

## **OCENA MOŻLIWOŚCI ODDZIAŁYWANIA ZLEWNI NA JEZIORA GÓRNEJ PASŁĘKI ORAZ PODATNOŚCI TYCH JEZIOR NA DEGRADACJĘ**

Jolanta Grochowska, Mariusz Teodorowicz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Streszczenie.** Badaniami objęto jeziora Wymój, Sarąg, Łęguty i Isąg, przez które przepływa rzeka Pasłęka, oraz zlewnie tych jezior. Stwierdzono, że jeziora górnej Pasłęki należą do II kategorii odporności na degradację, czyli są zbiornikami umiarkowanie podatnymi na eutrofizację. Zlewnie jezior zakwalifikowano do 4 kategorii, co oznacza, że cechują się dużą możliwością dostarczania materii do jeziora. Badane jeziora wraz ze zlewniami należą do drugiego typu układów ekologicznych zlewnia–jezioro, w których niekorzystne dla jeziora warunki zlewniowe, związane z dużą możliwością dostarczania materii stałej do zbiornika, są równoważone przez dość wysoką odporność samego jeziora na wpływy z zewnątrz. W takim układzie tempo naturalnej eutrofizacji zbiornika powinno być umiarkowane. Jeziora górnej Pasłęki cechuje jednak przyspieszone tempo tego procesu, spowodowane m.in. przez wysoki ładunek związków biogenicznych wnoszonych z wodami rzeki oraz intensywne wykorzystywanie jezior do celów rekreacyjnych.

**Słowa kluczowe:** eutrofizacja, jezioro, zlewnia, podatność na degradację

### **WSTĘP**

Jeziora nie są obiektami statycznymi, lecz dynamicznymi rozwijającymi się ekosystemami o bogatej przeszłości [Gabryelak i Rondko 1990]. Zajmując obniżenia terenu, w sposób naturalny kumulują materiał spływający ze zlewni, zarówno w postaci zawiesin, jak i w formie rozpuszczonych soli mineralnych [Galicka i inni 1994], wskutek czego ulegają eutrofizacji. W warunkach naturalnych proces ten przebiega bardzo powoli, tysiące, a nawet setki tysięcy lat, a jego tempo w każdym zbiorniku jest inne. Intensywność eutrofizacji zależy z jednej strony od charakteru zlewni traktowanej jako dostawca materii, czyli od jej budowy geologicznej i sposobu użytkowania ziemi, z drugiej zaś od odporności samego jeziora, na którą wpływ ma wiele czynników związanych

z jego morfometrią i hydrologią [Bajkiewicz-Grabowska 1985, Kudelska i inni 1994, Szyper 2000].

Ochrona ekosystemów jeziornych, polegająca na ograniczeniu spływu substancji biogenicznych i organicznych ze zlewni, wymaga znajomości naturalnej odporności zbiornika na degradację oraz roli, jaką zlewnia odgrywa w przyspieszaniu bądź hamowaniu jego eutrofizacji.

Interesujący obszar badań stanowią jeziora Wymój, Sarąg, Łęguty i Isąg, przez które przepływa rzeka Pasłęka. W 1970 r. rozporządzeniem Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w dorzeczu Pasłęki utworzono rezerwat przyrody – Ostoja Bobrów na rzece Pasłęce, który rozciągał się na obszarze 4116,18 ha na terenie byłych województw olsztyńskiego i elbląskiego. Obecnie powierzchnia rezerwatu wynosi 1903 ha [Endler i Zielińska 1994]. W skład rezerwatu wchodzi wspomniane cztery jeziora oraz rzeka Pasłęka na odcinku od źródeł do jej ujścia do jeziora Isąg.

Dorzecze Pasłęki i jeziora, przez które przepływa ta rzeka, nie były dotychczas przedmiotem żadnych poważniejszych badań ani analiz ze strony limnologów, hydrologów i geografów. Ze względu na niepowtarzalne walory krajobrazowe i przyrodnicze obszar ten powinien podlegać określonym zasadom użytkowania i ochrony.

Celem pracy było określenie naturalnej podatności jezior Wymój, Sarąg, Łęguty i Isąg na degradację, ocenienie oddziaływania ich zlewni jako dostawcy materii biogenicznej oraz oszacowanie tempa naturalnej eutrofizacji tych jezior.

