



Bilans biogenów Jeziora Tomickiego

Agnieszka E. Ławniczak, Janina Zbierska, Barbara Andrzejewska
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Jeziora stanowią naturalne zbiorniki wodne, wypełniające obniżenia terenowe. Stanowią one układy ekologiczne, których funkcjonowanie opiera się przede wszystkim na wymianie wody oraz translokacji materii i zanieczyszczeń ze zlewni i ich akumulacji w zbiornikach. Procesy te, zachodzące w różnym zakresie i tempie, uzależnione są w dużym stopniu od warunków fizyczno-geograficznych zlewni i parametrów hydrologiczno-morfometrycznych akwenu, wpływających w różny sposób na uruchomienie związków biogenych i zasilanie jezior [1, 2].

Nadmierny dopływ związków biogenych do wód przyczynia się do stopniowego ich zeutrofizowania, co przy wysokiej podatności jezior na degradację może zachodzić bardzo intensywnie. Powoduje to pogorszenie warunków życia dla licznych organizmów żywych, a także ograniczenie możliwości gospodarczego wykorzystania wód. Postępująca eutrofizacja powoduje stopniowe zarastanie i wypływanie się akwenu, co w konsekwencji może doprowadzić do całkowitego zaniku ekosystemu jeziornego. Na proces ten narażone są zwłaszcza zbiorniki płytkie, poddane silnej antropopresji [3]. Dlatego też właściwe rozpoznanie i ograniczenie ilości zanieczyszczeń dopływających do jeziora ma kluczowe znaczenie w celu poprawy jakości wody i przeciwdziałaniu dalszej degradacji akwenu.

Badaniami objęto Jezioro Tomickie, charakteryzujące się wysokim stopniem zeutrofizowania wód [12, 19]. Akwen ten jest szczególnie narażonym na oddziaływanie zanieczyszczeń ze źródeł rolniczych, ze względu na rolniczy charakter zlewni oraz wysoki stopień zeutrofizowania wód rzeki Samicy Stęszewskiej, zasilającej jezioro [10, 13, 20]. Jezioro położone jest w otulinie Wielkopolskiego Parku Narodowego, a na południowym jego obrzeżu znajduje obszar chroniony „Rezerwat Trzcielińskie Bagno”, obejmujący swym zasięgiem lasy i bagna o łącznej powierzchni 38,14 ha. Jest to rezerwat ornitologiczny, w którym ochronie podlegają miejsca lęgowe ptactwa wodnego i błotnego. Jezioro charakteryzuje się wysokim stopniem zaniku [3], dlatego niezwykle istotne jest rozpoznanie obciążenia jeziora składnikami biogennymi w celu podjęcia najbardziej efektywnych działań ograniczających dalsze zanieczyszczenie wód.

Celem pracy jest rozpoznanie wielkości ładunków biogennych wprowadzanych do Jeziora Tomickiego oraz wyprowadzanych z akwenu w ciągu roku, ze wskazaniem głównych źródeł zanieczyszczenia wód zbiornika.

2. Metody badań

Badania wykonano na obszarze zlewni Jeziora Tomickiego w 2007 roku. Zmodyfikowany bilans zanieczyszczeń Jeziora Tomickiego został obliczony według metodyki zaproponowanej przez Bajkiewicz-Grabowską [2] opartej na równaniach Giercuszkiewicz-Bajtlik [7].

Ogólny wzór bilansowy jeziora:

$$L_{rz} = L_o + \Delta R \quad (1)$$

gdzie:

L_{rz} – zewnętrzne obciążenie jeziora fosforem (P) lub azotem (N) (rzeczywisty roczny ładunek) [g];

L_o – roczny ładunek fosforu lub azotu wynoszony z jeziora [g];

ΔR – roczny ładunek fosforu lub azotu retencjonowany w jeziorze [g].

$$(L_d + L_s + L_{sr} + L_o + L_l + L_k + L_r + L_a + L_z) = L_{od} + L_{wr} + \Delta R \quad (2)$$

gdzie:

- \mathcal{L}_d – roczny ładunek fosforu wnoszony do jeziora wodami dopływów [g];
 \mathcal{L}_s – roczny ładunek fosforu lub azotu wnoszony do zbiornika ze ściekami komunalnymi pochodzącymi ze źródeł punktowych w zlewni bezpośredniej jeziora [g];
 \mathcal{L}_{sr} – roczny ładunek fosforu lub azotu wnoszony do zbiornika ze ściekami pochodzenia rolniczego pochodzącymi ze źródeł punktowych w zlewni bezpośredniej jeziora [g];
 \mathcal{L}_o – roczny ładunek fosforu lub azotu ze źródeł obszarowych zlewni bezpośredniej jeziora [g];
 \mathcal{L}_l – roczny ładunek fosforu lub azotu pochodzący od ludności i turystów zamieszkałych na terenie nieskanalizowanym zlewni bezpośredniej jeziora [g];
 \mathcal{L}_k – roczny ładunek fosforu lub azotu wprowadzany do jeziora przez kąpiących się [g];
 \mathcal{L}_r – roczny ładunek fosforu lub azotu wprowadzany do jeziora z materiałem zarybieniowym [g];
 \mathcal{L}_a – ładunek fosforu lub azotu docierający do zbiornika wodnego z opadem atmosferycznym [g];
 \mathcal{L}_z – roczny ładunek fosforu lub azotu wnoszony do jeziora z zanętą rybacką [g];
 \mathcal{L}_{od} – roczny ładunek fosforu lub azotu wynoszony z jeziora z wodami odpływów [g];
 \mathcal{L}_{wr} – roczny ładunek fosforu lub azotu wynoszony z jeziora z rybami [g];
 ΔR – roczny ładunek fosforu lub azotu retencjonowany w jeziorze [g].

