

*Marek Tarnawski, Bogusław Michalec*

## **CHARAKTERYSTYKA ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA OSADÓW DENNYCH ZBIORNIKA WODNEGO W WILCZEJ WOLI**

### **Streszczenie**

Określono objętość rumowiska rzeczno zatrzymanego w zbiorniku wodnym w Wilczej Woli na rzece Łęg. Zbiornik o pojemności 3,86 mln m<sup>3</sup> oddano do eksploatacji 1989 roku. Pomiary zamulania wykonano po 10, 13 i 14 latach eksploatacji. Obliczony stopień zamulania zbiornika wynosi odpowiednio: 13,08 %, 15,79 % i 16,20 %. W trakcie prac pomiarowych pobrano próby osadów dennych w celu określenia cech fizycznych i chemicznych osadów. Określenie zawartości metali ciężkich może stanowić podstawę oceny jakości osadów i możliwości ich wykorzystania w środowisku przyrodniczym po wydobyciu z dna zbiornika. Porównano zawartości substancji szkodliwych oznaczonych w osadach z wartościami granicznymi dopuszczalnymi według obowiązujących Rozporządzeń Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, wytycznych oraz kryteriów publikowanych w literaturze zachodniej.

Osady ze zbiornika w miejscowości Wilcza Wola charakteryzują się niską zawartością metali ciężkich. Zawartość badanych pierwiastków w osadach dennych nie przekroczyła wartości dopuszczalnych podanych w Rozporządzeniu w sprawie standardów jakości gleby [Dz.U. Nr 165, poz. 1359]. Wartości progowe niemieckich wytycznych dotyczące osadów dennych są 2- do 3-krotnie wyższe niż wynikające z badań zawartości metali ciężkich w namulach zbiornika w Wilczej Woli. Graniczne zawartości metali w glebach o różnych stopniach zanieczyszczenia wg IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] wykazały, że wartości Cd i Ni są na poziomie I stopnia zanieczyszczenia. Pierwszy stopień zanieczyszczenia wskazuje na podwyższoną zawartość metali, jednakże materiał glebowy może być wykorzystywany pod wszystkie uprawy po-

lowe, z wyłączeniem upraw roślinnych do produkcji żywności, o szczególnie małej zawartości pierwiastków i substancji szkodliwych.

Osady ze zbiornika w miejscowości Wilcza Wola charakteryzują się niską zawartością substancji szkodliwych, a w szczególności metali ciężkich. Wydobyte osady z dna zbiornika nie będą stanowić zagrożenia dla środowiska wodnego, jak i glebowego.

**Słowa kluczowe:** mały zbiornik wodny, zamulanie, stopień zamulania, osad denny, metale ciężkie

## WSTĘP

Pomiary wielkości zamulenia zbiorników wodnych dostarczają informacji o tempie procesów zamulania, powodujących ograniczenie warunków eksploatacji. Według kryterium Hartunga zbiornik nie spełnia już swojej funkcji, jeżeli jego pojemność zostanie zmniejszona do 80% [Batuca, Jordaan 2000]. Hartung podaje, że średnia roczna strata pojemności wynosi 0,25% w przypadku dużych zbiorników, 0,5%, w przypadku średnich zbiorników i 3,0% w przypadku małych zbiorników wodnych. Średnie roczne tempo zamulania zbiorników wybudowanych w Polsce, należących do kategorii średnich w skali globalnej, tj. takich, których pojemność wynosi 1–1000 mln m<sup>3</sup>, określone na podstawie pomiarów mieści się w przedziale 0,02–0,58% [Cyberski 1970].

Duże zbiorniki wodne w południowej Polsce ulegają szybkiemu zamuleniu. Największym nasileniem redukcji pojemności charakteryzują się zbiorniki karpackie. Pod względem wielkości zamulania Łajczak [1995] wyróżnia zbiornik Rożnów, który do 1990 roku, tj. przez blisko pięćdziesiąt lat pracy, utracił 28% początkowej objętości, a tempo utraty pojemności początkowej wynosi 0,58% rocznie.

