

ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA WÓD POWIERZCHNIOWYCH W ZLEWNI POTOKU SUDÓŁ DOMINIKAŃSKI

Włodzimierz Kanownik, Włodzimierz Rajda

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W podmiejskiej zlewni potoku Sudół Dominikański, w której planuje się budowę zbiornika małej retencji, przeprowadzono badania wód powierzchniowych. Próbki wody do analiz pobierano w przekroju na cieku głównym, tuż poniżej zapory planowanego zbiornika, w 14 terminach w okresie od lipca 2005 do lutego 2007 r. W jednym terminie zbzdano dodatkowo jakość wody w sześciu innych punktach położonych na cieku głównym i na jego dopływie. Standardowymi metodami oznaczono 18 cech fizykochemicznych, w tym 16 wskaźników jakości, wody pobranej w każdym punkcie pomiarowo-kontrolnym. Wyniki badań wykazały zaawansowaną degradację wody w przekroju zapory planowanego zbiornika. Stwierdzono wysokie stężenie fosforanów oraz amonowej i azotynowej formy azotu. Głównym źródłem zanieczyszczeń okazał się dopływ ścieków z lokalnej oczyszczalni. Obecny stopień zanieczyszczenia wody w cieku grozi eutrofizacją planowanego zbiornika.

Słowa kluczowe: zlewnia, woda, zanieczyszczenia, jakość, czynniki antropogeniczne

WSTĘP

Zlewnie cząstkowe i częściowe są miejscem, gdzie zaczyna się formowanie ilości i jakości odnawialnych zasobów wodnych, a wody z tych zlewni odpływające są na ogół mało narażone na zanieczyszczenia. Przekształcone antropogenicznie, niewielkie zlewnie mają małą bezwładność hydrologiczną, dlatego oddziaływanie czynników zewnętrznych ujawnia się w nich prawie natychmiast i jest przyczyną dużej zmienności wskaźników jakości wody. Wskaźniki, które są kształtowane przez procesy naturalne w zlewni, wykazują zwykle większą stabilność; można je więc traktować jako tło zanieczyszczeń [Rajda i Kanownik 2005].

W przypadku planowania małych zbiorników retencyjnych na ciekach zlewni cząstkowych i częściowych nie jest wymagana kontrola fizykochemicznych wskaźników

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Włodzimierz Kanownik, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24–28, 30-059 Kraków, e-mail: rmkanown@cyf-kr.edu.pl

jakości wód powierzchniowych, jednak kontrola taka może być uzasadniona, a nieraz nawet konieczna. W procesie decyzyjnym lokalizacji zbiorników przydatna jest ocena jakości wody, a decydujący wpływ na jej cechy może mieć antropopresja odzwierciedlająca aktualny stan zagospodarowania i użytkowania zlewni. Przy inwestycjach, jakimi są zbiorniki wodne realizowane w ramach podjętego w naszym kraju w 2004 r. Programu Małej Retencji [Program... 2004], Polskę jako kraj Unii Europejskiej obowiązuje Dyrektywa Wodna z 2000 r., zgodnie z którą środowisko wodne takich zbiorników należy chronić [Directive... 2000]. Zagadnienie jakości wód powierzchniowych ma szczególną wagę w przypadku zlewni podmiejskich o stale zwiększającym się udziale terenów zabudowanych, tym bardziej, że wody odpływające z takich zlewni charakteryzują się znacznym stężeniem związków biogenych, często wielokrotnie wyższym niż na obszarach rolniczych [Rajda i in. 2002, Ostrowski i in. 2005, Rajda i Kanownik 2006, 2007]. Zanieczyszczenie wód na terenach osadniczych pochodzi zwykle ze źródeł punktowych [Pijanowski i Kanownik 2002, Rajda i Kanownik 2005] i najczęściej wiąże się z brakiem lub niepełną sprawnością sieci kanalizacyjnej i oczyszczalni ścieków.

W celu uzyskania informacji dotyczących stopnia i źródeł zanieczyszczenia wody potoku Sudół Dominikański zbadano wskaźniki jej jakości w cieku głównym i na dopływie oraz określono pochodzenie zanieczyszczeń. Wyniki badań przekazano do Małopolskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych, który prowadzi i nadzoruje program małej retencji, oraz do przedsiębiorstwa Hydroprojekt w Krakowie, które opracowuje dokumentacje projektowe małych zbiorników wodnych na terenie województwa małopolskiego.

