

Agnieszka Nawirska
Andrzej M. Dziubek

Właściwości fizyczno-chemiczne i technologiczne wody z Nysy Kłodzkiej w przekroju Kamieńca Ząbkowickiego

Charakterystyka ogólna Nysy Kłodzkiej

Nysa Kłodzka jest lewym dopływem środkowej Odry o długości 181,3 km. Całkowita powierzchnia jej zlewni wynosi 4565,7 km², z czego 821,2 km² znajduje się poza granicami kraju [9]. Nysa Kłodzka wraz z jej dopływami w górnym biegu (Bystrzyca Dusznicka, Biała Łądecka, Ścinawka) stanowi podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę dla południowej części województwa wałbrzyskiego. Ta część województwa jest stosunkowo mało uprzemysłowiona, posiada natomiast dobrze rozwiniętą bazę czasowo-uzdrowiskową. Nysa Kłodzka w okolicy Kamieńca Ząbkowickiego (przekrój Byczeń), gdzie przewidziano budowę zbiornika zaporowego oraz ujęcia wody (jako element tzw. Wodociągu Sudeckiego), ma długość 97,6 km, a powierzchnia jej zlewni wynosi 2134,2 km², co stanowi prawie 50% powierzchni województwa wałbrzyskiego. Głównym źródłem zanieczyszczenia rzeki są ścieki odprowadzane z miast i osiedli oraz spływy z terenów rolniczych. Ponadto znaczny ładunek zanieczyszczeń wprowadzany jest do rzeki wraz ze ściekami przemysłowymi m.in. z zakładów papierniczych, spółdzielni mleczarskich i rzeźni oraz szeregu mniejszych zakładów produkcyjnych.

Nysa Kłodzka ma swoje źródła na zachodnich stokach położonych w Grupie Śnieżnika na wysokości 975 m n.p.m., natomiast pierwsze dopływy uchodzą do niej na wysokości ok. 600 m n.p.m. Obszar źródłowy rzeki obejmuje szczyty górskie i górne partie stoków. Następnie rzeka płynie przez Kotlinę Kłodzką, sta-

nowiącą rów tektoniczny, którą opuszcza poniżej ujścia Ścinawki, płynąc dalej przez przełom w Górach Bardzkich. Poniżej Barda Śląskiego Nysa Kłodzka wpływa na obszar Przedgórze Sudeckiego o średniej wysokości 200÷300 m n.p.m., gdzie dolina rzeki rozszerza się do ok. 3 km. W okolicy Kamieńca Ząbkowickiego dolina ponownie zwęża się i tworzy przełom, poniżej którego rzeka płynie wzdłuż północnej krawędzi obniżenia tektonicznego [1].

Podłoże, po którym płynie Nysa Kłodzka to — głównie u źródeł — metamorfik Śnieżnika, dalej rów tektoniczny Równiny Kłodzkiej, Struktura Bardzka, Strefa Niemczy, a następnie krystaliczne skały okryw granitu strzelińskiego oraz granit strzeliński; te trzy ostatnie formy należą do krystalicznego bloku przedsudeckiego. Z uwagi na to, iż podłoże Nysy Kłodzkiej stanowią w większości skały krystaliczne, jej wody charakteryzują się nieznacznym stopniem mineralizacji oraz niższym pH i wyższą zawartością krzemionki, w porównaniu do wód z rejonów skał osadowych. Pochodzenie i skład chemiczny wód Nysy Kłodzkiej pozwala zaliczyć je do grupy wód miękkich [2].

Charakterystyka wód miękkich

Wody miękkie to wody, których twardość ogólna jest mniejsza niż 10° tw, natomiast bardzo miękkie to te, których twardość nie przekracza 5° tw [3]. Do wód miękkich zalicza się najczęściej wody opadowe oraz wody powierzchniowe z potoków i rzek górskich. Zasoby wodne potoków górskich kształtowane są poprzez spływ wód opadowych, podziemnych (źródłowych) i gruntowych. W normalnych warunkach hy-

Mgr inż. A. Nawirska: Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Zakład Technologii Przetwórstwa Owoców i Warzyw, ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław.

Dr inż. A.M. Dziubek: Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

drologiczno-meteorologicznych w bilansie ogólnym przeważają wody opadowe, które zaliczane są do wód bardzo miękkich.

Wody miękkie i bardzo miękkie krążą systemami szczelin w masywach skał magmowych i metamorficznych. Natomiast szczelinowe wody masywów wapiennych mają wyraźnie wyższe twardości. Nieznaczna twardość, ze względu na wyjątkowo szybkie przepływy mają wody krasowe. Jest więc regułą, że w profilu pionowym wraz z głębokością, czyli ograniczeniem kontaktu z wodami opadowymi i przedłużeniem czasu współdziałania ze środowiskiem skalnym, wzrasta twardość wód podziemnych.