Największe tempo wypływania zauważa się w przypadku niewielkich zbiorników wodnych. Znaczna utrata pojemności uniemożliwia ich prawidłową eksploatację, prowadząc do konieczności przeprowadzenia prac odmulających. W przypadku małych zbiorników najczęściej przeprowadza się je przy pomocy ciężkiego sprzętu mechanicznego. Przyrodnicze zagospodarowanie, niekontrolowanych chemicznie osadów wodnych wiąże się z ryzykiem zwiększenia w środowisku glebowym zawartości substancji szkodliwych, w tym metali ciężkich. Ocena jakości chemicznej osadów jest nie tylko odzwierciedleniem stanu środowiska, ale powinna być podstawą do określenia właściwych sposobów ich zagospodarowania przyrodniczego lub utylizacji. Istniejące normy obciążeń pierwiastkami, różnych elementów

środowiska naturalnego traktują marginalnie kwestie jakości osadów dennych. Wynika to z rzadko przeprowadzanych prac odmulających. Postępujący proces zamulania małych zbiorników wodnych skłania do podjęcia badań i dyskusji nad możliwościami zagospodarowania wydobytych osadów. Ocenę jakości osadów można przeprowadzać przez analogię do składu chemicznego gleb lub innych substancji odpadowych wprowadzanych do środowiska lub wykorzystywanych do celów przyrodniczych, w tym nawozowych czy rekultywacyjnych.

Warunki jakim muszą odpowiadać, w celu wykorzystania osadów ściekowych, określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. [Dz.U. Nr 134, poz. 1140]. Rozporządzenie to określa zakres badań osadów, jak i gleby, do wzbogacenia których mają zostać wykorzystane osady. W myśl Rozporządzenia osady mogą być wykorzystane do: rekultywacji gruntów na cele rolne, rekultywacji gruntów na cele nierolnicze, dostosowania gruntów do określonych potrzeb wynikających z lokalizacji parków, hałd górniczych i hutniczych, terenów po wysypiskach odpadów itp., do uprawy roślin przeznaczonych do kompostowania, do uprawy roślin paszowych i przemysłowych.

Aktem prawnym, wzmiankującym o osadach dennych i określającym wartości progowe szkodliwych substancji w glebie jest Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. [Dz.U. Nr 165, poz. 1359] dotyczące przyjęcia standardów jakości ziemi. Glebę lub ziemię uznaje się za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji przekracza określoną wartość dopuszczalną. W § 3 Rozporządzenia dokładnie określa się, że osady pochodzące z dna zbiorników powierzchniowych wód stojących lub płynących, wykorzystywane w pracach ziemnych, powinny spełniać kryteria dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających. Rozporządzenie wprowadza standardy jakości gleby, z uwzględnieniem aktualnej i planowanej funkcji gruntu, wydzielając trzy grupy. Grupę A stanowią obszary chronione. Ze względu na ewentualne rozważanie rolniczego wykorzystania osadów, stężenia substancji zanieczyszczających nie powinny przekraczać wartości określonych dla gruntów grupy B (grunty użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane). Grupa C to tereny przemysłowe, użytki kopalniane i tereny komunikacyjne. Obszary te mają najniższe standardy jakościowe i mogą podlegać działaniom rekultywacyjnym z wykorzystaniem osadów.

Również Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska wprowadziła geochemiczną klasyfikację osadów wodnych, opartą na wartościach progowych uwzględniających szkodliwy wpływ zakumulowanych w osadach zanieczyszczeń na organizmy wodne [Bojakowska, Sokołowska 1998]. Osady zaliczone do I i II klasy – osady niezanieczyszczone i miernie zanieczyszczone – mogą być dowolnie zagospodarowywane w środowisku wodnym i lądowym: deponowane w akwenach, stosowane do użytku gleb, wykorzystywane do odtwarzania uszkodzonych i nadbudowy nadbrzeży lub grobli. Osady III klasy charakteryzujące się wyższą zawartością szkodliwych składników mogą być relokowane w wodzie w wyznaczonych miejscach, a zagospodarowywane na lądzie w ograniczonym stopniu, pod uprawy przemysłowe lub niekiedy wykluczane z rolniczego wykorzystania. Klasę IV stanowią osady bardzo zanieczyszczone, w których chociażby dla jednego składnika przekroczona jest dopuszczalna zawartość określona w klasie III.

