

Andrzej SKWIERAWSKI<sup>1</sup> i Marcin SIDORUK<sup>1</sup>

## ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W PROFILACH OSADÓW DENNYCH ANTROPOGENICZNIE PRZEKSZTAŁCONEGO ZBIORNIKA PŁOCIDUGA W OLSZTYNIE

### HEAVY METAL CONTENT OF BOTTOM DEPOSIT PROFILES IN THE ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED PŁOCIDUGA ECOSYSTEM IN OLSZTYN

**Abstrakt:** Celem pracy było przeanalizowanie stopnia zanieczyszczenia wybranymi metalami ciężkimi (Zn, Pb, Cr, Cd) osadów dennych zbiornika Płociduga w Olsztynie. Obiektem badań było dawne jezioro, mające współcześnie charakter przekształconego ekosystemu mokradłowego. Zbiornik otoczony jest terenami zurbanizowanymi - zabudową mieszkaniową i przemysłową, a głównym bezpośrednim (punktowym) źródłem zanieczyszczenia są wyloty 2 kolektorów kanalizacji deszczowej. Badania przeprowadzono w 2009 roku. Rdzenie osadów pobrano z dwóch oddzielnych części zbiornika (północnej i południowej) i do celów analitycznych podzielono na warstwy o miąższości 10 cm. Badania wykazały bardzo duże stężenia ołowiu, cynku i chromu w stropowej warstwie osadu w części zbiornika zasilanej ściekami deszczowymi. W głębszych warstwach osadu oraz w materiale pochodzącym z części południowej zbiornika, stwierdzono znacznie mniejszą zawartość analizowanych składników. Akumulacja metali ciężkich w powierzchniowej warstwie osadu jest odzwierciedleniem złego stanu ekologicznego badanego obiektu oraz wzmożonej antropopresji związanej z postępującą urbanizacją terenu.

**Słowa kluczowe:** przekształcone jezioro, antropopresja, metale ciężkie, zlewnia miejska

Zanieczyszczenie wód i gleb substancjami o właściwościach toksycznych stanowi jeden z najtrudniejszych problemów współczesnej ochrony środowiska. Metale ciężkie są właśnie takim specyficznym rodzajem zanieczyszczenia, ponieważ nie ulegają biodegradacji, a podlegają akumulacji w różnych elementach ekosystemów lądowych i wodnych [1-3]. Osady dennie zbiorników wodnych stanowią swoistą pułapkę dla większości metali trafiających do środowiska wodnego, tworząc stabilne kompleksy przede wszystkim z materią organiczną. Przy założeniu, że zanieczyszczenia te nie są później w znacznym stopniu uruchamiane, rdzenie osadów można traktować jako zapis historii depozycji zanieczyszczeń pochodzących z atmosfery i spływających ze zlewni [4]. Z tego względu koncentracja metali w materii zdeponowanej w osadach dennych zbiorników wodnych może być wskaźnikiem poziomu oddziaływań antropogennych [1, 5].

