



# **Wpływ niewłaściwej gospodarki ściekowej i rolnej na stan fizykochemiczny wód jeziora Głębocezek kilka lat po rekultywacji**

*Krzysztof Berleć, Adam Traczykowski, Katarzyna Budzińska,  
Bożena Szejniuk, Magdalena Michalska, Anita Jurek,  
Agata Guścior, Magdalena Majewska  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz*

## **1. Wstęp**

Przeżyźnienie jezior jest problemem wagi światowej i wiąże się ściśle ze wzrostem zaludnienia oraz z nieuniknionym rozwojem przemysłu jak również rolnictwa [3]. Nadmiar biogenów może spowodować zachwianie równowagi funkcjonowania zbiornika, czego następstwem jest całkowite załamanie stabilności biocenotycznej, co doprowadza do zupełnej degradacji środowiska [22]. Bezpośrednim tego objawem jest masowy rozwój fitoplanktonu, zmniejszenie przezroczystości wody i zwiększenie zużycia tlenu w procesach rozkładu i mineralizacji materii organicznej [11]. Po przystąpieniu do Unii Europejskiej Polska zobowiązana jest do wdrożenia Ramowej Dyrektywy Wodnej (2000/60/WE), której głównym celem jest osiągnięcie do roku 2015 dobrego stanu ekologicznego i chemicznego wód powierzchniowych [17,18].

Nadmierny dopływ związków biogenych do wód przyczynia się do stopniowego ich zeutrofizowania, co przy wysokiej podatności jezior na degradację może zachodzić bardzo intensywnie [15]. Eutrofizacja w widoczny sposób wpływa na obniżenie jakości wód, powodując przede wszystkim utratę właściwości użytkowych. Zapewnienie odpowiedniego stanu sanitarno-higienicznego wód powierzchniowych jest impulsem do podejmowania przez władze samorządowe działań rekultywacyjnych,

których założeniem jest poprawa stanu czystości wód. Największym problemem, który utrudnia zabiegi rekultywacyjne, pozostaje duże obciążenie jezior związkami biogennymi, czyli związkami fosforu i azotu.

Problem rekultywacji wód powierzchniowych jest analizowany w Polsce od wielu lat, jednak związany z tym aspekt ekonomiczny istotnie ogranicza, a niekiedy uniemożliwia przeprowadzenie tego rodzaju inwestycji. Stąd dane literaturowe dotyczące tej tematyki są stosunkowo ubogie, a ponadto najczęściej dotyczą zbiorników o różnej morfometrii, położonych w zlewniach o diametralnie odmiennej charakterystyce.

Celem pracy było określenie skuteczności metod rekultywacji jeziora Głębołek na podstawie zawartości w wodzie pierwiastków biogennych i ich związków.

## 2. Materiał i metody badań

Jezioro Głębołek położone jest w północnej części województwa kujawsko-pomorskiego, na terenie Tucholi. Zbiornik ten wchodzi w skład makroregionu Pojezierza Południowopomorskiego i mezoregionu Dolina Brdy. Obszar zlewni jeziora to teren bezleśny o przewadze użytków rolnych (77,9%) oraz zabudowy miejskiej (22,1%) [8].

Jezioro zajmuje powierzchnię 17,4 ha, a objętość misy jeziora wynosi 552 tys. m<sup>3</sup>. Długość linii brzegowej – 1930 m, maksymalna długość/szerokość jeziora – 705/335 m. Zbiornik ten nie posiada dopływów powierzchniowych, zasilany jest wodami z opadów atmosferycznych oraz z czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Jest jeziorem okresowo bezodpływowym, wypływa z niego ciek Hozjanna, który stanowi prawoboczny dopływ Brdy. Cechy morfologiczne jeziora, m.in. jego głębokość (max. 5 m, średnia – 3,3 m) oraz charakterystyczne układy termiczne, sprzyjają polimiktycznej dynamice mas wody w zbiorniku, z tendencją do okresowej stratyfikacji termicznej w czasie wiosenno-letnim [19]. Przeprowadzona ocena stopnia podatności jeziora na degradację sytuuje je w trzeciej, najmniej odpornej na wpływy zewnętrzne, kategorii podatności.

