



## Ocena stanu osadów dennych wybranych jezior powiatu poznańskiego

*Agnieszka Karwacka<sup>\*</sup>, Przemysław Niedzielski<sup>\*\*</sup>,*

*Ryszard Staniszewski<sup>\*\*\*</sup>*

*<sup>\*</sup>Starostwo Powiatowe, Poznań*

*<sup>\*\*</sup>Uniwersytet im. Adama Mickiewicza*

*<sup>\*\*\*</sup>Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań*

### 1. Wstęp

Proces wzbogacania wód biogenami pochodzącymi z rozwoju przestrzennego miast i wsi, transportu, rolnictwa i różnego rodzaju gałęzi przemysłu, prowadzi do postępującej eutrofizacji wód, która nie tylko doprowadza do degradacji środowiska wodnego ale również wpływa niekorzystnie na walory estetyczne i możliwości wykorzystania wód do celów rekreacyjnych. Wśród różnych definicji pojęcia eutrofizacja dominuje ta wskazująca, że jest to naturalny proces zachodzący w wodach powierzchniowych, związany z dopływem materii organicznej bądź mineralnej, która ulegając rozkładowi, stanowi przyswajalne dla roślin formy mineralnych pierwiastków [1, 7, 10, 11]. Na proces ten szczególnie narażone są naturalne zbiorniki wodne takie jak jeziora [9]. W przypadku prawidłowo funkcjonującego systemu jeziornego, pomiędzy dopływem materii do jeziora a przyrostem substancji organicznych jest zapewniona równowaga, prowadząca do występowania gatunków roślinnych i zwierzęcych na stabilnym poziomie [14]. W wyniku zwiększania puli biogenów w ekosystemie następuje zachwianie tej równowagi [2, 3]. Bez względu na charakter oraz sposób przedostawania się biogenów do wód, znaczącą rolę w mechanizmie przepływu i stopniu transformacji zanieczyszczeń odgrywa samo jezioro [8]. Stan ekosystemów jezior oraz

wpływ antropopresji na jakość wód zależy w dużej mierze od ich naturalnych charakterystyk [8, 17]. Na jakość wód jeziornych wpływają m.in. sposób użytkowania terenu zlewni jeziora (bezpośredniej i całkowitej) i jego uwarunkowania naturalne [12]. Autorzy, na podstawie trzech jezior położonych w zlewni rzeki Drawy stwierdzili, że zwiększony ładunek związków azotu i fosforu pochodzący z dopływów jezior oraz spływów powierzchniowych, przy współdziałaniu z naturalnymi uwarunkowaniami zbiorników może powodować pogorszenie się jakości wód jezior [12]. Dlatego też poza oceną stanu czystości wód jezior ważną rolę w ocenie stanu zbiornika odgrywa również analiza stopnia podatności jezior na degradację. Zdanie to w swej pracy podzielają Cydzik i współautorzy [6], Lange oraz Buraschi wskazują w swoich badaniach cechy morfometryczne oraz system wykształcenia wewnętrznej struktury jeziora jako czynniki określające podatność jezior na degradację [4, 15].

Zjawisko to nabiera szczególnego znaczenia dla obszaru Wielkopolski, która należy do najmniej zasobnych obszarów wodnych Polski [13]. Doskonałym obszarem badań w tym zakresie jest więc powiat poznański. Jest to jeden z największych powierzchniowo powiatów ziemskich w Polsce, charakteryzujący się w okresie ostatnich dziesięciu lat bardzo wysokim procesem relokacji ludności z miasta Poznania, który w znaczący sposób wpływa na rozwój gospodarczy i przestrzenny powiatu, a co za tym idzie również na jego charakter. Ponadto, obecnie powiat poznański jest jednym z najbardziej zaludnionych powiatów ziemskich, o jednym z najwyższych potencjałów gospodarczych w kraju. Dlatego też, leżące na tym obszarze liczne jeziora, z uwagi na swoje położenie, oraz zmieniającą się strukturę powiatu, stanowią interesujące pole badawcze. Jeziora, będące odbiornikiem kierowanych do środowiska ścieków, będące pod coraz to większą presją człowieka, są najlepszym obiektem badań do oceny wpływu działalności antropogenicznej na stan eutrofizacji wód. Analiza literatury wykazała, jednak że stan rozpoznania jakości wód jezior powiatu poznańskiego jest niewielki. Z wyjątkiem zbiorników leżących na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego, jedynie nieliczne duże zbiorniki, dotychczas były obiektem badań. Spośród badanych jezior jedynie wody czterech z nich zostały objęte w latach 2010–2012 Państwowym Monitorowaniem Środowiska. Brak jest również badań określających poza warunkami biologicznymi i fizykochemicznymi ekosystemu jeziornego, wpływu osadów dennych tych

wód, które to dopiero pozwalają w pełni określić poziom presji antropogenicznej na dany zbiornik. To w osadach dennych właśnie kumulowane są zanieczyszczenia trafiające do zbiornika. W sprzyjających warunkach skumulowane w osadach dennych zanieczyszczenia mogą ponownie zostać uwolnione do toni, stanowiąc potencjalne źródło zagrożenia dla całego ekosystemu.

Celem przeprowadzonych badań było określenie stopnia podatności wybranych jezior Powiatu Poznańskiego na degradację oraz ocena jakości osadów dennych tych zbiorników.