## MATERIAŁ I METODY

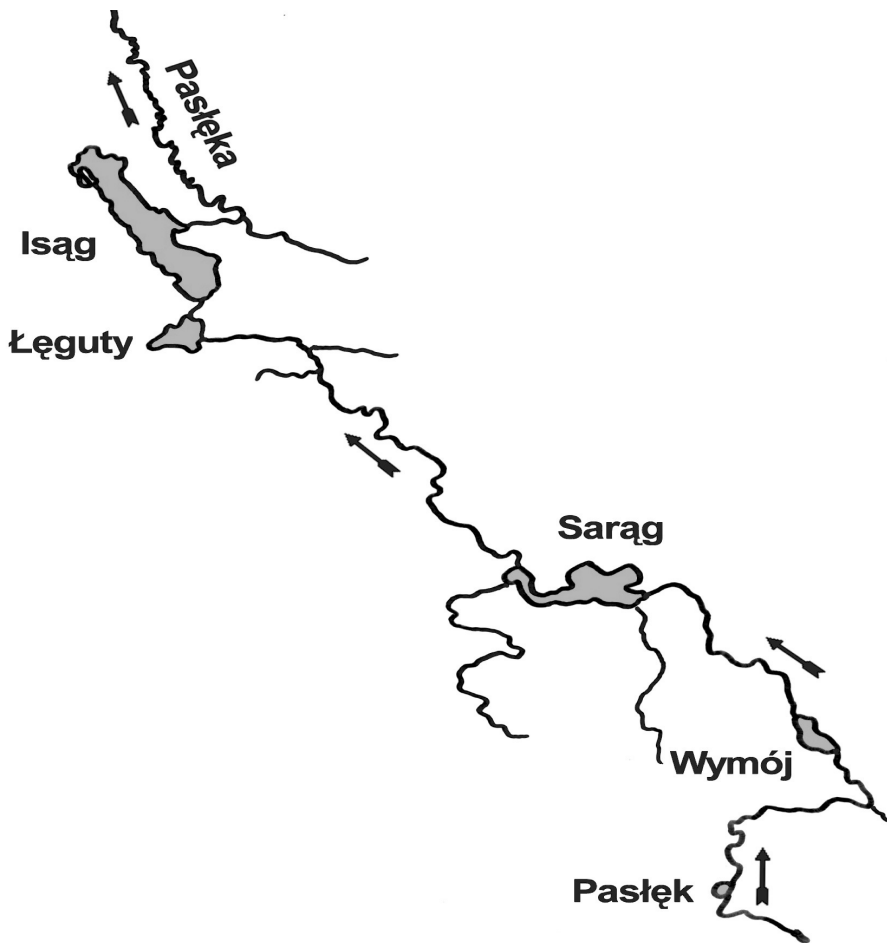
Badaniami objęto cztery jeziora leżące na trasie przepływu pojeziernej rzeki Pasłęki (patrz rysunek). Źródłiska Pasłęki znajdują się ok. 25 km na południowy-zachód od Olsztyna, na zabagnionych łąkach w pobliżu wsi Gryżliny, na wysokości 188 m n.p.m. Na początku swego biegu rzeka płynie przez niewielkie jezioro Pasłęk, a dalej – przez jeziora Wymój, Sarąg, Łęguty i Isąg oraz sztuczny zbiornik Pierchalski – niesie wody do Zalewu Wiślanego.

Jeziora, przez które przepływa Pasłęka, są znacznie zróżnicowane morfometrycznie (tab. 1).

Jeziora pasłęckie leżą na obszarze falistej wysoczyzny morenowej, pod względem geologiczno-morfologicznym wykształconej w marginalnej strefie pomorskiej fazy zlodowacenia bałtyckiego [Forovic 1975, Panfil 1978]. Dolina Pasłęki to holocenińska równina zalewowa i nadzalewowa.

Falistość wysoczyzny morenową budują piaski i żwiry wodnolodowcowe z początków fazy pomorskiej oraz piaski i żwiry moreny czołowej. Dolina Pasłęki zbudowana jest głównie z piasków rzecznych. Skałą macierzystą dla gleb obszaru wysoczyzny są piaski międzymorenowe, a w dolinach wyraźnie dominują piaski rzeczne i piaski akumulacji lodowcowej.

Na terenie dorzecza Pasłęki przeważają gleby brunatne (z przewagą gleb brunatnych bielcowych), ponadto występują tam gleby murszowo-mineralne, torfowo-murszowe, czarnoziem, gleby torfowe torfowisk niskich i przejściowych, gleby mułowo-glejowe oraz bielcowe właściwe [Uggla 1956].



Rys. Mapa terenu badań

Fig. Map of study area

Powierzchnia zlewni całkowitej jeziora Wymój wynosi 2260 ha, a bezpośredniej 60,2 ha. Największy udział w zlewni bezpośredniej – 52% powierzchni – mają tereny porośnięte lasami, obszary użytkowane rolniczo stanowią 36%, a tereny zabudowane i bagna po 6% jej obszaru. Zlewnia całkowita jeziora Sarąg ma powierzchnię 18 723 ha, a bezpośrednia 1054 ha. Na obszarze zlewni bezpośredniej dominują lasy porastające aż 89,3% jej powierzchni. Występują tam także grunty orne (4,6%), łąki suche i podmokłe (3,8%), bagna (2%) oraz zabudowania (0,3%). Zlewnia całkowita jeziora Łęguty wynosi 24 150,2 ha. Zlewnia bezpośrednia zajmuje obszar 107,8 ha, a pokrywają go lasy (56%), pola i łąki (34%), bagna i wody (7%) oraz zabudowania (3%). Powierzchnia zlewni całkowitej jeziora Isąg to 24 667,5 ha. Bezpośrednie otoczenie tego zbiornika to obszar o powierzchni 495,4 ha, w którym największy udział mają lasy (58,3%), łąki stanowią 28,4%, pola i nieużytki 9,5%, a zabudowania 3,8%.