Ocena stanu wód powierzchniowych jeziora Głębołek zgodna z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE, określona jest przez dwa stany: ekologiczny i chemiczny. Stan ekologiczny jest określany za pomocą elementów biologicznych (podstawowych) wspomagają-

nych przez elementy pomocnicze – hydromorfologiczne oraz fizykochemiczne. Stan chemiczny określany jest przy pomocy szeregu badanych wskaźników, tzw. substancji priorytetowych [20]. Ocenę stanu wód dokonuje się według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych [23].

W 2010 roku stan ekologiczny odpowiadał złemu, a chemiczny nie był badany, przez co jezioro było zagrożone nie spełnieniem wymogów środowiskowych dyrektywy [20].

Jezioro Głęboćek, jak wiele innych jezior miejskich latami było zasilane ściekami pochodzącymi przede wszystkim ze spływów powierzchniowych z obszarów rolniczych oraz źródeł punktowych (odcieki ze zbiorników na gnojowicę). W konsekwencji zbiornik przestał być atrakcyjnym elementem terenu zurbanizowanego, a stał się obiektem uciążliwym dla mieszkańców, nierzadko stanowiąc zagrożenie sanitarne. Z tego powodu jezioro Głęboćek zostało poddane licznym zabiegom rekultywacyjnym i ochronnym [14].

Obiekty poddawane procesowi rekultywacji nie są identyczne i wymagają indywidualnego traktowania w każdym przypadku. Mając na uwadze przyczyny degradacji, proponowane sposoby rekultywacji dla jeziora Głęboćek, przede wszystkim muszą radykalnie ograniczyć dopływ ścieków bytowych, a poza tym ich celem powinna być deeutrofizacja, jako skutek trwałego obniżenia zawartości przyswajalnych form fosforu i azotu we wszystkich elementach ekosystemu [2]. Rekultywacja jeziora w Tucholi odbywała się według dwóch odrębnych projektów. Pierwszy polegał na wybudowaniu wzdłuż brzegów betonowego rowu opaskowego (został zrealizowany jego północny fragment). Kolejnym etapem rekultywacji jest coroczne wykaszanie trzciny i usuwanie jej poza obręb zlewni. Z kolei drugi projekt, wdrożony w 1993 roku polegał na instalacji w jeziorze urządzeń napowietrzających oraz wprowadzeniu i rozmieszczeniu w misie jeziora tzw. „biostruktur”. W obu przypadkach spodziewano się pozytywnych efektów po upływie 8 lat od momentu rozpoczęcia rekultywacji. Metody zastosowane w tym płytkim zbiorniku, w szczególności długoletnie sztuczne napowietrzanie i system biostruktur, nie przyniosły spodziewanych efektów poprawy stanu trofii, nie poradziły sobie nawet z zahamowaniem postępującej degradacji jeziora [8]. Przeprowadzone badania potwierdzały silne zeurofizowanie jeziora

w Tucholi, co przyczyniło się do podjęcia próby zmniejszenia trofii przez inaktywację fosforu [14].

W metodzie inaktywacji fosforu w toni wodnej do usuwania z wód powierzchniowych substancji koloidalnych stosuje się proces koagulacji, głównie solami glinu i żelaza, które w wodzie łatwo ulegają hydrolizie i wytrącają się w postaci hydrokompleksów o różnym ładunku powierzchniowym, w zależności od pH wody. W wyniku oddziaływania elektrostatycznego zachodzi sorpcja oraz koagulacja substancji rozpuszczonych i koloidalnych – powstają kłaczkki, które sedymentują [21]. Zalecana jest dla jezior płytkich jak i głębszych, zwanych dimiktycznymi, w których mimo obniżenia obciążenia zewnętrznego związkami biogennymi, żyzność podtrzymywana jest przez uwalnianie ich z osadów dennych. W metodzie tej mogą być wykorzystane związki żelaza lub glinu, jednak najczęściej używanymi koagulantami są sole glinu w postaci uwodnionych siarczanów. Spowodowane jest to ich trwałością i brakiem wrażliwości na zmiany potencjału oksydo-redukcyjnego [6].

