

CHEMIZM WÓD I KONCEPCJA OCHRONY JEZIORA PODDANEGO PRESJI ROLNICZEJ

Jolanta Grochowska, Marzena Karpienia, Renata Tandyrak
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Badania prowadzono na niewielkim (10,5 ha) i płytkim (2,5 m) Jeziorze Gałławeckim (jeziro Gałławki). Jezioro posiada zlewnię o powierzchni 348,3 ha, w której największy udział mają lasy – 66,7%; grunty orne zajmują 18,9%, łąki i pastwiska 7,5% a teren zabudowany 2,9%. W wodach jeziora stwierdzono duże ilości biogenów, sięgające $0,285 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $4,39 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz wapnia – $97,1 \text{ mg Ca} \cdot \text{dm}^{-3}$. Przyczyną wysokiej trofii tego zbiornika jest nadmierne jego obciążenie ze zlewni. Rzeczywiste ładunki biogenów spływające do jeziora przekraczają ładunki krytyczne wyliczone wg Vollenweidera. Niska jakość wód tego jeziora, przy wysokim obciążeniu ładunkiem zanieczyszczeń ze zlewni wskazuje na konieczność podjęcia działań ochronnych, polegających na zmniejszeniu obciążenia zewnętrznego.

Słowa kluczowe: chemizm wód, azot, fosfor, antropopresja, ładunek zewnętrzny, ochrona jeziora

WSTĘP

Przyspieszenie procesu eutrofizacji jezior zwróciło uwagę badaczy i użytkowników na konieczność podejmowania na terenie zlewni działań ochronnych, mających na celu spowolnienie, zatrzymanie lub cofnięcie tego zjawiska [Cooke i in. 1993]. Działania takie prowadzi się po uprzednim określeniu granicy działu wodnego i ustaleniu sposobu zagospodarowania zlewni. Okazuje się, że tereny otaczające zbiorniki wodne najczęściej są użytkowane rolniczo, a to wiąże się ze wzmożonym wyłukiwaniem z gleby składników pokarmowych stosowanych w celu maksymalizacji produkcji rolnej [Górniak 2006, Gotkiewicz i Mickiewicz 2007]. Tą drogą do środowiska wodnego trafia wiele niepożądanych substancji chemicznych, w tym biogenów czy też związków wapnia i magnezu.

Przykładem zbiornika narażonego na zanieczyszczenia pochodzące z rolnictwa jest Jezioro Gałławeckie, zwane też jeziorem Gałławki, w którego bezpośrednim otoczeniu znajdują się z grunty orne oraz zabudowania byłego PGR.

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Jolanta Grochowska, Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska, Wydział Ochrony Środowiska i Rybactwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. R. Prawocheńskiego 1, 10-957 Olsztyn, email: jgroch@uwm.edu.pl.

Celem niniejszej pracy jest charakterystyka chemizmu wód Jeziora Gąglaweckiego ze szczególnym uwzględnieniem jego zasobności w związki biogeniczne (azot i fosfor) i makroelementy (wapń, magnez, żelazo, mangan) oraz przedstawienie koncepcji działań umożliwiających poprawę jakości wód.