Tabela 1. Charakterystyka badanych jezior (dane z Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie)  
 Table 1. Characterisation of study lakes (data from Institute of Inland Fisheries, Olsztyn)

Parametr – Parameter	Jezioro – Lake			
	Wymój	Sarag	Łęguty	Isąg
Powierzchnia zwierciadła wody, ha Water table surface area, ha	47,3	183,0	60,9	395,7
Głębokość maksymalna, m Maximum depth, m	16,0	16,5	22,7	54,5
Głębokość średnia, m Mean depth, m	5,1	6,9	8,5	14,2
Głębokość względna Relative depth	0,020	0,012	0,030	0,027
Wskaźnik głębokościowy Depth index	0,30	0,38	0,30	0,26
Objętość, tys. m <sup>3</sup> Volume, thou. m <sup>3</sup>	2413,8	12 627,0	5234,0	56 189,4
Długość maksymalna, km Maximum length, km	1,30	3,20	1,29	4,94
Szerokość maksymalna, km Maximum width, km	0,5	1,1	0,8	1,1
Wskaźnik wydłużenia Elongation index	2,6	2,9	1,5	4,49
Długość linii brzegowej, km Shoreline length, km	3,1	9,3	3,7	17,5
Wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej Shoreline development index	1,3	1,9	2,5	2,5

Wielkość i charakterystykę zlewni jezior Wymój, Sarag, Łęguty i Isąg ustalono na podstawie obserwacji terenowych oraz map w skali 1:25 000. Powierzchnię zlewni zmierzono planimetrem biegunowym PL-1.

Naturalną odporność jezior na degradację oceniono według systemu oceny jakości jezior opracowanego przez Kudelską i innych [1994]. W systemie tym cechami, które warunkują odporność jeziora na oddziaływanie czynników zewnętrznych, są jego średnia głębokość, stosunek objętości do długości linii brzegowej, procent stratyfikacji wód odzwierciedlający udział hypolimnionu w całej objętości jeziora, stosunek powierzchni dna leżącego w zasięgu epilimnionu (tzw. dna czynnego) do objętości epilimnionu, współczynnik Schindlera – stosunek powierzchni całkowitej zlewni zbiornika do jego objętości, procent średniej rocznej wymiany wód w jeziorze oraz sposób zagospodarowania ziemi w zlewni bezpośredniej jeziora w procentach jej powierzchni. Każdej z cech mających wpływ na intensywność procesu eutrofizacji przydziela się punkty określające odporność jeziora na wpływy z zewnątrz w skali od 1 (odporne) do 3 (nieodporne). O zaliczeniu jeziora do określonej kategorii podatności na eutrofizację decyduje średnia arytmetyczna liczby punktów przyznanych za pojedyncze cechy:  $\leq 1,50$  – kategoria I

(jezioro odporne na degradację),  $\leq 2,50$  – kategoria II (jezioro umiarkowanie odporne na degradację),  $\leq 3,25$  – kategoria III (jezioro nieodporne na degradację).

Zlewnie jezior oceniono według klasyfikacji zaproponowanej przez Bajkiewicz-Grabowską [1987, 2002]. System ten umożliwia określenie intensywności procesu eutrofizacji jeziora na podstawie oceny zlewni jako dostawcy materii biogenicznej.

Stopień oddziaływania zlewni na jezioro ustala się na podstawie określonych cech charakteryzujących zlewnię całkowitą jeziora, takich jak współczynnik Ohlego (obrazujący położenie jeziora w zlewni), typ bilansowy jeziora, gęstość sieci rzecznej (decydująca o szybkości transportu materii), oraz jego zlewnię bezpośrednią – średni spadek terenu zlewni, budowa geologiczna zlewni (decydująca o przepuszczalności gruntów), sposób użytkowania gruntów, procent obszarów bezodpływowych. Najpierw dokonuje się bonitacji każdej z tych cech w skali od 0 (bardzo słaby wpływ na dostawę materii i brak możliwości jej dotarcia do jeziora) do 3 punktów (duży wpływ i szybka dostawa materii do zbiornika), a następnie oblicza średnią arytmetyczną liczby punktów przyznanych za poszczególne cechy. Na tej podstawie kwalifikuje się zlewnię do odpowiedniej kategorii: średnia  $\leq 1$  – kategoria 1 (silne ograniczanie spływu obszarowego przez zlewnię i praktyczny brak możliwości dostawy materii do jeziora), 1,1–1,4 – kategoria 2 (mała podatność zlewni na uruchamianie ładunku zdeponowanego na jej obszarze i niewielka możliwość dotarcia materii do zbiornika), 1,5–1,9 – kategoria 3 (podatność przeciętna, czyli umiarkowane możliwości dostarczania materii do jeziora), średnia  $\geq 2$  – kategoria 4 (duże możliwości dostarczania materii do jeziora).