## **2. Cel pracy oraz metodyka badań**

Badania przeprowadzono dla 35 zbiorników leżących na terenie 11 gmin powiatu poznańskiego. Badania objęły jeziora: Bolechowskie, Trzasko, Dobre w gminie Murowana Goślina, Gackie, Głębocko, Głęboczek, Kamińsko, Leśne, Łomno, Okoniec, Pławno, Tuczno w gminie Murowana Goślina, Zielonka, Jerzyńskie, Stęszewskie, Biezdruchowskie, Dobre w gminie Pobiedziska, Wrończyńskie Duże, Wrończyńskie Małe, Wójtostwo, Tuczno w gminie Pobiedziska, Swarzędzkie, Bnińskie, Kórnickie, Skrzyneckie Duże, Skrzyneckie Małe, Strykowskie, Tomickie, Konarzewskie, Niepruszewskie, Lusowskie, Kierskie Małe, Chludowskie i Glinnowieckie. Wybrane zbiorniki odzwierciedlają specyfikę danego regionu, a także charakteryzują się zróżnicowaniem wewnątrzregionalnym. Dotyczy to zarówno zróżnicowania morfometrycznego, jak również sposobu użytkowania zlewni i samych zbiorników. Z badań wykluczono zbiorniki zlokalizowane na obszarze Wielkopolskiego Parku Narodowego.

Punktem wyjścia do badań było zgromadzenie danych dotyczących cech morfologicznych oraz sposobu zagospodarowania zlewni jezior. Charakterystyka badanych obiektów dotyczyła ich lokalizacji, charakterystyki zlewni oraz sposobu zagospodarowania samych zbiorników. Dokonano również zestawienia informacji dotyczących powierzchni jezior, ich objętości, głębokości oraz długości linii brzegowej. Dla potrzeb pracy dokonano również pomiarów powierzchni zlewni zbiorników, które posłużyły do określenia współczynnika Schindlera. Zgromadzone dane posłużyły do określenia stopnia podatności na degradację poszczególnych jezior. Dlatego też w pracy wykorzystano metodykę zaproponowaną przez Stępniew-

ską [18], opartą na czterech wskaźnikach charakteryzujących cechy hydrologiczne i morfologiczne badanych jezior. Kryteria przyporządkowania badanych wskaźników podatności na degradację do kategorii wyznaczonych kategorii przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Kryteria określające podatność jezior na degradację wg Stępniewskiej  
**Table 1.** The criteria for determining of lakes susceptibility for degradation used in Stępniewska method

Wskaźnik	Kategoria podatności jeziora		
	I	II	III
głębokość średnia [m]	≥ 6,3	≥ 3,1	< 3
V jeziora [tys m <sup>3</sup> ] / L jeziora [m]	≥ 1,52	≥ 0,52	< 0,52
typ bilansowy jeziora	odpływowe	przepływowe	bezodpływowe
udział w obwodzie jeziora roślinnych stref buforowych [%]	≥ 70	≥ 43	< 43

Źródło: Stępniewska 2010

Jest to metodyka uproszczona, oparta na czterech wskaźnikach charakteryzujących cechy hydrologiczne i morfologiczne badanych jezior, jednakże wystarczająca dla określenia stopnia podatności jezior na degradację. Do określenia powierzchni, głębokości, długości linii brzegowej oraz stopnia stratyfikacji jezior wykorzystano informacje dostępne w literaturze [5]. Natomiast do określenia sposobu zagospodarowania wód oraz zlewni bezpośredniej i typu bilansowego jeziora wykonano w roku 2012 i 2013 obserwacje terenowe. Badania te wykonywano z brzegów zbiorników oraz z wykorzystaniem pontonu lub łodzi.

Uzupełnieniem dokonanych analiz było przyporządkowanie poszczególnym kategoriom punktów w taki sposób, że: kategoria I – 1 punkt, kategoria II – 2 punkty, kategoria III – 3 punkty. Podatność danego jeziora na degradację określono na podstawie sumy punktów ze wszystkich czterech kategorii.

Następnie w oparciu o materiał badawczy zawarty w opracowaniu *Badanie osadów dennych jezior powiatu poznańskiego* [16], dokonano oceny stanu osadów dennych badanych zbiorników. Według Budki istotną kwestią w klasyfikacji ekosystemów wodnych jest występowanie tzw. wartości odstających, a ich eliminacja pozwala na ograniczenie błędów różnego pochodzenia (tj. urządzenia wykorzystywane w badaniach, natu-

ralne zjawiska przyrodnicze, człowiek, stosowana metoda badań, itd.) w monitoringu środowiska. Według autorki identyfikacja występowania wartości odstających jest szczególnie ważna jeżeli mamy do czynienia z małym zbiorem danych, ponieważ ich eliminacja warunkuje uzyskanie miarodajnej oceny środowiska oraz służy adekwatnej ocenie wartości tendencji centralnych. Dlatego też dokonano analizy chemometrycznej danych w postaci testów Kołmogorowa-Smirnova, Lilleforsa i Shapiro-Wilka. Przeprowadzono również analizy korelacji rang Spearmana, korelacji Pearsona, analizy skupień oraz analizy czynnikowej.

### **3. Wyniki badań**

Badania terenowe przeprowadzone w latach 2009–2012 i przegląd dostępnych materiałów literaturowych pozwoliły m.in. na określenie stopnia podatności wybranych jezior powiatu poznańskiego na degradację oraz określenie zawartości biogenów w wodach i osadach.