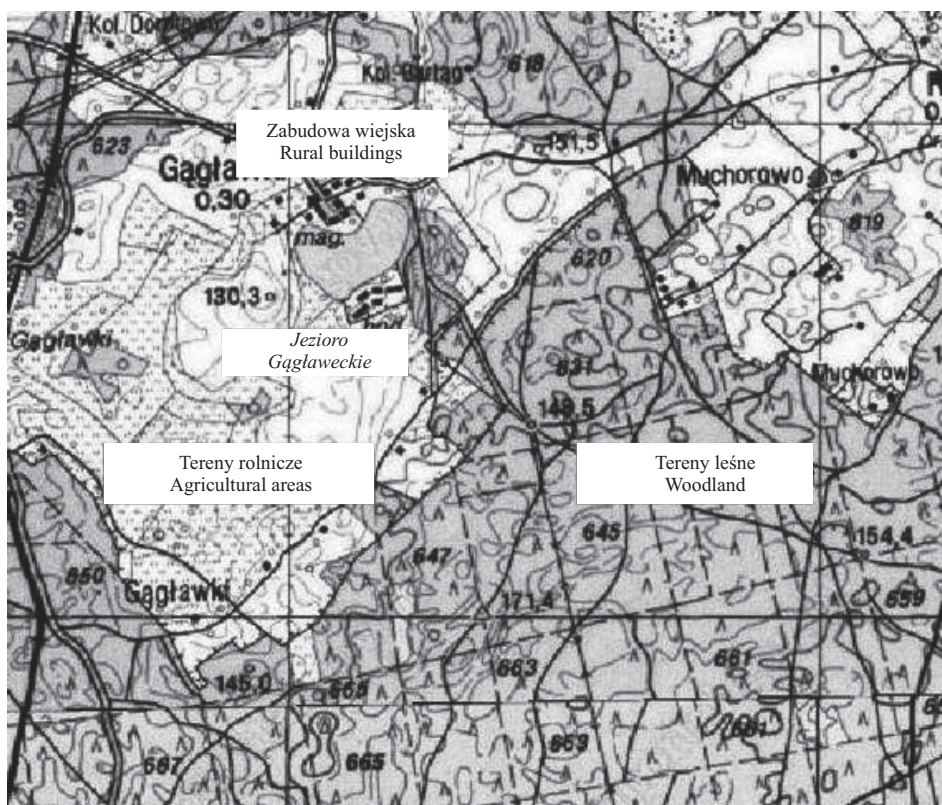
MATERIAŁ I METODY

Badania fizyczno-chemiczne wód Jeziora Gąglaweckiego wykonano 13 lutego, 11 maja, 25 sierpnia oraz 27 listopada 2009 roku. Wodę do analiz pobierano na jednym stanowisku usytuowanym nad najgłębszym miejscem jeziora (2,5 m), które uznano za reprezentatywne dla całego akwenu. Położenie punktu badawczego ustalono za pomocą mapy sytuacyjno-wysokościowej w skali 1 : 500 [Snopek 2006] oraz GPS. Poboru wody dokonywano przy użyciu 3,5 litrowego aparatu Ruttnera z wbudowanym termometrem rtęciowym o dokładności odczytu 0,2°C. Próbkę wody do analiz chemicznych pochodziła z głębokości 1 m pod powierzchnią oraz 0,5 m nad dnem. Analizy chemiczne wody obejmowały wskaźniki umożliwiające ocenę stanu troficznego i jej zdolności buforowe. W tym celu określono zawartość związków azotowych, fosforowych, wapnia, magnezu, żelaza, manganu, alkaliczność wody, twardość ogólną, chlorki, przewodność elektrolityczną. Analizy te wykonano zgodnie z metodyką podaną przez Hermanowicza i in. [2001] oraz z Polskimi Normami.

Wielkość zlewni Jeziora Gąglaweckiego oraz sposób jej zagospodarowania określono na podstawie obserwacji terenowych i wyznaczenia jej działu wodnego na mapie topograficznej w skali 1 : 10 000. Powierzchnię zlewni zmierzono za pomocą planimetru biegunowego Sokkia PL-1. Spływ przestrzenny biogenów obliczono stosując współczynniki podane przez Giercuskiewicz-Bajtlik [1990]. Przy wyliczaniu dopuszczalnych i niebezpiecznych obciążeń fosforem i azotem korzystano z modelu statycznego Vollenweidera [1968].