Migracja pierwiastków zależna jest od właściwości atomów migrującego pierwiastka oraz od czynników zewnętrznych, takich jak: temperatura, ciśnienie, stężenie i stopień jonizacji roztworów, pH, potencjał redox. Migracja wielu pierwiastków jest uzależniona od rozpuszczalności minerałów. Dla przykładu, fluor migruje łatwo w wodach miękkich, alkalicznych, bogatych w sód. Również bor migruje łatwo w wodach miękkich, sodowych, trudniej natomiast w wodach bogatych w wapń i magnez. Stąd też zawartość boru wyraźnie spada wraz ze wzrostem stopnia mineralizacji wody. Zakwaszenie wód (obecność kwasów humusowych lub CO_2) ułatwia migrację ołowiu — następuje to szczególnie łatwo w wodach miękkich. Migrację ołowiu ogranicza natomiast zawartość siarczanów i węglanów, powodujących wytrącanie trudno rozpuszczalnych soli (PbSO_4 , PbCO_3). Właśnie niska rozpuszczalność węglanów i siarczanów ołowiu decyduje o nieznacznej zawartości tego pierwiastka w wodach naturalnych [2].

Miękkie wody naturalne zawierają na ogół mało jonów metali ziem alkalicznych. Wody te mają posmak mdły lub są bez smaku. Woda z potoków i rzek górskich charakteryzuje się niską zasadowością, dobrym natlenieniem, małą zawartością zawiesin, nieznaczną barwą oraz niewielką mętnością. Cechą charakterystyczną wód górskich jest również to, że po ulewnych deszczach oraz roztopach gwałtownie wzrasta ich mętność i zawartość zawiesin oraz niekiedy barwa, co stwarza poważne kłopoty eksploatacyjne w zakładach wodociągowych. Wody górskie zazwyczaj znacznie różnią się swym składem fizyczno-chemicznym od wód nizinnych. Skład ten w dużym stopniu zależy od rodzaju zlewni i jest jednocześnie ubogi pod względem różnorodności składników, zwłaszcza w przypadku zlewni skalistych.

Charakterystyczne cechy wód górskich (niska twardość i zasadowość, mała zawartość substancji mineralnych jak siarczany i chlorki, niska temperatura, zmienna zawartość zawiesin oraz związków organicznych) powodują, że wody te sprawiają wiele trud-

ności technologicznych w ich uzdatnianiu do celów wodociągowych. Dotyczy to zwłaszcza procesu koagulacji. Ponadto z uwagi na ubogi skład mineralny wody te wymagają zastosowania procesów technologicznych wzbogacających je w substancje niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego, takie jak magnez i wapń [5].

Charakterystyka wód Nysy Kłodzkiej

Skład wody

Badania składu fizyczno-chemicznego wody z Nysy Kłodzkiej przeprowadzono w okolicy Kamieńca Żąbkowickiego w dwóch okresach badawczych, tj. w latach 1975—1977 oraz 1987—1990. Minimalne, średnie i maksymalne wartości poszczególnych wskaźników jakości wody zestawiono w tabeli 1 [6, 7].

Na podstawie analizy zmian składu wody w Nysie Kłodzkiej można stwierdzić, że badana woda charakteryzuje się okresowo podwyższoną mętnością i barwą, lekko zasadowym odczynem, nieznaczną twardością, niskim ogólnym stopniem zasolenia oraz podwyższonymi wartościami wskaźników zanieczyszczenia organicznego.

Analiza porównawcza zmian jakości wody na przestrzeni ostatnich 15 lat wykazała, że skład wody w rzece w analizowanym przekroju ulega systematycznemu pogarszaniu, co jest zwłaszcza widoczne na przykładzie takich wskaźników jak BZT₅, azot azotanowy i fosforany. Jest to spowodowane niewłaściwą gospodarką ściekową w zlewni, jak również jej intensywnym rolniczym wykorzystaniem. Pozostałe wskaźniki jakości wody, decydujące o sposobie jej uzdatniania (mętność, barwa, utlenialność), ulegały

Tabela 1. Skład wody z Nysy Kłodzkiej w przekroju Kamieńca Żąbkowickiego [6, 7]

