INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH

Nr 4/3/2006, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 161–169
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Marta Wardas, Urszula Aleksander-Kwaterczak, Elżbieta Łojan, Piotr Woźniak, Łukasz Wolski

INWENTARYZACJA ŹRÓDEŁ I OCENA POZIOMU ZANIECZYSZCZENIA METALAMI CIĘŻKIMI OSADÓW DENNYCH RZEKI PRĄDNIK-BIAŁUCHA W KRAKOWIE, CELEM OKREŚLENIA POTENCJAŁU EKOLOGICZNEGO

Streszczenie

Zgodnie z ustawą Prawo wodne, poprzez cieki naturalne, rozumie się rzeki, strugi, strumienie oraz inne wody, płynące w sposób ciągły lub okresowy, naturalnymi korytami (Dz.U. 2005.239.2019 (U)). Cieki zurbanizowane, wg Osmulskiej-Mróz [1990], to z kolei położone w granicach miasta i drenujące tereny miejskie strumienie i rzeczki. Ich średnie dzienne natężenie przepływu nie przekracza 1,5 m^3/s, a maksymalny stosunek szerokości do głębokości jest równy 20:1. Cieki zurbanizowane, często o rozwiniętej małej retencji, ulegały i ulegają w przyspieszonym tempie zanikowi, wskutek intensywnej urbanizacji lub stają się otwartymi (ewentualnie częściowo przykrytymi) kanałami transportującymi zanieczyszczenia do większych odbiorników. Szczególnie w obrębie ich zlewni dochodzi do kumulacji metali ciężkich w osadach, co może być przyczyną, razem z procesami eutrofizacji i zasolenia, degradacji potencjału ekologicznego i zaniku wrażliwych osobników roślinności wodnej. Przykładem takiego cieku w Krakowie jest rzeka Prądnik-Białucha. W celu oceny jej jakości określono wskaźniki fizykochemiczne (pH, PEW i Eh) oraz zawartość metali ciężkich w wodzie, zawiesinie i osadach dennych. W wodzie określono także stężenie chlorków, siarczanów, azotanów i fosforanów. Wyniki odniesiono do normatywów obowiązujących w Polsce i Unii Europejskiej. Obszar koryta rzeki zinwentaryzowano pod względem obecności źródeł zanieczyszczenia i występowania (ilościowość i stopień wrażliwości na stresory) roślinności wodnej w warunkach ekologicznie trudnych.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, osady denne, rzeka Prądnik-Białucha

