

Tomasz Bergel, Jan Pawełek, Zuzanna Rułka

Mętność wody dostarczanej przez systemy wodociągowe województwa małopolskiego

Mętność wody spowodowana jest obecnością w niej koloidów i drobnych zawiesin pochodzenia mineralnego lub organicznego. Są one kłopotliwym składnikiem wody, co wyraża się ich wpływem na tzw. estetyczny wskaźnik jakości wody, charakteryzujący oddziaływanie mętności i barwy oraz smaku i zapachu na zmysły człowieka [1]. Nie zawsze da się usunąć substancje powodujące smak, zapach, barwę i mętność wody. W celu poprawy niewłaściwej jakości wody spowodowanej tymi substancjami, w praktyce wodociągowej stosuje się obecnie ozon, dwutlenek chloru i węgiel aktywny [2].

Mętność jest jednym z podstawowych wskaźników stosowanych do oceny jakości wody, szczególnie gdy dokonuje się oceny właściwości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Zwiększona mętność w istotny sposób wpływa na skuteczność oczyszczania wody oraz podnosi koszty koagulacji, filtracji, wymiany jonowej czy procesów membranowych. Cząstki powodujące mętność wody mogą zmniejszyć skuteczność jej dezynfekcji, chroniąc mikroorganizmy przed działaniem środka dezynfekującego i pobudzając tym samym wzrost bakterii [1]. Może to stanowić zagrożenie zdrowia konsumentów wody, a równocześnie wpływać na jej właściwości organoleptyczne, np. przez konieczność zwiększenia dawki środka dezynfekującego, co w konsekwencji wpływa na zawartość ubocznych produktów utleniania/dezynfekcji.

Za jednostkę mętności przyjmowano przez wiele lat mętność wywołaną przez 1 mg krzemionki w postaci wzorcowej zawiesiny dodanej do 1 dm³ wody destylowanej. Stąd jednostką mętności był gSiO₂/m³. Wraz ze zmianą metody oznaczania mętności i stosowania mętnościomierzy, wprowadzono od 2002 r. nefelometryczną jednostkę mętności – NTU (nephelometric turbidity unit). We wszystkich kolejno nowelizowanych rozporządzeniach Ministra Zdrowia, określających warunki stawiane wodzie przeznaczonej do spożycia, wartość mętności wody była normowana. Obecnie jej dopuszczalną wartość podaje rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [3], zgodnie z którym mętność wody nie może przekroczyć 1 NTU.

Celem pracy była analiza mętności wody dostarczanej przez systemy wodociągowe województwa małopolskiego, z uwzględnieniem rodzaju ujmowanej wody i oceną spełnienia wymagań rozporządzenia Ministra Zdrowia [3].

Przedmiot i zakres analizy

W pracy dokonano analizy mętności wody dostarczonej odbiorcom w 2007 r. przez systemy wodociągowe w województwie małopolskim. Analizie poddano mętność wody we wszystkich wodociągach objętych monitoringiem kontrolnym i przeglądowym przez wojewódzkie służby sanitarno-epidemiologiczne [4]. Łącznie przeanalizowano 703 wodociągi, z czego 45 korzystało z ujęć wód powierzchniowych, 640 z ujęć wód podziemnych, 16 z ujęć mieszanych i 2 z ujęć wód kopalnianych.

W badaniach obejmujących 1794 próbki wody, w tym 167 próbek wody z ujęć powierzchniowych, 1261 próbek wody z ujęć podziemnych i 366 próbek wody z ujęć mieszanych, wyznaczono mętność minimalną, maksymalną i średnią oraz liczbę przekroczeń mętności dopuszczalnej.

Dyskusja wyników

Bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na jakość wody wodociągowej i stabilność tej jakości, w tym także na ewentualne zmiany jej cech w systemie dystrybucji, jest rodzaj źródła wody, z którego korzysta system wodociągowy. Dlatego na wstępie oceny mętności wody ustalono, jaka liczba zakładów wodociągowych korzysta z poszczególnych rodzajów wód. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 1. Wynika z niej, że w województwie małopolskim 8,2% wodociągów korzysta z wód powierzchniowych, które dostarczają 26,1% wody wodociągowej, z wód podziemnych korzysta natomiast aż 88,3% wodociągów dostarczających 37,4% wody. Ze źródeł mieszanych korzysta tylko 3,2% wodociągów, dostarczając jednak aż 32,4% wody. Nie wielki udział stanowią wodociągi korzystające z wód kopalnianych, bowiem tylko 0,3%, dostarczając 4,1% wody. Z uwagi na ten znikomy udział, w dalszej części analizy pominięto ten rodzaj wód.

