

# CHARAKTERYSTYKA OSADÓW DENNYCH ZBIORNIKA ZAPOROWEGO MŁYNY ORAZ MOŻLIWOŚĆ ROLNICZEGO ICH WYKORZYSTANIA

**Bernard GAŁKA<sup>1)</sup>, Mirosław WIATKOWSKI<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska

<sup>2)</sup> Uniwersytet Opolski, Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi

*Słowa kluczowe: osady denne, zbiornik wodny, metale ciężkie, makroelementy, wykorzystanie rolnicze osadów*

## Streszczenie

W pracy przedstawiono charakterystykę właściwości fizykochemicznych osadów dennych zbiornika Młyny na rzece Julianpolka oraz ocenę możliwości ich rolniczego wykorzystania na podstawie koncentracji pierwiastków śladowych (Ni, Zn, Pb, Cu). Badania wykazały następujące zawartości metali (w mg·kg<sup>-1</sup>): Pb – 3–109, Zn – 25–302, Cu – 39–79 oraz Ni – 10–69. Zgodnie z klasyfikacją osadów wodnych PIG, osady denne z niektórych części zbiornika Młyny należy zaliczyć do zanieczyszczonych. Wartości indeksów geoakumulacyjnych  $I_{geo}$  kwalifikują osady do klasy 1., to jest osadów nieobciążonych lub umiarkowanie obciążonych. Według wytycznych PIOŚ i IUNG, jakość osadów odpowiada glebom o II stopniu zanieczyszczenia, które stwarzają ograniczenia dotyczące uprawy niektórych roślin konsumpcyjnych. Jednak zgodnie z rozporządzeniami Ministra Środowiska (w sprawie standardów jakości gleby i ziemi) badane osady nie są zanieczyszczone, co oznacza, że mogą być stosowane do rekultywacji lub ulepszenia gruntów o przeznaczeniu rolniczym lub leśnym, z wyjątkiem osadów położonych w najbliższym sąsiedztwie zapory.

## WSTĘP

Zbiorniki wód stojących gromadzą, w formie osadów dennych, część materiału spływającego z terenu zlewni [ULRICH i in., 2000; WIATKOWSKI i in., 2008]. Skład chemiczny osadów zbiornika wodnego zależy od rodzaju utworów budujących jej zlewnię i od gospodarki prowadzonej przez człowieka. Jednym z wyznaczników nasilenia antropopresji są metale ciężkie odprowadzane do wód powierzchniowych ze ściekami przemysłowymi i komunalnymi oraz zmywane z pól i łąk, gdzie dostają się jako domieszki nawozów i środków ochrony roślin, z transportu oraz z emisji pyłowych trafiających do atmosfery [KAJAK, 2001; STRUTYŃSKI, ŁOJEK, 2002]. Metale ciężkie dopływające z wodami rzecznyymi gromadzą się w osadach dennych w wyniku procesów sorpcji oraz sedymentacji materii mineralnej i organicznej.

Ważną cechą, która wyróżnia metale ciężkie z innych substancji niepożądanych lub toksycznych jest to, że nie ulegają one biodegradacji, a jedynie biotransformacji [WOJTKOWSKA i in., 2005]. Metale oraz inne substancje mogą być unieruchamiane w osadach nawet na długi czas, liczony w dziesiątkach lub setkach lat [DOBICKI, 2004; POLECHOŃSKI, 2004]. Zjawisko zamulania zbiorników ma nie tylko aspekt geochemiczny, ale również techniczny (funkcjonalny) i często jest analizowane w ujęciu ilościowym oraz jakościowym [BEDNARCZYK i in., 2002; KOSTECKI i in., 1998; WIATKOWSKI, KASPEREK, 2007].

W ujęciu ilościowym zmiany miąższości osadów odłożonych w zbiorniku są mierzone w określonych odstępach czasu. Umożliwia to scharakteryzowanie dynamiki sedymentacji oraz prognozowanie tempa zmniejszania się pojemności zbiornika wodnego w trakcie jego eksploatacji. W Polsce takimi pomiarami objęto kilkanaście zbiorników wodnych na południu kraju.