Składowe bilansu biogenów jeziora

Dopływ biogenów ciekami zasilającymi jezioro (\mathcal{L}_d)

$$\mathcal{L}_d = \sum_{i=1}^{i=h} \mathcal{L}_{di} \quad (3)$$

gdzie:

- \mathcal{L}_d – roczny ładunek fosforu lub azotu wprowadzany do jeziora dopływami [g];

L_{di} – roczny ładunek fosforu lub azotu wprowadzany do jeziora i-tym ciekim [g];

h – liczba cieków dopływających do jeziora.

Dopływ biogenów do jeziora wraz ze ściekami (L_{ξ})

$$L_{\xi} = (L_{\xi o} \cdot V_{\xi} \cdot L_{o\xi} \cdot 365)(1 - R_g) \quad (4)$$

gdzie:

$L_{\xi o}$ – jednostkowy ładunek azotu lub fosforu w ściekach oczyszczonych w przydomowej oczyszczalni ścieków [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$];

V_{ξ} – dobowa ilość ścieków oczyszczonych rozsączanych w glebie [$\text{m}^3 \cdot \text{dobę}^{-1}$];

$L_{o\xi}$ – ilość przydomowych oczyszczalni ścieków [szt.];

R_g – współczynnik retencjonowania biogenów w glebie.

Dopływ biogenów ze ściekami z produkcji zwierzęcej ($L_{\xi r}$)

Dopływ biogenów ze ściekami obliczono na podstawie szacowanej wielkości obsady inwentarza w zlewni rzeki Samicy Stęszewskiej przyjmując objętość ścieków produkowaną przez trzodę chlewną i zawartości N i P w gnojówce wg. Wrześniowskiego i in. [18].

Dopływ biogenów ze źródeł obszarowych (L_o)

$$L_o = (W_r A_r + W_{uz} A_{uz} + W_n A_n + W_l A_l + W_z A_z + W_a A_{z_l})(1 - R) + W_a A_j \quad (5)$$

gdzie:

W_r – współczynnik spływu obszarowego P lub N z użytków rolnych (Tabela 1) [$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$];

A_r – powierzchnia użytków rolnych [ha];

W_{uz} – współczynnik spływu obszarowego P lub N z użytków zielonych (Tabela 1) [$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$];

A_{uz} – powierzchnia użytków zielonych [ha];

W_n – współczynnik spływu obszarowego P lub N z nieużytków (Tabela 1) [$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$];

A_n – powierzchnia nieużytków [ha];

W_l – współczynnik spływu obszarowego P lub N z obszarów leśnych (Tabela 1) [$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$];

- A_l – powierzchnia lasów [ha];
 W_z – współczynnik spływu obszarowego P lub N z obszarów zabudowanych (Tabela 1) [$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$];
 A_z – powierzchnia obszarów zabudowanych [ha];
 W_a – współczynnik dostawy fosforu lub azotu z opadem atmosferycznym [$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$];
 A_{z1} – powierzchnia zlewni jeziora [ha];
 A_j – powierzchnia jeziora [ha];
 R – współczynnik retencji fosforu lub azotu w zlewni – dla P=0,573 dla N=0,41 [2].

Dopływ substancji biogenych z opadem atmosferycznym (\mathcal{L}_a)

$$\mathcal{L}_a = W_a \cdot A_j \quad (6)$$

gdzie:

- \mathcal{L}_a – ładunek fosforu lub azotu docierający do zbiornika wodnego z opadem atmosferycznym [g];
 W_a – współczynnik spływu fosforu lub azotu całkowitego z opadem atmosferycznym przyjęto wg danych IMGW dla Wielkopolski z 2006 roku [$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$];
 A_j – powierzchnia jeziora [ha].

Dopływ biogenów ze źródeł rozproszonych (\mathcal{L}_l)

$$\mathcal{L}_l = (M \cdot W_l \cdot 365 + T \cdot W_l \cdot d_r)(1 - R_g) \quad (7)$$

gdzie:

- M – liczba ludności;
 W_l – współczynnik wydzielania fosforu lub azotu przez człowieka [$\text{g}\cdot\text{rok}^{-1}$];
 T – liczba turystów;
 d_r – liczba dni sezonu turystycznego w roku;
 R_g – współczynnik retencji fosforu lub azotu w glebie.