W oparciu o kombinację kategorii zlewni i kategorii podatności jeziora na degradację Bajkiewicz-Grabowska [2002] wydzieliła cztery typy układów ekologicznych zlewnia–jezioro o zróżnicowanym tempie naturalnej eutrofizacji. Typ pierwszy reprezentuje układ, w którym ani cechy naturalne zbiornika (I lub II kategoria podatności), ani cechy zlewni (1 lub 2 kategoria) nie sprzyjają eutrofizacji wód jeziornych: jezioro jest odporne na wpływy zewnętrzne, a jego zlewnia mało aktywna w dostawie ładunków obszarowych do zbiornika. W takim układzie istnieje szansa utrzymania trofii na niskim poziomie. Typ drugi jest układem, w którym niekorzystne dla jeziora warunki zlewniowe (duża możliwość dostarczania materii stałej do zbiornika – 3 lub 4 kategoria) są równoważone przez wysoką odporność samego jeziora na wpływ czynników zewnętrznych (I lub II kategoria). W efekcie tempo naturalnej eutrofizacji jezior powinno być umiarkowane. Typ trzeci to układ, w którym występują korzystne warunki zlewniowe (zlewnia jest mało aktywna w uruchamianiu ładunku obszarowego – 1 lub 2 kategoria), ale samo jezioro jest podatne na wpływy z zewnątrz (III kategoria). Eutrofizacja jezior w tej grupie postępuje umiarkowanie, jednak ingerencja w warunki zlewniowe (np. rozwój turystyki, zabiegi melioracyjne) może szybko doprowadzić do wzrostu eutrofizacji wód jeziornych. Czwarty typ stanowi układ, w którym cechy naturalne zlewni sprzyjają spływom obszarowym (4 kategoria), a samo jezioro jest w dużym stopniu podatne na wpływ czynników zewnętrznych (III kategoria). W efekcie następuje szybka eutrofizacja wód jeziornych.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie analizy cech morfometrycznych, hydrologicznych i zlewniowych zaliczono jeziora Wymój, Sarag, Łęguty i Isąg do II kategorii podatności na degradację według klasyfikacji Kudelskiej i innych [1994] (tab. 2–5). Wynika stąd, że jeziora te są zbiornikami o umiarkowanych możliwościach obrony przed eutrofizacją.

Tabela 2. Naturalna podatność na degradację jeziora Wymój  
Table 2. Natural susceptibility to degradation of Lake Wymój

Wskaźnik – Indicator	Wartość – Value	Liczba punktów Score
Głębokość średnia, m Mean depth, m	5,1	2
Objętość jeziora/Długość linii brzegowej, tys. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup> Lake volume/Shoreline length, thou. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup>	0,77	4
Procent stratyfikacji wód Percent of water stratification	24,5	2
Powierzchnia dna czynnego/Objętość epilimnionu Surface of active bottom/Volume of epilimnion	0,08	1
Procent wymiany wody w roku Percent of yearly water exchange	67,1	2
Współczynnik Schindlera Schindler's coefficient	9,55	2
Zagospodarowanie zlewni bezpośredniej Management of direct drainage basin	lasy 52%, tereny rolnicze 36% forests 52%, agricultural areas 36%	2
Średnia liczba punktów Mean score		2,14
Kategoria podatności na degradację Category of susceptibility to degradation	II	

Tabela 3. Naturalna podatność na degradację jeziora Sarag  
Table 3. Natural susceptibility to degradation of Lake Sarag

Wskaźnik – Indicator	Wartość – Value	Liczba punktów Score
Głębokość średnia, m Mean depth, m	6,9	2
Objętość jeziora/Długość linii brzegowej, tys. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup> Lake volume/Shoreline length, thou. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup>	1,34	3
Procent stratyfikacji wód Percent of water stratification	21,9	2
Powierzchnia dna czynnego/Objętość epilimnionu Surface of active bottom/Volume of epilimnion	0,08	1

Tabela 3 cd. – Table 3 contd

Wskaźnik – Indicator	Wartość – Value	Liczba punktów Score
Procent wymiany wody w roku Percent of yearly water exchange	560	3
Współczynnik Schindlera Schindler's coefficient	0,84	1
Zagospodarowanie zlewni bezpośredniej Management of direct drainage basin	lasy 89,3% forests 89.3%	1
Średnia liczba punktów Mean score		1,85
Kategoria podatności na degradację Category of susceptibility to degradation		II