OPIS OBIEKTU BADAŃ

Jezioro Gąglaweckie (53°41'0" N, 20°27'7" E) usytuowane jest w dorzeczu środkowej Łyny, na Pojezierzu Olsztyńskim, w gminie Stawiguda, około 6 km na południowy zachód od Olsztyna we wsi Gąglawki (rys. 1). Jezioro leży na wysokości 112,8 m n.p.m., wśród wzgórz morenowych użytkowanych rolniczo. Omawiany zbiornik jest niewielki (10,5 ha) i bardzo płytki, jego głębokość maksymalna wynosi zaledwie 2,5 m, przy głębokości średniej 1,3 m (tab. 1). Misa jego jest płaska i w miarę równomierna, kształtem przypomina paraboloidę, o czym informuje wartość wskaźnika głębokościowego – 0,52. Jezioro jest słabo zagłębione w podłoże, na co wskazuje niska wartość głębokości względnej – 0,008. Linia brzegowa zbiornika o długości 1370 m jest słabo rozwinięta (K – 1,2) (tab. 1). Na północnym brzegu jeziora usytuowane są budynki byłego PGR Gąglawki, obecnie prywatnego gospodarstwa rolnego, dwa ogródki działkowe oraz w niewielkiej odległości zabudowania wsi Gąglawki. Od wschodu stromy brzeg zbiornika porośnięty jest lasem. Na brzegu południowo-wschodnim, łagodnie wzniesionym, do lat dziewięćdziesiątych funkcjonowała ferma kaczek, a jezioro służyło ptakom jako basen kąpielowy. Wzdłuż południowego oraz znacznie bardziej stromo ukształtowanego zachodniego brzegu jeziora ciągną się pola uprawne (uprawa zbóż).



Rys. 1. Otoczenie Jeziora Gąglawieckiego
Fig. 1. The area surrounding of Gąglawieckie Lake

Jezioro Gąglawieckie nie przyjmuje naturalnych dopływów. Podłączona jest do niego sieć drenarska odwadniająca pola uprawne w południowej części zlewni jeziora. Zbiornik ma okresowy odpływ w postaci rowu, który łączy się z ciekami odprowadzającym ścieki z miejscowości Stawiguda do rzeki Łyny.

Zlewnia Jeziora Gąglawieckiego zajmuje powierzchnię 348,3 ha o średnim spadku 31%. W użytkowaniu zlewni największy udział mają lasy – 66,7% (232,5 ha); 30,3% zajmują tereny rolnicze, w tym 18,9% (65,8 ha) intensywnie uprawiane grunty orne, a 11,4% (40,0 ha) łąki i pastwiska. Pozostały obszar zlewni – 2,9% (10 ha), stanowi teren zabudowany, w tym fragment wsi Gąglawki, która od kilku lat jest skanalizowana.

WYNIKI I DYSKUSJA

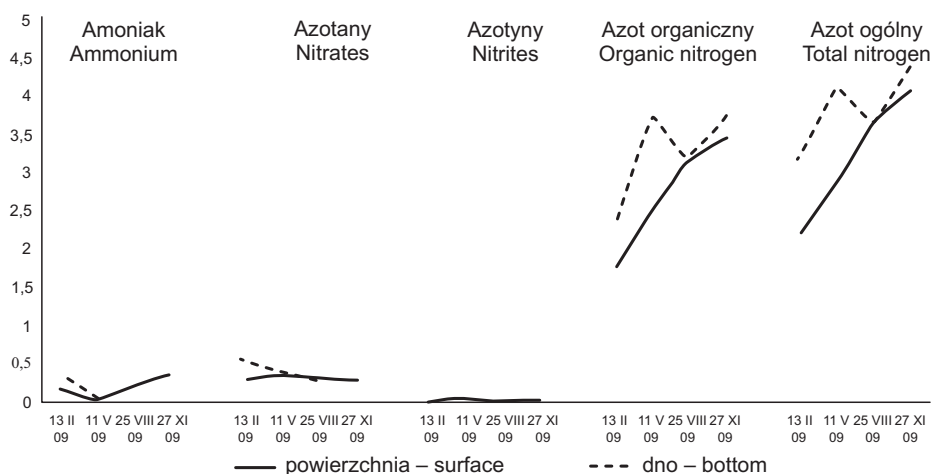
Wody Jeziora Gąglawieckiego były zasobne w azot. Stężenia azotu ogólnego wahały się między 2,20 a 4,39 mg · dm⁻³ (rys. 2) W ogólnej ilości azotu przeważała forma organiczna, która stanowiła 70–90% jego składu. Według Koszelnika i Tomaszka [2007], wysokie koncentracje azotu organicznego w wodach jezior mogą być związane z wypasem bydła,

Tabela 1. Dane morfometryczne Jeziora Gąglaweckiego
Table 1. Morphometric data of Lake Gąglaweckie