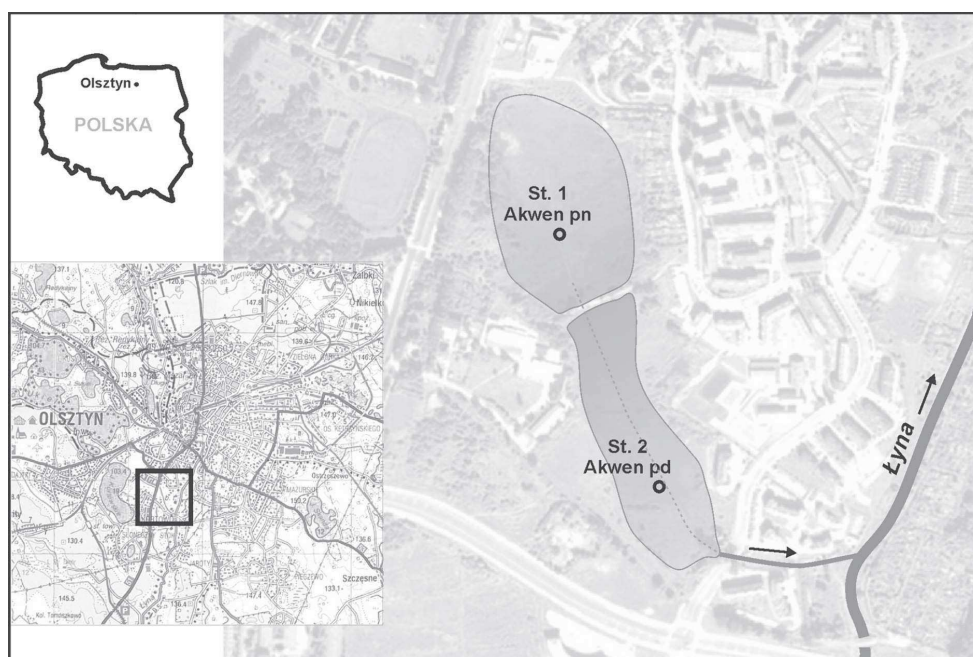
Celem pracy było przeanalizowanie stopnia zanieczyszczenia wybranymi metalami ciężkimi (Zn, Pb, Cr, Cd) osadów dennych obiektu Płociduga w Olsztynie oraz poprzez analizę rdzeni osadów stwierdzenie, w jaki sposób zanieczyszczenia te gromadziły się w różnych okresach funkcjonowania zbiornika.

#### Materiał i metody badań

Badaniami objęto obszar zagłębienia po osuszonym zbiorniku, w źródłach archiwalnych nazywanym jeziorem Płociduga. Obiekt położony jest w południowej części

<sup>1</sup> Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-719 Olsztyn, tel. 89 523 43 13, email: andrzej.skwierawski@uwm.edu.pl

Olsztyna (rys. 1). Jest to dawne jezioro, obecnie w znacznym stopniu osuszone, odwadniane rowem otwartym uchodzącym do Łyny w obrębie olsztyńskiego osiedla Mleczna. Teren zagłębienia pojeziernego ma powierzchnię ok. 13 ha. Obecnie woda utrzymuje się w jego północnej części, oddzielonej od reszty zbiornika groblą służącą jako ścieżka piesza. Cała powierzchnia zbiornika porośnięta jest roślinnością szuwarową w formie zwartej szuwaru trzcinowego *Phragmitetum australis*. Obiekt otoczony jest terenami zurbanizowanymi - zabudową mieszkaniową i przemysłową, w obrębie zlewni znajduje się także ulica Warszawska o znacznym natężeniu ruchu, z której do zbiornika kierowane są wyloty 2 kolektorów kanalizacji deszczowej. Usytuowanie i sposób zasilania powodują, że pod względem stanu ekologicznego jest to zbiornik skrajnie zdegradowany.



Rys. 1. Lokalizacja obiektu badań i miejsca pobierania próbek do analiz

Fig. 1. The location of study site and sampling points

Próbki do analiz pobierano z 2 stanowisk, zlokalizowanych w akwenu północnym (posiadającym otwarte zwierciadło wody), oraz porównawczo również w części południowej, mającej współcześnie charakter podmokłego nieużytku. Prace terenowe wykonano w styczniu 2009 roku. Osady pobrano za pomocą sondy rdzeniowej, pozwalającej na pozyskanie materiału o nienaruszonej strukturze. Wydobyte rdzenie o miąższości 0,9 m (akwen pn) i 1,4 m (akwen pd) do celów analitycznych podzielono na warstwy 0,10 m.

Zawartość ogólnych form metali, tj. kadmu, chromu, ołowiu i cynku, określono dla frakcji osadów o średnicy cząstek < 0,2 mm. Analizy chemiczne zostały wykonane w laboratorium Stacji Chemiczno-Rolniczej w Olsztynie. Badane składniki oznaczano

zgodnie z normą PB 01: ed1/28.008.1998, metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) po mineralizacji próbek w mieszaninie kwasów: azotowego i nadchlorowego w proporcji 4:1. Poza tym w osadach dennych oznaczano także gęstość objętościową oraz uwodnienie i zawartość materii organicznej.

