

**Robert KASPEREK<sup>1</sup>, Mirosław WIATKOWSKI<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Institute of Environmental Engineering, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

<sup>2</sup>Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi, Uniwersytet Opolski  
Department of Land Protection, University of Opole

## **Badania osadów dennych ze zbiornika Mściwojów Bottom studies of Mściwojów reservoir**

**Słowa kluczowe:** zbiornik, osady, skład ziarnowy, zanieczyszczenia

**Key words:** reservoir, sediments, grain composition, contaminations

### **Wprowadzenie**

Zbiorniki wodne zbudowane na rzekach ulegają procesowi zamulania (Madeyski i Tarnawski 2006). Materiał osadzony w zbiornikach, pochodzący głównie z denudacji zlewni oraz z erozji brzegów i dna cieków, może podlegać trwałej bądź okresowej depozycji w czasach zbiorników. Procesy sedymentacyjne w zbiornikach zaporowych należą do najbardziej intensywnych w dolinach rzecznych będących pod wpływem antropopresji (Łajczak 1995). Zmiany wywołane przez spiętrzenie wody zbiorników zaporowych w środowisku wodnym są złożone i mogą mieć różny przebieg w czasie. Poziom dna zbiorników wodnych ulega ciągłym zmianom w zależności od sposobu użytkowania i wieku zbiorni-

ka. Zmniejszenie prędkości przepływu powoduje zatrzymanie się w różnych miejscach zbiornika rumowiska wleczonego po dnie oraz materiału unoszonego (Mokwa 2002, Madeyski 2006). Osady dennie zbiorników wodnych są charakteryzowane przede wszystkim pod względem ich własności fizycznych oraz chemicznych przez wielu autorów (Parzonka 1974, Bednarczyk i Michalec 1996, Madeyski 1998, Bednarczyk i in. 2002, Madeyski i Tarnawski 2006, Parzonka i in. 2007).

Celem pracy jest ocena zmian w składzie ziarnowym osadów zalegających w zbiorniku Mściwojów w okresie 2002–2007.

### **Charakterystyka zbiornika**

Badany zbiornik znajduje się w województwie dolnośląskim, w pobliżu miasta Jawor (rys. 1). Wybudowano go na cieku Wierzbiak, w km 35,375. Drugim, mniejszym ciekim doprowadzają-



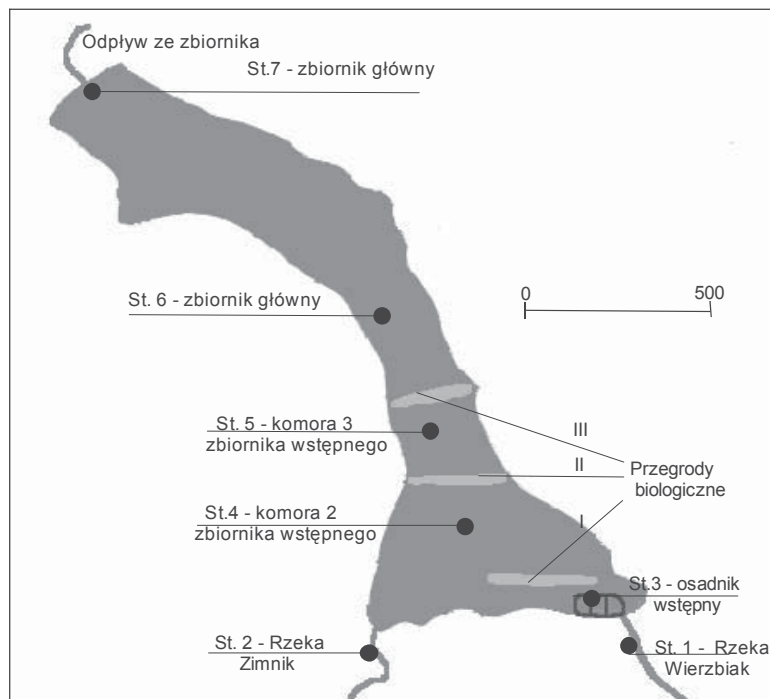
RYSUNEK 1. Lokalizacja zbiornika Mściwojów: 1 – ciek Wierzbiak, 2 – ciek Zimnik (Kałużnik)  
 FIGURE 1. Localization of Mściwojów reservoir: 1 – stream Wierzbiak, 2 – stream Zimnik (Kałużnik)

cym wodę do tego zbiornika jest Zimnik, zwany również Kałużnikiem. Wierzbiak jest prawobrzeżnym dopływem Kaczawy, do której uchodzi w km 17,750.