Badania wykonano w ramach grantu rozwojowego nr R12 001 02 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

MATERIAŁ I METODY

Zlewnia potoku Sudół Dominikański znajduje się w gminie Zielonki i graniczy z Krakowem. Obszar ten leży w południowo-zachodniej części Płaskowyżu Proszowickiego [Kondracki 1998]. Powierzchnia zlewni do przekroju pomiarowo-kontrolnego w punkcie *A* (patrz rys. 1) wynosi 6,66 km², a średnia szerokość – 1,72 km. Zlewnia jest położona na wysokości 235–320 m n.p.m. i w dolnej części ma kształt owalny, zwężający się ku źródłom. Jej spadek średni ważony wynosi 4,3%, przy czym teren o nachyleniu mniejszym od 5% stanowi ok. 67% powierzchni, a prawie 99% obszaru ma nachylenie mniejsze od 10%.

Użytki rolne zajmują 82% powierzchni, w tym grunty orne stanowią 68%, łąki – 8%, sady – 6%, a tereny osadnicze – ponad 12%. Rolniczy charakter zlewni stopniowo się zmienia, jest ona coraz bardziej zabudowywana, mimo że występują tu gleby wysokich klas bonitacyjnych. Bliskość Krakowa oraz dogodne połączenia komunikacyjne sprzyjają zwiększaniu się liczby mieszkańców. Na terenie zlewni leżą miejscowości Bosutów i Węgrzce, usytuowane odpowiednio w źródłowej części cieku głównego (Sudołu Dominikańskiego) i jego dopływu. Węgrzce zamieszkuje ok. 2500 osób, znajduje się tu 587 budynków gospodarczych i mieszkalnych podłączonych do sieci wodociągowej i kanalizacyjnej. Gospodarstwa położone poza zasięgiem kolektora ścieków są wypo-

sażone w zbiorniki wybieralne. W Bosutowie mieszka ok. 650 osób, zabudowania są zaopatrywane w wodę z dwu wodociągów; jest też sieć kanalizacyjna, ale nie obejmuje większości posesji. Położone w górnej i centralnej części zlewni tereny osiedlowe mają zabudowę zwartą. Poniżej zabudowań wsi Węgrzce znajduje się oczyszczalnia ścieków Gama-320 o przepustowości $320 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, obsługująca również część Bibic.

W okresie od lipca 2005 do lutego 2007 r., w 14 terminach, nie częściej jednak niż raz w miesiącu, oznaczano 18 cech fizykochemicznych wody odpływającej ze zlewni. Próbkę pobierano w punkcie pomiarowo-kontrolnym *A* zlokalizowanym w km 4+554 biegu cieku głównego, tuż poniżej miejsca zapory projektowanego zbiornika. W jednym z wymienionych terminów wykonano dodatkowo oznaczenia tych samych cech wody w sześciu punktach pomiarowo-kontrolnych położonych wzdłuż potoku głównego i jego dopływu (patrz rys. 1). Dwa punkty znajdowały się na dopływie do Sudołu Dominikańskiego: punkt 1 – w km 1+090, nieco poniżej wsi Węgrzce; punkt 2 – w km 0+120. Cztery punkty były rozmieszczone na Sudole Dominikańskim: punkt 3 – w km 6+658, powyżej wsi Bosutów; punkt 4 – w km 5+840, poniżej Bosutowa; punkt 5 – w km 4+780, powyżej odpływu z oczyszczalni ścieków; punkt 6 – w km 4+628, poniżej odpływu z oczyszczalni, a powyżej ujścia cieku bocznego.

Cechy wody oznaczono metodami standardowymi. W terenie pomierzono temperaturę i zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie, do tego ostatniego pomiaru użyto tlenomierza CO-411. Odczyn wody zmierzono pehametrem CP-104, a przewodność elektrolityczną właściwą – konduktometrem CC-101 firmy Elmetron. Stężenie jonów PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- i Cl^- oznaczono metodą przepływowej analizy kolorymetrycznej w aparacie FIAstar 5000 firmy FOSS. Stężenie jonów $\text{Fe}^{2+/3+}$, Mn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ i Na^+ oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej w aparacie UNICAM 969, zaś SO_4^{2-} – przez strącanie chlorkiem baru i ważenie wysuszonego osadu. Jakość wody oszacowano w pięciostopniowej skali, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 2004 r. [Rozporządzenie... 2004].

W celu sporządzenia opisowej charakterystyki jakości wody w punkcie *A* określono minimalne i maksymalne wartości wskaźników oraz obliczono ich średnie arytmetyczne, mediany, odchylenia standardowe i współczynniki zmienności.

WYNIKI

Jakość wody w przekroju *A*

Spośród oznaczonych w 14 terminach cech wody w punkcie *A* najmniejszą zmienność wykazywały: odczyn (pH), przewodność elektrolityczna właściwa, stężenie substancji rozpuszczonych oraz stężenie jonów SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- i K^+ ; współczynnik zmienności tych wskaźników miał wartość niższą od 30% (tab. 1). Dużą zmiennością wyróżniały się wskaźniki biogenne (CV od 60 do ponad 100%), żelazo i mangan (79 i 67%), tlen rozpuszczony (58%), a szczególnie zawiesina ogólna (136%). Znajdowało to odzwierciedlenie w znacznym zróżnicowaniu klas jakości wody (rys. 1).