Charakterystykę hydrochemiczną zbiornika sporządzono na podstawie badań prowadzonych przez cały rok 2009, obejmujących 8-krotne pobranie próbek wody do analiz. Oznaczenia wskaźników jakości wody wykonywano w laboratorium Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska UWM w Olsztynie przy użyciu powszechnie przyjętych metod.

## Wyniki

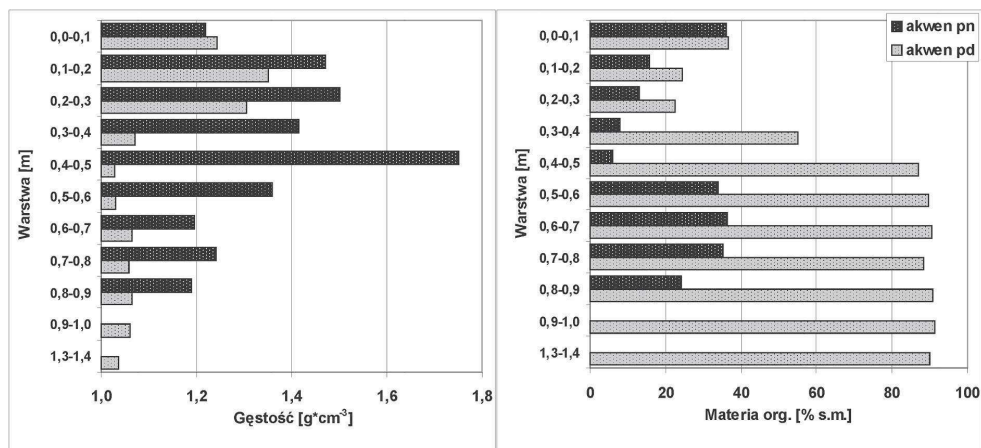
Przeprowadzone badania wykazały znaczne zróżnicowanie poziomu analizowanych wskaźników zarówno w osadach obu części zbiornika, jak i w obrębie pobranych rdzeni, oraz bardzo duże stężenia metali ciężkich w powierzchniowej warstwie osadów dennych. Usytuowanie i sposób zasilania powodują, że pod względem stanu ekologicznego jest to zbiornik skrajnie zdegradowany. Prowadzone w 2009 roku badania wskaźników jakości wody badanego zbiornika, wzdłuż trasy rowu odwadniającego teren zagłębienia, wykazywały wysokie wartości wskaźników zasolenia, konduktancja [przewodność elektrolityczna  $\text{Cl}^-$  i  $\text{Na}^+$ ], związanych zarówno ze wpływem ścieków deszczowych, jak i składników biogennych (tab. 1).

Tabela 1  
Średnie wartości wybranych wskaźników jakości wody części północnej i południowej zbiornika Płociduga na podstawie badań prowadzonych w 2009 roku

Table 1  
Average annual values of selected water quality indicators in the northern and southern Płociduga parts, based on the research conducted in 2009

Wskaźnik	Jednostka	Wartość	
		Zbiornik pn	Zbiornik pd
Tlen rozpuszczony	[%]	54,3	42,3
Odczyn pH	-	7,2	7,3
Konduktancja	$[\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}]$	842	784
Fosfor ogólny	$[\text{mg P}\cdot\text{dm}^{-3}]$	0,71	0,64
Azot ogólny	$[\text{mg N}\cdot\text{dm}^{-3}]$	3,40	2,23
Chlorki	$[\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}]$	124,8	85,0
Sód	$[\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}]$	77,0	49,5

Pobrane do analiz rdzenie osadów z północnej i południowej części zbiornika charakteryzowała znaczna zmienność ich cech fizycznych. Gęstość osadu z północnej części zbiornika wzrastała od powierzchni ( $1,22 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) do głębokości 0,5 m ( $1,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), malała w nich jednocześnie zawartość materii organicznej (rys. 2). Charakter osadów wskazuje, że poziom 0,50 m wyznacza okres, w którym zbiornik funkcjonuje jako odbiornik ścieków z kanalizacji deszczowej. Poniżej zalegały osady o większej zawartości materii organicznej i mniejszej gęstości, nagromadzone w okresie osuszenia zbiornika. W części południowej, poniżej powierzchniowych utworów o obniżonej zawartości materii organicznej, zalegały depozyty o charakterze torfów, zawierające ponad 80% materii organicznej.