W analizie mętności wody, uwzględniając podział województwa na powiaty, obliczono średnie wartości mętności wody, podając równocześnie wartości minimalne i maksymalne. Obliczenia przeprowadzono z uwzględnieniem rodzajów ujmowanych wód, a wyniki zamieszczono w tabeli 2. Analizując uzyskane dane stwierdzono, że w 4 powiatach na 10 korzystających z wód powierzchniowych średnia mętność wody była większa od 1 NTU. W przypadku maksymalnych wartości mętności wody w 7 powiatach zaobserwowano przekroczenie wartości 1 NTU. Tylko w 3 powiatach nie wystąpiły przekroczenia mętności dopuszczalnej. Lepszą sytuację odnotowano w przypadku wód

Tabela 1. Udział rodzaju wody w zaopatrzeniu powiatów województwa małopolskiego
 Table 1. Proportion of the particular types of water in the quantity of the water supplied to the counties of the Malopolskie Voivodeship

Powiat	Liczba wodociągów (L) oraz ilość dostarczanej wody (Q)							
	ujęcia powierzchniowe		ujęcia podziemne		ujęcia mieszane		wody kopalniane	
	L, %	Q, %	L, %	Q, %	L, %	Q, %	L, %	Q, %
brzeski	29	87	71	13	0	0	0	0
chrzanowski	0	0	100	100	0	0	0	0
dąbrowski	0	0	100	100	0	0	0	0
gorlicki	8	88	92	12	0	0	0	0
krakowski	0	0	98	14	2	86	0	0
miechowski	0	0	100	100	0	0	0	0
myślenicki	16	5,1	76	0,6	8	94,3	0	0
nowotarski	6	33	93	16	1	51	0	0
olkuski	0	0	95	31	0	0	5	69
oświęcimski	10	10	90	90	0	0	0	0
proszowicki	0	0	91	77	9	23	0	0
suski	25	84	72	14	3	2	0	0
tatrzański	2	0,7	96	1,7	2	97,6	0	0
wadowicki	17	76	83	24	0	0	0	0
wielicki	0	0	89	6	11	94	0	0
m. Nowy Sącz	22	6	63	15	15	79	0	0
m. Tarnów	4	54	92	21	4	25	0	0
Minimum	0	0	63	0,6	0	0	0	0
Maksimum	29	88	100	100	15	97,6	5	69
Średnia	8,2	26,1	88,3	37,4	3,2	32,4	0,3	4,1

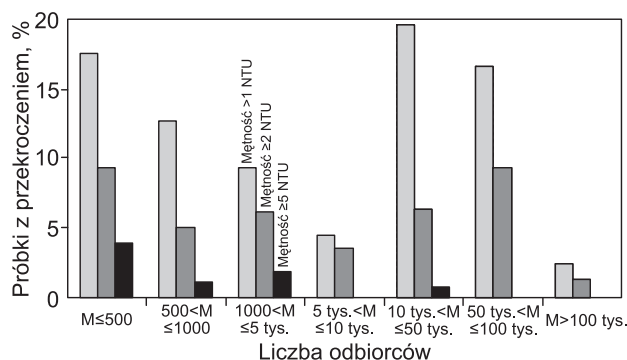
podziemnych, bowiem na 17 powiatów tylko w 4 średnia mętność była większa od 1 NTU. Nieco gorzej było w przypadku mętności maksymalnej, bowiem aż w 12 powiatach zaobserwowano przekroczenie wartości dopuszczalnej. Z kolei w przypadku ujęć mieszanych, z których korzystają wodociągi w 9 powiatach, średnia mętność przekroczyła 1 NTU w 2 z nich, natomiast mętność maksymalna w 6 powiatach. W skrajnych przypadkach mętność 1 NTU została przekroczona aż 9-, 26- i 18-krotnie w poszczególnych rodzajach wody.