Jeziorami o największej podatności na degradację są jeziora Swarzędzkie i Kórnickie (11 pkt.) oraz Tuczno w gm. Murowanej Goślinie, Tuczno w gm. Pobiedziska, Strykowski i Kierskie Małe (10 pkt.). Najniższą podatnością na degradację charakteryzują się jeziora: Tomickie, Niepruszewskie i Lusowskie (6 pkt.) oraz Dobre w gm. Pobiedziska (7 pkt.).

Przeprowadzone badania wykazały, że wielkości stężeń azotu ogólnego w osadach dennych badanych jezior wahały się w przedziale 1,16–30,1 g/kg. Średnia zawartość azotu ogólnego w badanych jeziorach wyniosła 10,95 g/kg. Najwyższe wartości określono w osadach jezior Dobre w gm. Pobiedziska i Dobre w gm. Murowana Goślina, a także Okoniec i Tuczno w gm. Pobiedziska. Stężenia wynosiły kolejno: 30,1, 21,7, 21,56 i 19,04 g/kg. Najniższą zawartość azotu ogólnego zaobserwowano w osadach dennych takich jezior jak Trzasko (1,27 g/kg), Biezdruchowskie, stanowisko nr 2 (1,28 g/kg).

Przeprowadzone badania wykazały, że wielkości stężeń fosforu ogólnego w osadach dennych badanych jezior wahały się w przedziale 0,084–3,43 g/kg. Średnia zawartość fosforu ogólnego w badanych jeziorach wyniosła 0,99 g/kg. Spośród badanych jezior najwyższe stężenia stwierdzono w jeziorach Konarzewskim (3,43 g/kg), Dobrym w gm. Murowana Goślina (2,41 g/kg) i Wójtostwo (1,94 g/kg).

**Tabela 2.** Cechy morfometryczne badanych jezior  
**Table 2.** Morphometric characteristics of studied lakes

Nazwa jeziora	Powierzchnia [ha]	Objętość [tys. m <sup>3</sup> ]	Głębokość średnia [m]	Głębokość maksymalna [m]	Długość linii brzegowej [m]	Wartość współczynnika Schindlera
Jezioro Biezdruchowskie	48,8	2815,5	5,7	17,7	4400	2,055
Jezioro Bnińskie	225,9	9525,6	4,2	8,5	1340	5,27
Jezioro Bolechowskie	8,62	b.d.	b.d.	b.d.	1085	b.d.
Jezioro Chłudowskie	5,3	b.d.	b.d.	b.d.	625	b.d.
Jezioro Dębno	25,1	1705,4	6,8	11,6	2675	0,315
Jezioro Dobre 1	11,5	1100	8,3	14,6	1500	0,318
Jezioro Dobre 2	3,62	b.d.	b.d.	b.d.	3700	b.d.
Jezioro Gackie	30	438	1,5	3	3600	3,105
Jezioro Glinnowieckie	18,5	3,5	b.d.	b.d.	2768	13,688
Jezioro Głębocko	2	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Jezioro Głęboczek	4,4	56,1	4,1	9	1600	7,93
Jezioro Jerzyńskie	37,5	2173,6	5,6	13	3700	0,276
Jezioro Kamińsko	18	823,4	4,6	10,3	2400	0,81
Jezioro Kierskie Małe	26	476	1,4	2,3	2300	4,19
Jezioro Konarzewskie	2,4	b.d.	b.d.	b.d.	1002	b.d.
Jezioro Kórnickie	89,1	2164,7	2,6	6	5620	1,325
Jezioro Leśne	7	671	6,1	14,3	1450	0,69
Jezioro Lusowskie	117,5	10479	8,6	19,5	8425	0,56
Jezioro Łomno	20	564	3	6,4	2500	1,036
Jezioro Niepruszewskie	227,5	7578,3	3,1	5,2	1110	1,15
Jezioro Okoniec	9,2	414	4,5	10,4	1750	0,45
Jezioro Pławno	10	375,1	3,1	6,7	3300	2,16
Jezioro Skrzyneckie Duże	91,5	3123,1	3,4	6,5	4651	0,29
Jezioro Skrzyneckie Małe	17,4	676,3	3,9	8	1467	0,39
Jezioro Stęszewskie	86	3260,8	4,2	13	5790	0,516
Jezioro Strykowskie	305,3	13637,4	4,5	7,7	19550	0,93
Jezioro Swarzędzkie	93,7	2122,2	2,3	6,5	7750	2,11
Jezioro Tomickie	47,2	46 452	2,7	1,6	3550	0,026
Jezioro Trzasko	20	b.d.	b.d.	b.d.	1792	b.d.
Jezioro Tuczo 1	12,7	254	2	4	1900	15,937
Jezioro Tuczo 2	12,5	202	2	4,6	1300	3,476
Jezioro Wójtostwo	8,5	217	3,1	6,2	1600	4,02
Jezioro Wrończynskie D.	36,5	932,3	2,3	4,7	3150	1,51
Jezioro Wrończynskie M.	18,5	798,6	3,6	8	2250	3,944
Jezioro Zielonka	6	b.d.	2	b.d.	b.d.	b.d.