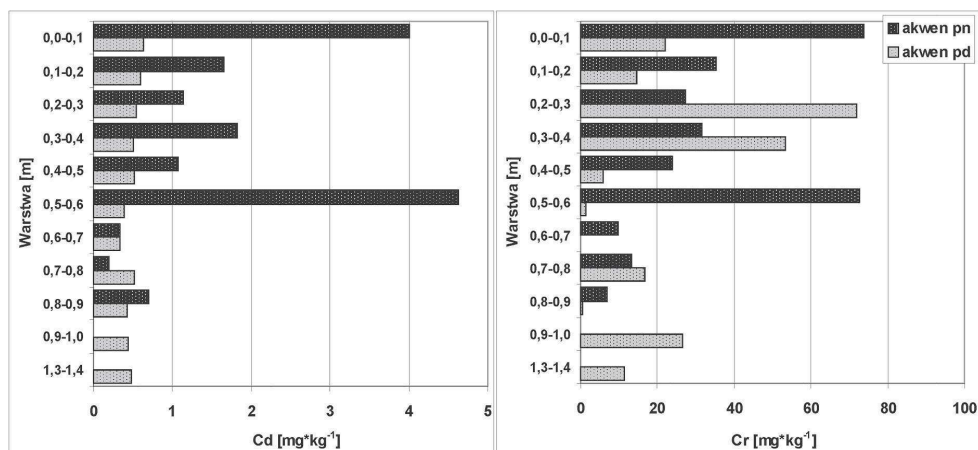
Rys. 2. Gęstość objętościowa i zawartość materii organicznej w rdzeniach osadów dennych północnej i południowej części zbiornika Plociduga

Fig. 2. The density and organic matter content in sediment cores from the northern and southern parts of Plociduga reservoir

Regułą pionowego rozmieszczenia zanieczyszczeń antropogennych, a do takich zalicza się metale ciężkie, jest pojawianie się podwyższonych koncentracji w powierzchniowych warstwach osadu i stopniowy spadek wartości w głębszych strefach profilu. Odzwierciedla to wzrost poziomu antropopresji w skali globalnej, postępującej od XIX w. [4]. W zbiorniku Plociduga trend spadku stężenia analizowanych zanieczyszczeń wraz z głębokością obserwowano przede wszystkim w akwencie północnym (rys. rys. 3 i 4), obciążonym bezpośrednim dopływem ścieków deszczowych. Koncentracja zanieczyszczeń była tu również znacznie większa w porównaniu do części południowej. W stropowej warstwie osadu północnej części zbiornika badania wykazały bardzo duże stężenia: ołowiu ( $384 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ), cynku ( $982 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ) i chromu ( $73,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). W przypadku ołowiu i cynku stwierdzone wartości maksymalne były ponad 10-krotnie wyższe niż w osadach jeziornych regionu północnej Polski. Przeciętne wartości w osadach dennych jezior, według Bojakowskiej i Gliwicza [6], wynosiły: Cd - 0,78, Cr - 11,0, Pb - 32,8 i Zn -  $84,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Zanotowano stężenia metali również znacznie wyższe od stwierdzonych w osadach dennych małych zbiorników - oczek wodnych [7], nawet w porównaniu do stawów wiejskich obciążonych punktowymi zrzutami ścieków i zlokalizowanych w sąsiedztwie dróg.