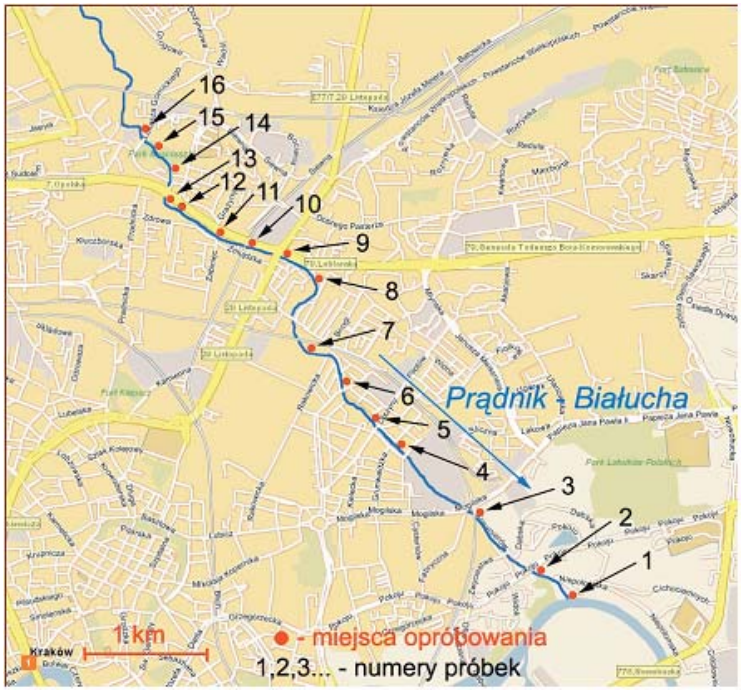
WSTĘP

Rzeka Prądnik-Białucha, lewobrzeżny dopływ Wisły, wypływa z Wyżyny Olkuskiej jako ciek naturalny, po czym wielokrotnie zmienia nie tylko swój charakter, ale i nazwę. W górnym biegu zwie się Sułoszówką, od nazwy małej, zabytkowej wsi Sułoszowa, w której znajdują się jej źródła. Dalej przepływa przez obszar o dominującym, rolniczym zagospodarowaniu terenu i następnie w środkowym odcinku, jako Prądnik, przepływa przez Ojcowski Park Narodowy (OPN), wcinając się w głęboki, o stromych zboczach wąwóz. Tutaj rzeka objęta szczególną ochroną, płynie malowniczą doliną, zasilana przez źródła krasowe. W dolnym biegu wpływa do miasta Krakowa jako Białucha i uchodzi do rzeki Wisły w rejonie dzielnicy Dąbie. Zgodnie z pojęciem wprowadzonym przez Osmulską-Mróz [1990] miejski odcinek rzeki Prądnik-Białucha przejawia cechy charakterystyczne dla cieku zurbanizowanego, gdyż na dłuższym fragmencie posiada bardzo niskie natężenie przepływu i niewielką głębokość, co spowodowane jest obecnością infrastruktury miejskiej i funkcjonowaniem miasta. Wskutek intensywnej urbanizacji, na ostatnim odcinku stopniowo zanika, pełniąc rolę kanału odprowadzającego do rzeki Wisły ścieki deszczowe, zbierane ze zlewni kolejnymi wlotami kolektorów.

Przeprowadzono inwentaryzację źródeł zanieczyszczenia i miejsc przekształcenia koryta rzeki Prądnik-Białucha oraz wykonano ocenę poziomu zakumulowania metali ciężkich w osadach dennych, które są reprezentatywnym wskaźnikiem jakości środowiska wodnego. Za miejsca szczególnie modyfikujące stan ilościowy i jakościowy wód rzeki Prądnik-Białucha uznano wloty kanałów deszczowych, mosty, wiadukty, zakłady przemysłowe, magazyny, a także rejony nieuporządkowanej zabudowy miejskiej (porzucone obiekty budowlane) oraz wykazane w ramach kartowania sozologicznego dzikie wysypiska. Wnikliwą obserwacją objęto obszary doliny rzecznej uznane za cenne pod względem warunków i zasobów przyrodniczych, które mają utworzyć parki rzeczne Prądnika-Białuchy. Park rzeczny Prądnika z dopływami Sudołu od Modlnicy, Bibiczanki i Sudołu Dominikańskiego uplasował się na jednym z pierwszych miejsc listy rankingowej parków miejskich, jakie w ciągu kilku lat mają powstać w Krakowie, wprowadzając tym samym ograniczenia zabudowy na tych terenach [Studium... 2003].

OBSZAR ORAZ METODYKA BADAŃ

Badaniami objęto teren zlewni rzeki Prądnik-Białucha, na odcinku mieszczącym się w granicach miasta Krakowa, od ul. Górnickiego (16) po ujście rzeki do Wisły (1) (rys. 1). Wykonano opis sozologiczno-ekologiczny terenu, który pozwolił na identyfikację źródeł zanieczyszczenia i obiektów przekształcających koryto i przepływy rzeki. Na jego podstawie wyznaczono lokalizację miejsc poboru próbek. Pobrano z prawego i lewego brzegu rzeki łącznie po 16 próbek osadów dennych (powierzchniowa, kilkucentymetrowa warstwa) i wody. W kilku wytypowanych miejscach wzięte zostały także próbki dublowane. Zmierzono *in situ* odczyn pH, potencjał oksydacyjno-redukcyjny Eh [mV] i przewodność elektrolityczną właściwą PEW [mS/cm].



Rysunek 1. Lokalizacja miejsc opróbowania osadów dennych, wody i zawiesiny rzeki Prądnik-Białucha
Figure 1. Location of sampling sites of bottom sediments, water and suspended matter of the Prądnik-Białucha River

Stosując sita polietylenowe z próbek osadów dennych wyseparowano ilościowo, na mokro (H_2O dest.), frakcję <0,063 mm i określono jej procentowy udział wagowy. Cząstki zawiesiny wydzielono z pobranych próbek wody, na drodze filtracji przez sączki membranowe o średnicy oczek 0,45 μm. Zarówno frakcja pylasto-ilasta osadów, jak i cząstki zawiesiny rzecznej zostały poddane badaniom na zawartość metali ciężkich. Metale ciężkie z próbek osadów dennych i zawiesiny ekstrahowano stężonym HNO_3, ogrzewając w temperaturze 130°C, w termostatycznym bloku grzewczym przez 2 godziny. Zawartości Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn i Fe badano, stosując metodę płomieniową absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS, PYE UNICAM - SP9). Próbki wody po przefiltrowaniu analizowano na zawartość anionów metodą chromatografii jonowej (IC, Dionex DX-100). Pomiary wskaźników fizykochemicznych (pH, Eh, PEW) zostały wykonane z wykorzystaniem standardowych przyrządów firmy Elmetron.