Tabela 4. Naturalna podatność na degradację jeziora Łęguty

Table 4. Natural susceptibility to degradation of Lake Łęguty

Wskaźnik – Indicator	Wartość – Value	Liczba punktów Score
Głębokość średnia, m Mean depth, m	8,5	2
Objętość jeziora/Długość linii brzegowej, tys. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup> Lake volume/Shoreline length, thou. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup>	1,41	3
Procent stratyfikacji wód Percent of water stratification	37,3	1
Powierzchnia dna czynnego/Objętość epilimnionu Surface of active bottom/Volume of epilimnion	0,07	1
Procent wymiany wody w roku Percent of yearly water exchange	200	2
Współczynnik Schindlera Schindler's coefficient	46,2	3
Zagospodarowanie zlewni bezpośredniej Management of direct drainage basin	lasy 38,4%, tereny rolnicze 41,9% forests 38.4%, agricultural areas 41.9%	2
Średnia liczba punktów Mean score		2,0
Kategoria podatności na degradację Category of susceptibility to degradation		II

Tabela 5. Naturalna podatność na degradację jeziora Isąg  
 Table 5. Natural susceptibility to degradation of Lake Isąg

Wskaźnik – Indicator	Wartość – Value	Liczba punktów Score
Głębokość średnia, m Mean depth, m	14,2	1
Objętość jeziora/Długość linii brzegowej, tys. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup> Lake volume/Shoreline length, thou. m <sup>3</sup> · m <sup>-1</sup>	3,6	2
Procent stratyfikacji wód Percent of water stratification	87	1
Powierzchnia dna czynnego/Objętość epilimnionu Surface of active bottom/Volume of epilimnion	0,05	1
Procent wymiany wody w roku Percent of yearly water exchange	97	2
Współczynnik Schindlera Schindler's coefficient	4,5	2
Zagospodarowanie zlewni bezpośredniej Management of direct drainage basin	lasy 54,9%, tereny rolnicze 21,9% forests 54.9%, agricultural areas 21.9%	2
Średnia liczba punktów Mean score		1,57
Kategoria podatności na degradację Category of susceptibility to degradation	II	

Korzystną cechą wszystkich badanych jezior stanowi wynikająca z ich budowy niska wartość ilorazu powierzchni dna czynnego i objętości epilimnionu (tab. 2–5). Współczynnik ten obrazuje możliwość wewnętrznego wzbogacania jeziora w biogeny z osadów dennych, które w okresie lata kontaktują się z epilimnionem – górną, ogrzaną, dobrze natlenioną warstwą wód jeziora. Wprawdzie ilość związków biogenicznych uwalnianych z osadów dennych w warunkach tlenowych jest zwykle znacznie mniejsza niż w beztlenowych [Shaw i Prepas 1990], ale w tym pierwszym przypadku są one wprowadzane bezpośrednio do strefy produkcyjnej (trofogenicznej) zbiornika, a tam wykorzystywane przez fitoplankton [Gawrońska 1994]. A zatem, im mniejsza jest powierzchnia dna czynnego jeziora, tym mniej związków biogenicznych trafia do powierzchniowych warstw wody, a to z kolei wpływa ograniczająco na zakwit glonów. Wielkość produkcji pierwotnej zależy także od objętości epilimnionu: im ta objętość jest większa, tym większa jest masa wody, do której trafiają substancje biogeniczne uwalniane z osadów dennych.

W przypadku jezior Wymój, Sarąg i Łęguty niskie wartości przyjmuje stosunek objętości jeziora do długości linii brzegowej, odzwierciedlający możliwość rozcieńczenia dopływających substancji (tab. 2–4). Związki biogeniczne (azot i fosfor) w formie rozpuszczonej lub powiązane z cząsteczkami gleby są uruchamiane w procesie erozji wodnej i dostają się do okolicznych wód powierzchniowych wieloma drogami, m.in. w wyniku bezpośredniego przesączania się przez linię brzegową jeziora. Im dłuższa jest linia kontaktu wody z lądem, a mniejsza objętość wody, w której będą mogły rozcień-



czać się substancje dopływające z zewnątrz, tym jezioro jest bardziej narażone na eutrofizację [Hillbricht-Ilkowska 1999]. Niska wartość tego wskaźnika jest zatem cechą korzystną.

Jeziora Łęguty i Isąg mogą przeciwstawiać się degradacji dzięki wysokiemu stopniowi stratyfikacji wód wyrażającemu udział procentowy zimnej warstwy wód – hypolimnionu – w całej objętości jeziora (tab. 4, 5). Zbiorniki, w których procesy trofogeniczne i trofalityczne przebiegają w wyraźnie izolowanych warstwach, charakteryzują się mniejszą intensywnością krążenia materii i niższą produktywnością.