Badania w ujęciu jakościowym obejmowały między innymi oznaczenie własności fizycznych i chemicznych namulów oraz ocenę ich zmienności w miarę oddalania się od punktu zasilania zbiornika [MADEYSKI, 2006]. Analiza aktualnej zawartości metali ciężkich zakumulowanych w osadach dennych zbiornika stanowi ważną informację, identyfikującą źródła, prędkość oraz drogi dystrybucji pierwiastków w akwenie i jest podstawą ustalenia możliwości wtórnego zanieczyszczenia wód zbiornika [KOSTECKI i in., 1998]. Szczególne znaczenie ma to w przypadku małych zbiorników wodnych, nieobjętych programem badań monitoringowych, realizowanych przez Państwowy Instytut Geologiczny i Inspekcję Ochrony Środowiska. Kontrola właściwości osadów, szczególnie w przypadku małych zbiorników wodnych, jest istotna również ze względu na szybkie tempo ich zamulania i konieczność okresowego odmulania. Po każdym odmuleniu osady muszą być właściwie zagospodarowane, zależnie od ich żywności oraz zanieczyszczenia.

Badania osadów dennych są istotne w aspekcie Ramowej Dyrektywy Wodnej, która zobowiązała kraje członkowskie Unii Europejskiej do ustanowienia krajowych programów monitoringu wód powierzchniowych, które mają dostarczyć pełnej i spójnej informacji o stanie ekologicznym i chemicznym wód w obrębie każdej zlewni, a także umożliwić przeprowadzenie klasyfikacji tych wód.

Na zbiorniku retencyjnym Młyny, zlokalizowanym na rzece Julianpolka, oprócz systematycznych badań hydrologicznych i analiz jakości wody [WIATKOWSKI, 2008], za konieczne uznano także przeprowadzenie analizy zawartości metali ciężkich w osadach dennych zbiornika oraz na jego dopływie i odpływie. Dotychczas nie badano zawartości metali ciężkich w osadach dennych tego zbiornika.

Celem pracy jest charakterystyka właściwości fizykochemicznych i stopnia zanieczyszczenia osadów dennych zbiornika zaporowego Młyny oraz cieku zasilającego i odpływu, pod kątem określenia przydatności lub ograniczeń w rolniczym wykorzystaniu osadów. Uzyskane wyniki będą ponadto służyły za poziom odniesienia dla badań monitoringowych planowanych w przyszłości.

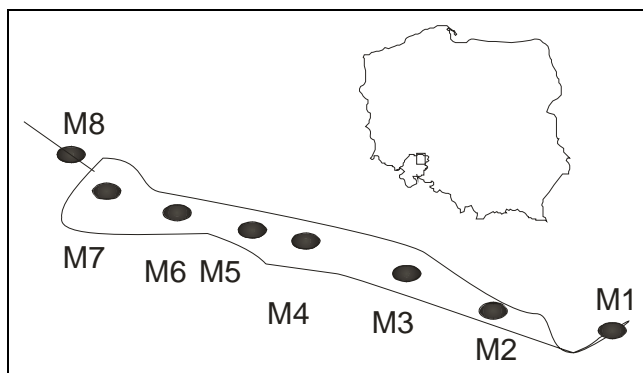
## CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAWCZEGO

Zbiornik retencyjny Młyny (fot. 1) jest zlokalizowany na rzece Julianpolka (prawy dopływ Proсны) w kilometrze 6,968, w gminie Rudniki, w północno-wschodniej części województwa opolskiego (rys. 1). Zbiornik wybudowano w miejscu istniejącego stawu w 1986 r., a w 1998 r. rozbudowano. Podczas budowy zbiornika usunięto starsze osady, aż do gruntu rodzimego. Obecnie pojemność całkowita zbiornika w warunkach normalnego poziomu piętrzenia wynosi 81 540 m<sup>3</sup>, powierzchnia – 4,53 ha, a średnia głębokość 1,8 m. Powierzchnia zlewni zbiornika wynosi 14,1 km<sup>2</sup>. Charakterystyczne przepływy Julianpolki w przekroju zbiornika wynoszą (w m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>):  $SSQ = 0,096$ ,  $NNQ = 0,019$ ,  $Q_{1\%} = 5,416$  [CHMIELEWSKI, 2003]. Zbiornik spełnia wiele funkcji, do których należy zaliczyć m.in. rolniczą (wykorzystanie wody do nawodnień rolniczych) i rekreacyjną [WIATKOWSKI, 2008].



Fot. 1. Zbiornik retencyjny Młyny. Widok na ujście Julianpolki do zbiornika (po lewej) i na zapórę zbiornika (po prawej) (fot. M. Wiatkowski)

Photo 1. Retention reservoir Młyny. Left: the Julianpolka River outlet, right: dam (photo M. Wiatkowski)



Rys. 1. Zbiornik Młyny – stanowiska pomiarowe do poboru osadów dennych M1–M8

Fig. 1. Retention reservoir Młyny – bottom sediments sampling sites M1–M8

## METODY BADAŃ

Próby osadów dennych ze zbiornika i cieku pobrano jednorazowo, we wrześniu 2006 r., w ósmym roku jego użytkowania. Na zbiorniku Młyny, wzdłuż jego osi łączącej dopływ do zbiornika (pkt M1) z odpływem (pkt M8), wyznaczono 6 stanowisk do poboru prób osadów (pktki M2–M7) (rys. 1). Na stanowiskach od M2 do M7 osady pobierano za pomocą chwytacza Ekmana-Birge'a i sondy Nurek, wyposażonej w zagłębnik szklany. Na dopływie do zbiornika (pkt M1) i na odpływie (pkt M8) materiał denny pobierano za pomocą specjalnego czerpaka. Do badań laboratoryjnych brano wierzchnią, pięciocentymetrową warstwę osadu. Na każdym ze stanowisk pobierano po pięć prób osadów jednakowej objętości, które na miejscu uśredniano. W reprezentatywnych próbkach osadów oznaczono uziarnienie (metodą areometryczną), pH (potencjometrycznie), zawartość węgla organicznego (metodą oksydometryczną), azotu ogólnego (metodą Kjeldahla), przyswajalnych form potasu i fosforu (metodą Egnera-Riehma) i magnezu (metodą Schachtschabla), a także całkowitą zawartość wybranych metali ciężkich (Ni, Zn, Pb, Cu). Próbki osadów mineralizowano w wodzie królewskiej, a stężenie pierwiastków śladowych oznaczono techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej w laboratorium Instytutu Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Uzyskane dane porównano z zawartością metali stwierdzoną w innych zbiornikach wodnych w kraju i za granicą, z tłem geochemicznym Polski, a ponadto z wartościami granicznymi podanymi w:

- rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzaju oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony;
- rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby i ziemi;

– klasyfikacji stosowanej w Państwowym Instytucie Geologicznym (PIG) [BOJAKOWSKA, 2001].

Określono wartość indeksu geoakumulacyjnego  $I_{geo}$  [MÜLLER, 1979], stosowanego jako wskaźnik stopnia zanieczyszczenia osadów dennych. Wyniki odniesiono również do wytycznych Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (PIOŚ) i Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG), określających graniczne zawartości metali ciężkich w glebach o różnym stopniu zanieczyszczenia [KABATA-PENDIAS i in., 1995]. Ocena jakości chemicznej osadów była podstawą do określenia właściwego ich wykorzystania.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Osady denne zbiornika wodnego Młyny charakteryzują się dużą zmiennością uziarnienia oraz zawartości analizowanych makroskładników i pierwiastków śladowych. Stwierdzono wyraźne przestrzenne zróżnicowanie zawartości metali ciężkich na przekroju podłużnym analizowanego obiektu (tab. 1). Koncentracja metali w osadach zgromadzonych w zbiorniku (pkty M2–M7) jest wyraźnie większa niż w materiale dennym w miejscu dopływu i odpływu. Największe zawartości niklu, cynku i ołowiu zaobserwowano na stanowisku M6, natomiast miedzi – na stanowisku M3 (tab. 1). Mniejsze zawartości metali w punkcie M1 oraz najmniejsze w osadach ze stanowiska M8 dowodzą tego, że analizowane pierwiastki podlegają wyraźnej akumulacji w osadach zbiornika retencyjnego.