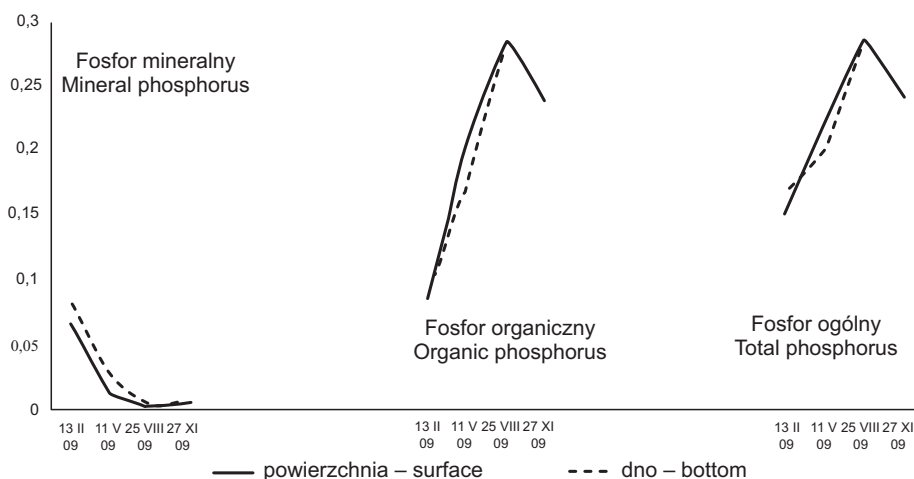
Parametr Parameter	Wartość Value
Powierzchnia zwierciadła wody, ha Water table surface area, ha	10,5
Głębokość maksymalna, m Maximum depth, m	2,5
Głębokość średnia, m Mean depth, m	1,3
Głębokość względna, m Relative depth, m	0,008
Wskaźnik głębokościowy Depth index	0,52
Objętość, tys. m ³ Volume, thousands m ³	138,458
Długość maksymalna, km Maximum length, km	0,465
Szerokość maksymalna, km Maximum width, km	0,320
Wydłużenie Elongation	1,45
Linia brzegowa misy jeziora, km Shoreline length of the lake bowl, km	1,37
Rozwój linii brzegowej Shoreline development	1,2

nieodpowiednią agrotechniką lub stratami składników z nawozów. W przypadku Jeziora Gąglaweckiego głównym źródłem azotu organicznego było prawdopodobnie wymywanie nawozów organicznych i resztek roślinnych z bezpośredniego otoczenia zbiornika oraz procesy produkcji pierwotnej. O zawartości azotu mineralnego w wodach badanego jeziora decydowały koncentracje azotu amonowego (do $0,366 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i azotu azotanowego(V) (do $0,518 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) (rys. 2). Wyniki odnotowane podczas badań potwierdzają rezultaty uzyskane przez Koca i Szyperek [2004] oraz Kopia i Mazura [2006], którzy twierdzą, że w jeziorach otoczonych zlewnią rolniczą wśród mineralnych form azotu dominuje azot azotanowy(V), dopływający do wód na skutek spływu z pól użyźnianych nawozami azotowymi. Średnie stężenie azotanów w wodach odpływających w środowisku rolniczym wynosi $1,82 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, co daje ładunek $7,60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ [Koc i Szyperek 2004]. W analizowanym zbiorniku najwyższe koncentracje azotu azotanowego(V) odnotowano w lutym i w maju, a więc w okresie poprzedzającym wegetację roślin. Wówczas ta forma azotu jest najsilniej wypłukiwana z gleb do wód gruntowych i powierzchniowych. Azot azotanowy(III) jako forma przejściowa w wodach Jeziora Gąglaweckiego występował w bardzo niskich stężeniach.

Fosfor mineralny w powierzchniowej warstwie wody analizowanego jeziora występował w niewielkich ilościach, a w szczycie sezonu wegetacyjnego był praktycznie niewykrywalny. Bardziej zasobne w mineralne formy fosforu były wody naddenne (rys. 3).