Ładunek biogenów wprowadzanych do jeziora przez kąpiących się (\mathcal{L}_k)

$$\mathcal{L}_k = d_r \cdot k \cdot W_k \quad (8)$$

gdzie:

- d_r – liczba dni sezonu turystycznego w roku;

k – liczba kąpiących się w jeziorze podczas sezonu turystycznego;
 W_k – współczynnik wprowadzania fosforu lub azotu przez kąpiących się
 [g·osoba⁻¹].

Ładunek biogenów wnoszonych do jeziora z zanętą rybacką (L_z)

$$L_z = L_w \cdot ds \cdot l_z \quad (9)$$

gdzie:

L_w – liczba wędkarzy;

ds – liczba dni sezonu wędkarskiego;

l_z – współczynnik wnoszenia N i P przez wędkarza – 18,19 g N i 3,27 g P [17].

Ładunek biogenów wnoszonych do jeziora z materiałem zarybieniowym (L_r) i wynoszony z jeziora z rybami (L_{wr}) obliczono na podstawie ilości materiału zarybieniowego wprowadzonego do jeziora i ilości odławianych ryb przez Polski Związek Wędkarski oraz wartości odżywczych poszczególnych gatunków ryb [6]. Dane uzyskano z Zakładu Rybacko-Wędkarskiego w Poznaniu.

Wielkość biogenów wynoszona z wodami odpływów (L_{od})

$$L_{od} = \sum_{i=1}^{i=h} L_{odi} \quad (10)$$

gdzie:

L_{od} – roczny ładunek fosforu lub azotu wyprowadzany z jeziora odpływami [g];

L_{odi} – roczny ładunek fosforu lub azotu wyprowadzany z jeziora i-tym ciekami [g];

h – liczba cieków opływających z jeziora.

Charakterystykę struktury użytkowania gruntów w zlewni jeziora opracowano przy użyciu programu komputerowego MapMaker na podstawie map topograficznych w skali 1:10 000 i 1:25 000. Analizę i ocenę gleb wykonano na podstawie map glebowych Pojezierza Poznańskiego opracowanych przez Marcinka [14]. Charakterystykę gospodarki wodnościekowej na terenie zlewni jeziora opracowano na podstawie danych

otrzymanych z Urzędu Gminy Dopiewo, Urzędu Miasta i Gminy Stęszew, Biura Projektowego „BIPROWODMEL” w Poznaniu, Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych w Dopiewie oraz obserwacji własnych. Dane zarybieniowe i wielkość odłowów uzyskano z Polskiego Związku Rybactwa.

Tabela 1. Współczynniki rocznego odpływu biogenów z różnego rodzaju powierzchni

Table 1. Annual indexes of nutrient output from different types of land use

Sposób użytkowania terenu	Źródło danych	N min. kg N·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹	P kg Pcałk.·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹
Lasy (W _l)	[7]	6,5	0,20
Łąki i pastwiska (W _{uz})	[7, 8]	5,5	0,20
Zabudowania (W _z)	[7]	6,0	0,90
Grunty orne (W _r)	[7]	10,1	0,56

Analizy jakości wód dopływających i odpływających z Jeziora Tomickiego wykonywano comiesięcznie w Katedrze Ekologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Zakres badań wody w Jeziorze Tomickim oraz Samicy Stęszewskiej obejmował oznaczenia w wodzie następujących wskaźników:

- fosfor reaktywny - kolorymetrycznie z kwasem askorbinowym (HACH DR/2400);
- fosfor ogólny - metodą mineralizacji nadsiarczanem w środowisku kwaśnym (HACH DR/2400);
- azot amonowy - kolorymetrycznie, metodą salicylanową (HACH DR/2400);
- azot azotanowy - kolorymetrycznie, metodą salicylanową (HACH DR/2400);
- azot azotynowy - spektrofotometrycznie (HACH DR/2400).

Pomiary przepływu wody rzeki Samicy Stęszewskiej na dopływie do jeziora mierzono comiesięcznie młynkiem hydrometrycznym przez Katedrę Melioracji i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu ramach grantu nr 2 P06S 026 28. Przepływ na odpływie z jeziora obliczono na podstawie metody analogii do punktu położonego poniżej jeziora w kilometrze rzeki 13+115, w miejscowości Stęszewo.

3. Opis terenu

Jeziro Tomickie położone jest 26 km na zachód od Poznania (52°19'07,6" szerokości geograficznej i 16 °37'45,5" długości geograficznej), na granicy gminy Stęszew oraz Dopiewo. Zlewnia jeziora położona jest na Nizinie Wielkopolskiej w rejonie Wysoczyzny Poznańskiej. Według podziału fizyczno-geograficznego jest to Pojezierze Poznańskie [9].