Powierzchnia zlewni Wierzbiaka w przekroju na wlocie do zbiornika wynosi 47 km<sup>2</sup>, z czego 14,3 km<sup>2</sup> przypada na Zimnik. Zlewnia zbiornika ma cechy charakterystyczne dla terenu podgórskiego. Średni roczny opad z wielolecia dla zlewni zbiornika wynosi 601 mm, a średnia roczna temperatura 8,6°C.

Podstawowymi funkcjami zbiornika Mściwojów są rolnicze wykorzystanie retencjonowanej wody oraz ochrona przeciwpowodziowa. Charakterystyczne jego parametry to:

- pojemność przy normalnym poziomie piętrzenia – 0,73 mln m<sup>3</sup>,
  - pojemność przy maksymalnym poziomie piętrzenia – 1,35 mln m<sup>3</sup>,
  - powierzchnia zalewu przy NPP – 34,59 ha,
  - powierzchnia przy max PP – 57,07 ha.
- Napełnianie zbiornika rozpoczęto w 1999 roku. Czasę zbiornika podzielono na osadnik, zbiornik wstępny i zbiornik główny. Zbiornik główny od zbiornika wstępnego oddziela przegroda biologiczna nr III (rys. 2). Podział ten wynika z potrzeby częściowego oczyszczenia dopływającej wody ze zbiornika wstępnego do głównego z substancji biogenych i zawiesin. Średni przepływ w okresie 2001/2002 w przekroju Wierz-



RYSUNEK 2. Schemat zbiornika Mściwojów

FIGURE 2. Scheme of reservoir Mściwojów: St. 1 – stream Wierzbak, St. 2 – stream Zimnik, St. 3 – primary settling tank, St. 4 – chamber No 2 of primary tank, St. 5 – chamber No 3 of primary tank, St. 6 – main tank, St. 7 – main tank and water outflow, I, II, III – biological barriers

biaka wyniósł  $0,120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a w przekroju Zimnika –  $0,048 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Wiatkowski i in. 2006).

Obszar zlewni oceniono również pod względem stopnia zagrożenia erozją wodną terenów przyległych do zbiornika (Czamara 2002). Określono miarodajne natężenie deszczu nawalnego i długotrwałego oraz obliczono natężenie erozji wodnej w poszczególnych częściach cząstkowych zlewni. Rozważano dwie grupy czynników związane ze sływem powierzchniowym (opad, długość drogi sływu, nachylenie terenu) oraz odpornością gruntu na proces erozji (wytrzymałość gruntu na rozmycie, sposób zagospodarowania terenu).

Wyniki badań i analiz wykazały, że na obszarze zlewni zbiornika występuje intensywna erozja powierzchniowa. Ilość wymywanej gleby podczas deszczu, o prawdopodobieństwie 80% i czasie trwania  $t = 30 \text{ min}$ , jest rzędu  $2,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , podczas gdy dla prawdopodobieństwa 1% i  $t = 40 \text{ h}$  sięga aż  $180 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Aby ograniczyć intensywny sływ powierzchniowy i wymywanie ogromnych ilości gleby z pól do zbiornika Mściwojów oraz zawartych w niej zanieczyszczeń pochodzących z nawożenia i ochrony roślin, niezbędna była: zmiana sposobu użytkowania zagrożonych obszarów, m.in. gruntów ornych na użytki zielone oraz wykonanie rowu opaskowego wokół zbiornika.

## Metodyka badawcza

Pobór materiału dennego ze zbiornika Mściwojów został wykonany po raz pierwszy w 2002 roku (Kasperek i Wiatkowski 2002), tj. 3 lata po oddaniu go do użytkowania. Osady pobierano za pomocą czerpaka Eckmanna z: pól otaczających zbiornik, koryta Wierzbiaka i Zimnika, osadnika, komór i zbiornika głównego (rys. 3). W październiku 2007 roku ponownie pobrano osady (z tych samych miejsc) zbiornika i z jego dopływów. Analizy laboratoryjne osadów dotyczyły:

- określenia składu ziarnowego,
- określenia charakterystycznych wielkości ziaren,
- badań składu fizyczno-chemicznego oraz zawartości metali ciężkich.