Czynnikami, które umożliwiają obronę jeziora Sarag przed degradacją, są niski współczynnik Schindlera oraz leśny charakter zlewni bezpośredniej (tab. 3). W gorszej sytuacji znajduje się jezioro Łęguty, które ma bardzo wysoki współczynnik Schindlera, gdyż obszar zlewni całkowitej jeziora jest duży w stosunku do objętości mas wodnych, w których mogą rozcieńczać się zanieczyszczenia spływające z tego terenu (tab. 4). Im większy jest obszar zlewni w stosunku do objętości jeziora, tym większy ładunek związków biogenicznych do niego dociera, czego efektem jest niska jakość wód.

Zdaniem wielu autorów [Lossow 1996, Szyper 2000, Grochowska i Gawrońska 2005], zlewnia jest jednym z elementów reżimu hydrologicznego jeziora, determinujących jakość i trofę wód. Od naturalnych cech środowiskowych zlewni zależy intensywność dostawy materii biogenicznej do jeziora, wskutek czego zlewnia może przyczynić się do pogłębiania bądź spowalniania procesu eutrofizacji.

Zlewnie badanych jezior górnej Pasłęki należą do 4 kategorii według klasyfikacji Bajkiewicz-Grabowskiej [2002], a więc odznaczają się dużą możliwością dostarczania materii. Tak niekorzystny wynik analizy wynika przede wszystkim z dużego spadku terenu tych zlewni oraz ich budowy geologicznej – piaszczystej lub piaszczysto-gliniastej (tab. 6).

Łatwość dostarczania materii do jeziora zależy m.in. od rodzaju pokrycia terenu zlewni. Mozgawa [1993] wyodrębnił trzy typy pokrycia zlewni o różnych właściwościach barierowych względem dostawy materii do jezior: bagna i mokradła jako „najsilniej barierowe”, lasy, łąki i pastwiska jako „umiarkowanie barierowe” oraz grunty orne i obszary zurbanizowane jako „zero barierowe”. Ponieważ badane zlewnie są w znacznym stopniu pokryte lasami, a tereny użytkowane rolniczo i zabudowane zajmują niewielki procent ich powierzchni, zlewnie te mają charakter umiarkowanie barierowy.

W dostawie materii do zbiornika bierze udział tylko zlewnia efektywna, a więc jej obszar całkowity pomniejszony o obszar terenów powierzchniowo bezodpływowych. Badane zlewnie cechują się niewielkim udziałem obszarów bezodpływowych – poniżej 20% (tab. 6), a tak niski wskaźnik wiąże się z dużym eksportem związków biogenicznych. Obszary bezodpływowe, wraz z zadrzewieniami śródpolnymi i pasami zieleni, pełnią rolę naturalnych barier biogeochemicznych ograniczających przemieszczanie się zanieczyszczeń do jezior [Lossow 1996, Lossow i Gawrońska 2000].

W geomorfologicznych warunkach obszarów młodoglacjalnych, do których należy dorzecze Pasłęki, przeważa spływ powierzchniowy przyczyniający się do nasilenia eutrofizacji [Gotkiewicz 1996]. Zjawisko to ma związek z właściwościami gleb mineralnych – małą urodzajnością i podatnością na przesuszanie [Gotkiewicz i in. 1990].

Tabela 6. Ocena zlewni jezior górnej Pasieki jako dostawców materii biogenicznej  
 Table 6. Assessment of drainage basins of upper Pasieka lakes as nutrients suppliers

Wskaźnik Indicator	Wymój		Sarag		Łęguty		Isag	
	wartość value	liczba punktów score	wartość value	liczba punktów score	wartość value	liczba punktów score	wartość value	liczba punktów score
Współczynnik Ohlego Ohle's coefficient	47,8	1	104,2	2	396,5	3	62,3	2
Typ bilansowy jeziora Water budget type of lake	przepływowe flow-through	3	przepływowe flow-through	3	przepływowe flow-through	3	przepływowe flow-through	3
Średni spadek terenu zlewni, % Mean slope of drainage basin, %	61,3	3	10,6	2	79,2	3	16,9	3
Budowa geologiczna zlewni Geological structure of drainage basin	piaszczysto- -gliniasta sand and clay	1	piaszczysto- -gliniasta sand and clay	1	piaszczysta sand	3	piaszczysta sand	3
Sposób użytkowania gruntów Land use pattern	leśno-rolniczy z zabudową forests and agriculture with building development	3	leśno- -rolniczy forests, pastures and agriculture	1	leśno- -rolniczy forests and pastures	0	leśno- -rolniczy forests and pastures	0
Gęstość sieci rzecznej, km · km <sup>-2</sup> Density of river network, km · km <sup>-2</sup>	0,5	1	1,1	2	0,8	1	0,8	1
Procent obszarów bezodpornych Percent of no-runoff areas	< 20	3	< 20	3	< 20	3	< 20	3
Średnia liczba punktów Mean score		2,1		2,0		2,3		2,1
Kategoria zlewni Category of drainage basin		4		4		4		4