WYNIKI BADAŃ

Inwentaryzacja źródeł zanieczyszczeń wprowadzanych do systemu rzecznego Białuchy pozwoliła na wskazanie miejsc zrzutu ścieków z kilku obiektów użyteczności publicznej (np. Krakowskiego Szpitala Okulistycznego w Witkowicach), lokalnych oczyszczalni, wlotów miejskiej kanalizacji deszczowej, odcieków z dzikich wysypisk, a także z rejonów potencjalnego, na skutek specyficznej morfologii terenu, spływu powierzchniowego, z obszaru zajmowanego przez zakłady przemysłowe, czy szlaki i węzły komunikacyjne (w tym mosty i wiadukty kolejowe). Zaobserwowano odcinki koryta charakteryzujące się znacznym przekształceniem stanu hydromorfologicznego rzeki, przez jej zabudowę infrastrukturą miejską i wodno-kanalizacyjną, a także w wyniku pojawiających się na pewnych odcinkach nieciągłości hydrologicznych.

Próbki osadów dennych, pobranych w podłużnym profilu biegu rzeki, charakteryzują się koncentracjami metali mieszczącymi się w następujących granicach [mg/kg]: 2,7–7,6 Cd, 4,5–33 Cr, 11–77 Cu, 4,0–45 Ni, 44–122 Pb, 185–732 Zn, 138–715 Mn i 7071–22228 Fe. W próbkach zawiesiny najwyższe stężenia [mg/kg] osiągają w kolejności takie metale, jak Zn, Pb, Cd, Cu i Ni. Największą zmienność zawartości wykazywał Zn (od 92 do 239 mg/kg). Do zawartości 24 mg/kg dochodził poziom Cd w zawiesinie, natomiast 15 mg/kg stwierdzono dla Cu, 0,13 dla Ni, 132 dla Pb i 239 dla Zn. Odczyn pH osadów mierzono przy obu brzegach rzeki i mieścił się on w granicach od 5,8 do 10,7. Na całym badanym odcinku rzeki Prądnik-Białucha

potencjał oksydacyjno-redukcyjny Eh osadów wykazywał znaczne wahania wartości, od charakterystycznych dla środowisk zredukowanych (-214 mV) do wartości typowych dla osadów utlenionych (+142 mV). Zasolenie, którego wskaźnikiem jest przewodność wody, wykazywało także duże różnice wartości od 9,1 do 0,490 mS/cm. Z biegiem rzeki stwierdzono zmienność stężeń jonów Cl^- i SO_4^{2-}, wynoszącą odpowiednio max 29 i 45 mg/dm^3. Jony NO_3^- wykazują stężenia oscylujące na poziomie średnio 14 mg/dm^3.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zmiany zanieczyszczenia osadów w miarę biegu rzeki Prądnik-Białucha zobrazowano za pomocą klasyfikacji geochemicznej zaproponowanej przez Bojakowską i Sokołowską [1998]. Graniczne zawartości metali ciężkich dla klas geochemicznych podano w tabeli 1. Stan zanieczyszczenia zawiesiny oceniono, wykorzystując klasyfikację LAWA [Irmer 1997]. Graniczne zawartości metali w zawiesinie podano w tabeli 2.

Badane osady można zaliczyć do II klasy czystości ze względu na Cr, Cu, Ni, Pb i Zn, natomiast ilość Cd odpowiada III klasie czystości. Na podstawie wskaźnika LAWA badaną zawiesinę rzeki Prądnik-Białucha można scharakteryzować jako bardzo silnie zanieczyszczoną kadmem – klasa IV, niezanieczyszczoną Cu i Ni – klasa I, umiarkowanie do silnie zanieczyszczoną Pb – klasa II–III, umiarkowanie zanieczyszczoną Zn – klasa II. Wody rzeki Prądnik-Białucha można zaklasyfikować do I klasy czystości ze względu na zawartość chlorków i siarczanów, natomiast ze względu na azotany do III klasy czystości (Dz.U.2004.32.284). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zgodne z warunkami korzystania z wód odprowadzanie ścieków deszczowych wlotami kanałów, a także oddziaływanie innych źródeł zanieczyszczenia, powoduje pogarszający się jej potencjał ekologiczny.