Jak wykazały analizy, ani wartość pH wody w punkcie *A*, ani stężenia chlorków i magnezu w żadnym terminie oznaczeń nie przekraczały granicy normatywnej dla wód I klasy jakości (rys. 2). Stężenie siarczanów i temperatura tylko w jednym na 14 terminów

kwaliifikowały wodę do klasy II (jakość dobra), natomiast w pozostałych terminach zaliczono ją pod tym względem do klasy I. Przewodność elektrolityczna, stężenie substancji rozpuszczonych ogółem, a także stężenia manganu i wapnia kwalifikowały wodę do klasy II lub III, zaś azotanów – w czterech terminach do klasy I, ośmiokrotnie do klasy II, w jednym terminie do klasy III i jeden raz do klasy IV.

Stężenie żelaza w wodzie w punkcie *A* mieściło się w granicach przewidzianych dla klas: I – 1 raz, II – 2 razy, III – 8 razy i IV – 3 razy. Zawiesina ogólna i tlen rozpuszczony

Tabela 1. Parametry statystyczne opisujące cechy fizykochemiczne wody potoku Sudół Dominikański (punkt *A*)

Table 1. Statistical parameters describing physicochemical properties of Sudół Dominikański stream waters (point *A*)

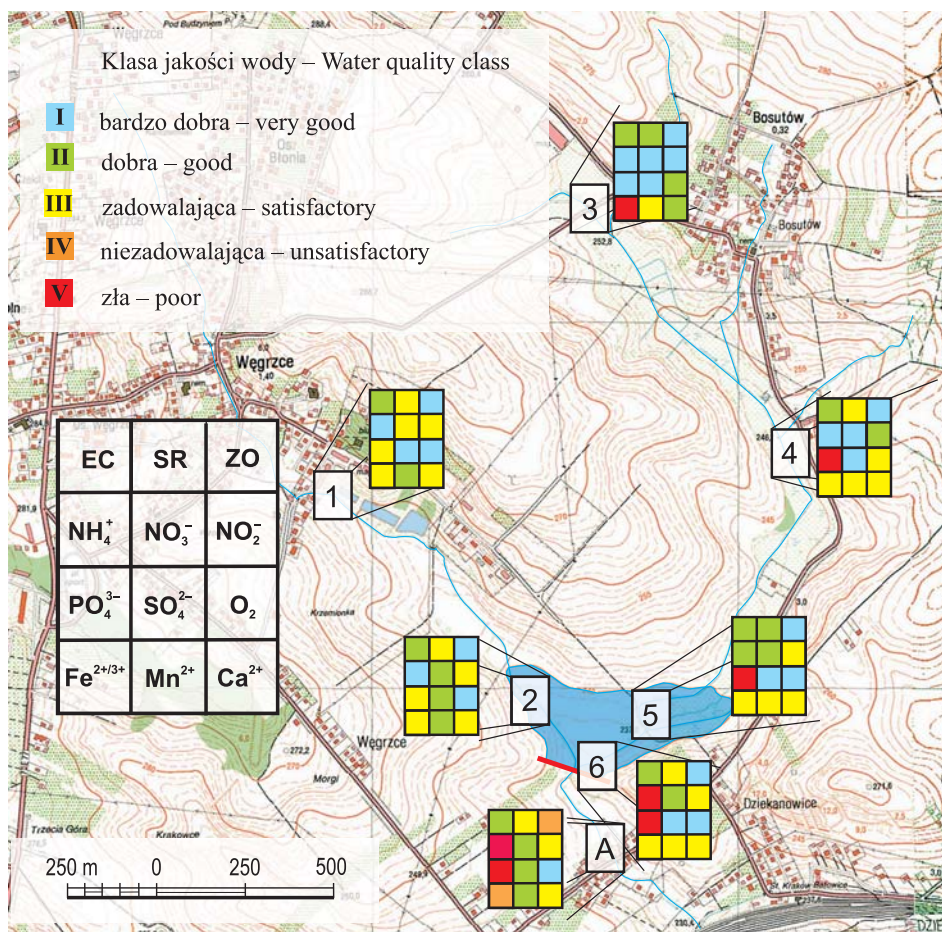
Cecha Property	Zakres Range	Wartość średnia Average	Mediana Median	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation
Temp., °C	5,3–22,5	13,5	13,7	5,8	43
pH	7,7–8,3	7,8	7,8	0,2	2
EC, $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	593–1189	911	955	164	18
SR	408–756	621	614	93	15
ZO	2–227	57	12	78	136
NH_4^+	(~)–26,7	9,3	7,8	7,9	85
NO_3^-	(~)–31	10	8	8,5	89
NO_2^-	0,05–1,6	0,43	0,24	0,46	106
PO_4^{3-}	1,08–8,66	4,42	4,06	2,66	60
SO_4^{2-}	47–101	74	72	15	20
O_2	1–11	5	5	3	58
$\text{Fe}^{2+/3+}$	(~)–1,78	0,69	0,58	0,54	79
Mn^{2+}	0,06–0,49	0,19	0,15	0,13	67
Ca^{2+}	69–154	105	105	22,4	21
Mg^{2+}	13–21	18	19	2,5	14
Cl^-	33–84	56	55	11,6	21
K^+	8–21	14	13	4	29
Na^+	20–70	43	42	15,4	36