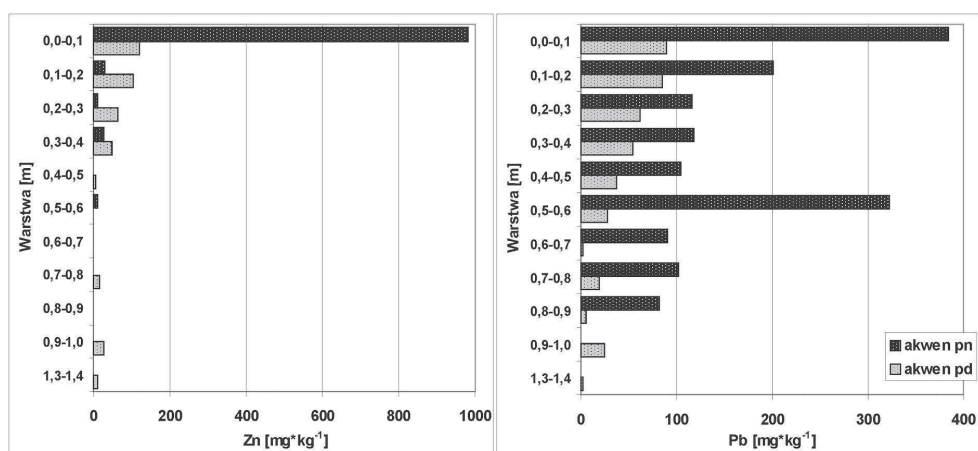
W głębszych warstwach osadu oraz w materiale pochodzącym z części południowej zbiornika, nienarażonej na bezpośredni dopływ zanieczyszczeń, stwierdzono znacznie mniejszą zawartość analizowanych składników. W profilu północnej części zbiornika wyróżniła się warstwa 0,5-0,6 m poniżej powierzchni osadu, zawierająca podwyższone stężenia kadmu, chromu i ołowiu (rys. rys. 3 i 4). Biorąc pod uwagę gęstość osadu i koncentrację materii organicznej (rys. 2), poniżej tego poziomu osady miały właściwości fizyczne zbliżone do torfów. Wskazuje to prawdopodobnie na moment przywrócenia zwierciadła wody w tej części, wcześniej całkowicie osuszonej i użytkowanej jako

podmokłe łąki. Okres przejściowy ujawnił się wzmożoną akumulacją zanieczyszczeń doprowadzonych poprzez zrzuty ścieków z kanalizacji deszczowej.



Rys. 3. Zawartość kadmu i chromu w rdzeniach osadów dennych północnej i południowej części zbiornika Plociduga

Fig. 3. Cadmium and chromium content in sediment cores from the northern and southern parts of Plociduga reservoir



Rys. 4. Zawartość cynku i ołowiu w rdzeniach osadów dennych północnej i południowej części zbiornika Plociduga

Fig. 4. Zinc and lead content in sediment cores from the northern and southern parts of Plociduga reservoir

Ważnym elementem oceny koncentracji zanieczyszczeń w osadach dennych jest ich potencjalny wpływ na funkcjonowanie ekosystemów wodnych. Istnieje wiele wytycznych ujmujących ten problem [8, 9]. Jedną z powszechnie stosowanych klasyfikacji jest ocena poziomu progowego i prawdopodobnego oddziaływania na ekosystemy wodne - metoda z zastosowaniem wskaźników TEL (*Threshold Effects Level*) i PEL (*Probable Effects*

Level) [10]. Według kryteriów tej metody, osady denne północnej części zbiornika Płociduga charakteryzowały się przekroczeniem progowej wartości (granicy toksycznego oddziaływania na ekosystem) o znaczne wartości: ołowiu o 313%, cynku o 212% oraz kadmu o 13%. Nie stwierdzono natomiast przekroczenia wartości progowych chromu ani żadnego z analizowanych składników w południowej części obiektu badań.

Na podstawie wartości zawartych w Rozporządzeniu MŚ z 2002 r. [11] można stwierdzić, że utwory pokrywające powierzchnię zbiornika Płociduga nie spełniają również wymogów jakościowych gleby i ziemi. Wszystkie badane metale (Cd, Cr, Pb, Zn) cechowały koncentracje większe od granicznych przy założeniu możliwości ochrony prawnej obiektu (np. w formie użytku ekologicznego). Ponadto ołów i cynk przekroczyły kilkakrotnie nawet progową wartość zanieczyszczenia dla nieużytków i terenów zabudowanych (Pb:  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , Zn:  $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  - por. rys. 4). Może to stanowić poważny problem przy planowaniu dalszego sposobu użytkowania rozpatrywanego terenu.