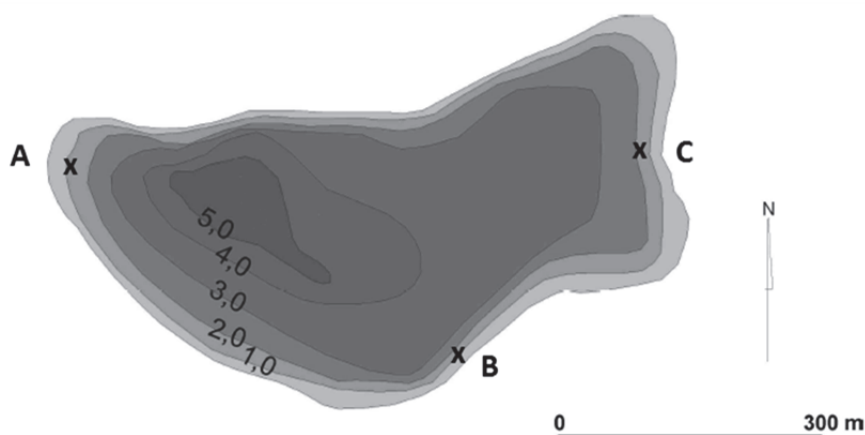
Przed przystąpieniem do rekultywacji obliczono obciążenie jeziora ładunkiem substancji biogennych wprowadzanych do jeziora z jego zlewni i porównano z wyliczonymi wg kryteriów Vollenweidera tzw. ładunkami dopuszczalnymi i krytycznymi.

Rekultywację jeziora w Tucholi przeprowadzono w dwóch etapach. Jesienią 2001 zostało wprowadzone 15 ton, a wiosną 2003 roku 20 ton koagulantu glinowego PAX 18. Łącznie do jeziora dostarczono 16,5 g Al/m<sup>2</sup> powierzchni dna zbiornika. Roztwór chlorku poliglinowego został wprowadzany bezpośrednio pod powierzchnię wody. Zabieg ten był przeprowadzany z łodzi wyposażonej w urządzenia dozujące koagulant. Dzięki temu w okresie 3 do 4 dni możliwe było równomierne rozprowadzenie substancji w wodach zbiornika wodnego. Badania wykazały, że zastosowanie koagulantu glinowego spowodowało prawie całkowitą eliminację fosforu mineralnego z wody [14].

Przedmiotem badań była woda, pochodząca z jeziora będącego kilka lat po rekultywacji. Oznaczono w niej wskaźniki fizyko-chemiczne, związane bezpośrednio z zabiegami rekultywacyjnymi, w celu określenia skuteczności zastosowanych metod.

Woda pobierana była w odstępach miesięcznych od marca 2011 roku do lutego 2012 roku, w trzech punktach z głębokości 20 cm (rysunek 1) do sterylnych butelek o pojemności 0,5 litra. Pojemniki napełnia-

no całkowicie pobieraną wodą, a następnie szczelnie zamknięte, zabezpieczone przed wpływem światła i nadmiernym ogrzaniem transportowano do laboratorium, w którym zostały przeprowadzone badania. Próbkę wody pobierane były zgodnie z normą PN-87/C-04632/02.



**Rys. 1.** Mapa batymetryczna jeziora Głęboćek [9]

**Fig. 1.** Bathymetric map of the lake Głęboćek

Badanie zawartości fosforu ogólnego, fosforanów, azotanów, azotynów i glinu przeprowadzono metodą spektrofotometryczną przy użyciu spektrofotometru NOVA 400, natomiast azotu ogólnego w zmineralizowanych próbach metodą Kjeldahla zgodnie z normą PN 73/C-04576.12.

Pomiaru temperatury oraz pH dokonano *In situ*.