Kumulacja metali ciężkich w osadach wraz z procesami eutrofizacji i zasolenia może być przyczyną degradacji środowiska wodnego i w konsekwencji może doprowadzić do zaniku wrażliwych osobników roślinności wodnej. Badany odcinek rzeki można podzielić na 4 strefy. Pierwsza od granic miasta do ulicy Opolskiej (16, 15, 14 i 13), gdzie zaobserwowano niskie koncentracje metali (Park im. A. Mickiewicza). Strefa ograniczona ulicami Opolską i Wileńską (12, 11, 10, 9 i 8), gdzie następuje wyraźny wzrost zawartości z ekstremum w okolicy punktu 9 (skrzyżowanie i wiadukt). Kolejny odcinek wyznaczają ulice Wileńska i Olszyny (7, 6 i 5), z obserwowanym spadkiem zawartości,

wynikającym ze zmniejszenia intensywności ruchu komunikacyjnego. Obszar od ulicy Olszyny do ujścia rzeki Prądnik (4, 3, 2 i 1), charakteryzuje stopniowy, narastający wzrost zawartości, mogący mieć swoje podłoże w kilku przyczynach; bliskość zakładu przemysłowego (Pliva Kraków), przecięcie z dwiema dużymi i ruchliwymi ulicami, obecność ogrodów działkowych (środki ochrony roślin), a także, co jest bardzo istotnym elementem, zjawisko często mającej miejsce – cofki wód rzeki Wisły, charakteryzującej się znacznymi zawartościami metali ciężkich w osadach.

Tabela 1. Klasyfikacja wodnych osadów dennych na podstawie kryteriów geochemicznych [Bojakowska, Sokołowska 1998]
Table 1. Classification of bottom water sediments presented on the basis of geochemistry standards [Bojakowska, Sokołowska 1998]

klasy	I	II	III
składnik	mg/kg		
Cd	< 1	< 5	< 20
Cr	< 20	< 100	< 500
Cu	< 20	< 100	< 200
Pb	< 50	< 200	< 500
Zn	< 200	< 1000	< 2000

Tabela 2. Graniczne zawartości [mg/kg] metali w zawiesinie rzecznej dla klas LAWA [Irmer 1997]
Table 2. Limiting contents [mg/kg] of heavy metals in suspended matter of river water for LAWA classes [Irmer 1997]

klasa LAWA / górna granica	I	I–II	II	II–III	III	III–IV	IV
Cd [mg/kg]	<0,3	<0,6	<1,2	<2,4	<4,8	<9,6	>9,6
Cr [mg/kg]	<80	<90	<100	<200	<400	<800	>800
Cu [mg/kg]	<20	<40	<80	<160	<320	<640	>640
Ni [mg/kg]	<30	<40	<50	<100	<200	<400	>400
Pb [mg/kg]	<25	<50	<100	<200	<400	<800	>800
Zn [mg/kg]	<100	<200	<400	<800	<1600	<3200	>3200
stopień zanieczyszczenia osadów	nie zanieczyszczone	nie, do umiarkowanie	umiarkowanie	umiarkowanie do silnie	silnie	silnie, do bardzo silnie	bardzo silnie

W obecnym stanie nie jest możliwe utworzenie jednolitego parku rzecznego, który ciągnąłby się od granic miasta do ujścia do zakola Wisły, ze względu na gęstą zabudowę w bliskim sąsiedztwie koryta i liczne przecięcia ze szlakami komunikacyjnymi. Terenami możliwymi do objęcia tą forma ochrony są jednymi skrajne fragmenty badanego odcinka Prądnika-Białuchy – początkowy, w rejonie Witkowic oraz Dąbie, końcowy, ujściowy do Wisły [Studium... 2003].