**Tabela 1.** Właściwości chemiczne analizowanych osadów dennych zbiornika Młyny

**Table 1.** Chemical properties of bottom sediments from retention reservoir Młyny

Wskaźnik	Index	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Odczyn	pH <sub>KCl</sub>	6,4	6,9	7,1	6,8	6,8	6,8	6,9	6,5
Reaction	pH <sub>H2O</sub>	6,9	7,1	7,4	7,1	7,1	7,1	7,3	6,9
Przyswajalne formy:									
Available forms:									
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg·100 g <sup>-1</sup>	40,0	11,2	5,2	6,6	19,4	13,6	11,0	9,6
	K <sub>2</sub> O, mg·100 g <sup>-1</sup>	29,2	17,6	12,0	15,8	18,4	14,3	10,2	4,2
	Mg, mg·100 g <sup>-1</sup>	10,3	28,72	17,5	19,8	14,38	17,46	21,94	3,9
	C <sub>org.</sub> , g·kg <sup>-1</sup>	52,7	111,7	50,1	119,5	61,8	73,2	75,9	2,5
	N <sub>og.</sub> , g·kg <sup>-1</sup>	3,36	10,22	6,02	11,34	5,81	9,31	8,26	0,32
	Ni, mg·kg <sup>-1</sup>	31	51	51	64	48	69	62	10
	Zn, mg·kg <sup>-1</sup>	152	219	120	222	186	302	181	25
	Pb, mg·kg <sup>-1</sup>	45	88	92	90	61	109	98	3
	Cu, mg·kg <sup>-1</sup>	55	75	79	73	60	78	75	39

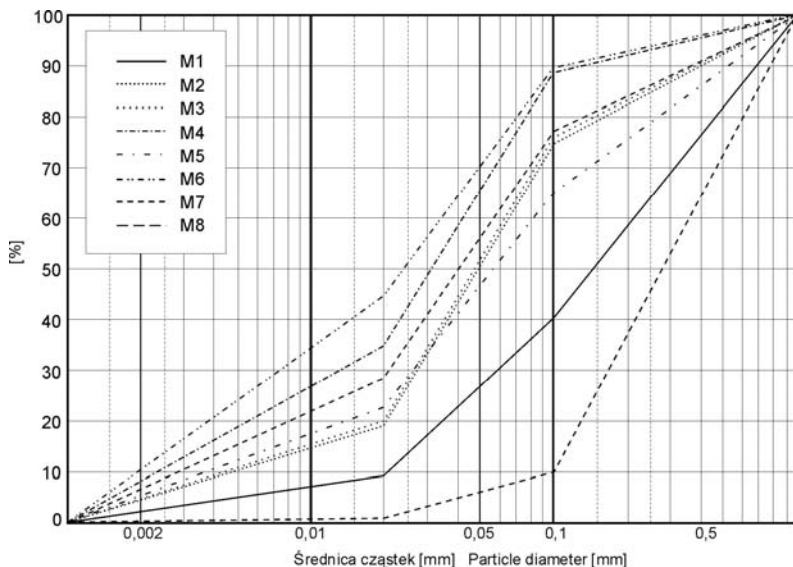
Objaśnienia: M1–M8 – punkty pomiarowe wg rys. 1.

Explanations: M1–M8 – sampling sites as in fig. 1.