Niekorzystną cechą hydrologiczną wszystkich czterech jezior jest ich przepływowy charakter. Rzeka Pasłęka odgrywa tu rolę głównego dopływu tranzytowego, wnoszącego znaczny ładunek azotu i fosforu. Jak uważa Lossow [1996], na Pojezierzu Mazurskim cieki przepływające przez kilka jezior pozbywają się w nich zanieczyszczeń, dzięki czemu podwyższa się ich klasa czystości.

Biorąc pod uwagę kombinację typu zlewni i naturalnej podatności zbiornika na degradację [Bajkiewicz-Grabowska 2002], jeziora górnej Pasłęki wraz ze zlewniami zaliczono do drugiego typu układów ekologicznych zlewnia–jezioro. W takim układzie niekorzystne dla jeziora warunki zlewniowe, związane z dużą możliwością dostarczania materii stałej do zbiornika (4 kategoria), są równoważone przez dość wysoką odporność samego jeziora na wpływy z zewnątrz (II kategoria). W takich warunkach należałoby się spodziewać umiarkowanego tempa naturalnej eutrofizacji jezior. Zdaniem Szyper [2000], w układzie ekologicznym drugiego typu jeziora mogą utrzymywać dobrą jakość wody i niską trofę, jeżeli na obszarze zlewni brak antropopresji. W przypadku jezior górnej Pasłęki warunek ten nie został spełniony. Jeziora Wymój, Sarag i Łęguty, w mniejszym stopniu Isąg, są zbiornikami silnie zeutrofizowanymi, w wyniku dużego ładunku związków biogenicznych wprowadzanych z wodami Pasłęki. W biegu źródłowym, gdzie rzeka ma postać rowu melioracyjnego, jest zanieczyszczana ściekami z osiedli położonych wzdłuż jej brzegów. Przez wiele lat bezpośrednio do Pasłęki wprowadzane były ścieki z sanatorium przeciwgruźliczego pod Olsztynkiem [Laskowska i in. 1964]. W odległości ok. 300 m od ujścia rzeki do jeziora Wymój znajduje się gospodarstwo rybackie nastawione na tucz pstrągów tęczowych, zasilane jej wodami.

Biorąc pod uwagę wytyczne użytkowania i ochrony wód zaproponowane przez Kajaka [1979] oraz Lossowa i Gawrońską [2000] należy stwierdzić, że w dorzeczu Pasłęki niezbędne jest podjęcie zdecydowanych działań ochronnych umożliwiających zmniejszenie ładunku związków biogenicznych i organicznych wprowadzanych do jezior.

## WNIOSKI

1. Jeziora górnej Pasłęki: Wymój, Sarag, Łęguty i Isąg są zbiornikami umiarkowanie podatnymi na eutrofizację – według klasyfikacji Kudelskiej i innych [1994] zaliczają się do II kategorii odporności na degradację.

2. Zlewnie jezior górnej Pasłęki odznaczają się dużą możliwością dostarczania materii biogenicznej do tych zbiorników – według klasyfikacji Bajkiewicz-Grabowskiej [2002] zaliczają się do 4 kategorii zlewni.

3. Jeziora wraz ze zlewniami należą do drugiego typu układów ekologicznych zlewnia–jezioro – niekorzystne dla jezior warunki zlewniowe, związane z dużą możliwością dostarczania materii stałej do zbiornika (4 kategoria), są równoważone przez dość wysoką odporność samych jezior na wpływy z zewnątrz (II kategoria). W takich układach naturalna eutrofizacja powinna mieć umiarkowane tempo.

4. W układzie ekologicznym zlewnia–jezioro typu drugiego może się utrzymać dobra jakość wód, gdy na obszarze zlewni brak antropopresji. Jeziora Wymój, Sarag i Łęguty, w mniejszym stopniu Isąg, są jednak zbiornikami silnie zeutrofizowanymi ze względu na duży ładunek związków biogenicznych wnoszonych przez rzekę Pasłękę.