### 3. Wyniki i dyskusja

Wyniki badań własnych przedstawiono w tabeli 1. Parametrem od którego istotnie zależą przemiany związków biogenych jest temperatura. W badaniach własnych najwyższą temperaturę (23,2°C) odnotowano w lipcu, natomiast najniższą (2,4°C) w lutym. Średnia temperatura dla wszystkich pomiarów wyniosła 12,7°C i nie odbiegała od średniej dla zbiorników o podobnych parametrach. Podobne wyniki, ale w jeziorze o większej powierzchni i głębokości uzyskali Gawrońska i wsp. [5] podczas badań przeprowadzanych w obrębie rekultywowanego jeziora Długiego w Olsztynie, gdzie temperatura na przełomie kwietnia i maja wynosiła 15°C.

Duża zmienność uwarunkowań meteorologicznych i środowiskowych powoduje ciągłą zmianę termicznej struktury wody. Dotyczy to w szczególności jezior płytkich, o niewielkiej powierzchni. Temperatura jest głównym czynnikiem warunkującym rozpuszczalność tlenu w wodzie, którego niedobór wpływa negatywnie na zbiorniki śródlądowe. Tlen jest zużywany przede wszystkim w trakcie procesów mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej i oddychania hydrobiontów. Uzyskane wyniki odpowiadają zawartościom tlenu w przedziale od 9,9 do 11,8 mg·dm<sup>-3</sup>. Dla większości organizmów wodnych niebezpieczne są spadki stężenia tlenu poniżej 5 mg·dm<sup>-3</sup> [7].

Kolejnym z analizowanych parametrów istotnie wpływającym na stan wód jest pH. W badaniach własnych najwyższe pH (8,9) odnotowano w marcu, zaś najniższe (7,42) w październiku. Średnia wartość pH wynosiła 8,31 (tabela 1). Uzyskane wyniki są porównywalne z wynikami opublikowanymi przez WIOŚ w Bydgoszczy w 2010 r. [24], w których odczyn mieścił się w zakresie od 8,1 do 8,9. Podobnie jak w badaniach Szattena [20] otrzymane wyniki wskazywały na wzrost pH w środku okresu wegetacyjnego. Badania prowadzone przed rekultywacją wykazały o wiele wyższy poziom pH, który przekraczał granicę 9,3 przy całkowitym wyczerpaniu wolnego dwutlenku węgla [6].

Oznaczenie wybranych wskaźników oceny jakości (czystości) wody jest podstawowym miernikiem kondycji jeziora zarówno dla przyrodników, jak i użytkowników jeziora. Jest również oczywiste, że każda, nawet najlepsza klasyfikacja, jest w pewnej mierze uproszczeniem złożonej rzeczywistości [10]. Pierwiastkiem decydującym o postępie eutrofizacji wód powierzchniowych jest azot oraz jego związki. W badaniach własnych najwyższe stężenia azotu ogólnego (19,36 mg·dm<sup>-3</sup>) uzyskano w lipcu, zaś najniższą (16,22 mg·dm<sup>-3</sup>) w grudniu. Średnie stężenie azotu ogólnego wynosiło 17,19 mg·dm<sup>-3</sup>. Największą zawartość azotanów (1,2 mg·dm<sup>-3</sup>) odnotowano na przełomie października i listopada, zaś najniższe (0,4 mg·dm<sup>-3</sup>) w lipcu. Średnie stężenie azotanów wynosiło 0,94 mg·dm<sup>-3</sup>, przy niskiej wartości odchylenia standardowego świadczącej o małej rozbieżności wyników (tabela 1).