1 – gmina Pobiedziska; 2 – gmina Murowana Goślina

**Tabela 3.** Stężenia makroskładników oraz substancji biogenych w osadach dennych wybranych jezior powiatu poznańskiego [g/kg]**Table 3.** The concentrations of macronutrients and nutrients in the samples of bottom sediments of selected lakes of Poznań district [g/kg]

Nazwa jeziora	Ca	Mg	Fe	Mn	Nogólny	Pogólny
Jezioro Biezdruchowskie - stanowisko 1	103	2,61	2,06	0,53	7,7	1,04
Jezioro Biezdruchowskie - stanowisko 2	41,2	0,77	1,9	0,08	1,28	0,264
Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 1	86,3	1,91	0,77	0,41	11,97	0,969
Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 2	27	1,5	1,15	0,3	5,6	0,322
Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 3	25	1,6	0,49	0,3	5,7	0,51
Jezioro Bolechowskie	85,7	1,31	24,2	1,88	11,48	1,03
Jezioro Chłudowskie	4,6	0,24	11,7	0,5	6,89	0,986
Jezioro Dębno	87,4	5,25	6,6	0,54	10,22	1,229
Jezioro Dobre gmina Pobiedziska	88,7	2,34	3,03	0,35	30,1	1,23
Jezioro Dobre gmina Murowana Goślina	82,2	0,72	8,15	0,65	30,1	2,41
Jezioro Gackie	113	1,33	2,54	0,91	12,95	1,04
Jezioro Głębocko	95,1	0,65	2,62	0,86	16,45	1,29
Jezioro Glinnowieckie	223	0,85	3,39	0,27	12,57	1,124
Jezioro Głębocezek	94	1,16	11,4	1,28	2,05	1,12
Jezioro Kamińsko	100	1,44	5,35	0,44	6,8	1,13
Jezioro Kierskie Małe	83,6	2,88	2,37	0,45	13,3	1,233
Jezioro Konarzewskie	100	2,41	4,71	1,25	17,5	3,43
Jezioro Kórnickie - stanowisko 1	94,6	3,42	1,39	0,39	10,57	1,263
Jezioro Kórnickie - stanowisko 2	10,9	0,36	1,79	0,09	5,32	0,458
Jezioro Leśne	97,7	0,87	13,8	1,28	10,15	1,33
Jezioro Lusowskie	88,7	3,16	2,68	0,52	7,63	0,92
Jezioro Łomno	98,5	2,48	3,08	1,2	12,95	1,21
Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 1	87,3	2,67	0,58	0,43	9,8	0,425
Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 2	83,8	2,34	1,98	0,67	10,2	0,513
Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 3	92,7	3,09	2,34	0,76	9,35	0,455
Jezioro Okoniec	87,9	1,12	4,34	0,31	21,56	1,25
Jezioro Pławno	1,9	0,23	0,85	0,05	5,35	0,87
Jezioro Skrzyneckie Duże - stanowisko 1	105	3,72	1,39	0,45	7,91	0,709
Jezioro Skrzyneckie Duże - stanowisko 2	4,4	0,25	0,56	0,03	2,08	0,22
Jezioro Skrzyneckie Małe	74,4	3,61	1,66	0,5	12,32	1,357
Jezioro Sęszewskie - stanowisko 1	99,2	1,45	3,54	1,07	13,65	1
Jezioro Sęszewskie - stanowisko 2	87,9	1,1	2,79	0,98	12,2	1,13
Jezioro Sęszewskie - stanowisko 3	89,3	1,23	3,08	0,96	11,8	0,99
Jezioro Strykowskie - stanowisko 1	101	4,21	2,7	0,65	16,1	1,268
Jezioro Strykowskie - stanowisko 2	284	2,72	8,79	0,66	12,32	0,383
Jezioro Strykowskie - stanowisko 3	134	3,1	7,45	0,82	11,2	0,513
Jezioro Swarzędzkie - stanowisko 1	96,6	2,25	1,1	0,72	9,66	1,257
Jezioro Swarzędzkie - stanowisko 2	22,3	1,6	5,59	0,52	10,86	0,464
Jezioro Tomickie - stanowisko 1	85,1	2,92	13,2	1,16	8,82	0,084
Jezioro Tomickie - stanowisko 2	74,2	1,98	10,7	0,98	7,65	0,164
Jezioro Trzasko	0,46	<0,01	0,56	0,02	1,27	0,129
Jezioro Tuczo gmina Pobiedziska	85,2	1,27	3,01	0,37	26,6	1,39
Jezioro Tuczo gmina Murowana Goślina	94	1,79	3,24	1,1	19,04	1,32
Jezioro Wójtostwo	86,4	1,76	5,75	1,45	7,63	1,94
Jezioro Wronczyńskie Duże	11,3	0,37	1,22	0,25	3,86	0,19
Jezioro Wronczyńskie Małe	21	0,26	1,16	0,11	5,94	0,44
Jezioro Zielonka	98,3	0,62	23,9	0,98	12,95	1,15
Jezioro Jerzyńskie	38,9	0,3	1,11	0,08	4,14	0,228