Ocena właściwości fizykochemicznych i zanieczyszczenia osadów jest podstawą określenia właściwego ich wykorzystania. Jak podaje MADEYSKI [2006], o możliwości rolniczego wykorzystania osadów decydują nie tylko małe zawartości metali ciężkich, ale także odpowiednie zawartości przyswajalnych form magnezu, potasu i fosforu, świadczące o żyzności tych osadów. Zasobność osadów w makroelementy przyswajalne dla roślin była zróżnicowana – od bardzo wysokiej do niskiej (według kryteriów dla gruntów rolnych) (tab. 1). Najmniejsze stężenia potasu, magnezu i fosforu stwierdzono w materiale dennym z odpływu (stanowisko M8), największe natomiast ilości fosforu i potasu – w materiale dennym na dopływie do zbiornika (stanowisko M1). Zawartość węgla organicznego oraz azotu ogólnego w osadach ze zbiornika była kilka-, kilkanaście razy większa niż w materiale dennym z odpływu. O ile na stanowisku M8 stwierdzono  $2,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  węgla oraz  $0,32 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  azotu, to na stanowiskach M2–M7 stwierdzono od 50,1 do  $119,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  węgla organicznego oraz od 6,02 do  $11,34 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  azotu ogólnego. Tak duża zawartość substancji organicznej oznacza, że niektóre osady denne ze zbiornika można zaklasyfikować do utworów organiczno-mineralnych. Stosunek C:N był mały w osadach ze zbiornika i odpływu (8–11), co świadczy o relatywnie dużej zawartości azotu. W materiale z dopływu stosunek C:N był wyraźnie większy i wynosił ok. 16. Odczyn osadów był mało zróżnicowany, najczęściej obojętny lub na granicy słabo kwaśnego, co przejawiało się w wartościach  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  w zakresie 6,4–7,1 oraz w wartościach  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  w zakresie 6,9–7,4.

Z analizy składu granulometrycznego osadów dennych zbiornika Młyny wynika, że w obrębie zbiornika występuje typowe i wyraźne zróżnicowanie uziarnienia (rys. 2). Najgrubsze (piaskowe) uziarnienie mają materiały denne w dopływie oraz odpływie, co w sposób oczywisty wiąże się z najmniej sprzyjającymi warunkami sedymentacji frakcji drobnych. Wyraźnie drobniejsze uziarnienie, z zawartością łu do 10% i frakcji pyłowej do 60%, mają osady denne zakumulowane w zbiorniku retencyjnym, szczególnie w jego części najbardziej odległej od dopływu (stanowiska M6 i M7).

Badania osadów dennych zbiornika Młyny wykazały, że zawartość metali ciężkich przekracza znacznie wartości tła geochemicznego Polski (tab. 2). Zawartość ołowiu, niklu i miedzi w osadach zbiornika Młyny jest dużo większa niż zawartość tych metali stwierdzona w innych małych zbiornikach retencyjnych, na przykład Brzózki [WIATKOWSKI i in., 2008], Psurów [GAŁKA, WIATKOWSKI, 2010] i większość analizowanych zbiorników Małopolski [TARNAWSKI, MICHAŁEC, 2008]. Jedynie w porównaniu z akwenami dużymi, jak Zbiornik Goczałkowicki [BOJAKOWSKA i in., 2000] i niektóre zbiorniki Saksonii [ULRICH i in., 2000], osady zbiornika Młyny wypadają nieco lepiej (tab. 2). Wynika z tego, że mimo dominującego rolniczego charakteru zlewni Julianpolki, występują tu dodatkowe źródła zanieczyszczeń, prawdopodobnie ścieki komunalne o podwyższonej zawartości metali ciężkich, co jednak nie zostało przez autorów dotychczas potwierdzone. Podobny problem stwierdzono w zbiorniku Dzierżno Małe, położonym w ty-



Rys. 2. Krzywe uziarnienia materiału dennego zbiornika Młyny;  
M1–M8 – punkty pomiarowe wg rys. 1.