Stwierdzono, że biorąc pod uwagę minimalne i średnie wartości mętności, najlepszą jakością wody odznaczały się wodociągi ujmujące wody podziemne. Jest to zgodne z powszechnym poglądem, że wody te są bardziej bezpieczne od wód powierzchniowych, zarówno pod względem fizyczno-chemicznym, jak i sanitarnym. Jednocześnie jednak w każdym z analizowanych powiatów największe przekroczenia mętności dopuszczalnej odnotowano właśnie w wodociągach korzystających z wód podziemnych.

Aby określić skalę zjawiska występowania mętności wody większej od dopuszczalnej, a równocześnie w celu oceny wpływu wielkości wodociągu na jakość wody wyrażonej jej mętnością, przygotowano tabelę 3. Zaobserwowano, że w przypadku każdego wodociągu, z wyjątkiem wodociągów zaopatrujących 50000÷100000 odbiorców, odsetek próbek z przekroczeniem wartości dopuszczalnej

był mniejszy w wodach podziemnych niż w powierzchniowych. Najwięcej przekroczeń mętności równej 1 NTU zaobserwowano w wodociągach korzystających z wód powierzchniowych – 29,3%, a znacznie mniej w wodociągach korzystających z wód podziemnych – 12,4% i ujęć mieszanych – 4,1%.

Aby pogłębić charakterystykę zdarzeń kiedy mętność była większa od dopuszczalnej, ustalono, jaki był udział w liczbie tych zdarzeń przypadków kiedy mętność wzrosła do ponad 2 NTU i 5 NTU. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku 1. Stwierdzono, że najczęściej występujące



Rys. 1. Histogram przekroczeń dopuszczalnej mętności wody
 Fig. 1. Histogram of episodes of the admissible tap water turbidity value being exceeded

Tabela 2. Charakterystyczne wartości mętności wody wodociągowej w poszczególnych powiatach w zależności od źródła wody
Table 2. Characteristic values of tap water turbidity in particular counties, related to the type of the water source used

Powiat	Mętność, NTU								
	ujęcia powierzchniowe			ujęcia podziemne			ujęcia mieszane		
	min.	maks.	śr.	min.	maks.	śr.	min.	maks.	śr.
brzeski	0,12	1,14	0,45	0,04	1,9	0,31	–	–	–
chrzanowski	–	–	–	0,01	5,0	0,54	–	–	–
dąbrowski	–	–	–	0,15	0,79	0,43	–	–	–
gorlicki	0,25	5,9	1,8	0,15	11,1	1,8	–	–	–
krakowski	–	–	–	0,02	9,85	0,35	0,02	4,0	0,29
miechowski	–	–	–	0,1	1,0	0,5	–	–	–
myślenicki	0,2	3,8	1,2	0,1	26,0	2,3	0,2	18,0	2,7
nowotarski	0,2	1,1	0,8	0,2	9,0	0,9	0,2	1,1	0,7
olkuski	–	–	–	0,1	4,5	0,6	–	–	–
oświęcimski	0,7	1,6	1,08	0,1	3,6	0,5	–	–	–
proszowicki	–	–	–	0,1	0,9	0,4	0,5	1,1	0,7
suski	0,3	8,7	1,6	0,1	25,0	1,7	0,9	2,9	1,92
tatrzański	0,9	0,9	0,9	0,2	1,0	0,7	0,4	0,8	0,6
wadowicki	0,2	1,0	0,7	0,1	1,0	0,6	–	–	–
wielicki	–	–	–	0,5	2,2	0,7	0,6	0,6	0,6
m. Nowy Sącz	0,1	1,0	0,4	0,1	5,2	0,7	0,1	2,0	0,4
m. Tarnów	0,4	1,5	0,8	0,1	6,49	1,18	0,1	0,8	0,5

Tabela 3. Przekroczenia dopuszczalnej mętności 1NTU w zależności od wielkości wodociągu i rodzaju ujmowanej wody
Table 3. Episodes of the admissible turbidity value (1NTU) being exceeded, related to the size of the waterworks and the type of the water source used