Jeziro Tomickie to akwen przepływowy, leżący w biegu Samicy Stęszewskiej poniżej Jeziora Niepruszewskiego. Ma kształt lekko wydłużony z południowego wschodu na północny zachód. Cechy morfometryczne akwenu są niekorzystne. Jest to zbiornik o niewielkiej powierzchni (36,0 ha), polimiktyczny o średniej głębokości 1,7 m i maksymalnej 2,7 m [3]. Na dnie zbiornika zalega gruba warstwa osadów organicznych. Zlewnia całkowita Jeziora Tomickiego wynosi 100,3 km² i stanowi górną część zlewni rzeki Samicy Stęszewskiej do przekroju poniżej zbiornika. Zlewnia bezpośrednia obejmuje powierzchnię 110,7 ha.

Powierzchnia zlewni bezpośredniej Jeziora Tomickiego pokryta jest przede wszystkim ciężkimi glebami płowymi wytworzonymi z glin [14]. Są to gleby gruntowo- i opadowo-glejowe oraz zaciekowe gruntowo- i opadowo-glejowe, wytworzone z glin zwałowych oraz piasków naglinowych lekkich i średnich. Poza glebami płowymi występują również gleby torfowe i torfowo-murszowe położone w zlewni bezpośredniej jeziora.

Zlewnia bezpośrednia Jeziora Tomickiego posiada niekorzystną z punktu widzenia ochrony wód strukturę użytkowania. Przeważają tu grunty orne, zajmujące powierzchnię 67,3 ha, tj. 60,8% powierzchni zlewni bezpośredniej akwenu. Pomiedzy zbiornikiem wodnym a gruntami ornymi istnieje naturalna bariera w postaci lasów oraz łąk, ograniczająca dopływ zanieczyszczeń. Największe połacie leśne występują w północno-wschodniej części zlewni, izolując miejscowość Lisówki i ograniczając bezpośredni wpływ wsi na zbiornik wodny. Miejscowości Mirosławki oraz Tomice zlokalizowane na zachodnim brzegu jeziora, zajmują powierzchnię 4,8 ha, tj. 4,3% całkowitej zlewni bezpośredniej Jeziora Tomickiego.

4. Wyniki badań

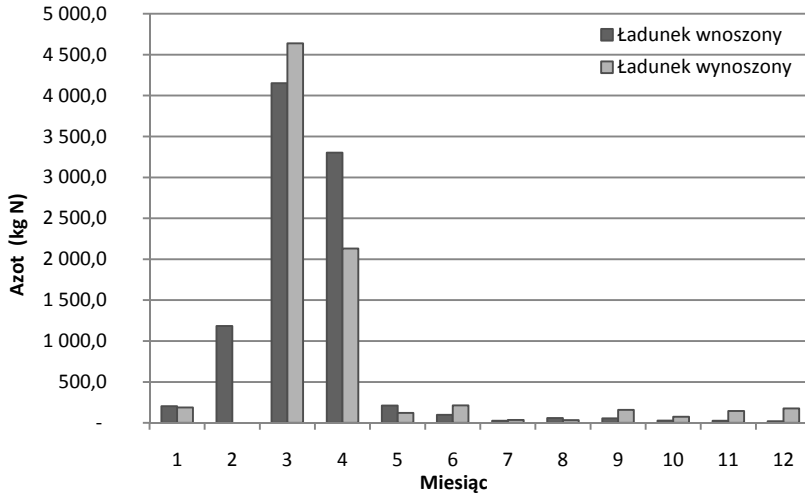
Badania wielkości ładunku biogenów wnoszonych z dopływem rzeczonym do Jeziora Tomickiego obliczono na podstawie badań wielko-

ści przepływu wody oraz stężenia biogenów w wodzie rzeki Samicy Stęszewskiej, będącej jedynym ciekim zasilającym jezioro przez cały rok. Analiza sezonowej dostawy ładunków biogenów wykazuje, że największa ilość azotu i fosforu wnoszona była do jeziora wiosną, zwłaszcza w marcu i w kwietniu. Wówczas zostało wprowadzone do jeziora 77% azotu i 69% fosforu z całkowitej ilości biogenów dopływających rzeką do jeziora (Rys. 1, 2).

Największy ładunek azotu stwierdzono w miesiącach wiosennych, zwłaszcza w marcu i kwietniu, natomiast najmniejszy ładunek dopływał w lipcu (podczas najmniejszych przepływów oraz najniższych stężeń notowanych w ciągu roku) oraz w październiku i listopadzie (Rys. 1). Samica Stęszewska wraz z wodami wniosła w ciągu roku do Jeziora Tomickiego 1185,8 kg N-NH₄, 8081,2 kg N-NO₃ oraz 97,1 kg N-NO₂, tj. odpowiednio 13%, 82% i 1% ilości azotu mineralnego wnoszonego do akwenu.