Ustalone w Niemczech wytyczne dotyczące dopuszczalnych wartości szkodliwych składników w osadach śródkowodnych, wydobywanych podczas prac pogłębiarskich, dzielą osady na dwie klasy. Normy o zawartości metali ciężkich poniżej progowej wartości ( $RW_1$  – *richt werte*), można relokować w wodach lub dowolnie zagospodarowywać w środowisku lądowym. Przekroczenie wartości granicznej ( $RW_2$ ) w wydobywanych osadach obliguje do specjalnego składowania lub fitoremediacji.

Do oceny jakościowej osadów dennych planowanych do zagospodarowania wykorzystano także rygorystyczne kryteria zanieczyszczeń gleby, które zostały opracowane przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska i Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach [Kabata-Pendias i in. 1993]. Wytyczne określają wskaźniki oceny zanieczyszczenia jako maksymalne, dopuszczalne wartości metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gleby. Wyróżnia się pięć stopni zanieczyszczenia gleb: stopień 0 – gleby niezanieczyszczone, stopień I – gleby o podwyższonej zawartości metali, stopień II – gleby słabo zanieczyszczone, stopień III – gleby średnio zanieczyszczone, stopień IV – gleby silnie zanieczyszczone i stopień V – gleby bardzo silnie zanieczyszczone. Wykorzystanie tych wytycznych do oceny jakościowej osadów zbiornikowych jest szczególnie korzystne, gdyż oprócz zróżnicowania granulometrycznego wytyczne podają charakterystykę każdego stopnia zanieczyszczenia gleby, ujmując możliwości ich rolniczego wykorzystania.

Celem badań jest określenie wielkości zamulania zbiornika wodnego w Wilczej Woli oraz określenie właściwości fizycznych i chemicznych osadów dennych. Określona zawartość pierwiastków chemicznych, w tym metali ciężkich, zostanie porównana z wartościami progowymi dopuszczalnych stężeń podanych w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa oraz wytycznymi opracowanymi przez PIOŚ i IUNG, a także z niemieckimi wytycznymi dotyczącymi osadów słodkowodnych. Ocena porównawcza stężeń pierwiastków chemicznych w osadach stanowić będzie podstawę określenia zagrożenia dla środowiska wodnego, jak i glebowego oraz ewentualnego ich wykorzystania gospodarczego.

### **CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI RZEKI ŁĘG I ZBIORNIKA W WILCZEJ WOLI**

Zbiornik wodny w miejscowości Wilcza Wola zlokalizowany jest na rzece Łęg – prawobrzeżnym dopływie Wisły. Źródła Łęgu, zwanego w górnym biegu Zyzogą wypływają na wysokości około 245 m n.p.m. w południowej części Płaskowyżu Kolbuszowskiego. Zapora zbiornika w Wilczej Woli zlokalizowana jest w 56,1 km biegu rzeki Łęg, zamykając zlewnię cząstkową o powierzchni 233,0 km<sup>2</sup>. Zlewnia rzeki Łęg należy do Płaskowyżu Kolbuszowskiego i Równiny Rozwadowskiej, położonych w obrębie Kotliny Sandomierskiej. W wielu miejscach kotliny, a zwłaszcza w jej najniższej położonych częściach występują torfowiska i mokradła.

Dolina rzeki Łęg o szerokości 10 km, charakteryzuje się mało rozwiniętą rzeźbą pionową, która stopniowo przechodzi w płaskie lub lekko faliste tereny wododziałowe. Rzeka wcina się w piaszczyste dno doliny na głębokość 2–4 m. Spadki podłużne cieku wahają się w granicach 0,5–2,0 ‰.