Pomiary rozkładu uziarnienia osadów ze zbiornika zostały wykonane przyrządem Mastersizer 2000. Próbkę została przygotowane i rozproszone

do odpowiedniej koncentracji, rzędu 5–10%, w wodzie destylowanej w przystawce Hydro 2000MU. Przyrząd Mastersizer 2000, wykorzystując laser, poprzez jednostkę optyczną, w skład której wchodzi detektor składający się z wielu osobnych czujników, rejestruje dokładne rozproszenie światła przez cząstkę. Po zakończeniu pomiaru surowe dane zostały poddane analizie komputerowej za pomocą oprogramowania Malvern. Oprogramowanie to, bazuje na teorii Mie i modelu Fraunhofera, opisującym sposób rozproszenia i absorpcji światła przez cząstkę. Każdy rozmiar cząstki ma własny, niepowtarzalny sposób rozproszenia światła, zupełnie różny od innych rozmiarów cząstek. W ten sposób ustala się wielkość cząstki ze światła na niej rozproszonego. Zakres pomiarowy przyrządu wynosi 0,02–2000  $\mu\text{m}$  i pozwala na analizę rozkładu uziarnienia gruntów piaszczystych, pyłowych i iłowych.



RYSUNEK 3. Zbiornik Mściwojów: 1 – osadnik, 2, 3, 4 – komory, 5 – przegrody, 6 – zbiornik główny 7 – zapora (fot. Z. Sokołowski)

FIGURE 3. Mściwojów reservoir: 1 – settling tank, 2, 3, 4 – chambers, 5 – barriers, 6 – main tank, 7 – dam

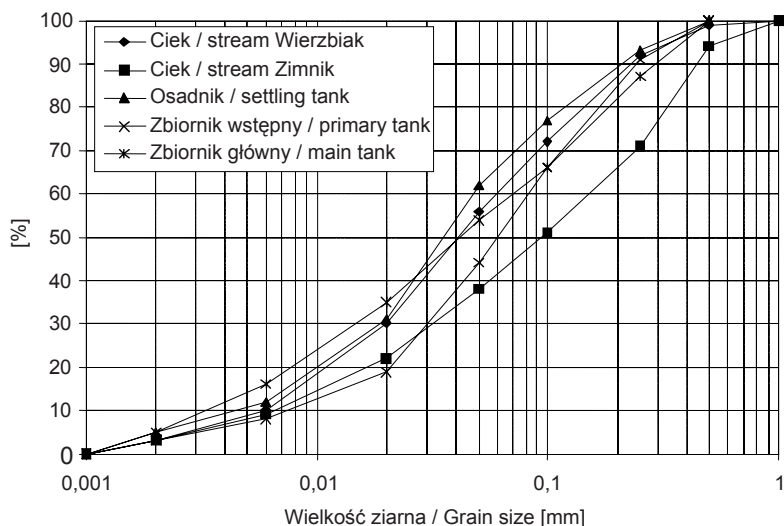
## Wyniki badań i dyskusja

Osady pobrane z dopływów do zbiornika Mściwojów, tj. Wierzbiaka i Zimnika, oraz z poszczególnych jego części stanowią piaski pylaste oraz drobne i średnie piaski. Ich przeciętna średnica zmienia się od 0,035 do 0,095 mm. Maksymalna wielkość ziarna  $d_{95}$  dochodzi do 0,5 mm (rys. 4, tab. 1). Najwięcej najgrubszego materiału, tj. piasków drobnych i średnich, w swoim składzie mają osady z Zimnika (ok. 62%). Porównując okresy badawcze 2002 i 2007,

można stwierdzić, że przeciętna średnica  $d_{50}$  zmieniała się następująco (rys. 5):

- w osadniku  $d_{50}$  zmniejszyła się z 0,275 do 0,036 mm,
- w części wstępnej wzrosła z 0,019 do 0,063 mm,
- w zbiorniku głównym wzrosła z 0,018 do 0,040 mm.