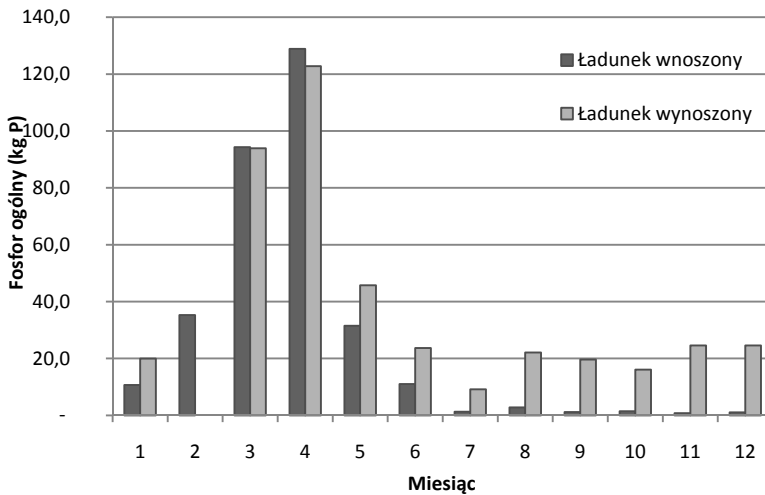
Analogiczną dynamikę wielkości ładunku azotu stwierdzono na odpływie wody z jeziora rzeką Samicą Stęszewską. Największą dostawę stwierdzono w okresie wiosennym, a najmniejszą latem, podczas niskich przepływów wody w rzece. W ciągu roku z Jeziora Tomickiego z wodami rzeki odpłynęło 7918,6 kg N, z czego największy procent stanowił azot w formie azotanowej (82,5%). Analizując wielkości ładunków zanieczyszczeń transportowanych z wodami Samicy Stęszewskiej można zauważyć największy udział azotanów. Prawie 1,6 tony N-NO₃ zostało zatrzymane w Jeziorze Tomickim, tj. 15,4% ładunku dopływającego. W przypadku pozostałych związków biogenych saldo pozostaje ujemne.

Największy ładunek fosforanów i fosforu ogólnego z wodami rzeki był wnoszony również w okresie wiosennym (Rys. 2). Ze względu na czterokrotnie większe przepływy powodowane roztopami wiosennymi oraz spuszczenie wody piętrzonej w Jeziorze Niepruszewskim, z wodami rzeki Samicy Stęszewskiej w marcu i kwietniu dopłynęło do Jeziora Tomickiego 302,72 kg P, tj. 69% całkowitego rocznego ładunku fosforu. W sumie w ciągu całego roku 2007 jezioro przyjęło 320,17 kg P, z czego 27% stanowiły formy przyswajalne. Z jeziora zostało wyniesionych z wodami rzeki ponad 32% ładunku wprowadzonego rzeką, tj. 102,18 kg P (Tab. 2).



Rys. 1. Miesięczne ładunki azotu wnoszone oraz wynoszone z Jeziora Tomickiego z wodami Samicy Stęszewskiej w 2007 roku

Fig. 1. Monthly total nitrogen inputs and outputs into and out of the Samica Stęszewska River to Lake Tomickie in 2007



Rys. 2. Miesięczne ładunki fosforu wnoszone oraz wynoszone z Jeziora Tomickiego z wodami Samicy Stęszewskiej w 2007 roku

Fig. 2. Monthly total phosphorus inputs and outputs into and out of the Samica Stęszewska River to Lake Tomickie in 2007

Tabela 2. Sumaryczne ilości azotu i fosforu wnoszonych i wynoszonych z wodami rzeki**Table 2.** Total nitrogen and phosphorus inputs and outputs with the river waters

Składnik	Wnoszone kg	Wynoszone kg	Wnoszone %	Wynoszone %
N-NH ₄	1185,8	1269,4	12,7	16,0
N-NO ₃	8081,2	6532,0	86,3	82,5
N-NO ₂	97,1	117,2	1,0	1,5
Suma	9364,1	7918,6	100	100
Pog	320,2	422,4	100	100
w tym:				
P-PO ₄	119,7	198,1	27,2	31,9

Źródła obszarowe, obejmujące spływy powierzchniowe z gruntów ornych, obszarów leśnych, terenów zabudowanych, łąk i pastwisk oraz opad atmosferyczny na powierzchnię jeziora, dostarczyły około 10% całkowitego ładunku dopływającego do akwenu (Tab. 5). W 2007 roku źródła te zasilily zbiornik w 1176,5 kg azotu oraz 50,7 kg fosforu. Największy udział w dostawie azotu i fosforu ze źródeł przestrzennych miały spływy z obszarów rolniczych, dostarczające do jeziora 679,7 kg N i 37,7 kg P, tj. odpowiednio 58% i 74% tych składników dopływających do jeziora ze źródeł obszarowych (Tab. 3).