### Wnioski

1. Akumulacja metali ciężkich w powierzchniowej warstwie osadów jest odzwierciedleniem złego stanu ekologicznego obiektu Płociduga oraz wzmożonej antropopresji związanej z postępującą urbanizacją terenu zlewni.
2. W północnej części zbiornika, zasilanej ściekami deszczowymi, znacznie przekroczony został próg szkodliwości dla środowiska wodnego: cynku w powierzchniowej warstwie osadu ( $0\div 0,1 \text{ m}$ ) oraz ołowiu w całym rdzeniu do głębokości  $0,9 \text{ m}$ . Osady denne tej części nie spełniały również krajowych standardów jakości gleby lub ziemi.
3. Zbiornik Płociduga, ze względu na swoje położenie i topografię, posiada potencjalne możliwości wykorzystania jako obiektu przyrodniczego w krajobrazie miejskim. W przypadku podjęcia prób jego ochrony lub zagospodarowania należy wziąć pod uwagę, że w świetle wymogów prawnych jest to teren zdegradowany, wymagający rekultywacji.

### Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2008-2010, w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N305069133.

### Literatura

- [1] Radwar S., Kawalik W. i Kornijów R.: *Accumulation of heavy metals in a lake ecosystem*. Sci. Total Environ., 1990, **96**, 121-129.
- [2] Dube A., Zbytniewski R., Kowalkowski T., Cukrowska E. i Buszewski B.: *Adsorption and migration of heavy metals in soil*. Polish J. Environ. Stud., 2001, **10**(1), 1-10.
- [3] Jumbe A.S. i Nandini N.: *Heavy metals analysis and sediment quality values in urban lakes*. Amer. J. Environ. Sci., 2009, **5**(6), 678-687.
- [4] Belzile N., Chen Y., Gunn J.M. i Dixit S.S.: *Sediment trace metal profiles in lakes of Killarney Park, Canada: from regional to continental influence*. Environ. Pollut., 2004, **130**, 239-248.
- [5] Sobczyński T., Zerbe J., Elbanowska H. i Siepak J.: *Chemical studies of sediments of the Góreckie Lake*. Arch. Ochr. Środow., 1999, **23**(3-4), 125-136.
- [6] Bojakowska I. i Gliwicz T.: Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2000-2002. Wyd. IOŚ, Warszawa 2003.

- [7] Skwierawski A.: *Accumulation of heavy metals in bottom sediments in small water bodies characterized by various levels of degradation*. Polish J. Environ. Stud., 2006, **15**(2a), 494-502.
- [8] Yao Z. i Gao P.: *Heavy metal research in lacustrine sediment: a review*. Chinese J. Oceanol. Limnol., 2007, **25**(3), 444-454.
- [9] Kalinowski R. i Załęska-Radziwiłł M.: *Wyznaczanie standardów jakości osadów dennych na podstawie badań ekotoksykologicznych*. Ochr. Środow. i Zasob. Natur., 2009, **40**, 549-560.
- [10] MacDonald D.D., Ingersoll C.G. i Berger T.A.: *Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems*. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 2000, **39**, 20-31.
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU 2002, Nr 165, poz. 1359.

### **HEAVY METAL CONTENT OF BOTTOM DEPOSIT PROFILES IN THE ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED PŁOCIDUGA ECOSYSTEM IN OLSZTYN**

Department of Land Reclamation and Environmental Management  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

**Abstract:** The aim of the present study was to determine the level of contamination of the bottom deposits in the former lake Plociduga in Olsztyn by selected heavy metals (Zn, Pb, Cr, Cd). Today Plociduga is a transformed wetland ecosystem, surrounded by urbanized areas (residential housing, industrial development). The main point sources of pollution are the outlets of two storm water drains. The study was conducted in 2009. Samples of bottom deposit cores were collected in two separate parts (northern and southern) of the former lake. The study revealed very high concentrations of lead, zinc and chromium in the uppermost layer of the sediments in the part of the ecosystem fed by rainwater. The concentrations of the analyzed elements were substantially lower in deeper sediment layers and in the samples collected in the southern part of the ecosystem, not exposed to the direct pollutant inflow. The accumulation of heavy metals in the surface layers of bottom deposits is indicative of the poor ecological condition of the investigated ecosystem and increased human pressure resulting from progressive urbanization.

**Keywords:** transformed lake, anthropopressure, heavy metals, urban catchment