(~) – ilość śladowa – trace amount

EC – przewodność elektrolityczna właściwa – electroconductivity

SR – substancje rozpuszczone – dissolved substances

ZO – zawiesina ogólna – total suspended solids

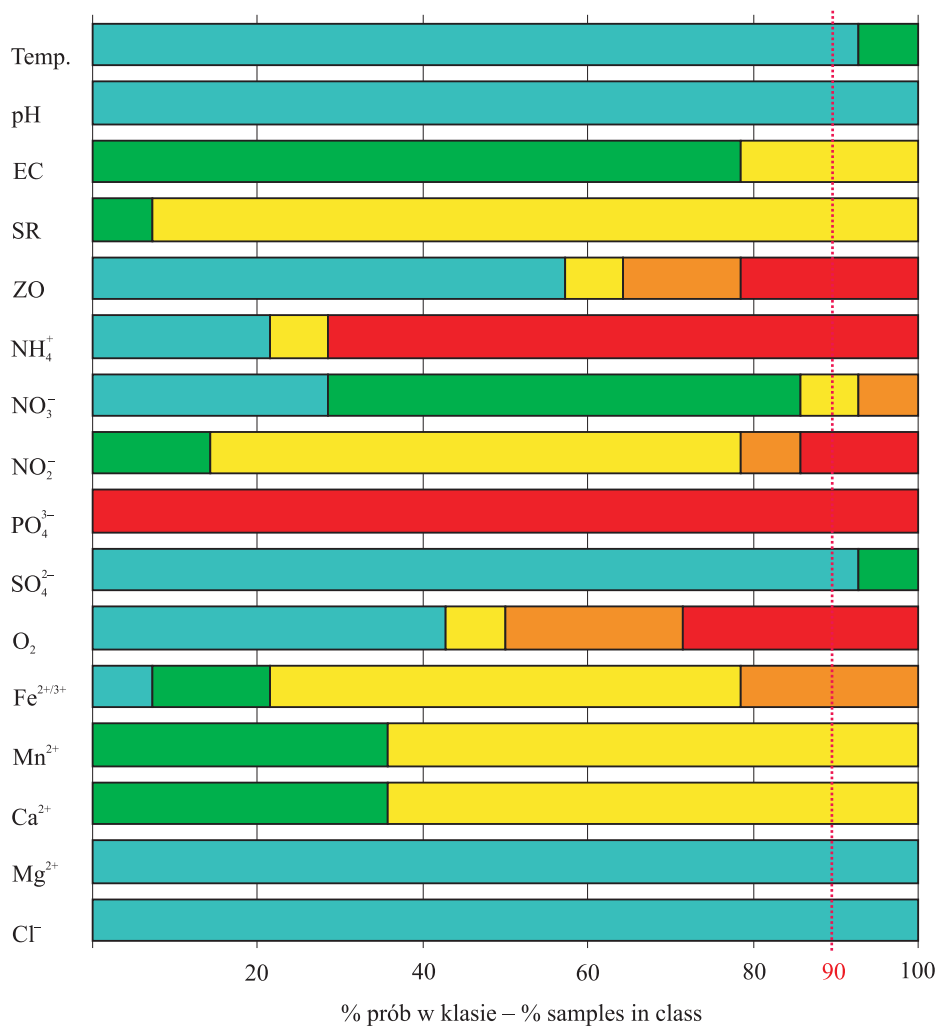


- 5** punkt pomiarowo-kontrolny – measuring-and-control point
-  projektowany zbiornik wodny – projected water reservoir

EC – przewodność elektrolityczna właściwa – electroconductivity
 SR – substancje rozpuszczone – dissolved substances
 ZO – zawiesina ogólna – total suspended solids

Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowo-kontrolnych oraz jakość wody powierzchniowej w zlewni Sudołu Dominikańskiego

Fig. 1. Location of measuring-and-control points and quality of surface water in Sudół Dominikański stream catchment



Klasa jakości wody I II III IV V
 Water quality class

EC – przewodność elektrolityczna właściwa – electroconductivity

SR – substancje rozpuszczone – dissolved substances

ZO – zawiesina ogólna – total suspended solids

Rys. 2. Częstotliwość występowania (%) wartości badanych wskaźników w klasach jakości wody w punkcie A

Fig. 2. Frequency of occurrence (%) of indicator values in water quality classes at point A

występowały w przedziałach stężeń kwalifikujących wodę do klas od I do V, a azotyny – w przedziałach dla klas od II do V. Najsilniej degradujące wodę potoku głównego w punkcie *A* były fosforany i amoniak: stężenie fosforanów przekroczyło normę IV klasy czystości (woda złej jakości) we wszystkich terminach, a amoniaku – w 73% terminów oznaczeń.