Wskaźnik, jednostka	1975÷1977			1987÷1990		
	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.
Mętność, g/m ³	5	35	80	5	—	50
Barwa, gPt/m ³	5	15	30	5	15	50
pH,—	7,0	—	8,0	6,8	—	8,3
Zasadowość, val/m ³	1,0	1,5	2,2	1,2	2,2	4,4
Twardość og., °tw	5,6	6,9	8,7	5,6	10,2	17,9
Azot amonowy, gN/m ³	śl.	0,37	1,80	0,10	0,38	1,98
Azot azotanowy, gN/m ³	0,014	0,077	0,160	0,014	0,072	0,350
Azot azotanowy, gN/m ³	0,2	2,3	4,0	1,4	6,7	13,6
Utlenialność, gO ₂ /m ³	3,2	5,8	15,5	2,3	4,9	13,4
BZT ₅ , gO ₂ /m ³	2,0	4,4	6,9	1,8	6,0	21,0
Fosforany, gPO ₄ ³⁻ /m ³	śl.	0,21	0,45	0,12	0,60	1,31
Chlorki, gCl ⁻ /m ³	11	17	24	13	23	40
Siarczany, gSO ₄ ²⁻ /m ³	32	41	60	25	53	87
Subst. rozp., g/m ³	178	233	285	84	272	612

znacznym wahaniom w skali roku, co jest charakterystyczne w zlewniach podgórskich, i zależały głównie od intensywności opadów atmosferycznych oraz topnienia pokrywy śniegowej.

Ponieważ większość wskaźników zanieczyszczenia kwalifikuje wodę z Nysy Kłodzkiej w okolicy Kamieńca Ząbkowickiego do I lub II klasy czystości śródlądowych wód powierzchniowych [4], zatem można twierdzić, że stopień zanieczyszczenia wody pozwala na jej ujmowanie i oczyszczanie do celów komunalnych.

Oczyszczanie wody

W celu określenia właściwości technologicznych wody z Nysy Kłodzkiej przeprowadzono badania mające na celu określenie podatności wody na oczyszczanie w procesach sedymentacji, koagulacji objętościowej i powierzchniowej oraz filtracji [7, 8].

Badania procesu koagulacji objętościowej prowadzono metodą klasycznego testu naczyniowego, stosując jako koagulant siarczan glinowy. Dawki koagulantu zmieniano w granicach od 5 do 50 $\text{gAl}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$, natomiast pH wody korygowano w zakresie $6,0 \div 7,5$.

Badania procesu filtracji, a także koagulacji powierzchniowej, prowadzono na modelach filtrów jednowarstwowych piaskowych oraz dwuwarstwowych piaskowo-antracytowych, stosując prędkości filtracji 5 i 7 m/h. Zastosowano dwa układy oczyszczania: z sedymentacją wstępną w czasie 1,5 h oraz bez sedymentacji. Dawkę koagulantu w badaniach koagulacji powierzchniowej zmieniano w granicach $10 \div 20 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$. Ocenę przebiegu procesu oczyszczania oparto o wartości mętności, barwy, ogólnego węgla organicznego oraz utlenialności, a także o zmiany pH i zasadowości wody.

Badania procesu koagulacji objętościowej wykazały, że proces ten przebiega najlepiej przy $\text{pH} = 7,0$, a więc niższym niż pH wody w rzece (tab. 1). Wymagana dawka koagulantu potrzebna do sklarowania i odbarwienia wody wynosiła $15 \text{ g}/\text{m}^3$ (w przypadku wody o niskiej lub średniej mętności i barwie) oraz $40 \text{ g}/\text{m}^3$ (w przypadku wody o wysokiej mętności i barwie).

Filtracja wody surowej przez filtr piaskowy umożliwiła obniżenie mętności wody do $\leq 5 \text{ g}/\text{m}^3$, lecz cykl filtracji wynosił 6 h (dla $v_f = 7 \text{ m}/\text{h}$) lub 11 h (dla $v_f = 5 \text{ m}/\text{h}$). Filtracja wody przez filtr antracytowo-piaskowy dała zbliżone rezultaty, przy czym cykl

pracy filtru był dłuższy o 2 h. Poprzedzenie procesu filtracji wstępną sedymentacją pozwoliło na uzyskanie filtratu całkowicie klarownego oraz na wydłużenie cyklu filtracyjnego do 15 i 18 h (odpowiednio dla filtru jedno- i dwuwarstwowego). Jednakże we wszystkich przypadkach stopień obniżenia barwy oraz OWO i utlenialności wody był niezadowalający. Dopiero filtracja wody po koagulacji objętościowej dawką $20 \text{ gAl}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$ umożliwia całkowite sklarowanie i odbarwienie wody oraz obniżenie jej utlenialności do $\leq 3 \text{ gO}_2/\text{m}^3$. Długość cyklu filtracyjnego, zarówno dla złoża jedno- jak i dwuwarstwowego, przekraczała 24 h [7, 8].