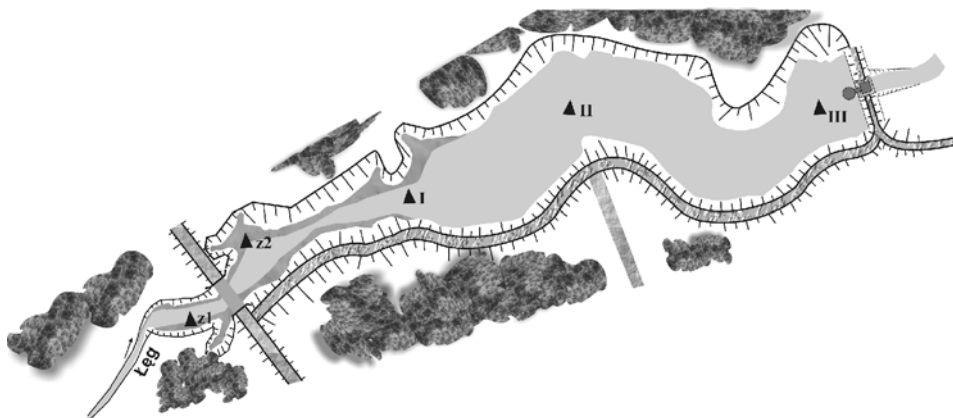
Gleby Płaskowyżu Kolbuszowskiego należą do gleb średnich klas bonitacyjnych. Górna część zlewni Łęgu pokryta jest glebami bielico-wymi wytworzonymi z utworów fliszowych o składzie pyłów gliniastych i ilastych. Dno doliny wyścielają mady piaszczyste i utwory akumulacji rzecznej. Pozostały obszar zlewni pokryty jest glebami powstałymi z piasków całkowitych luźnych, słabo gliniastych i gliniastych. Niewielkie obszary zlewni zajmują gleby mułowo-błotne lub torfowe.

Użytki leśne w zlewni zamkniętej zaporą zajmują około 11%. W znacznej części zalesiony jest teren w bezpośrednim sąsiedztwie

zbiornika, przeważają drzewostany iglaste. Gleby średniej jakości, należące do III i IV klasy bonitacyjnej zajmują 64% powierzchni użytkowanej rolniczo. Użytki zielone zajmują około 22%, a grunty orne 46% powierzchni zlewni cząstkowej. Na użytkach ornym dominującą uprawą są zboża, mniejszy udział mają uprawy roślin okopowych. Pozostałe około 21,0% powierzchni stanowią tereny obejmujące wody powierzchniowe, tereny osiedlowe, drogi, koleje i nieużytki.

Wody Łęgu należą do II klasy czystości, gdyż ze względu na brak przemysłu zlokalizowanego w zlewni, zanieczyszczane są jedynie ściekami gospodarczo-bytowymi i efektami spływu powierzchniowego z obszarów rolniczych.

W 1989 roku został oddany do eksploatacji zbiornik wodny, którego zadaniem jest zapewnienie wody: dla pokrycia zapotrzebowania lokalnych wodociągów we wsi Raniżów i Wola Raniżowska, dla nawodnień deszczownianych oraz dla gospodarstwa stawowego w Wilczej Woli. Dodatkowym zadaniem była funkcja retencyjna, jednakże mała pojemność powodziowa, ma niewielki wpływ na zmniejszenie kulminacji fali powodziowej. Obecnie zbiornik pełni również funkcję rekreacyjną i zagospodarowany jest przez Polski Związek Wędkarski.



**Rysunek 1.** Plan zbiornika wodnego na rzece Łęg w Wilczej Woli z zaznaczonymi miejscami poboru prób osadów dennych (z1, z2, I, II, III)

Pojemność zbiornika wynosi 3,86 mln m<sup>3</sup>, przy powierzchni zalewu 160,00 ha przy zachowaniu rzędnej piętrzenia normalnego 188,50 m n.p.m., średnia głębokość wynosi 2,45 m. Powstały zbiornik

jest zbiornikiem typu korytowego, a jego długość mierzona w osi wynosi 6,5 km. Sekcję przelewową stanowi wbudowany w centralną część korpusu zapory czołowej jaz o konstrukcji zespolonej.

