, natomiast średni na filtrach zasilanych wodą z dodatkiem koagulantów stowych – 48 godzin.

PODSUMOWANIE

W publikacji omówiono problem uzdatniania wody górskiej rzeki Soła o zwiększonej mętności. Scharakteryzowano okresy występowania w ujmowanej wodzie wysokiego wskaźnika mętności oraz ich długość. Opisano najczęściej stosowane rozwiązania oraz procesy zachodzące podczas uzdatniania wody. Do takich rozwiązań można zaliczyć stosowanie zbiorników zapasowych, właściwy dobór koagulantów oraz ich dawki w stosunku do pojawiającej się mętności, czas kontaktu wody z koagulantem, osadniki do sedymentacji naturalnej lub osadniki pokoagulacyjne. Z przedstawionych w artykule obliczeń wynika, że w stacji, w latach 2005–2009 odnotowano 256 dni o zwiększonej mętności wody, przy której pojawiał się problem z jej uzdatnianiem. Ponieważ woda pochodząca z Soły jest dobrej jakości i nie wymaga skomplikowanego procesu uzdatniania, co przekłada się również na cenę jej oczyszczania, należało podjąć działania, które pozwoliłyby na polepszenie procesu uzdatniania wody w przypadku pojawienia się zwiększonej mętności. Stwierdzono, że dobrym rozwiązaniem byłoby zastąpienie dotychczas stosowanego siarczanu glinu koagulantem zhydrolizowanym. Pozwoliłoby to na efektywniejsze uzdatnianie wody oraz zmniejszanie kosztów produkcji (ze względu na mniejszą dawkę koagulanta).

Literatura

1. Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziorowski B. (1976): Fizykochemiczne badanie wody i ścieków. Warszawa, Arkady, s. 85–92
2. Operat opisujący stację uzdatniania wraz z procesem technologicznym: SUW „Czaniec”.
3. Pawełek J. (1996): Wykorzystanie zapasu wody w celu zabezpieczenia ujęć wodociągowych z rzek i potoków górskich przy stanach podwyższonych mętności i zawiesin. Kraków, Wydaw. AR, s. 5–16.
4. PN-EN ISO 7027:2003. Jakość wody. Oznaczenie mętności.
5. PN-G-01300:1997 Hydrogeologia. Podstawowe nazwy i określenia (wycofana).
6. Rozporządzenie (2007): Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. dotyczącego jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 72, poz. 466.
7. Sawiniak W., Zimoch I., Kotlarczyk B., Nadolska K., Czechowski M., Matusiak M. (2009): Badania skuteczności uzdatniania wody różnymi koagulantami na filtrach kontaktowych. V Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna: Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody, Szczyrk.
8. Stachowicz K., Czernoch M. (1992): Charakterystyka ekologiczna zbiorników zaporowych na Sole. Warszawa, Agencja Wydawnicza Instytutu Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, s. 6–19, 48–57, 66, 68.
9. Szpindor A. (1992): Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Warszawa, Arkady s. 170–181.
10. Wyniki badań mętności wody surowej z wielolecia 2005–2009: SUW „Czaniec”.

11. Zimoch I., Sawiniak W., Kotlarczyk B. (2008): Doświadczenia z zastosowania koagulantów płynnych na SUW „Czaniec”. VIII Międzynarodowa Konferencja, XX Jubileuszowa Krajowa Konferencja „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Poznań, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Wielkopolski, s. 773–782.

Recenzent: dr Leszek Trząski