Biorąc pod uwagę percentyl 90 stwierdzono, że spośród 16 wskaźników uwzględnianych przy ocenie jakości wody [Rozporządzenie... 2004], po pięć wskaźników, tj. 31,25% w każdej klasie w stosunku do ogólnej liczby zbadanych wskaźników, kwalifikowało ją odpowiednio do klasy I, III i V, a tylko jeden wskaźnik, $\text{Fe}^{2+/3+}$, czyli 6,25% liczby wskaźników – do klasy IV. Uwzględnienie wszystkich analizowanych wskaźników dało podstawę do stwierdzenia, że woda w pomiarowo-kontrolnym punkcie *A* cechowała się złą jakością.

Jakość wody w przekrojach wzdłuż biegu cieków

Jednorazowa ocena w punktach rozmieszczonych wzdłuż obu cieków wykazała zadowalającą jakość wody w dopływie do potoku głównego (tab. 2, rys. 1). Zabudowania w miejscowości Węgrzce powyżej punktu 1 nie powodowały degradacji wody, mimo że, w porównaniu do pozostałych punktów, odnotowano tu najwyższe wartości siedmiu spośród szesnastu badanych wskaźników uwzględnionych w klasyfikacji [Rozporządzenie... 2004]. W punkcie 1 woda kwalifikowała się do III klasy jakości. Na odcinku między punktami 1 i 2 nie wystąpiły znaczące różnice, zwiększyło się tylko stężenie siarczanów – z przedziału odpowiadającego klasie I do przedziału odpowiadającego klasie II, a zmniejszyło stężenie azotanów – z przedziału dla klasy III do przedziału dla klasy II. Wody w obu tych punktach charakteryzowały się wysokim, powyżej $9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, stężeniem rozpuszczonego tlenu.

W źródłowym odcinku biegu Sudółu Dominikańskiego, na terenie rolniczym (punkt 3 powyżej Bosutowa), woda cechowała się większym niż w pozostałych punktach udziałem wskaźników w klasach I i II (odpowiednio 10 i 4). Tylko stężenia żelaza i manganu, zapewne z powodu dużego udziału w zasilaniu cieku bogatych w te składniki wód podziemnych, mieściły się odpowiednio w przedziałach wartości dla V i III klasy. W punkcie tym odnotowano śladowe stężenie składników biogenych, a źródło takich składników najczęściej kojarzone jest z działalnością rolniczą. W punkcie 4, położonym poniżej Bosutowa, jakość wody nieco się pogorszyła; przyczyną mogło być oddziaływanie zabudowań wsi. Odnotowano tam znaczny wzrost stężenia fosforanów, wskutek czego klasa jakości wody spadła z pierwszej powyżej Bosutowa (punkt 3) do piątej poniżej wsi. Zwiększyło się również stężenie substancji rozpuszczonych ogółem, azotanów i wapnia, zmalało natomiast stężenie rozpuszczonego tlenu, co skutkowało pogorszeniem jakości wody o jedną klasę. Stężenie żelaza zmniejszyło się na tyle, że spowodowało to zmianę klasy z V na III.

Na odcinku pomiędzy punktami 4 i 5 nieznacznie wzrosło stężenie wszystkich form azotu, ale tylko w przypadku azotanów i azotynów było to przyczyną spadku jakości wody o jedną klasę. Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie zwiększyło się z $5,9$ do $7,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Duże zmiany wystąpiły na odcinku pomiędzy punktami 5 i 6, na którym znajduje się dopływ ścieków z oczyszczalni. W punkcie 6 odnotowano wzrost wartości dwuna-

Tabela 2. Wartości cech fizykochemicznych wody w punktach pomiarowo-kontrolnych (w wybranym terminie)

Table 2. Values of physicochemical properties of water at measuring-and-control points (at chosen date)