Fig. 2. Particle-size distribution curves of bottom sediments of reservoir Młyny;  
M1–M8 – sampling sites as in fig. 1

**Tabela 2.** Porównawcze zestawienie średnich zawartości metali ciężkich w osadach dennych wybranych akwenów Polski i Niemiec (dane literaturowe)

**Table 2.** Comparison of mean concentrations of heavy metals in bottom sediments of selected water reservoirs of Poland and Germany (based on literature review)

Obiekt Reservoir	Stężenie, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Concentration, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$			
	Cu	Ni	Pb	Zn
Zbiornik Psurów [GAŁKA, WIATKOWSKI, 2010] Psurów Reservoir	32,1	7,0	18,2	90,6
Zbiornik Dzierżno Małe [KOSTECKI i in., 1998] Dzierżno Małe Reservoir [KOSTECKI <i>et al.</i> , 1998]	27,1	22,9	106,6	560,0
Zbiornik Goczałkowice [BOJAKOWSKA i in., 2000] Goczałkowice Reservoir [BOJAKOWSKA <i>et al.</i> , 2000]	27,7	32,0	78,8	173,0
Zbiorniki wodne Małopolski i Podkarpacia [TARNAWSKI, MICHAŁEC, 2008] Reservoirs in Małopolska and Podkarpacie	17,1	22,3	14,3	–
Zbiornik Brzózki [WIATKOWSKI i in., 2008] Brzózki Reservoir [WIATKOWSKI <i>et al.</i> , 2008]	12,9	17,2	18,0	122,7
Zbiorniki w Saksonii – Niemcy [ULRICH i in., 2000] Reservoirs in Saxony – Germany [ULRICH <i>et al.</i> , 2000]	75,0	57,0	130,0	490,0
Tło geochemiczne [KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1999] Geochemical background	7,0	5,0	15,0	73,0

powej zlewni rolniczej, w którego osadach koncentracje cynku sięgają  $560 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a ołowiu – ponad  $106 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [KOSTECKI i in., 1998].

Odnosząc jakość osadów dennych zbiornika Młyny do wymogów rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzaju oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony, można stwierdzić, że osady te można uznać za niezanieczyszczone pod względem zawartości badanych metali ciężkich, z wyjątkiem osadu ze stanowiska M6 (w pobliżu zapory zbiornika). Z kolei odnosząc jakość osadów do wymogów rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, można zauważyć, że osady te, z wyjątkiem osadu ze stanowiska M6, pod względem zawartości wszystkich badanych metali ciężkich odpowiadają standardowi jakości gleb grupy B. Osady te mogą być więc stosowane na gruntach o przeznaczeniu rolniczym i leśnym, nie stwarzając zagrożenia dla środowiska glebowego. Do podobnych wniosków doszli TARNAWSKI i MICHAŁEC [2008], analizując osady 6 małych zbiorników wodnych z obszaru Małopolski i Podkarpacia.

Z klasyfikacji przedstawionej przez PIOŚ i IUNG wynika, że badane osady pod względem zawartości miedzi można zakwalifikować do gleby o II stopniu zanieczyszczenia, charakteryzującej się słabym zanieczyszczeniem. Dyskwalifikuje to stosowanie ich pod niektóre uprawy ogrodnicze, np. sałaty, szpinaku i kalafiora. Dozwolona jest uprawa roślin zbożowych, okopowych, pastewnych i wszystkich roślin przemysłowych [KABATA-PENDIAS i in., 1995].

Zgodnie z klasyfikacją osadów wodnych opracowaną przez PIG [BOJAKOWSKA, 2001] osady ze zbiornika Młyny zakwalifikowano do osadów zanieczyszczonych – ze względu na podwyższoną zawartość niklu, ołowiu i cynku – oraz do osadów miernie zanieczyszczonych – ze względu na zawartość miedzi.

Według obliczonych indeksów geoakumulacyjnych  $I_{\text{geo}}$  osady zbiornika Młyny zakwalifikowano do klasy 1., jako osady nieobciążone lub umiarkowanie obciążone [MÜLLER, 1979].