Bardzo dobre efekty oczyszczania wody uzyskano w procesie koagulacji powierzchniowej w złożu antracytowo-piaskowym z dawką siarczanu glinowego $20 \text{ g}/\text{m}^3$. Zastosowanie sedymentacji wstępnej pozwoliło na obniżenie dawki koagulantu do $10 \text{ g}/\text{m}^3$ oraz na wydłużenie cyklu pracy filtru z 10 do 24 h. Dla porównania, koagulacja powierzchniowa prowadzona w złożu piaskowym, przy podobnych parametrach wody surowej i uzdatnionej, umożliwiła uzyskanie cykli filtracyjnych w granicach od 13 h (dla dawki koagulantu $20 \text{ g}/\text{m}^3$) do 17 h (dla dawki $10 \text{ g}/\text{m}^3$). Wynika stąd, że ze względu na długość cyklu filtracyjnego, bardziej ekonomiczny do prowadzenia koagulacji w złożu filtracyjnym (przy tych samych wymaganiach co do jakości odpływu) jest filtr antracytowo-piaskowy [7].

Podsumowanie

Woda z Nysy Kłodzkiej w przekroju Kamieńca Ząbkowickiego charakteryzuje się okresowo podwyższoną mętnością i barwą, nieznaczną twardością i lekko alkalicznym odczynem, niskim stopniem zasolenia oraz podwyższonymi wskaźnikami zanieczyszczenia organicznego, a także bakteriologicznego. W okresie ostatnich 15 lat jakość wody uległa istotnemu pogorszeniu, zwłaszcza w odniesieniu do BZT₅, azotu azotanowego i fosforanów. W związku z tym, że Nysa Kłodzka w swym górnym biegu stanowi ważne źródło wody pitnej, powinna być objęta kompleksowym programem ochrony jej zasobów.

Na podstawie przeprowadzonych badań technologicznych można stwierdzić, że woda z Nysy Kłodzkiej może być ujmowana i skutecznie oczyszczana do celów wodociągowych. Wymaganą jakość wody może zapewnić układ technologiczny złożony z procesów koagulacji objętościowej siarczanem glinowym, sedymentacji oraz filtracji pospiesznej (w przypadku wody o podwyższonym stopniu zanieczyszczenia) lub też sedymentacji wstępnej i koagulacji powierzch-

niowej w dwuwarstwowym złożu filtracyjnym (w przypadku wody o nieznacznym zanieczyszczeniu). Niezbędna jest ciągła dezynfekcja wody. Z uwagi na podwyższone wskaźniki zanieczyszczenia organicznego (barwa, OWO, utlenialność) korzystne będzie także zastosowanie procesu sorpcji na węglu aktywnym, natomiast nie zaleca się wstępnego chlorowania wody, z uwagi na wiele skutków ubocznych tego procesu.

LITERATURA

1. W. WALCZAK: Sudety. PWN, Warszawa 1968.
2. A. MACIOSZCZYK: Hydrogeochemia. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1987.
3. E. GOMÓŁKA, A. SZAYNOK: Chemia wody i powietrza. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1982.
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14.12.1987 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki, oraz kar pieniężnych za naruszenie tych warunków. Dz. U. PRL nr 42 z dnia 31.12.1987 r., poz. 248.
5. A. L. KOWAL, T. KOWALSKI: Oczyszczanie wód miękkich z potoków górskich. Ochrona Środowiska, nr 2(43), 1991, ss. 11—14.
6. Wyniki badań składu wody z Nysy Kłodzkiej, praca zbiorowa, OBiKS, Wałbrzych 1990.
7. A. L. KOWAL, A. M. DZIUBEK, B. DZIĘGIELEWSKI: Technologia oczyszczania wody w Regionalnym Zakładzie Wodociągów w Kamieńcu Żabkowickim. Raport Inst. Inż. Ochr. Środow. PWr., nr SPR-240, Wrocław 1977.
8. A. NAWIRSKA: Technologia oczyszczania wody z Nysy Kłodzkiej wraz z projektem koncepcyjnym zakładu uzdatniania wody. Praca dyplomowa nr D-293, Inst. Inż. Ochr. Środow. PWr., Wrocław 1991.
9. Podział hydrograficzny Polski, praca zbiorowa. IMGW, Warszawa 1983.

PHYSICOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE NYSA KŁODZKA RIVER WATER IN THE CROSS-SECTION OF KAMIENIEC ŻABKOWICKI

In this study use is made of the data sets obtained from observations which were carried out in the time span of 1975 to 1990. The objective was to determine water quality variations and to select adequate treatment methods. In terms of BOD₅, nitrates and phosphates, there has been

a significant deterioration of the river water quality in the past 15 years. The results of technological investigations show that the Nysa Kłodzka can be efficiently treated by the following processes: alum coagulation and sand-filtration or surface coagulation (in a double-media filter bed) with sedimentation of solids as a prior step. Presently, the composition of the river water suggests the following preferences — inclusion of sorption on a activated carbon and elimination of the prechlorination process.