Oznaczono ponadto zawartość metali ciężkich w osadach badanych jezior. Uzyskano wynik w przedziałach: dla kadmu  $<0,1-9,0$  mg/kg (mediana 0,40 mg/kg); dla chromu 1,7–76 mg/kg (mediana 26 mg/kg); dla miedzi  $<0,1-418$  mg/kg (mediana 6,0 mg/kg); dla kobaltu  $<0,1-105$  mg/kg (mediana 1,1 mg/kg); dla niklu  $<0,1-35$  mg/kg (mediana 4,7 mg/kg); dla ołowiu  $<0,1-126$  mg/kg (mediana 29 mg/kg); dla cynku 4,9–390 mg/kg (mediana 120 mg/kg). Generalnie najwyższe stężenia metali (suma metali ciężkich powyżej 400 mg/kg) oznaczono w osadach Jeziora Tucžno (gmina Pobiedziska), Jeziora Kórnickiego, Jeziora Swarzędzkiego, Jeziora Okoniec i Jeziora Stęszewskiego. Osady denne jezior Tucžno i Okoniec charakteryzowała również najwyższa zawartość azotu ogólnego co świadczy o potencjalnie dużej podatności tych akwenów na degradację substancjami uwalnianymi z osadów. Ponadto w przypadku osadów dennych Jeziora Stęszewskiego zostały przekroczone wartości graniczne (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony – aktualnie nieobowiązujące, brak obowiązującego odpowiednika) zawartości kadmu w osadach (wartość graniczna 7,5 mg/kg, oznaczono 9,0 mg/kg); w przypadku osadów dennych jezior Tucžno zostały przekroczone wartości graniczne zawartości miedzi w osadach (wartość graniczna 150 mg/kg, oznaczono 418 mg/kg).

Przeprowadzono analizę charakteru rozkładu otrzymanych danych doświadczalnych dla określenia typu testów statystycznych, które należy zastosować do analizy danych. W tym celu zastosowano równolegle testy Kołmogorowa-Smirnova, test Lilleforsa oraz test Shapiro-Wilka.

Dla wyników analiz osadów ( $n = 48$ , założony poziom istotności 0,05) test Kołmogorowa-Smirnova wskazał na rozkład odbiegający od rozkładu normalnego ( $p > 0,05$ ) dla wyników oznaczeń magnezu, manganu, azotu, fosforu, chromu, niklu, ołowiu i cynku, test Lilleforsa wskazał na rozkład odbiegający od rozkładu normalnego ( $p > 0,05$ ) dla wyników oznaczeń magnezu, chromu i cynku, z kolei test Shapiro-Wilka wskazał na rozkład odbiegający od rozkładu normalnego ( $p > 0,05$ ) dla wyników oznaczeń magnezu, manganu i chromu. Wyniki testów wskazują na konieczność zastosowania do analizy danych testów nieparametrycznych.

W analizie korelacji dla wyników analiz osadów ze względu na charakter rozkładu odbiegający od rozkładu normalnego zastosowano statystykę nieparametryczną – analizę korelacji rang Spearmana, dla wy-



ników analiz wody zastosowano parametryczny test korelacji Pearsona. Przyjęto poziom istotności 0,05 i związki między seriami danych uznano za ważne dla wartości współczynników korelacji  $R > 0,50$ ; silne dla  $R > 0,75$ ; bardzo silne dla  $R > 0,90$ . Analiza korelacji porządku rang Spearmana przeprowadzona dla wyników analiz osadów wskazała na brak bardzo silnej korelacji wyników oznaczeń, silne związki dla wyników oznaczeń kadmu i ołowiu, kadmu i cynku, cynku i ołowiu, co może wskazywać na przynajmniej częściowo antropogeniczne pochodzenie tych metali w osadach.

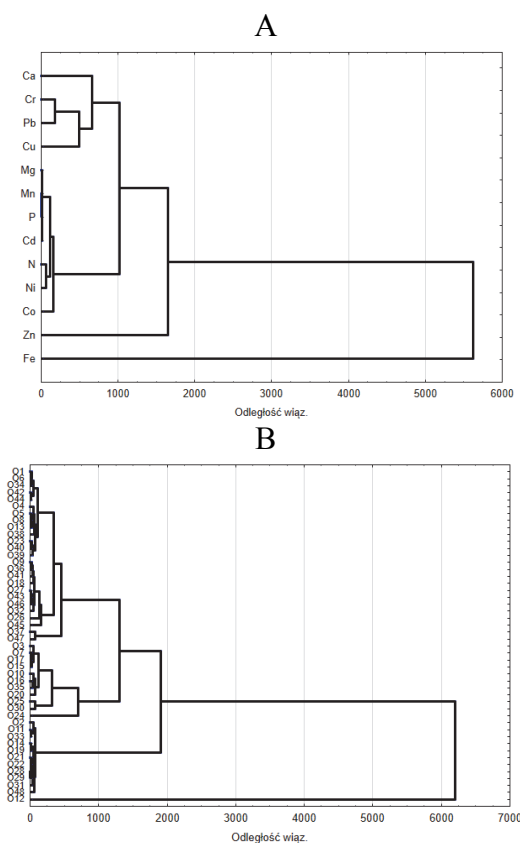
Kolejnym krokiem analizy wyników było przeprowadzenie analizy eksploracyjnej: analizy skupień i analizy czynnikowej. W analizie skupień posłużono się metodą Warda stosując odległość euklidesową. Dla wyników analiz osadów uzyskano zależności przedstawione na Rysunku 1.

Analiza skupień wskazuje na prawdopodobną odrębność kształtowania się zawartości żelaza i cynku w badanych osadach w porównaniu z pozostałymi pierwiastkami (rysunek 1A). Wśród nich wyróżnia się podobieństwo kształtowania się zawartości miedzi, chromu, ołowiu i wapnia co może wskazywać na geogeny charakter zawartości miedzi, chromu, ołowiu. Podobieństwo kształtowania się zawartości ołowiu i wapnia wskazujące na geogeny charakter pochodzenia ołowiu poddaje w wątpliwość hipotezę o jego antropogenicznym pochodzeniu, wynikającą z analizy korelacji porządku rang Spearmana. Ponadto wyniki analizy skupień wskazują na odrębność kształtowania się zawartości oznaczanych pierwiastków w osadach Jeziora Tuczo w porównaniu z osadami pozostałych akwenów (rysunek 1B).