Liczba odbiorców (M)	Liczba próbek									Ogółem		
	ujęcia powierzchniowe			ujęcia podziemne			ujęcia mieszane					
	ogólna liczba próbek	liczba próbek z przekroczeniem	odsetek próbek z przekroczeniem, %	ogólna liczba próbek	liczba próbek z przekroczeniem	odsetek próbek z przekroczeniem, %	ogólna liczba próbek	liczba próbek z przekroczeniem	odsetek próbek z przekroczeniem, %	ogólna liczba próbek	liczba próbek z przekroczeniem	odsetek próbek z przekroczeniem, %
M≤500	36	12	33,3	612	102	16,7	1	0	0,0	649	114	17,6
500<M≤1000	24	4	16,7	149	15	10,1	8	4	50,0	181	23	12,7
1000<M≤5000	36	13	36,1	318	20	6,3	8	1	12,5	362	34	9,4
5000<M≤10000	17	1	5,9	97	4	4,1	0	–	–	114	5	4,4
10000<M≤50000	46	19	41,3	46	6	13,0	51	3	5,9	143	28	19,6
50000<M≤100000	8	0	0,0	39	9	23,1	7	0	0,0	54	9	16,7
M>100000	0	–	–	0	–	–	291	7	2,4	291	7	2,4
Razem	167	49	29,3	1261	156	12,4	366	15	4,1	1794	220	12,3

przekroczenia wartości dopuszczalnej mieszczą się w przedziale do 5NTU. Powyżej tej wartości zdarzają się jeszcze przekroczenia w mniejszych wodociągach (do 5000 odbiorców). Dochodzą one do ok. 4% wszystkich analizowanych próbek.

Jeszcze niedawno uważano, że problem jakości wody wystarczy uregulować w dwóch miejscach systemu wodociągowego, tj. w źródle ujmowanej wody oraz w zakładzie oczyszczania wody. Nie brano jednak pod uwagę tego, na co może być narażona woda w drodze od zakładu oczyszczania

do odbiorców, a czego skutki nazwano wtórnym zanieczyszczeniem wody. Problem zmian jakości wody w systemach wodociągowych znalazł szczególne uznanie w pracach badawczych prowadzonych w ostatnich latach [5–8]. Ogólnie można powiedzieć, że na jakość wody w sieci wodociągowej mają wpływ czynniki wewnętrzne i zewnętrzne. Do wewnętrznych zalicza się odkładanie osadów w przewodach, odpajanie osadów od ścianek przewodów, korozję przewodów, reakcje chemiczne przebiegające w wodzie, zasiedlanie przewodów przez mikroorganizmy i zanieczyszczenia biologiczne (tzw. biofilm). Do czynników zewnętrznych należą zanieczyszczenia wody podczas awarii i ich usuwania, włączania nowych przewodów oraz podczas prac eksploatacyjnych i remontowych. Wyniki badań przeprowadzonych w kraju wykazały, że jakość wody wodociągowej zależy od składu wody w miejscu ujęcia, sposobu jej oczyszczania i magazynowania, mających wpływ na stabilność chemiczną i biologiczną wody, a także od stanu sieci, przyłączy i instalacji wodociągowych [8–10]. Wyniki przeprowadzonej analizy jakości wody w wodociągach małopolskich w pełni to potwierdziły. Jeżeli z 1794 próbek poddanych analizie aż 220 charakteryzowało się przekroczeniem mętności dopuszczalnej, to trudno sądzić, że jest to tylko skutek niewłaściwego procesu oczyszczania lub jego braku. Dlatego nie do przecenienia jest prawidłowa eksploatacja systemów wodociągowych. W celu zachowania dobrej jakości wody w sieci wodociągowej konieczne jest podejmowanie dodatkowych przedsięwzięć natury techniczno-operacyjnej i technologiczno-analitycznej. Podstawą metodyki utrzymania lub przywrócenia wymaganej jakości wody w sieci wodociągowej powinno być rozwiązanie dwóch zagadnień – opracowanie programów długoterminowych prac eksploatacyjnych, remontowych, modernizacyjnych i opracowanie właściwej struktury przedsięwzięć doraźnych w wypadku pogorszenia jakości wody [5].

Wnioski

♦ Zaobserwowana mętność wody wodociągowej w województwie małopolskim w 2007 r., w zależności od źródła wody, wynosiła:

- ujęcia powierzchniowe: $0,1 \div 8,7$ NTU (śr. $0,97$ NTU),
- ujęcia podziemne: $0,01 \div 26,0$ NTU (śr. $0,84$ NTU),
- ujęcia mieszane: $0,02 \div 10,0$ NTU (śr. $0,93$ NTU).

♦ Spośród 1794 przeanalizowanych próbek wody wodociągowej, przekroczenie dopuszczalnej mętności (1 NTU) odnotowano w 220 próbkach, co stanowiło 12,3%.