WNIOSKI

Procesy regulacji rzek, w celu gospodarczego wykorzystania ich dolin czy też ochrony przed powodzią już zagospodarowanych terenów, prowadzi niewątpliwie do naruszenia równowagi ekologicznej. W wielu rzekach, szczególnie tych przepływających przez aglomeracje przemysłowe, dochodzi do kumulacji metali ciężkich w ich osadach dennych. W momencie, gdy prowadzone są prace hydrotechniczne, czy też wskutek naturalnych zjawisk, np. powodzi, dochodzi do przemieszczenia osadów poza koryto rzeczne. Skutkiem tego jest zmiana warunków, w jakich osad się znajduje (przede wszystkim większe natlenienie) i ryzyko ich remobilizacji, wskutek przejścia w formy chemiczne łatwo rozpuszczalne w wodzie, przez co stają się łatwiej biodostępne dla środowiska ożywionego. Może to być przyczyną, razem z procesami eutrofizacji i zasolenia, degradacji potencjału ekologicznego i zaniku wrażliwych osobników roślinności wodnej.

Badania dofinansowano z projektów 5T 12B 03025, 11.11.140.456 oraz 10.10.140.304

BIBLIOGRAFIA

Bojakowska I., Sokołowska G. *Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych*. Przegląd Geologiczny Vol 46. Nr 1., Warszawa 1998, s. 49–254.

Dz.U. 2004.32.284 (R)-uchylone. *W sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód.*

Dz.U.2005.239.2019 (U). *Prawo wodne.*

Irmer U. *Bedeutung Von Hintergrundwatern fűr Qualitätsanforderung an Oberflächenwassern*. IKSE – Workshop: Bewertung der Ergebnisse aus Elbeschadstofforschung, Geesthacht 1997, s. 36–40.

Osmulska-Mróz B. *Zasady kształtowania jakości wody w małych ciekach na terenach miejskich*, w: *Podstawy gospodarki wodno – ściekowej w miastach i osiedlach*. Instytut Ochrony Środowiska, zeszyt 2, Warszawa 1990, s. 45–72.

Raport o stanie środowiska naturalnego miasta Krakowa w latach 1994–1998. Stan aktualny i tendencje. UM Kraków, WIOŚ w Krakowie, Bibliotek Monitoringu Środowiska, Kraków 1999, s. 1–175.

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Miasta Krakowa (z dnia 16 kwietnia 2003 r.). Prezydent Miasta Krakowa Prof. Jacek Majchrowski, Zastępca Prezydenta Miasta Krakowa Zbigniew Zuziak, Główny Architekt Miasta Prof. Andrzej Wyżykowski, Biuro Planowania Przestrzennego, Kraków 2003, www.bip.krakow.pl.

Dr inż. Marta Wardas
Dr inż. Urszula Aleksander-Kwaterczak
Dr inż. Elżbieta Łojan
Mgr inż. Piotr Woźniak
Mgr inż. Łukasz Wolski
Akademia Górniczo-Hutnicza
Zakład Geologii Podstawowej i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Jerzy Ratomski*

Marta Wardas, Urszula Aleksander-Kwaterczak, Elżbieta Łojan, Piotr Woźniak, Łukasz Wolski

INSPECTION OF SOURCES AND EVALUATION OF THE LEVEL OF POLLUTION WITH HEAVY METALS OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE PRĄDNIK-BIAŁUCHA RIVER IN CRACOW, FOR THE ASSESSMENT OF ITS ECOLOGICAL POTENTIAL

SUMMARY

As natural river-courses, according to the Act on Water Law (Dz.U. 2005.239.2019 (U)), are recognized: rivers, streams, brooks or other waters, flowing continually or periodically, in their natural river-beds. Urbanized water–courses, in turn, constitute streams and brooks, of draining character, within city areas (Osmulska-Mróz, 1990). Their average daily rate of flow is not higher than 1,5 m^3/s, and maximum ratio of breadth to depth equals 20:1. The urbanized water courses, often with developed small retention, as a consequence of urbanization, either disappear or become sewers (open or partly covered), transporting pollutions to the greater rivers

or water regions. Within their catchments, particularly, takes place the accumulation of heavy metals in bottom sediments. The latter process combined with eutrophisation and increased salinity, causes degradation of ecological potential and extinction of sensitive species of water plants. The Prądnik–Białucha River is an example of such water-courses. In order to assess the quality of water, its pH, EC, Eh and heavy metal contents in water, water suspension matter and bottom sediments, have been determined. The concentration of anions: chloride, sulfate, nitrate and phosphate have also been analyzed. The results obtained were referred to the standards obligatory in Poland and in EU. The area of the river–bed has been inspected in terms of sources of pollution (quantities and sensitivity to stress makers) and occurring of water plants in conditions ecologically difficult.

Key words: heavy metals, bottom sediments, the Pradnik-Bialucha River