**Tabela 1.** Wartość wybranych wskaźników jakości wody**Table 1.** Value of selected indicators of water quality

Miesiąc	Miejsce poboru	pH	Temperatura (°C)	Stężenie wskaźnika jakości wody (mg·dm <sup>-3</sup> )					
				N <sub>og</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P <sub>og</sub>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Al
III	A	8,70	8,9	16,30	1,0	0,05	0,14	0,64	0,01
	B	8,73	8,9	16,28	1,0	0,03	0,19	0,88	nw
	C	8,90	9,2	16,65	1,1	0,04	0,15	0,23	nw
IV	A	7,85	9,8	16,89	1,1	0,04	0,28	0,06	nw
	B	7,92	9,6	17,01	1,1	0,02	0,31	0,09	nw
	C	8,36	10,1	17,15	0,8	0,03	0,29	0,04	nw
V	A	7,98	13,0	16,75	1,0	0,04	0,61	0,25	0,01
	B	7,75	12,8	16,90	1,1	0,04	0,54	0,12	0,01
	C	8,42	13,2	16,70	0,6	0,03	0,35	0,19	nw
VI	A	8,62	15,3	16,81	0,8	0,05	0,30	0,11	nw
	B	8,49	15,6	16,79	0,6	0,02	0,27	0,07	nw
	C	8,54	15,2	16,85	0,5	0,04	0,26	0,06	nw
VII	A	8,72	23,2	19,28	0,9	0,03	0,13	0,06	nw
	B	8,69	22,6	19,36	0,7	0,02	0,15	0,05	nw
	C	8,93	22,3	19,32	0,4	0,04	0,17	0,04	nw
VIII	A	8,58	21,8	16,91	1,0	0,04	0,20	0,02	nw
	B	8,86	22,1	17,05	0,9	0,03	0,28	0,06	nw
	C	8,51	21,4	16,85	1,0	0,05	0,27	0,06	nw
IX	A	8,42	18,9	17,95	1,1	0,05	0,23	0,09	nw
	B	8,73	18,3	18,35	1,0	0,04	0,22	0,10	nw
	C	8,49	18,4	18,25	0,8	0,03	0,25	0,10	nw

Tabela 1. cd.

Table 1. cont.

Miesiąc	Miejsce poboru	pH	Temperatura (°C)	Stężenie wskaźnika jakości wody (mg·dm <sup>-3</sup> )					
				N <sub>og</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P <sub>og</sub>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Al
X	A	7,82	15,2	16,64	1,1	0,03	0,59	0,11	nw
	B	7,85	14,8	16,87	1,1	0,04	0,54	0,09	nw
	C	7,42	15,0	16,73	1,2	0,03	0,55	0,15	nw
XI	A	8,31	12,7	16,59	1,0	0,04	0,31	0,32	nw
	B	8,52	12,3	16,79	1,2	0,02	0,30	0,34	nw
	C	8,34	12,3	16,78	1,2	0,05	0,27	0,31	nw
XII	A	8,58	8,9	16,22	0,9	0,04	0,18	0,19	nw
	B	8,35	8,9	16,29	0,7	0,04	0,20	0,21	nw
	C	8,28	8,6	16,32	0,7	0,05	0,19	0,19	nw
I	A	8,28	3,1	16,78	1,0	0,04	0,21	0,12	nw
	B	8,19	3,7	16,93	1,1	0,03	0,21	0,12	nw
	C	8,13	3,5	16,81	1,0	0,06	0,23	0,17	nw
II	A	8,51	2,8	18,03	1,2	0,04	0,23	0,23	nw
	B	8,72	2,4	18,36	1,0	0,04	0,24	0,20	nw
	C	8,64	2,4	18,29	1,0	0,05	0,24	0,21	nw
$\bar{X}$		8,31	12,70	17,19	0,94	0,04	0,28	0,17	0,01
Sx		0,33	6,25	0,88	0,20	0,01	0,13	0,17	0,00
Min		7,4	2,4	16,22	0,4	0,02	0,13	0,02	0,00
Max		8,9	23,2	19,36	1,2	0,06	0,61	0,88	0,012

nw – nie wykryto; nd – not detected



Z badań przeprowadzonych przez Lossowa i wsp. [13] wynika, że poziom azotanów po rekultywacji, mieścił się w granicach  $0,12\text{--}0,71\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (III–V). Na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych poziom, azotanów w I klasie czystości wód śródlądowych nie powinien przekraczać  $5,0\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Porównując otrzymane wyniki z zawartymi w w/w rozporządzeniu, można stwierdzić, że zawartość azotanów w jeziorze Głębocek mieściła się w zalecanych normach.

W przeprowadzonych analizach najwyższe stężenie azotynów ( $0,06\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) odnotowano w styczniu, zaś najniższe ( $0,02\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w listopadzie. Średnie stężenie azotynów wynosiło  $0,04\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a niska wartość odchylenia standardowego świadczyła o małej rozbieżności wyników.