W analizie czynnikowej ilość czynników określono na podstawie testu osypiska Cattella jako 2. Na wykresach (rysunek 2) wyodrębniono składowe główne bez rotacji.

W analizie czynnikowej dla wyników analiz osadów nie stwierdzono wyróżniania się grup wskazujących na podobieństwo kształtowania się zawartości oznaczanych pierwiastków.

Z kolei dla badanych próbek, podobnie jak dla wyników analizy skupień, również analiza czynnikowa wskazuje na odrębność kształtowania się zawartości oznaczanych pierwiastków w osadach Jeziora Tuczo ale również Jeziora Trzaskowo, Jeziora Pławno, Jeziora Tuczo, Jeziora Kórnickiego (stanowisko 2) oraz Jeziora Lusowskiego w porównaniu z osadami pozostałych akwenów.

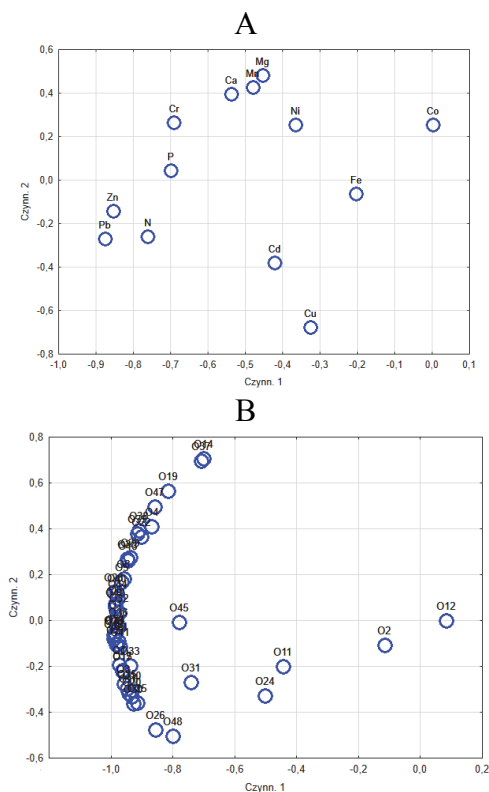


- |                                      |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| 1 Jezioro Bolechowskie               | 17 Jezioro Sęszewskie - stanowisko 3       | 33 Jezioro Skrzyneckie Duże - stanowisko 2  |
| 2 Jezioro Trzasko                    | 18 Jezioro Biezdruchowskie - stanowisko 1  | 34 Jezioro Skrzyneckie Małe                 |
| 3 Jezioro Dobre, MG                  | 19 Jezioro Biezdruchowskie - stanowisko 2  | 35 Jezioro Dębno                            |
| 4 Jezioro Gackie                     | 20 Jezioro DobreP                          | 36 Jezioro Strykowskie - stanowisko 1       |
| 5 Jezioro Głębocko                   | 21 Jezioro Wroneczyńskie Duże              | 37 Jezioro Strykowskie - stanowisko 2       |
| 6 Jezioro Głęboczek                  | 22 Jezioro Wroneczyńskie Małe              | 38 Jezioro Strykowskie - stanowisko 3       |
| 7 Jezioro Kamińsko                   | 23 Jezioro Wójtostwo                       | 39 Jezioro Tomieckie - stanowisko 1         |
| 8 Jezioro Leśne                      | 24 Jezioro Tuczo, gm. Pobiedziska          | 40 Jezioro Tomieckie - stanowisko 2         |
| 9 Jezioro Lomno                      | 25 Jezioro Swarzędzkie - stanowisko 1      | 41 Jezioro Konarzewskie                     |
| 10 Jezioro Okoniec                   | 26 Jezioro Swarzędzkie - stanowisko 2      | 42 Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 1 |
| 11 Jezioro Pławno                    | 27 Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 1      | 43 Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 2 |
| 12 Jezioro Tuczo MG                  | 28 Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 2      | 44 Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 3 |
| 13 Jezioro Zielonka                  | 29 Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 3      | 45 Jezioro Lusowskie                        |
| 14 Jezioro Jeżyńskie                 | 30 Jezioro Kórnickie - stanowisko 1        | 46 Jezioro Kierskie Małe                    |
| 15 Jezioro Sęszewskie - stanowisko 1 | 31 Jezioro Kórnickie - stanowisko 2        | 47 Jezioro Glinowieckie                     |
| 16 Jezioro Sęszewskie - stanowisko 2 | 32 Jezioro Skrzyneckie Duże - stanowisko 1 | 48 Jezioro Chłudowskie                      |

P – gmina Pobiedziska; MG – gmina Murowana Goślina

**Rys. 1.** Hierarchiczny wykres drzewa dla wyników analiz osadów:  
A – parametry charakteryzujące skład osadów, B – próbki osadów reprezentujące badane akweny

**Fig. 1.** Hierarchical tree diagram for the results of analyzes of sediments:  
A – parameters of sediments composition, B – samples of sediments from studied lakes