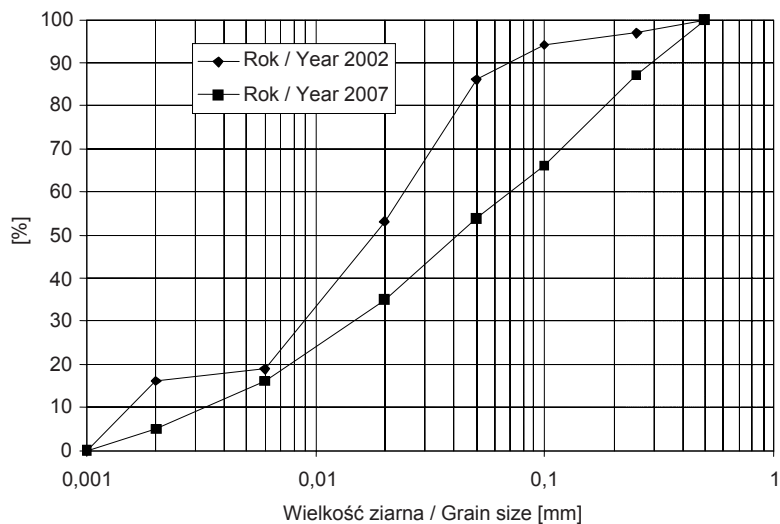
Ocena jakości osadów dennych zbiornika Mściwojów w aspekcie ich zanieczyszczenia metali ciężkimi została wykonana na podstawie kryteriów geochemicznych według Głównego Inspektora Ochrony Środowiska. Przeana-



RYSUNEK 4. Krzywe uziarnienia osadów ze zbiornika Mściwojów, 2007 rok  
FIGURE 4. Grain size curves of sediments from Mściwojów reservoir, 2007

TABELA 1. Średnice charakterystyczne osadów ze zbiornika Mściwojów, okres 2002–2007  
TABLE 1. Characteristic diameters of sediments from Mściwojów reservoir, period 2002–2007

Miejsce poboru osadu Place of sediment sample	Rok poboru Year of sample	$d_{10}$ [mm]	$d_{50}$ [mm]	$d_{90}$ [mm]
Osadnik Settling tank	2002	0,080	0,275	3,750
	2007	0,005	0,036	0,230
Zbiornik wstępny Primary settling tank	2002	–	0,019	0,072
	2007	0,009	0,063	0,273
Zbiornik główny Main tank	2002	0,002	0,018	0,070
	2007	0,004	0,040	0,311



RYSUNEK 5. Uziarnienie osadów ze zbiornika głównego Mściwojów, 2002–2007  
 FIGURE 5. Grain size distribution of sediments from main reservoir Mściwojów, 2002–2007

lizowano stężenie kadmu, miedzi, niklu, ołowiu i cynku. Koncentracja tych pierwiastków utrzymywała się na poziomie I i II klasy, tj. osadów niezanieczyszczonych lub słabo zanieczyszczonych (tab. 2). Osady pobrane na odpływie poniżej zapory zbiornika Mściwojów posiadają I klasę czystości, z wyjątkiem kadmu (II klasa). Stężenie fosforu kształtowało się w przedziale 200–248 mg·kg<sup>-1</sup>, a azotu 0,02–0,14%.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania osadów dennych w zbiorniku Mściwojów wykazały, że osadnik wstępny i zbiornik wstępny spełniają swoją rolę. Badania wykonane w 2007 roku wskazują na to, że skuteczność zatrzymywania drobniejszych frakcji przez osadnik zwiększyła się w porównaniu do 2002 roku. W ostatnich latach do zbiornika główne-

TABELA 2. Geochemiczna klasyfikacja osadów dennych ze zbiornika Mściwojów i jego dopływów  
 TABLE 2. Geochemical classification of sediments from Mściwojów reservoir and its tributaries

Pierwiastek Element	W	Z	Osadniki Primary tanks			Komory części wstępnej Chambers of primary part			ZG	O
			1	2	3	1	2	3		
Cd	II	II	II	II	II	II	II	II	II	
Cu	II	II	I	II	II	II	II	I	I	
Ni	II	II	II	II	II	II	II	II	I	
Pb	II	I	I	I	I	II	I	I	I	
Zn	II	II	I	I	I	I	I	I	I	

Objaśnienia / Explanations: W – ciek / stream Wierzbiak; Z – ciek / stream Zimnik; ZG – zbiornik główny / main tank; O – odpływ, outlet.

go dostaje się więcej grubszego materiału (piaski drobne i średnie) – około 32%. Frakcje te kumulują znacznie mniej zanieczyszczeń w postaci metali ciężkich, pierwiastków fazowych i szkodliwych związków organicznych.