Tabela 3. Ładunek azotu i fosforu wnoszony do jeziora ze źródeł obszarowych
Table 3. Load of nitrogen and phosphorus discharged into the lake from the area sources

Składnik bilansu	Azot		Fosfor	
	kg N	%	kg P	%
Grunty orne	679,7	57,78	37,7	74,35
Obszary leśne	110,5	9,39	3,4	6,71
Użytki zielone	118,8	10,10	4,3	8,52
Tereny zabudowane	28,8	2,45	4,3	8,52
Opad atmosferyczny	238,7	20,29	0,9	1,90
Suma	1176,5	100,0	50,7	100,0

W 2007 roku ze źródeł rozproszonych do jeziora wprowadzonych zostało 1248,4 kg azotu oraz 173,7 kg fosforu (Tab. 4), tj. około 11% ładunku azotu i 32% ładunku fosforu wnoszonych do zbiornika (Tab. 5). Spośród źródeł punktowych największy udział zanieczyszczeń pochodził z nielegalnych zrzutów ścieków z gospodarstw rolnych. Stwierdzono również zrzuty ścieków pochodzących z domków letniskowych zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie jeziora. Szacunkowy ładunek wnoszony do jeziora wynosił 170,1 kg P i 1217,7 kg N. Według danych szacunkowych w postaci zanęt wędkarskich wprowadzonych zostało 1,8 kg P i 10,0 kg N. W ramach zarybiania przez Polski Związek Wędkarski w 2007 roku wprowadzono do jeziora 19,4 kg azotu oraz 1,5 kg fosforu. W wyniku odłowów wyniesiono z jeziora 126,0 kg N i 4,2 kg P. Największy udział w ilości fosforu wynieszonego z rybami miał sandacz i węgorz, azotu – leszcz, sandacz i węgorz.

Bilans biogenów dla Jeziora Tomickiego w 2007 roku wypadł niekorzystnie. Wyniki wskazują na znaczną retencję azotu i fosforu w akwenu, która wynosiła 3,7 ton azotu (N) i 0,12 ton fosforu (P).

Tabela 4. Ładunek zanieczyszczeń wnoszony do jeziora ze źródeł rozproszonych

Table 4. Load of nitrogen and phosphorus entering the lake from non-point sources

Źródła rozproszone	Azot		Fosfor	
	kg N	%	kg P	%
Oczyszczalnie ścieków	1,0	0,08	0,2	0,12
Nielegalne zrzuty ścieków	1216,7	97,46	170,0	97,86
Kąpiący się	0,36	0,03	0,018	0,01
Materiał zarybieniowy	19,4	1,55	1,5	0,86
Zanęty wędkarskie	10,9	0,87	2,0	1,15
Razem	1248,4	100	173,7	100

Tabela 5. Wielkości składników bilansowych Jeziora Tomickiego w 2007 roku
Table 5. Nutrient balance of Lake Tomickie in 2007

Składnik bilansu	Azot		Fosfor	
	kg N	%	kg P	%
DOPIYW				
Dopływ ciekim	9364,1	79,43	320,2	58,81
Dopływ ze źródeł obszarowych	1176,5	9,98	50,6	9,29
Dopływ ze źródeł rozproszonych	1248,4	10,59	173,7	31,90
Suma	11789,0	100	544,4	100
ODPIYW				
Odpływ z ciekim	7918,6	98,40	422,4	99,02
Odlów ryb	126,0	1,60	4,2	0,98
Suma	8044,6	100	426,6	100
Retencja biogenu	3744,4	31,76	117,8	21,66

5. Dyskusja

Badania wykazały istotny wpływ zasilania jeziora wodami rzeki Samicy Stęszewskiej. Tą drogą dociera 79% azotu i 59% fosforu. Duży dopływ tego typu zanieczyszczeń jest konsekwencją wybitnie rolniczego charakteru zlewni rzeki. Zgodnie z Rozporządzeniem Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Poznaniu z dnia 2 grudnia 2003 roku górna część zlewni Samicy Stęszewskiej do przekroju poniżej Jeziora Niepruszewskiego uznana została za obszar szczególnie narażony na zanieczyszczenia wód azotanami pochodzenia rolniczego [5]. Ma to odzwierciedlenie we wzroście wnoszonego ładunku składników, zwłaszcza azotanów, z wodami rzeki obserwowany w okresie wczesnowiosennym, spowodowane przede wszystkim wymywaniem azotu z pól, pozbawionych pokrywy roślinnej oraz w wyniku roztopów wiosennych [4, 13]. Jak wskazują badania Wiśniewskiego [18] i Bajkiewicz-Grabowskiej [2] dopływy bardzo często stanowią główne źródło zanieczyszczeń wnoszonych do akwenu.

Bardzo trudna do oszacowania jest rzeczywista wielkość biogenów pochodząca z rozproszonych źródeł zanieczyszczeń. Największy udział stanowiły nielegalne zrzuty gnojówki z hodowli trzody chlewnej. Wizja terenowa wykazała również na znaczne ilości biogenów docierające do jeziora z przydomowych oczyszczalni ścieków, które nie spełniają dobrze swoich funkcji. Kolmatacja gruntu po około 10 latach eksploatacji

oczyszczalni uniemożliwia skuteczne działanie drenażu rozłączającego. Stwierdzono zasilanie ściekami z przydomowych oczyszczalni ścieków stawów rybnych, położonych w bezpośrednim sąsiedztwie jeziora.