♦ Średnio najwięcej przekroczeń mętności dopuszczalnej odnotowano w wodociągach korzystających z ujęć wód powierzchniowych – 29,3%, a znacznie mniej w wodociągach korzystających z ujęć wód podziemnych – 12,4% i ujęć mieszanych – 4,1%.

♦ Najwięcej przekroczeń mętności dopuszczalnej odnotowano w przedziale wartości $1 \div 5$ NTU. Mętności większe od 5 NTU w przeważającej większości wystąpiły w mniejszych wodociągach (zaopatrujących do 5000 odbiorców).

♦ W celu utrzymania dobrej jakości wody wodociągowej konieczne jest jej monitorowanie w kilku punktach systemu zaopatrzenia w wodę, tzn. w źródle ujmowanej wody, po oczyszczeniu w stacji wodociągowej, a także w sieci i instalacjach wodociągowych.

♦ Nieodzownym elementem utrzymania dobrej jakości wody jest prawidłowa eksploatacja sieci wodociągowej oparta na długoterminowych programach prac eksploatacyjnych, modernizacyjnych i renowacyjnych.

LITERATURA

1. L. RECZEK, T. SIWIEC, I. SKIBA: Ocena korelacji wzajemnej podstawowych jednostek mętności. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2002, nr 6, ss. 211–215.
2. J. PAWELEK, T. BERGEL: Stosowanie ozonu w procesie uzdatniania wody w zakładzie wodociągowym Raba w Dobczycach. *Czasopismo Techniczne* 2000, nr 54–57, ss. 16–22.
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 27 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. DzU nr 61, poz. 417.
4. Materiały Zakładu Higieny Komunalnej Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Krakowie. Kraków 2008 (prace niepublikowane).
5. S. DENCZEW: Przedsięwzięcia służące utrzymaniu lub przywróceniu wymaganej jakości wody w sieci wodociągowej. *Ochrona Środowiska* 2001, vol. 23, nr 4, ss. 31–32.
6. J. ŁOMOTOWSKI: Przyczyny zmian jakości wody w systemach wodociągowych. Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2007.
7. M. OLKO: Analiza zmian jakości wody w sieci wodociągowej miasta Krakowa. Rozprawa doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Kraków 2008 (praca niepublikowana).
8. A.L. KOWAL: Przyczyny i zapobieganie zmianom jakości wody w systemach wodociągowych. *Ochrona Środowiska* 2003, vol. 25, nr 4, ss. 3–6.
9. M. ŚWIDERSKA-BRÓŹ, M. WOLSKA: Przyczyny zużycia chloru wolnego w systemie dystrybucji wody. *Ochrona Środowiska* 2007, vol. 29, nr 3, ss. 19–24.
10. M. ŚWIDERSKA-BRÓŹ, M. WOLSKA: Influence of hydraulic parameters on water pollution in a distribution system. *Env. Prot. Engng.* 2007, Vol. 33, No. 4, pp. 5–16.

Bergel, T., Pawełek, J., Rułka, Z. Turbidity of Water Provided by the Water Supply Systems in the Malopolskie Voivodeship. *Ochrona Srodowiska* 2009, Vol. 31, No. 4, pp. 61–64.

Abstract: The water supplied to the users in the Malopolskie Voivodeship in 2007 was analyzed for turbidity. The analysis covered 703 waterworks regularly monitored by the Regional Sanitary and Epidemiological Station. A total of 1794 water samples was made subject to analysis (167 surface water samples, 1261 groundwater samples and 366 mixed water samples) to determine the minimal, maximal and average turbidity levels, as well as the number of episodes when the admissible turbidity value (1 NTU) was

exceeded. The study has produced the following findings. According to the water source being used, the turbidity of the tap water supplied varied from 0.1 to 8.7 NTU (av. 0.97 NTU) for surface water, from 0.01 to 26.0 NTU (av. 0.84 NTU) for groundwater, and from 0.02 to 10.0 NTU (av. 0.93 NTU) for mixed water. The majority of episodes with the 1 NTU value being exceeded were observed in the waterworks using surface water (29.3% of samples). Significantly lower was the number of such episodes in the waterworks where use was made of groundwater (12.4% of samples) or mixed water (4.1% of samples). In most instances the exceeded turbidity values were within the range of 1 to 5 NTU.

Keywords: Tap water, water quality, turbidity.