Cecha Property	Punkt pomiarowo-kontrolny – Measuring-and-control point						
	1	2	3	4	5	6	A
Temp., °C	9,6	10,2	9,3	9	9,3	10,3	10,2
pH	7,9	7,6	7,1	7,6	7,7	7,6	7,7
EC, $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	976	885	661	793	819	982	983
SR	716	668	478	700	446	642	666
ZO	3	4	7	6	5	3	93
NH_4^+	0,1	(~)	(~)	0,5	0,8	19,1	18,2
NO_3^-	19	10	(~)	3	8	7	6
NO_2^-	0,23	0,19	(~)	0,07	0,12	0,14	0,19
PO_4^{3-}	0,58	0,58	0,09	1,39	1,35	4,4	3,69
SO_4^{2-}	73	103	70	69	84	96	101
O_2	9,6	10,5	6,9	5,9	7,5	8,8	7,5
$\text{Fe}^{2+/3+}$	0,41	0,31	2,28	0,42	0,41	0,46	1,1
Mn^{2+}	0,08	0,07	0,46	0,18	0,17	0,17	0,09
Ca^{2+}	124	114	99	108	109	108	108
Mg^{2+}	24	21	15	18	19	19	19
Cl^-	60	45	32	35	38	54	56
K^+	10	9	1	4	6	12	12
Na^+	31	23	11	15	20	41	42

(~) – ilość śladowa – trace amount

EC – przewodność elektrolityczna właściwa – electroconductivity

SR – substancje rozpuszczone – dissolved substances

ZO – zawiesina ogólna – total suspended solids

stu spośród szesnastu badanych wskaźników jakości wody, w tym odpowiednio kilku i kilkunastokrotny wzrost stężenia fosforanów i amoniaku.

W dniu przeprowadzenia jednorazowej kontroli najbardziej zanieczyszczona woda płynęła w cieku głównym w punkcie A, kilkadziesiąt metrów poniżej punktu 6. Na odcinku między tymi punktami znacznie wzrosło stężenie zawiesiny ogólnej oraz żelaza, co mogło być spowodowane wpływem nagromadzonego tu osadu dennego. Znajduje to potwierdzenie w wynikach otrzymanych przez Juskiewicza i innych [2006] w odniesieniu do kilku potoków dorzecza Rudawy. Wspomniani autorzy stwierdzili, że oczyszczone ścieki dopływające do tych potoków mają znikomy wpływ na stężenie $\text{Fe}^{2+/3+}$ i Mn^{2+} w ich

wodach, ale osady denne powyżej i poniżej dopływów oczyszczonych ścieków zawierają znaczne ilości manganu i cynku, a stężenie żelaza sięga nawet kilkunastu gramów na 1 kg osadu.

Nieznaczone obniżenie się stężenia amoniaku, fosforanów i manganu między punktem 6 a punktem A mogło być skutkiem dopływu czystej wody z cieką bocznego. Spadek stężenia rozpuszczonego tlenu, który wystąpił mimo dopływu natlenionej wody, mógł być spowodowany jego zużyciem w procesach biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń organicznych pochodzących z oczyszczonych ścieków.

DYSKUSJA

Jak dowodzą wyniki wielu dotychczasowych badań, koncentracja składników chemicznych w płynących wodach powierzchniowych jest wykładnikiem antropopresji, zależnej od użytkowania zlewni i zwykle wzrastającej z biegiem cieków. Przeprowadzone w latach 1998–2001 badania w kilku małych zlewniach w północnej części Beskidu Małego wykazały, że czynniki takie jak liczba mieszkańców, budynków lub mieszkań przypadających na jednostkę powierzchni, stopień zabudowy zlewni, udział gruntów ornych, a także obsada zwierząt gospodarskich oraz ilość nawozów mineralnych i organicznych mają istotny, potwierdzony statystycznie, wpływ na stężenie niektórych składników chemicznych w wodach odpływających ze zlewni [Rajda i Natkaniec 2006]. Z badań tych wynika, że za niską jakość wody w zlewniach znajdujących się pod presją wymienionych czynników odpowiadają najczęściej stężenia NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ i PO_4^{3-} oraz niska zawartość rozpuszczonego tlenu. Badania prowadzone w zurbanizowanej zlewni potoku Krakowica płynącego na obrzeżach Andrychowa pokazały, że oprócz tych składników o jakości wody decyduje również stężenie Mn^{2+} i biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅) [Rajda i in. 2002], natomiast czynnikiem dyskwalifikującym wodę w niektórych zlewniach podgórszych i górskich jest także zawiesina, przy czym jej wysokie stężenia mają związek ze znacznym potencjałem erozyjnym zlewni [Ostrowski i in. 2005]. W trakcie badań dotyczących Trybskiej Rzeki położonej na terenie górskim stwierdzono, że zanieczyszczenie wody tego potoku poniżej wsi Trybsz jest znacznie większe niż powyżej wsi w przekroju odcinającym użytkowaną rolniczo część zlewni od części zalesionej [Pijanowski i Kanownik 2002]. Podobne wyniki uzyskano w odniesieniu do potoku Wieprzówka przepływającego przez wyposażone w oczyszczalnię ścieków kilkunastotysięczne miasto Andrychów [Ostrowski i in. 2005].