## WNIOSKI

1. Zawartość cynku, ołowiu, miedzi i niklu w osadach dennych zbiornika Młyny jest większa niż w innych niewielkich zbiornikach wodnych w Polsce oraz porównywalna z zawartościami metali w osadach zbiorników w Saksonii, co świadczy o istnieniu dodatkowych (komunalnych) źródeł zanieczyszczenia w rolniczej zlewni Julianpolki.

2. Osady denne odznaczają się korzystnym uziarnieniem, odczynem, zawartością substancji organicznej, azotu oraz makroelementów, typowymi dla gleb o wysokiej wartości rolniczej, co predestynuje je do zagospodarowania rolniczego lub rekultywacyjnego.



3. Zawartość pierwiastków śladowych kwalifikuje badane osady do osadów o II stopniu zanieczyszczenia według wytycznych PIOŚ i IUNG, jednak ich jakość mieści się w standardzie według rozporządzenia Ministra Środowiska, co oznacza, że nie ma oficjalnych przeciwwskazań do stosowania ich do użyźniania lub rekultywacji na gruntach o przeznaczeniu rolniczym. Jedynie osady położone najbliżej zapory zbiornika zawierają nadmierne ilości ołowiu, co powoduje zaliczenie ich do osadów zanieczyszczonych i uniemożliwia ich stosowanie do celów rolniczych lub rekultywacyjnych.

4. Autorzy widzą potrzebę dalszych obserwacji zmian zawartości metali w osadach dennych zbiornika Młyny, jako modelowego małego zbiornika wodnego w zlewni rolniczej, co w myśl Ramowej Dyrektywy Wodnej wspierałoby podejmowanie właściwych działań na rzecz ochrony wód przed zanieczyszczeniem.

## LITERATURA

- BEDNARCZYK T., MICHAŁEC B., TARNAWSKI M., 2002. Intensywność zamulania się małych zbiorników wodnych. Zeszyty Naukowe AR Kraków 393 Ser. Inżynieria Środowiska 23 s. 275–282.
- BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., SOKOŁOWSKA G., 2000. Wyniki monitoringu geochemicznego osadów wodnych w Polsce w latach 1998 i 1999. Warszawa: Wydaw. IOŚ ss. 165.
- BOJAKOWSKA I., 2001. Kryteria oceny zanieczyszczeń osadów wodnych. Przegląd Geologiczny 49 s. 213–218.
- CHMIELEWSKI R., 2003. Operat wodnoprawny na pobór wody powierzchniowej z rzeki Julianpolki. Opole: WZMiUW, maszynopis.
- DOBICKI W., 2004. Biodostępność metali ciężkich w środowisku jezior Suwalskiego Parku Krajobrazowego. Zeszyty Naukowe AR Wrocław 504 Ser. Rozprawy 225 ss. 115.
- GAŁKA B., WIATKOWSKI M., 2010. Metale ciężkie w wodzie i osadach dennych małego zbiornika wodnego Psurów. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 42 s. 225–232.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., TERELAK H., PENDIAS H., 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Warszawa: Wydaw. PIOŚ ss. 46.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: PWN ss. 288.
- KAJAK Z., 2001. Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Warszawa: PWN ss. 320.
- KOSTECKI M., DOMURAD A., KOWALSKI E., KOZŁOWSKI J., 1998. Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Dzierżno Małe. Cz. 3. Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika. Archiwum Ochrony Środowiska vol. 24 nr 2 s. 73–81.
- MADEYSKI M., 2006. Charakterystyka osadów stawowych oraz możliwość ich rolniczego wykorzystania. W: Zapobieganie zanieczyszczeniu, przekształcaniu i degradacji środowiska. Pr. zbior. Red. H. Kasza. Zeszyty Naukowe ATH Bielsko-Biała Ser. Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska 24 (7), s. 201–213.
- MÜLLER G., 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. Umschau 79 s. 778–783.
- POLECHOŃSKI R., 2004. Ołów w ekosystemie jeziora Ślawa – przemieszczanie, kumulacja oraz próba bilansu w dziesięcioleciu 1993–2003. Zeszyty Naukowe AR Wrocław 497 Ser. Rozprawy 223 ss. 86.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzaju oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz.U. 2002 nr 55 poz. 498).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 09 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 nr. 165 poz. 1359).
- STRUTYŃSKI J., ŁOJEK J., 2002. Zawartość kadmu, ołowiu, miedzi i cynku w wodach i osadach dennych środkowego biegu rzeki Wieprzówki. Zeszyty Naukowe AR Kraków 393 Ser. Inżynieria Środowiska 23 s. 53–59.
- TARNAWSKI M., MICHAŁEC B., 2008. Badania wybranych metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych Małopolski i Podkarpacia. W: Meteorologia, hydrologia, ochrona środowiska – kierunki badań i problemy. Pr. zbior. Red. A. Dubicki. Ser. Monografie. Warszawa: Wydaw. IMGW s. 392–397.
- ULRICH K.U., PAUL L., HUPFER M., 2000. Schadstoffgehalte in den Sedimenten von Staugewässern. Wasser und Boden 52 s. 27–32.
- WIATKOWSKI M., KASPEREK R., 2007. Ocena zamulania zbiornika wodnego Mściwojów. W: Zapobieganie zanieczyszczeniu, przekształcaniu i degradacji środowiska. Pr. zbior. Red. H. Kasza, i H. Klama. Bielsko-Biała: Wydaw. ATH s. 261–269.
- WIATKOWSKI M., 2008. Wyniki badań jakości wody dopływającej i odpływającej z małego zbiornika wodnego Młyny na rzece Julianpolka. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 9 s. 307–318.
- WIATKOWSKI M., CIESIELCZUK T., KUSZA G., 2008. Occurrence of some heavy metals in waters and bottom sediments in two small dam reservoirs. Ecological Chemistry and Engineering 15 s. 1369–1376.
- WOJTKOWSKA M., NIESIOBĘDZKA K., KRAJEWSKA E., 2005. Metale ciężkie w wodzie i osadach dennych Jeziora Czerniakowskiego. W: Obieg pierwiastków w przyrodzie. Pr. zbior. Red. B. Gworek. Warszawa: Wydaw. IOŚ s. 194–197.