## Literatura

- BEDNARCZYK T., MICHAŁEC B. 1996: Wpływ akumulacji rumowiska w małym zbiorniku wodnym na warunki eksploatacji. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Konferencje XI*, 289: 31–38.
- BEDNARCZYK T., MICHAŁEC B., TARNAWSKI M. 2002: Intensywność zamulania się małych zbiorników wodnych. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Inżynieria Środowiska* 23, 393: 275–282.
- CZAMARA W. 2002: Ocena obszarów znajdujących się w zlewni zbiornika Mściwojów pod względem stopnia zagrożenia erozją wodną. Maszynopis. AR we Wrocławiu, Wrocław.
- CZAMARA W., WIATKOWSKI M. 2002: Zastosowanie zbiornika wstępnego w Mściwojowie do ochrony retencjonowanej wody. *Roczniki AR Poznań CCCXLII*, 23: 43–52.
- KASPEREK R., WIATKOWSKI M. 2002: Pomiary rumowiska w Wierzbiaku i Zimniku oraz osadów ze zbiornika Mściwojów. Maszynopis. AR Wrocław.
- ŁAJCZAK A. 1995: Studium nad zamulaniem wybranych zbiorników zaporowych w dorzeczu Wisły. Monografie Komit. Gosp. Wodnej PAN 8.
- MADEYSKI M. 1998: Hydrauliczna i reologiczna charakterystyka procesu zamulania stawów rybnych. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozprawy* 236.
- MADEYSKI M. 2006: Charakterystyka osadów stawowych oraz możliwość ich rolniczego wykorzystania. *Zesz. Nauk. ATH Bielsko-Biała, Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska* 24 (7): 201–213.
- MADEYSKI M., TARNAWSKI M. 2006: Ocena stanu ekologicznego osadów dennych wybranych małych zbiorników wodnych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich PAN* 4(3): 107–116.
- MOKWA M. 2002: Sterowanie procesami fluwialnymi w korytach rzek przekształconych antropogenicznie. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 439, *Rozprawy CLXXXIX*.
- PARZONKA W. 1974: Ocena zmienności własności fizycznych i reologicznych osadów ze zbiorników wodnych Sautet i Lubachów. *Archiwum Hydrotechniki XXI*, 4: 654–674.
- PARZONKA W., GŁOWSKI R., KREFT A. 2007: Wstępna ocena cech dynamicznych namulów z jeziora Dąbie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich PAN* 4(2): 149–157.
- WIATKOWSKI M., CZAMARA W., KUCZEWSKI K. 2006: Wpływ zbiorników wstępnych na zmiany jakości wód retencjonowanych w zbiornikach głównych. *Works and Studies – Prace i Studia*, 67, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze.
- ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J. 1993: Ochrona środowiska w budownictwie wodnym. MOŚNiL, Warszawa.

## Summary

**Bottom studies of Mściwojów reservoir.** The paper concerns to study of grain composition and contamination content in bottoms of Mściwojów reservoir. It has been constructed on stream Wierzbiak in 2000, in Dolny Śląsk province, and its main function is water supply of agriculture. Drawing of samples has been performed in 2002 and 2007. Study results showed that the bed material from primary settling tank is mainly dusty sands and fine sands, which constitutes about 80%. To main tank the fine fractions with size  $d < 0.25$  mm delivers less than to primary part. Above mentioned fractions accumulate the most pollutions and constitute potential source of impairing of water quality. From study of cadmium, copper, nickel, lead and zinc in bottoms follows that are the I-st or II-nd class of purity.

**Authors' addresses:**

Robert Kasperek  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Inżynierii Środowiska  
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
e-mail: kasp@iis.ar.wroc.pl

Mirosław Wiatkowski  
Uniwersytet Opolski  
Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi  
ul. Oleska 22, 45-052 Opole  
e-mail: wiatkowski@uni.opole.pl