Badania chemiczne wody innego potoku, również noszącego nazwę Sudół, a płynącego w innej części Krakowa i jego terenów podmiejskich, lecz narażonego na podobny jak w zlewni Sudołu Dominikańskiego rodzaj antropopresji, wykazały, że najkorzystniejszymi wskaźnikami wyróżnia się woda w części zlewni o wiejskim zagospodarowaniu. Gorsze wskaźniki jakości wody w tym potoku występują w osadniczej, podmiejskiej części zlewni, a najgorsze – w końcowym biegu cieką na terenie Krakowa [Rajda i Kanownik 2005]. Podobne spostrzeżenia poczynił Skorbiłowicz [2007] w odniesieniu do nizinnej rzeki Orlanka: z biegiem cieką i przy wzrastającym stopniu antropopresji wyraźnie zwiększa się tam konduktywność oraz stężenie amoniaku, azotynów, fosforu i potasu w wodzie.

Zarówno w potoku Sudół, jak i Sudół Dominikański wskaźniki jakości wody wyraźnie się pogarszają w przekrojach zlokalizowanych poniżej czynnych oczyszczalni. Na ujemny wpływ oczyszczonych ścieków na wody odbiornika zwraca uwagę wielu innych autorów [Durkowski i Woroniecki 1998, Murat-Błażejewska i Sojka 2002, Juskiewicz i in. 2006]. Porównanie jakości wód w punktach położonych powyżej i poniżej oczyszczalni ścieków na czterech dopływach w zlewni Rudawy dowiodło, że we wszystkich tych przypadkach stężenie składników biogennych oraz wartości BZT₅ i ChZT są znacznie większe w przekrojach znajdujących się ok. 1 km poniżej oczyszczalni [Juskiewicz i in. 2006]. Podobne badania dotyczące cieków zasilających nizinne jezioro Miedwie położone na Pobrzeżu Szczecińskim wykazały, że o wysokim stężeniu potasu, fosforu oraz amonowej i azotynowej formy azotu decydują punktowe źródła zanieczyszczeń, w szczególności oczyszczalnie ścieków, ale także cieki przepływające przez nieskanalizowane wsie [Durkowski i Woroniecki 1998]. Skokowy przyrost ładunku azotu i fosforu nie uwidacznia się natomiast w okolicy miast położonych wzdłuż biegu rzeki Wełny, prawobrzeżnego dopływu Warty, na Pojezierzu Wielkopolskim [Ilnicki i in. 2002]. Dominujący wkład w ładunek ogólny autorzy przypisali tu jednak zanieczyszczeniom obszarowym. Wyniki badań prowadzonych w latach 1972–1999 na rzece Maskawie na Pojezierzu Wielkopolskim wskazują, że tylko wody w jej górnym biegu nie były zanieczyszczone fosforanami. Podwyższona koncentracja związków biogennych na pozostałym odcinku rzeki wynikała z zanieczyszczenia wód ściekami bytowymi i pochodzącymi z zakładów przetwórstwa spożywczego. W całym badanym okresie istotna była zależność między warunkami hydrometeorologicznymi a jakością wody: pod względem stężenia fosforanów i amoniaku czystość wód znacznie się polepszała w latach mokrych [Murat-Błażejewska i Sojka 2002].

Reasumując można stwierdzić, że potok Sudół Dominikański jest uciążliwy dla otoczenia. Ilość wprowadzanych ścieków oczyszczonych okazuje się zbyt duża w stosunku do przepływu wody w potoku i jego dopływie, tym samym możliwości samooczyszczania są ograniczone. Polepszenie jakości wody i rewitalizacja potoku poprzez usunięcie nagromadzonych osadów dennych, z których uwalniają się zanieczyszczenia, może spowodować korzystne zmiany w środowisku wodnym potoku, a także w lokalnym krajobrazie, szacie roślinnej i faunie wodnej.

WNIOSKI

1. Zlewnia potoku Sudół Dominikański podlega zróżnicowanej antropopresji. Stężenia składników biogennych w wodzie odpływającej ze zlewni wzrastają z biegiem cieku od wartości śladowych w źródłowej jego części do wartości świadczących o degradacji wody w biegu dolnym. Przyczyną takiego stanu jest dopływ ścieków z lokalnej oczyszczalni.
2. Biorąc pod uwagę wartość stężenia odpowiadającą percentylowi 90 stwierdzono, że pięć spośród szesnastu badanych wskaźników jakości kwalifikuje wodę w przekroju poniżej projektowanego zbiornika do klasy V (zła jakość). W obecnym stanie woda nie nadaje się do zaspokajania potrzeb lokalnych, a jej gromadzenie w planowanym zbiorniku małej retencji zagraża eutrofizacją zbiornika.