- |                                       |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| 1 Jezioro Bolechowskie                | 17 Jezioro Stęszewskie - stanowisko 3      | 33 Jezioro Skrzyneckie Duże - stanowisko 2  |
| 2 Jezioro Trzasko                     | 18 Jezioro Biezdruchowskie - stanowisko 1  | 34 Jezioro Skrzyneckie Małe                 |
| 3 Jezioro Dobre, MG                   | 19 Jezioro Biezdruchowskie - stanowisko 2  | 35 Jezioro Dębno                            |
| 4 Jezioro Gackie                      | 20 Jezioro DobrzeP                         | 36 Jezioro Strykowski - stanowisko 1        |
| 5 Jezioro Głębocko                    | 21 Jezioro Wronczyńskie Duże               | 37 Jezioro Strykowski - stanowisko 2        |
| 6 Jezioro Głęboзец                    | 22 Jezioro Wronczyńskie Małe               | 38 Jezioro Strykowski - stanowisko 3        |
| 7 Jezioro Kamińsko                    | 23 Jezioro Wójcistwo                       | 39 Jezioro Tomickie - stanowisko 1          |
| 8 Jezioro Lesne                       | 24 Jezioro Tucznó, gm. Pobiedziska         | 40 Jezioro Tomickie - stanowisko 2          |
| 9 Jezioro Lomno                       | 25 Jezioro Swarzędzkie - stanowisko 1      | 41 Jezioro Konarzewskie                     |
| 10 Jezioro Okoniec                    | 26 Jezioro Swarzędzkie - stanowisko 2      | 42 Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 1 |
| 11 Jezioro Pławno                     | 27 Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 1      | 43 Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 2 |
| 12 Jezioro Tucznó MG                  | 28 Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 2      | 44 Jezioro Niepruszewskie - stanowisko nr 3 |
| 13 Jezioro Zielonka                   | 29 Jezioro Bnińskie - stanowisko nr 3      | 45 Jezioro Lusowskie                        |
| 14 Jezioro Jeżyńskie                  | 30 Jezioro Kórnickie - stanowisko 1        | 46 Jezioro Kierskie Małe                    |
| 15 Jezioro Stęszewskie - stanowisko 1 | 31 Jezioro Kórnickie - stanowisko 2        | 47 Jezioro Glinnowieckie                    |
| 16 Jezioro Stęszewskie - stanowisko 2 | 32 Jezioro Skrzyneckie Duże - stanowisko 1 | 48 Jezioro Chłudowskie                      |

P – gmina Pobiedziska; MG – gmina Murowana Goślina

**Rys. 2.** Wykres ładunków czynnikowych dla analiz osadów: A – parametry charakteryzujące skład osadów, B – próbki osadów reprezentujące badane akweny

**Fig. 2.** Chart factor loadings for the results of analyses of sediments: A – parameters of sediments composition, B – samples of sediments from studied lakes

## 4. Podsumowanie

W trakcie gromadzenia danych natrafiono na trudności związane z dostępnością informacji dotyczących morfologii, zlewni i stanu jezior. W czasie prowadzonych badań stwierdzono, że stan rozpoznania jakości wód jezior powiatu poznańskiego jest niewielki. Powoduje to trudności w dokonywaniu oceny podatności jezior na degradację oraz ograniczenia w stosowaniu Systemu Oceny Jakości Jezior zaproponowanym przez D. Cydzik, D. Kudelskiej i H. Soszki [6]. W trakcie prowadzenia badań stwierdzono również niekompletność i niejednorodność czasową informacji, szczególnie na szczeblu regionalnym, dla małych zbiorników nieujętych w Państwowym Monitoringu Jezior oraz Katalogu Jezior Polski Chońskiego [5]. Jeziora, będące odbiornikiem kierowanych do środowiska ścieków, będące pod coraz to większą presją człowieka, są najlepszym obiektem badań do oceny wpływu działalności antropogenicznej na stan eutrofizacji wód. W ocenie tej poza warunkami biologicznymi i fizykochemicznymi ekosystemu jeziornego, istotną rolę odgrywa wpływ osadów dennych tych wód, które to dopiero pozwalają w pełni określić poziom presji antropogenicznej na dany zbiornik. To w osadach dennych właśnie kumulowane są zanieczyszczenia trafiające do zbiornika. W sprzyjających warunkach skumulowane w osadach dennych zanieczyszczenia mogą ponownie zostać uwolnione do toni, stanowiąc potencjalne źródło zagrożenia dla całego ekosystemu.

## 5. Wnioski

1. Wyniki przeprowadzonych badań dały podstawę do stwierdzenia, że czynnikami wpływającymi w znaczącym stopniu na zwiększającym poziom podatności jezior na degradację na badanym obszarze są czynniki morfologiczne, tj. stosunku objętości jeziora do długości jego linii brzegowej oraz jego głębokość. Natomiast parametrem, który w sposób znaczący zmniejsza podatność badanych zbiorników na degradację jest udział w obwodzie zbiorników roślinnych stref buforowych.
2. Rozpatrując przedstawione wyniki testów statystycznych przeprowadzonych dla zbioru wyników analiz osadów można sformułować następujące spostrzeżenia:
  - w wymiarze przestrzennym uzyskane wyniki są homogeniczne – badane akwenty nie różnią się statystycznie istotnie między sobą