### METODYKA BADAŃ

W latach 1999, 2002 i 2003 wykonane zostały pomiary zamulania zbiornika w Wilczej Woli. Sondowania dna zbiornika wykonano z łodzi. Pomiary wykonano metodą punktów rozproszonych. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów opracowano poprzeczne przekroje zbiornika, nanosząc zmiany rzędnych dna. Umożliwiło to obliczenie pola powierzchni odkładów w poszczególnych przekrojach. Uwzględniając odległości między przekrojami, określono objętość odkładów pomiędzy przekrojami i w całym zbiorniku. Obliczono stopień zamulenia wyrażony jako stosunek objętości odkładów rumowiska do pojemności pierwotnej zbiornika.

W trakcie pomiarów zamulania dokonano również poboru próby osadów dennych. Próby materiału dennego zostały pobrane za pomocą sondy rurowej w trzech przekrojach zbiornika: wlotowym, środkowym i wylotowym (próby nr I, II i III zaznaczone na rys. 1). Pobrano również dodatkowo próby osadów zdeponowanych w obszarach namulników (próby nr z1 i z2 zaznaczone na rys. 1). Próby pobrano z warstw osadów: górnej (0–0,2 m) i dolnej (0,2–0,4 m). Analizy laboratoryjne pozwoliły na określenie składu mechanicznego metodą areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, zawartości substancji organicznej metodą wyżarzania, gęstości właściwej pikto-metrycznie, ciężaru objętościowego. Zakres analiz chemicznych obejmował oznaczenie zawartość w próbie metali ciężkich metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej (ASA) na aparacie Z 8200 firmy Hitach oraz pH metodą potencjometryczną. Analizy przeprowadzono według metodyki przedstawionej w pracy Tarnawskiego [2003].

Ocenę jakości osadów przeprowadzono przez analogię do składu chemicznego gleb lub innych substancji odpadowych określonego w obowiązujących Rozporządzeniach Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 1 sierpnia 2002 r. [Dz.U. Nr 134, poz. 1140] i 9 września 2002 r. [Dz.U. Nr 165, poz. 1359]. Wykorzystano również wytyczne opracowane przez PIOŚ [Bojakowska, Sokołowska 1998] i IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] oraz niemieckie wytyczne dotyczące osadów słodkowodnych. Do oceny chemizmu osadów zastosowano także metodę geochemiczną, wyróż-

niającą 7 klas stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi wynikającymi z wartości wyznaczonego indeksu geoakumulacyjnego ( $I_{geo}$ ), zaproponowaną przez Müllera [1981]:

$$I_{geo} = \log_2 C_n / 1,5 B_n \quad (1)$$

gdzie:  $C_n$  – koncentracja pierwiastka w osadzie,  $B_n$  – wartość tła geochemicznego dla badanego pierwiastka, 1,5 – współczynnik uwzględniający zmienność litologiczną zlewni.

Metoda polega na porównaniu zawartości składników zanieczyszczających osad z zawartościami tych składników spotykanymi w naturalnych utworach glebowych, stanowiących tło geochemiczne.

## WYNIKI

Wyniki pomiarów wielkości zamulania i stopnia zamulania zbiornika Wilcza Wola w poszczególnych latach eksploatacji zamieszczono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Stopień zamulenia zbiornika Wilcza Wola  
**Table 1.** Silting ratio of water reservoir at Wilcza Wola

Rok <i>Year</i>	Rok eksploatacji <i>Year of operation</i>	Objętość zamulenia <i>Silting volume</i> [m <sup>3</sup> ]	Stopień Zamulenia <i>Silting ratio</i> [%]
1999	10	504900	13,08
2002	13	609600	15,79
2003	14	625300	16,20

Wielkość dostawy materiału terrygenicznego ze zlewni dopływu bezpośredniego do zbiornika obliczona na podstawie pomiarów batymetrycznych wynosi średnio rocznie 63,19 tys. t · rok<sup>-1</sup>. Średnia roczna objętość rumowiska zatrzymana w zbiorniku, obliczona po czternastu latach eksploatacji zbiornika, wynosi 44,66 tys. t · rok<sup>-1</sup>. Zbiornik zatrzymuje ok. 70% całkowitego transportu rumowiska.

Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły na określenie podstawowych cech fizycznych zdeponowanego na dnie zbiornika materiału (tab. 2) [Tarnawski 2003].



**Tabela 2.** Właściwości fizyczne osadów dennych zbiornika wodnego w Wilczej Woli

**Table 2.** Physical properties of bottom sediments of water reservoir at Wilcza Wola

Nr próbki Sampling No	Zawartość procentowa poszczególnych frakcji Percentage content of sediment fractions [mm]						Materia organiczna Organic matter	Ciężar właściwy Specific weight	Gęstość objętościowa Bulk density	
	1,0 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,02	0,02 - 0,005	0,005 - 0,002	< 0,002	[%]	[g·dcm <sup>-3</sup> ]	[g·dcm <sup>-3</sup> ]	
z1	G	42	21	16	7	7	7	3,08	2,61	1,58
	D	49	18	15	8	6	4	2,34	2,62	1,65
z2	G	46	20	13	7	5	9	2,96	2,62	1,59
	D	41	22	15	9	5	8	2,21	2,62	1,67
I	G	48	21	14	6	3	8	2,45	2,62	1,59
	D	42	17	16	9	5	11	3,53	2,67	1,67
II	G	33	28	21	7	3	8	3,18	2,60	1,62
	D	46	17	15	7	5	10	2,73	2,60	1,71
III	G	54	15	13	6	4	8	1,65	2,66	1,67
	D	materiału dennego nie pobrano / bottom sediments was not sampling								

Analizy chemiczne określiły zawartość pierwiastków śladowych oraz odczyn osadu dennego (tab. 3) [Tarnawski 2003].

**Tabela 3.** Właściwości chemiczne osadów dennych zbiornika wodnego w Wilczej Woli

**Table 3.** Chemical properties of bottom sediments of water reservoir at Wilcza Wola

Badana cecha Investigated characteristic	Jednotka Unit	Nr próby Sampling No									
		z1		z2		I		II		III	
		(G)	(D)	(G)	(D)	(G)	(D)	(G)	(D)	(G)	(D)
Metale ciężkie Heavy metals	Cr	14,1	18,7	15,1	19,0	13,3	19,2	10,4	14,4	16,1	–
	Ni	7,3	9,0	8,0	10,9	8,8	10,7	8	10,3	6,07	–
	Cu	4,6	4,7	4,7	4,8	4,5	4,7	4,7	6,7	5,4	–
	Zn	24,3	33,9	26,2	35,0	23,9	34,5	25,6	25,5	13,3	–
	Cd	0,46	0,19	0,45	0,21	0,45	0,2	0,1	0,1	0,47	–
	Pb	9,0	11,2	9,2	11,4	8,7	11	11,5	10,7	5,7	–
pH		5,5	5,8	5,7	6,0	5,6	6,1	5,6	6,0	6,4	–

Czaszę zbiornika w Wilczej Woli wypełniają utwory o charakterze piasku i pyłu piaszczystego z niewielką zawartością materii organicznej. W strefie wylotowej nie pobrano materiału z warstwy dolnej, gdyż dwukrotnie w roku otwierane są upusty denne, powodujące erozję hydrauliczną osadów i wypłukanie ich ze strefy przyzaporowej. Głębiej zalegające w dnie warstwy piasku grubego stanowią grunt rodzimy. Osady zbiornika w Wilczej Woli charakteryzują się odczynem kwaśnym i stosunkowo równomiernym rozkładem stężeń metali ciężkich.