3. Względnie wysokie stężenie żelaza, wapnia i manganu w wodzie na całej długości potoku wskazuje, że składniki te stanowią naturalne tło zanieczyszczeń.
4. Istnieje konieczność podjęcia działań zmierzających do eliminacji źródeł zanieczyszczenia wody badanego potoku. Należy do nich systematyczna kontrola jakości wody oraz ścieków odprowadzanych z oczyszczalni, mogąca inspirować do usprawnienia jej pracy.

PIŚMIENNICTWO

- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ 21.12.2000, L 327.
- Durkowski T., Woroniecki T., 1998. Jakość wód powierzchniowych a infrastruktura wsi w wybranych zlewniach cząstkowych jeziora Miedwie. Przyrodnicze i techniczne problemy gospodarowania wodą dla zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. *Prz. Nauk. SGGW* 16, 220–229.
- Ilinicki P., Bartkowiak A., Kuźmicki Z., 2002. Zanieczyszczenia powierzchniowe i punktowe w zlewni rzeki Wełny w latach 1993–1998. *Rocz. AR Pozn., Melior. Inż. Środ.* 23, 103–111.
- Juszkiewicz A., Bartynowska-Meus Z., Kawałek M., Meus M., Łaptaś A., 2006. Wpływ oczyszczalni ścieków na jakość wód dorzecza Rudawy. *Aura* 6, 12–13.
- Kondracki J., 1998. *Geografia regionalna Polski*. PWN Warszawa.
- Murat-Błażejewska S., Sojka M., 2002. Jakość wody rzeki Maskawy w wieloletiu 1972–1999. *Rocz. AR Pozn., Melior. Inż. Środ.* 23, 351–359.
- Ostrowski K., Rajda W., Bogdał A., Policht A., 2005. Wpływ zabudowy miejskiej na jakość wody w potoku podgórskim. *Zesz. Nauk. AR Krak., Inż. Środ.* 26, 21–29.
- Pijanowski Z., Kanownik W., 2002. Wpływ wiejskich obszarów zabudowanych na zawartość substancji chemicznych w wodach Trybskiej Rzeki (Spisz Polski). *Zesz. Nauk. AR Krak., Inż. Środ.* 23, 43–51.
- Program Małej Retencji Województwa Małopolskiego. Załącznik nr 1 do Uchwały nr XXV/344/04 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 25 października 2004 r.
- Rajda W., Kanownik W., 2005. Monitoring and water quality assessment within the small stream situated at the residential and suburban area. *Acta horticulturae et regiotecturae* 8, Slovak University of Agriculture, 278–281.
- Rajda W., Kanownik W., 2006. Cechy fizykochemiczne i źródła zanieczyszczeń wody potoku na terenie zurbanizowanym. *Rocz. Glebozn. LVII*, 1/2, 164–170.
- Rajda W., Kanownik W., 2007. Some water quality indices in small watercourses in urbanized areas. *Arch. Environ. Protect.* 33(4), 31–38.
- Rajda W., Natkaniec J., Bogdał A., 2002. Jakość wody odpływającej ze zurbanizowanej mikro-zlewni podmiejskiej o zróżnicowanym użytkowaniu. *Acta Sci. Pol., Form. Circ.* 1–2 (1–2), 49–60.
- Rajda W., Natkaniec J., 2006. The anthropogenic factors and water quality runoff from mountain-foot watersheds. *Mat. konf. nauk. „Krajinné Inžinierstvo v Novom Tisicroči”*, 132–139.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 roku w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. *Dz.U.* 2004 Nr 32, poz. 284.
- Skorbiłowicz M., 2007. Identification and evaluation of pollution sources influence on quality of River Orłanka, NE Poland. *Pol. J. Environ. Stud.* 16(2A), 304–310.

SOURCES OF SURFACE WATER POLLUTION IN SUDÓŁ DOMINIKAŃSKI STREAM CATCHMENT

Abstract. Studies of surface waters were carried out in a suburban catchment of the Sudół Dominikański stream where a small storage reservoir is to be built. Water for analyses was sampled from the gauging section situated on the main watercourse immediately below the dam of the projected reservoir, at 14 dates in the period of July 2005 to February 2007. Additionally, at one date the quality of water was examined at six other points located on the main watercourse and its tributary. Standard methods were used to determine 18 physicochemical properties, including 16 quality indices, of water at each measuring-and-control point. The results revealed that the degradation of water is far advanced in the dam section of the planned reservoir. The water contains high concentrations of phosphates and of ammonium and nitrite nitrogen forms. The inflow of treated sewage from the local treatment plant constitutes the main source of pollution. The current level of water pollution in the stream poses a threat of eutrophication to the future reservoir.

Key words: catchment, water, pollution, quality, anthropogenic factors

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 6.08.2008