Niekorzystnym zjawiskiem może być również wtórne uwalnianie się fosforu z osadów dennych akwenu, zwłaszcza w okresie letnim. W ostatnich latach obserwuje się w Jeziorze Tomickim okresowe, miejscowe niedobory tlenu. Jak wskazują badania Ławniczak i in. [12] stwierdza się zakłócenie zdolności buforowych i wysoki stopień zakłócenia równowagi ekologicznej jeziora. Jednakże w bilansie wtórne zasilanie jeziora nie zostało ujęte ze względu na brak szczegółowych danych o intensywności tego procesu.

Jezioro Tomickie jest zbiornikiem przepływowym, jednak wymiana wody jest niewystarczająca aby skutecznie usunąć nadmiar biogenów skumulowany w akwenu. Badania zawartości związków biogenych w wodach cieką zasilającego jezioro oraz z niego odpływającego wykazały duży wpływ ekosystemu jeziornego na jakość przepływającej wody w wyniku procesów zachodzących w zbiorniku [12, 19]. Obserwuje się retencję biogenów w Jeziorze Tomickim, co wpływa na jakość wody rzeki Samicy Stęszewskiej. Akwen kompensuje częściowo przepływ biogenów rzeką, co jednak ujemnie oddziałuje na jakość wód i stan ekologiczny samego jeziora [11, 12, 20].

Ze względu na wybitnie rolniczy charakter zlewni Jeziora Tomickiego i niską odporność jeziora na degradację niezwykle ważne jest utrzymanie odpowiedniej strefy ochronnej wokół akwenu. Propagowanie zrównoważonego rolnictwa oraz utrzymanie i tworzenie nowych naturalnych barier ochronnych w postaci zadrzewień i łąk, eliminujących lub przynajmniej ograniczających bezpośredni dopływ zanieczyszczeń ze zlewni bezpośredniej jeziora, z pewnością może poprawić jego stan troficzny.

Konieczne jest ograniczenie dopływu antropogenicznych ładunków składników biogenych do jeziora, a przede wszystkim wyeliminowanie bezpośrednich zrzutów ścieków do jeziora i uporządkowanie gospodarki ściekowej, zwłaszcza w miejscowościach zlokalizowanych w zlewni bezpośredniej jeziora, przy jednoczesnym stosowaniu zasad Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej na obszarze zlewni.

Konieczne jest także nawiązanie współpracy sąsiednich gmin w celu wyeliminowania zanieczyszczeń docierających do Jeziora Niepruszewskiego, a także występujących w zlewni. Są to działania przynoszą-

ce efekty, na które jednak trzeba długo czekać. Wyniki badań wskazują na konieczność wprowadzenia środków ochronnych ograniczających dostawy zanieczyszczeń i zapobiegających pogarszaniu się i tak złej jakości wody Jeziora Tomickiego. Ograniczenie zanieczyszczeń ze źródeł obszarowych, związanych z gospodarką rolną oraz komunalną wymaga kompleksowego podejścia do problemu na terenie całej zlewni jeziora a nie tylko w bezpośrednim sąsiedztwie omawianego zbiornika.

Działania te nie rozwiążą jednak problemu zanieczyszczenia zbiornika, ze względu na zbyt dużą ilość skumulowanych w nim zanieczyszczeń. Wyniki badań bezsprzecznie wskazują na konieczność ograniczenia ilości zanieczyszczeń docierających do jeziora oraz podjęcie działań rekultywacyjnych w akwenu.

6. Wnioski

1. Bilans biogenów wykazał roczną 31% retencję azotu i 22% fosforu w akwenu, co niewątpliwie wpływa na procesy zarastania i wypłymania Jeziora Tomickiego.
2. Głównym dostawcą biogenów wnoszonych do jeziora w 2007 roku była rzeka Samica Stęszewska, z którą zostało dostarczane ok. 79% całkowitego ładunku azotu i 59% ładunku fosforu trafiającego do akwenu.
3. Największy ładunek biogenów wprowadzanych był rzeką w okresie wiosennym, podczas wysokich przepływów wody i wysokich stężeń składników pokarmowych.
4. Spośród źródeł punktowych największy ładunek zanieczyszczeń pochodził z nielegalnych zrzutów ścieków, które mają znaczący udział w dopływie fosforu do jeziora.
5. Badania wskazują konieczność podjęcia radykalnych działań ograniczających dalszy dopływ zanieczyszczeń do Jeziora Tomickiego w celu zapobiegnięcia dalszej jego degradacji i zaprzestania procesów zanikania akwenu.