## WNIOSKI

Obliczony stopień zamulania zbiornika wodnego w Wilczej Woli po 10, 13 i 14 latach eksploatacji wynosi odpowiednio: 13,08%, 15,79% i 16,20%. Średnie roczne zamulanie wynosi 0,87%. Badania procesu zamulania małych zbiorników wodnych wykazały, że w ciągu kilkunastu lat eksploatacji zostają one zamulone w 50–60 %, a roczne zamulanie mieści się w przedziale 1,87–5,08% [Bednarczyk i in. 2002]. Niska wartość stopnia zamulenia zbiornika w Wilczej Woli, pomimo dużego natężenia transportu rumowiska unoszonego, może wynikać z jego znacznej pojemności. Zbiornik ten charakteryzuje współczynnik pojemności wynoszący 9,64 %. Współczynnik pojemności małych zbiorników wodnych, o pojemności od 112 tys. m<sup>3</sup> do 1800 tys.m<sup>3</sup>, mieści się w przedziale 0,11-4,45% [Michalec, Tarnawski 2004]. Zbiornik w Wilczej Woli, ze względu na współczynnik pojemności można zakwalifikować do grupy zbiorników wodnych średniej wielkości, które charakteryzują się niewielkim przyrostem odkładów, tym samym niewielkim zwiększaniem się stopnia zamulenia. Zbiornik w Wilczej Woli ulega zamuleniowi w wolniejszym tempie. Jest to również efektem wykonanych w części cofkowej zamulników.

Osady ze zbiornika w miejscowości Wilcza Wola charakteryzują się niską zawartością metali ciężkich. Ustalone w Rozporządzeniu w sprawie standardów jakości gleby wartości dopuszczalne dla żadnego z badanego pierwiastka nie zostały przekroczone. Tym samym osad zalegający na dnie zbiornika odpowiada pod względem chemicznym glebom obszarów chronionych (grupa A). Wyliczone indeksy geoakumulacyjne, dla wszystkich metali w porównaniu z tłem geochemicznym dla regionu Płaskowyżu Kolbuszowskiego, przyjmują wartości mniejsze od zera, stanowiąc 0 klasę – osad niezanieczyszczony. Również metoda oceny osadów wodnych stosowana przez PIOŚ, wykazała najmniejsze zanieczyszczenie, klasyfikując osady do najwyższej I klasy.

Wartości progowe niemieckich wytycznych dotyczące słdkowodnych osadów dennych są 2 do 3-krotnie wyższe niż wynikające z badań zawartości metali ciężkich w namulach zbiornika w Wilczej Woli. Wytyczne te dopuszczają dowolne relokowanie w wodach płynących lub stojących oraz zagospodarowanie w środowisku lądowym materiału o tak niskim poziomie zawartości metali ciężkich.

Graniczne zawartości metali w glebach o różnych stopniach zanieczyszczenia wg IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] wykazały, że wartości Cd i Ni są na poziomie I stopnia zanieczyszczenia, a nie jak to się ma w przypadku pozostałych pierwiastków na poziomie 0 stopnia. I stopień wskazuje na podwyższoną zawartość metali, jednakże materiał glebowy może być wykorzystywany pod wszystkie uprawy polowe, z wyłączeniem upraw roślinnych do produkcji żywności o szczególnie małej zawartości pierwiastków i substancji szkodliwych.

Wydobyte osady z dna zbiornika w miejscowości Wilcza Wola nie stanowią zagrożenia dla środowiska wodnego, jak i glebowego. Mogłyby zostać wykorzystane zarówno do poprawy jakości gleby na terenach zielonych jak i użytkach rolnych. Właściwości fizyczne osadów mogłyby wpłynąć na poprawę warunków powietrzno-wodnych, w przypadku wykorzystania ich na obszarach o glebach zwięzłych. Osady te mogą również stanowić substancję rekultywacyjną, będąc podstawą wykształcenia nowej warstwy gleby na terenach zdegradowanych.