- pod względem badanych parametrów, nieliczne różnice (wyniki odbiegające od pozostałych) zostały wskazane przy opisie testów;
- rozkład wyników analiz osadów odbiega od rozkładu normalnego;
  - dla wyników analiz osadów brak bardzo silnej korelacji wyników oznaczeń, silne związki zaobserwowano dla wyników oznaczeń kadmu i ołowiu, kadmu i cynku, cynku i ołowiu, co może wskazywać na przynajmniej częściowo antropogeniczne pochodzenie tych metali w osadach (choć wyniki analizy eksploracyjne wskazują na raczej geogenne pochodzenie ołowiu);
  - wyniki analizy eksploracyjnej wskazują na prawdopodobnie geogenne pochodzenie miedzi, chromu, ołowiu w badanych osadach, ponadto potwierdzają niewielkie zróżnicowanie kształtowania zawartości biogenów w badanych zbiornikach wodnych.
3. Wyniki analiz osadów dennych oraz analiza statystyczna wyników wskazują, że najsilniej zanieczyszczone są osady denne Jeziora Tuczno (gmina Pobiedziska). Przy zaburzeniu równowagi woda-osad ich składniki mogą stanowić poważne zagrożenie dla ekosystemu jeziornego wykazując wysoką aktywność biologiczną, zarówno w zakresie biogenności (wysoka zawartość azotu) jak i toksyczności (wysoka zawartość miedzi).

## Literatura

1. **Bajkiewicz-Grabowska E.:** *Ocena naturalnej podatności jezior na degradację i rola zlewni w tym procesie*, Wiadomości Ekologiczne, 33, 3. PWN, Warszawa 1987.
2. **Bajkiewicz-Grabowska E.:** *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 274 (2002).
3. **Berleć K., Traczykowski A., Budzińska K., Szejniuk B., Michalska M., Jurek A., Tarczykowska M., Klimczak I.:** *Skuteczność rekultywacji jeziora Jelonek na podstawie wybranych fizycznych i chemicznych parametrów wody*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection) 15. (2013).
4. **Buraschi E., Salerno F., Monguzzi Ch., Barbiero, G., Tartari G.:** *Characterization of the Italian lake-types and identification of their reference sites using anthropogenic pressure factors*, Jurnal of Limnology, 64, 7–33 (2005).
5. **Choński A.:** *Katalog Jezior Polski*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1995.

6. **Cydzik D., Kudelska D., Soszka H.:** *Atlas stanu czystości jezior Polski badanych w latach 1994–1998*. Opracowanie monograficzne, Biblioteka Monitoringu Środowiska. 2000.
7. **Dojlido J.R.:** *Chemia wód powierzchniowych*. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 1995.
8. **Duan H., Ma R., Zhang Y., Zhang B.:** *Remote – sensing assessment of regional inland lake water clarity in northeast China*, *Limnology*, 9, 173–250 (2009).
9. **Janse J. H.:** *Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches*. Rozprawa doktorska, Wageningen Universiteit (2005).
10. **Kajak Z.:** *Eutrofizacja jezior*. PWN Warszawa 1979.
11. **Kajak Z.:** *Hydrobiologia – Limnologia*. Ekosystemy wód śródlądowych, PWN Warszawa 2001.
12. **Kornaś M., Grześkowiak A.:** *Wpływ użytkowania zlewni na kształtowanie jakości wody w zbiornikach wodnych zlewni rzeki Drawa*, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach. 11, 125–137 (2011).
13. Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej 2010. Diagnoza aktualnego stanu gospodarki wodnej, załącznik nr 1 do Projektu Polityki wodnej państwa do 2030 r.
14. **Lampert W., Sommer U.:** *Ekologia wód śródlądowych*. PWN 2001.
15. **Lange W.:** *Metody badań fizyko limnologicznych*. Uniwersytet Gdański 1993.
16. **Niedzielski P., Sobczyński T., Kowalski A.:** *Badanie osadów dennych jezior powiatu poznańskiego*. Powiat Poznański, Poznań, 2012
17. **Staniszewski R., Szoszkiewicz J.:** *Changes in the quality of water in Brdowskie Lake in the years in 1997–2006*. *Journal of Elementology*, 15(4), 705–712 (2010).
18. **Stępniewska M.:** *The susceptibility of lake to degradation as a premise for rational sewage management in the communes of Wielkopolska*. *Limnological Review*, 8, 63–66 (2008).
19. **Stępniewska M.:** *Geograficzne uwarunkowania porządkowania gospodarki ściekami komunalnymi na terenach wiejskich województwa wielkopolskiego*. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2010.
20. Strategia Rozwoju Powiatu Poznańskiego na lata 2006–2013.  
<http://bip.powiat.poznan.pl/plik,5370,strategia-na-lata-2006-2013-tresc-dokumentu.pdf>.

## **Assessment of Bottom Sediments from Selected Lakes of Poznań Region**

### **Abstract**

Lakes, which led to environmental receiver plants, are under ever-increasing pressure from human and are the best object of study to assess the impact of anthropogenic activities on the state of eutrophication. In this assessment beyond the biological and physico-chemical conditions of the lake ecosystem, an important role is played by the impact of bottom sediments in these waters, which only allow to fully determine the level of anthropogenic pressure on the body of water. It is in the bottom sediments are accumulated pollution of the lake. Under favorable conditions in sediments accumulated dirt can again be released into the depths, acting potential source of danger for the whole ecosystem. Therefore, the aim of the study was to determine the susceptibility of selected lakes Powiat Poznański degradation and to assess the quality of these reservoirs bottom sediments.

### **Słowa kluczowe:**

jeziora, osady denne, biogeny, metale

### **Keywords:**

lakes, sediments, biogenes, metals