Literatura

1. **Bajkiewicz-Grabowska E.:** *Oporność jezior systemu rzeczno-jeziornego Krutyni (Pojezierze Mazurskie) i ich zlewni na degradację.* W: Hillbricht-Ilkowska A. (red.) *Funkcjonowanie systemów rzeczno-jeziornych w krajobrazie pojeziernym: rzeka Krutynia (Pojezierze Mazurskie).* Instytut Ekologii PAN Warszawa, 43-61, 1996.
2. **Bajkiewicz-Grabowska E.:** *Obieg materii w ekosystemach rzeczno-jeziornych.* Uniwersytet Warszawski. Wydz. Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa, 2002.
3. **Choiński, A.:** *Katalog jezior polskich.* Wydawnictwo Uniwersytetu Adama Mickiewicza, Poznań, 2006.
4. **DEFRA:** *Diffuse nitrate pollution from agriculture – strategies for reducing nitrate leaching. Consultation on implementation of the Nitrates Directive.* ADAS Report, England, 52, 2007.
5. Dziennik Urzędowy Województwa Wielkopolskiego z dnia 12 grudnia 2003 r., Nr 192, poz. 3568.
6. **Elmadfa I., Muskat E.:** *Wielkie tabele kalorii i wartości odżywczych.* Wyd. MUZA, 2009.
7. **Giercuszkiwicz-Bajtlik M.:** *Prognozowanie zmian jakości wód stojących.* Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa, 1990.
8. **Kajak Z.:** *Eutrofizacja jezior.* PWN, Warszawa, 1979.
9. **Kondracki J.:** *Geografia regionalna Polski.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2000.
10. **Ławniczak A.E., Zbierska J., Machuła S.:** *Effect of shallow lakes on nitrogen form concentrations in river ecosystems.* *Limnological Review* 9, 1: 61-66, 2009.
11. **Ławniczak A.E., Zbierska J., Machuła S., Choiński A.:** *Fluvial lakes affect on phosphorus and potassium concentrations in the Samica Sęszewska River.* *Limnological Review.* w druku, 2010.
12. **Ławniczak A.E., Zbierska J., Choiński A.:** *Ocena stanu ekologicznego jezior w odniesieniu do Ramowej Dyrektywy Wodnej.* *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 540: 55-67, 2009.
13. **Ławniczak A.E., Zbierska J., Kupiec J.:** *Changes of nutrient concentrations in water sensitive to nitrate pollution from agricultural sources in the Samica Sęszewska River catchment.* *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Land Reclamation,* 40: 15-25, 2008.
14. **Marcinek J.:** *Mapa gleb Pojezierza Poznańskiego.* Skala 1:500 000. *Kat. Glebozn. Melior.* UP Poznań, niepublikowana, 2001.

15. Rozporządzenie Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Poznaniu z dnia 2 grudnia 2003 roku w sprawie określenia wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych oraz obszarów szczególnie narażonych, z których odpływ azotu ze źródeł rolniczych do tych wód należy ograniczyć. Dz. U. nr 192, poz.3568.
16. **Wiśniewski G.:** *Wpływ zlewni cząstkowych rzeki Maruszy na bilans hydrologiczny i bilans biogenów w Jeziorze Rudnickim Wielki w Grudziądzu w latach 1994-1996.* Praca doktorska. Wydz. Ochrony Środowiska, Olsztyn, 2001.
17. **Wolos A., Mioduszevska H.:** *Wpływ stosowania przez wędkarzy zanęt na efekty wędkowania i bilans biogenów ekosystemów wodnych.* Kom. Ryb. 1: 23-27, 2003.
18. **Wrześniowski Z., Sosnowska W., Stempel R.:** *Tabele pomocnicze do planowania rolniczej działalności gospodarczej.* Wydaw. ART, Olsztyn, 1997.
19. **Zbierska J., Ławniczak A.:** *Jakość wody w Jeziorach Niepruszewskim i Tomickim, położonych w rolniczej zlewni rzeki Samicy Stęszewskiej w latach 1999-2000.* Zesz. Probl. PNR. 476: 519-526, 2001.
20. **Zbierska J., Ławniczak A.:** *Ocena jakości wody w rzece Samicy Stęszewskiej i źródeł zanieczyszczeń w jej zlewni.* Zesz. Probl. PNR. 476: 527-535, 2001.

Nutrient Balance of Tomickie Lake

Abstract

Lakes are most 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. The aim of the study was to estimate the load of nitrogen and phosphorus to Lake Tomickie.

In order to determine the rate of nutrient loading to the lake, nutrient retention and to recognise major sources of nutrients, modified method of Ba-

jkiewicz-Grabowska was used. Nutrient balance was calculated based on data obtained in 2007. Water quality in the river was measured monthly.

Results showed a significant contribution of the Samica Steszewska River to nutrient supply to the lake. Approximately 79% load of nitrate and 59% load of phosphate was delivered with river water, mostly during spring time. This was probably the consequence of agricultural land use of the catchment, as indicated by high nitrate concentrations in the water in March and April. It was very difficult to estimate pollution loads from non-point sources, particularly from farms specialised in pig production and household sewage treatment. Discharge of sewage to fish ponds located close to the lake was observed. Non-point sources provided about 11% of nitrate and 32% of phosphorus loads to the lake. The nutrient balance in Lake Tomickie was unfavourable. The obtained results indicate significant amounts of nutrients accumulated in the lake; it was estimated at the level of 3.7 tons nitrate and 0.12 tons of phosphate per year. Reduction of pollution sources is necessary to prevent further degradation of the lake.