## BIBLIOGRAFIA

- Batua G. D., Jordaan M. J. *Silting and Desilting of Reservoirs*. A.A.Balkema. Netherlands, Rotterdam 2000.
- Bednarczyk T., Michalec B., Tarnawski M. *Intensywność zamulania się małych zbiorników wodnych*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Nr 393, Z. 23, ser. Inżynieria Środowiska, Kraków 2002, s. 275–282.
- Bojakowska I., Sokołowska G. *Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych*. Prz. Geol., vol. 46, 1998, nr 1.
- Cyberski J. *Badania akumulacji rumowiska w zbiornikach retencyjnych w Polsce*. Gospodarka Wodna, XXX, 2. Warszawa 1970, s. 43–46.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Witek T. *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką*. IUNG, Puławy 1993.
- Łajczak A. *Studium nad zamulaniem wybranych zbiorników zaporowych w dorzeczu Wisły*. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, zeszyt 8, Oficyna Oficyna Wydawnicza PWN, Warszawa 1995.
- Michalec B., Tarnawski M. *Analysis of sediment trap efficiency of small water reservoirs*. Proceedings of 22<sup>st</sup> Conference of the Danube Countries, 30 Aug. –2 Sep. 2004. (the abstracts in a volume on pages 108-109 and the full text on CD). Czech Republic, Brno 2004.

Müller G. *Die Schwermetallbelastung der Sedimenten des Neckars und Seiner Nebenflüsse*. Chemiker-Zeitung 6, 1981, s. 157.

*Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r.* [Dz.U. Nr 134, poz. 1140].

*Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.* [Dz.U. Nr 165, poz. 1359].

Tarnawski M. *Charakterystyka osadów dennych w niektórych małych zbiornikach wodnych*. Rozprawa doktorska. Akademia Rolnicza w Krakowie 2003.

dr inż. Marek Tarnawski, dr inż. Bogusław Michalec  
Akademii Rolnicza w Krakowie  
Katedra Inżynierii Wodnej  
30-120 Kraków  
Al. A. Mickiewicza 24/28  
tel.: 0 12 633-53-42  
e-mail: rmtarnaw@cyf-kr.edu.pl, rmmichbo@cyf-kr.edu.pl,

Recenzent: *Prof. dr hab Jerzy Ratomski*

*Marek Tarnawski, Bogusław Michalec*

## **THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF BOTTOM DEPOSITS IN WATER RESERVOIR AT WILCZA WOLA**

### **SUMMARY**

Determined were the volume of river sediment captured in a water reservoir at Wilcza Wola on the Łęg river. The water reservoir with 3.86 mln m<sup>3</sup> capacity was put into operation in 1989. Silting measurements were performed after 10, 13 and 14 years of operation. Computed reservoir silting ratio were respectively: 13.08%, 15.79% and 16.20%. Samples of bottom deposits were collected to determine their physical and chemical properties. Determining of heavy metal concentrations may provide a basis for the sediment quality assessment and their potential applications in the environment after extracting from the reservoir bottom. Contents of harmful substances assessed in the sediments were compared with limit values permissible by the decrees of the Minister of Natural Environment Protection, Natural Resources and Forestry guidelines and criteria suggested in the foreign literature of the subject.

The sediments from the water reservoir at Wilcza Wola are characterized by a low content of heavy metals. According to the Decree on soil quality standards [Journal of Laws, No.65, item 1359] none of the values established for the studied

elements were exceeded. According to German guidelines threshold values of heavy metal concentrations in bottom deposits are between twice and thrice higher than those obtained in the studies on silt deposits from the Wilcza Wola reservoir. Limit values of heavy metal concentrations in variously polluted soils, according to IUNG [Kabata-Pendias 1993], revealed that Cd and Ni values are on the 1<sup>st</sup> level of pollution. The first level of pollution points to elevated heavy metal concentrations, but the soil material may be used for all field crops, excluding crops for production of food with especially low contents of harmful elements and substances.

The deposits from the reservoir at Wilcza Wola are characterized by low content of harmful substances, particularly heavy metals. The sediments extracted from the bottom of the reservoir will not pose any hazard for either water or soil environment.

**Key words:** small water reservoir, silting, silting ratio, bottom deposits, heavy metals