Porównywalne wyniki otrzymali Lossow i wsp. [14], w badaniach których poziom azotynów po rekultywacji metodą inaktywacji fosforu mieścił się w granicach od  $0,016$  do  $0,013\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Uzyskane wyniki zawartości azotynów klasyfikują jezioro do II i III klasy czystości wody.

Jednym z najważniejszych parametrów decydujących o jakości wód powierzchniowych jest zawartość związków fosforu. Pierwiastek ten jest limitujący dla azotu, w związku z czym to on decyduje o ewentualnym pojawieniu się zakwitów sinicowych i nasileniu eutrofizacji [11]. Podczas przeprowadzonych badań stężenie fosforu ogólnego w powierzchniowej warstwie wód mieściło się w zakresie od  $0,13\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (lipiec) do  $0,61\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (maj). Średnia wartość tego parametru wynosiła  $0,28\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , co według normy zaproponowanej przez Kudelską [12] w wytycznych monitoringu podstawowego jezior z 1994 roku, klasyfikowało jezioro Głębocek poza najniższą III klasę czystości ( $\leq 0,2\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Maehl [16] stwierdził, że aby utrzymać odpowiednią przejrzystość wody w płytkich jeziorach, zawartość fosforu praktycznie powinna wynosić od  $0,05$  do  $0,15\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Poziom ortofosforanów mieścił się w zakresie od  $0,02$  (sierpień) do  $0,88\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (marzec). Tak wysoka wartość może być spowodowana niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi (niska temperatura) panującymi na początku wiosny i przypuszczalnie opóźniająca się wegetacją roślin. Średnie stężenie  $\text{PO}_4^{3-}$  wynosiło  $0,17\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , co według normy wyznaczonej przez Kudelską [12] klasyfikowało jezioro Głębocek do III

klasy czystości ( $\leq 0,08 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) [7]. Ortofosforany oznaczone przez Goszczyńskiego [8] w jeziorze występowały w trakcie miksji wiosennej w granicach od 0,042 do 0,111  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Takie stężenia przekraczały normatywy określone dla najniższej III klasy czystości. Wartości te zmniejszyły się dwukrotnie w tzw. półroczu letnim, co prawdopodobnie zostało spowodowane intensywnym rozwojem organizmów roślinnych. Podczas rekultywacji metodą inaktywacji fosforu, przeprowadzoną przez zespół prof. Lossowa, prowadzone były obserwacje dotyczące zmian zawartości fosforanów w jeziorze Głęboćek. Według wiosennych badań Lossowa i wsp. [14] w 2002 i 2003 roku ortofosforany nie zostały wykryte w warstwie powierzchniowej zbiornika wodnego, a w wyniku przeprowadzonych zabiegów rekultywacyjnych, doprowadzono do całkowitej ich eliminacji.

Fosforu w stosunku do innych pierwiastków jest w wodach powierzchniowych niewiele, choć pierwiastek ten jest jednym z najbardziej niezbędnych w życiu organizmów [1]. Gałczyński [4] wskazał wartości graniczne podstawowych wskaźników eutrofizacji wód, powyżej których występuje proces przeżyźnienia zbiornika wodnego. Dla fosforu wartość ta dla wód stojących wynosi  $>0,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Szatten [19] w swych badaniach stwierdził, że zawartość fosforu ogólnego w powierzchniowej warstwie wód jeziora Głęboćek jest zadowalająca. Jego stężenie wynosiło wówczas od 0,07  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (wiosną) do 0,08  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (latem). Obciążenie wód jeziora Głęboćek fosforem ogólnym osiągnęło maksymalną wartość (1,01  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w badaniach przeprowadzonych późną wiosną. Średnie stężenie wynosiło wówczas 0,32  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , klasyfikując wody jeziora poniżej stanu dobrego [20].

Monitoring uwzględniał również glin, jako substancję z grupy szczególnie szkodliwych dla jakości wód, wykorzystywaną przy chemicznych metodach rekultywacji jezior. Wyniki badań własnych wykazały bardzo niskie jego stężenie w wodzie, a w większości przypadków nie wykryto tego pierwiastka, co spowodowane było granicą wykrywalności kolorymetru. Najwyższe (0,01  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) stężenie jonów glinu stwierdzono w marcu i w maju. Żadna z oznaczonych wartości nie została sklasyfikowana poniżej stanu dobrego jakości wód powierzchniowych.