## PIŚMIENNICTWO

- Bajkiewicz-Grabowska E., 1985. Struktura fizyczno-geograficzna zlewni jako podstawa oceny dostawy materii biogennej do jezior. Pr. Stud. Geogr. 7, 1–7.
- Bajkiewicz-Grabowska E., 1987. Ocena naturalnej podatności jezior na degradację i rola zlewni w tym procesie. Wiad. Ekol. XXIII, 3, 279–288.
- Bajkiewicz-Grabowska E., 2002. Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych. Rozprawa habilitacyjna. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW.
- Endler Z., Zielińska J., 1994. Z naszych rezerwatów. Chrońmy przyrodę ojczyzną 50 (3), 78–84.
- Forovic L.I., 1975. Biologiczna zabudowa na górskich rzekach Przykarpacia. Hidrotech. Melior. 9, 5–100.
- Gabryelak T., Rondko R., 1990. Zanieczyszczenie wód powierzchniowych ze szczególnym uwzględnieniem jezior. Kosmos 39 (4), 431–446.
- Galicka W., Drożdżyc A., Korczyńska A., 1994. Bilans nutrientów zbiorników zaporowych i jezior. [W:] Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych. Red. M. Zalewski. Bibl. Monit. Środ., PIOŚ Łódź.
- Gawrońska H., 1994. Wymiana fosforu i azotu między osadami a wodą w jeziorze sztucznie napowietrzanym. Acta Acad. Agric. Tech. Olst., Prot. Aqua. Piscat. 19, 3–49.
- Gotkiewicz J., 1996. Rola pokrywy glebowej Pojezierza Mazurskiego i Równiny Sępopolskiej w zachowaniu równowagi ekologicznej środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 431, 203–217.
- Gotkiewicz J., Hutorowicz H., Lossow K., Mojsiej J., Pawła H., Szymczak T., Traczyk T., 1990. Czynniki kształtujące obieg wody i biogenów w krajobrazie młodoglacjalnym. Wyd. Nauk. UAM Poznań.
- Grochowska J., Gawrońska H., 2005. Impact of anthropogenic pressure on aquatic conditions in Lake Track in Olsztyn. Arch. Environ. Prot. 31 (2), 85–94.
- Hillbricht-Ilkowska A., 1999. Jezioro a krajobraz: związki ekologiczne, wnioski dla ochrony. [W:] Funkcjonowanie i ochrona ekosystemów wodnych na obszarach chronionych. Red. W. Żakowski. Wyd. IRŚ Olsztyn, 19–40.
- Kajak Z., 1979. Eutrofizacja jezior. PWN Warszawa.
- Kudelska D., Cydzik D., Soszka H., 1994. Wytyczne monitoringu podstawowego jezior. Bibl. Monit. Środ., PIOŚ Warszawa.
- Laskowska H., Szkulcecka S., Szymczuk M., Tadajewski A., 1964. Biejący stan zanieczyszczenia wód w północno-wschodniej Polsce. Zesz. Nauk. WSR Olszt. 17 (346), 513–538.
- Lossow K., 1996. Znaczenie jezior w krajobrazie młodoglacjalnym Pojezierza Mazurskiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 431, 47–57.
- Lossow K., Gawrońska H., 2000. Ochrona zbiorników wodnych. Prz. Komunal. 9, 92–106.
- Mozgawa J., 1993. Photointerpretation analysis of landscape structure in lake watersheds of Suwałki Landscape Park. Ekol. Pol. 41, 53–74.
- Panfil J., 1978. Pojezierze Mazurskie. WP Warszawa.
- Shaw J.F.P., Prepas E.E., 1990. Relationship between phosphorus in shallow sediments and in the trophogenic zone of seven Alberta Lakes. Wat. Res. 24 (5), 551–556.
- Szyper H., 2000. Rola zlewni w dostarczaniu związków biogenych do wybranych jezior położonych w parkach narodowych. Mat. IV Międzynar. Konf. Nauk.-Tech. Ochrona i rekultywacja jezior, Przysiek, 79–88.
- Ugla H., 1956. Ogólna charakterystyka gleb Pojezierza Mazurskiego. Zesz. Nauk. WSR Olszt. 1, 15–54.

**ASSESSMENT OF POTENTIAL IMPACTS OF DRAINAGE BASINS  
ON UPPER PASŁĘKA LAKES  
AND OF SUSCEPTIBILITY OF LAKES TO DEGRADATION**

**Abstract.** The studies covered the Wymój, Sarąg, Łęguty and Isąg lakes with the Pasłęka river flowing through, and their drainage basins. It was found that the lakes of upper Pasłęka fall into degradability category II, i.e. they are moderately susceptible to eutrophication. Their drainage basins, having a great potential for supplying matter to the reservoirs, were included in basin category 4. The lakes with their drainage basins belong to the 2nd type of lake–drainage basin ecosystems in which the unfavourable basin conditions (high potential for solid matter supply) are balanced by the relatively high lake's resistance to external impacts. In such a system the natural eutrophication of the lake is expected to proceed at a moderate rate. The upper Pasłęka lakes, however, show an accelerated rate of this process, which is mostly due to the high load of biogenic compounds supplied by the river and the intensive recreational use of the lakes.

**Key words:** eutrophication, lake, drainage basin, susceptibility to degradation

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 7.07.2006*