*Bernard GAŁKA, Mirosław WIATKOWSKI*

#### **CHARACTERISTICS OF BOTTOM SEDIMENTS OF RETENTION RESERVOIR MŁYNY AND A POSSIBILITY OF THEIR AGRICULTURAL USE**

*Key words: bottom sediments, reservoir, heavy metals, macroelements, agricultural use of sediments*

#### **S u m m a r y**

The paper presents a characteristic of physical and chemical properties of bottom sediments from retention reservoir Młyny located on the Julianpolka River and an assessment of their usefulness for agricultural application, based on the concentration of trace elements (Ni, Zn, Pb, Cu). Heavy metal concentrations (in  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) were: Pb 3–109, Zn 25–302, Cu 39–79, and Ni 10–69. According to classification of bottom sediments quality used by Polish Geological Institute, the sediments under study were contaminated in some parts of reservoir. The values of geo-accumulation index  $I_{\text{geo}}$  qualify sediments to the class 1, which involves not polluted or moderately polluted sediments. According to the standards of the State Inspectorate for Environmental Protection and the Institute of Soil Science and Plant Cultivation, sediment quality was comparable with that of soils of the 2<sup>nd</sup> level of heavy metal contamination. According to these standards, production of vegetables is not allowed in soils or sediments of such quality. However, two regulations of the Ministry of Environment (a) on the kind and concentration of substances that pollute bottom sediments, and (b) on soil and earth quality standards, classify the sediments under study as uncontaminated, with the exception of sediments located

in the close proximity of the dam. Bottom sediments of the reservoir Młyny are suitable for reclamation and improvement of soils in agriculture and forestry.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Barbara Gworek*

*prof. dr hab. Szczepan L. Dąbkowski*

Praca wpłynęła do Redakcji 29.03.2010 r.