Badania dotyczące zawartości glinu w wodach jeziora przeprowadził również Szatten [20], który odnotował jego zawartość na poziomie  $< 0,01 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartość ta odpowiada klasie jakości wód powyżej stanu dobrego.

#### 4. Wnioski

1. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że stopień eutrofizacji jeziora Głębocek bezpośrednio po rekultywacji widocznie się zmniejszył.
2. Poziom pierwiastków biogenych i ich związków, określony po kilku latach od rekultywacji jest wyższy od wyników uzyskanych w 2001 roku, co może świadczyć o silnej antropopresji.
3. Początkowa poprawa jakości wód po rekultywacji świadczy o przyjęciu właściwej dla tego jeziora metody rekultywacji, jednak postępująca ponowna jego degradacja wskazuje na jej zbyt małą intensywność.

#### Literatura

1. **Balcerzak W.:** *Eutrofizacja wód śródlądowych – prognozowanie i wpływ na technologię uzdatniania wody*. Monografia 373. Wyd. PK. Kraków 2009.
2. **Cieściński J.:** *Wybór optymalnych metod rekultywacji Jeziora Głębocek o rolniczo-miejskim charakterze zagospodarowania zlewni*. Rozprawa doktorska, ATR, Bydgoszcz 1991.
3. **Dmoch M., Solan M.:** *Zanieczyszczenia wód powierzchniowych substancjami pochodzącymi z rolnictwa*. Gosp. Wodna, 728, nr 8, 327 (2009).
4. **Gałczyński Ł.:** *Eutrofizacja wód – problem cywilizacji*. Gaz, woda i technika sanitarna, nr 12, 34 (2008).
5. **Gawrońska H., Lossow K., Grochowska J.:** *Rekultywacja jeziora Długiego w Olsztynie metodą inaktywacji fosforu*. Materiały V. Konf. Nauk-Tech „Ochrona i rekultywacja jezior”. 11–13 maj 2004, Grudziądz 2004.
6. **Gawrońska H., Lossow K., Grochowska J.:** *Rekultywacja jeziora Długiego w Olsztynie*. Wydawnictwo Edycja, Olsztyn 2005.
7. **Giziński A., Falkowska E.:** *Hydrobiologia stosowana: ochrona wód powierzchniowych*. Wyd. WSHE, 2003.
8. **Goszczyński J.:** *Zmiany jakości wód jeziora Głębocek*. Mat. Konf. Nauk-Tech., nt. „Ochrona i rekultywacja jezior”, 12–14 czerwiec 2000, Przysiek 2000.
9. **Jańczak J.:** *Atlas jezior Polski*. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań 1996.
10. **Jańczak J.:** *Badania monitoringowe jezior w Polsce – potrzeba zmian*. Gosp. Wodna, 640, nr 4, 168 (2002).
11. **Kentzer J.:** *Fosfor i jego biologicznie dostępne frakcje w osadach jezior różnej trofii*. Rozprawa habilitacyjna. Wyd. UMK w Toruniu.

12. **Kudelska D., Cydzik D., Soszka H.:** *Wytyczne monitoringu podstawowego jezior*. PIOŚ. Warszawa 1994.
13. **Lossow K., Gawrońska H., Łopata M., Jaworska B.:** *Rekultywacja jeziora Głębołek metodą inaktywacji fosforu*. UWM. Olsztyn 2002.
14. **Lossow K., Gawrońska H., Łopata M., Jaworska B.:** *Efektywność rekultywacji polimiktycznego jeziora Głębołek w Tucholi metodą inaktywacji fosforu*. Mat. Konf. Nauk.-Tech., nt. „Ochrona i rekultywacja jezior”, 11–13 maj 2004, Grudziądz 2004.
15. **Ławniczak E.A., Zbierska J., Andrzejewska B.:** *Bilans biogenów jeziora Tomickiego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environmental Protection) 12, 861–878 (2010).
16. **Maehl P.:** *Rekultywacja jezior – praktyczne metody oszacowania i redukcji ładunku fosforu z obszaru zlewni jeziora*. Mat. Konf. Nauk.-Tech. nt. „Ochrona i rekultywacja jezior”, 12–14 czerwiec 2000, Przysiek, 38 (2000).
17. **Pęczuła W.:** *Ekspozycja słomy jęczmiennej jako technika ograniczania zakwitów glonów w zbiornikach wodnych – mit czy skuteczne narzędzie?* Gosp. Wodna, 10, 407 (2009).
18. **Przybyła Cz., Zbierska A., Dwornikowska Ż.:** *Ocena zmian jakości wody w wybranych jeziorach Pojezierza Poznańskiego w latach 2004–2009*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environmental Protection), 13, 723–746 (2011).
19. **Szatten D.:** *Stan czystości jeziora Głębołek na podstawie badań monitoringowych WIOŚ*. Inspekcja Ochrony środowiska, Bydgoszcz 2008.
20. **Szatten D.:** *Stan czystości jeziora Głębołek na podstawie badań monitoringowych WIOŚ*. Inspekcja Ochrony środowiska, Bydgoszcz 2010.
21. **Świdorska R., Anielak A.M.:** *Koagulacja wód powierzchniowych z udziałem substancji wspomagających*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environmental Protection), 6, 139–157 (2004).
22. **Żbikowski J.:** *Fauna profundalowa jeziora Rudnickiego Wielkiego w siódmym roku prowadzenia rekultywacji*. Mat. Konf. Nauk.-Tech., nt. „Ochrona jeziora ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”. 15 październik 1993, 43, Toruń 1993.
23. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz. U nr 257, poz. 1545.
24. Raport o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w 2010 roku. WIOŚ Bydgoszcz.

## **Impact of Improper Agricultural and Wastewater Management on Physicochemical State of Głęboćek Lake Water Several Years after Reclamation**

### **Abstract**

Bodies of water are very sensitive to environmental changes and play an important role in nutrient cycle in their catchment. Due to their natural features such as reduction of the land fill, they may cumulate organic matter from the catchment. Excess supply of nutrients to water bodies contributes to gradual water eutrophication.

This process can occur rapidly, particularly in shallow lakes, which are more susceptible to degradation. This also results in deterioration of habitat conditions for many organisms and limits the economic use of water. Eutrophication may lead to gradual shallowing and shrinkage of water bodies, and, consequently, to disappearance of lakes. Thus, proper diagnosis and reduction in the amount of pollutants flowing into lakes are key factors to improve water quality and prevent their further degradation.

Lake Głęboćek, like many other urban lakes year were powered by sewage. As a result, the tank has ceased to be an attractive element of urbanized land, and became the object of nuisance for residents, often acting health risks. For this reason, the lake has undergone numerous Głęboćek reclamation treatment and protection.

The object of this study was rehabilitated water from the lake Głęboćek in Tuchola. Samples were taken 12-fold in 3 places during the period from March 2011 to February 2012. In the tested water was determined by the colorimetric method phosphorus, phosphate, nitrogen, nitrate, nitrite, and aluminum. Additionally, the pH and temperature.

Lake Głęboćek is a reservoir, which is heavily influenced by human activities, direct and indirect. This is due to the central location of the water, the entire drainage area is densely populated and intensively exploited for agricultural purposes. One of the most important elements harboring an increase in trophic status of the lake, is its low average depth. In addition to the lake Głęboćek not affect any river, which prevents water exchange and causes the accumulation of pollutants.

Both the results of their own and other authors suggest that the degree of eutrophication of the lake Głęбочek apparently decreased. The level of biogenic elements and their compounds was higher than the results obtained in 2001 (after restoration), which may indicate improper sewage and agricultural economy in the catchment of the lake. Oversize nutrient content indicate a renewed increase in trophic lake.

**Słowa kluczowe:**

rekultywacja jezior, jakość wód, substancje biogenne

**Keywords:**

lake restoration, quality of water, nutrients