Rys. 2. Zawartość związków azotowych ($\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$) w wodach Jeziora Gąglaweckiego
 Fig. 2. Nitrogen compounds content ($\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$) in the water of Gąglaweckie Lake



Rys. 3. Zawartość związków fosforowych ($\text{mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$) w wodach Jeziora Gąglaweckiego
 Fig. 3. Phosphorus compounds content ($\text{mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$) in the water of Gąglaweckie Lake

Obecność fosforanów w tych wodach wynikała prawdopodobnie z resuspensji osadów dennych oraz procesów mineralizacji materii. Przez cały okres badawczy w składzie fosforu ogólnego dominowała forma organiczna (rys. 3). W Jeziorze Gąglaweckim ilości fosforu ogólnego zawierały się w przedziale od $0,149$ do $0,285 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i świadczyły o jego wysokiej trofii (rys. 3).

Według klasyfikacji Olszewskiego i Paschalskiego [1959] wody jeziora Gąglawki są twarde i mają wysoką zdolność do neutralizacji kwasów mineralnych (są dobrze zbuforowane), ponieważ wartości twardości ogólnej zawarte były w przedziale od $3,2$ do $6,1 \text{ mval} \cdot \text{dm}^{-3}$ a ich alkaliczność wahała się od $2,6$ do $4,5 \text{ mval} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2).

Tabela 2. Wybrane parametry fizykochemiczne wód Jeziora Gąglaweckiego
 Table 2. The selected physico-chemical parameters of Lake Gąglaweckie waters

Parametr Parameter		13 II 2009	11 V 2009	25 VIII 2009	27 XI 2009
Wapń Calcium $\text{mg Ca} \cdot \text{dm}^{-3}$	P/S	83,5	89,2	47,8	67,1
	D/B	97,1	84,2	49,3	67,8
Magnez Magnesium $\text{mg Mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	P/S	18,0	4,4	10,8	10,4
	D/B	14,4	4,8	8,4	10,4
Twardość ogólna Total hardness $\text{mval} \cdot \text{dm}^{-3}$	P/S	5,8	4,9	3,4	4,3
	D/B	6,1	4,6	3,2	4,3
Alkaliczność Alkalinity $\text{mval} \cdot \text{dm}^{-3}$	P/S	4,0	3,9	2,6	3,5
	D/B	4,5	3,9	2,8	3,6
Żelazo Iron $\text{mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$	P/S	0,12	0,07	0,09	0,07
	D/B	0,14	0,09	0,08	0,07
Mangan Manganese $\text{mg Mn} \cdot \text{dm}^{-3}$	P/S	1,30	0,44	0,76	0,39
	D/B	1,15	0,49	0,90	0,40
Chlorki Chlorides $\text{mg Cl} \cdot \text{dm}^{-3}$	P/S	25,0	18,0	21,0	17,0
	D/B	20,0	19,0	21,0	17,0
Przewodnictwo Conductivity $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	P/S	493	461	332	424
	D/B	532	465	337	426

P/S – powierzchnia – surface

D/B – dno – bottom

Według Kolady i in. [2005] zawartość wapnia w większości jezior Polski zawiera się w przedziale od 23 do 75 $\text{mg Ca} \cdot \text{dm}^{-3}$. W Jeziorze Gąglaweckim stężenia wapnia wahały się od 47,8 do 97,1 $\text{mg Ca} \cdot \text{dm}^{-3}$, a więc przewyższały podany zakres (tab. 2). Zdaniem Marszelewskiego [2005], w przypadku zbiorników usytuowanych w zlewniach całkowicie leśnych wzrost koncentracji wapnia w wodzie powinien być niższy od 0,1 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{rok}^{-1}$. Wyższy ładunek tego metalu jest następstwem wpływu różnych rodzajów antropopresji, a szczególnie zwiększonego zużycia nawozów. Koc i Szymczak [2003] podają, że roczny odpływ wapnia z pól uprawnych przy średniej intensywności rolnictwa wynosi 90 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Powyższe informacje tłumaczą wysokie koncentracje wapnia występujące w wodach badanego tu akwenu, otoczonego terenami użytkowymi rolniczo. W wodach badanego zbiornika ilości magnezu były od około 4 do ponad 20 razy niższe niż wapnia (4,4 do 18,0 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Koc i in. [2008] twierdzą, że jeziora utworzone na terenie polodowcowym, a więc takie jak analizowany akwen, są ubogie w magnez. W całej masie wód Jeziora Gąglaweckiego notowano bardzo niskie ilości żelaza, oscylujące wokół 0,08 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, za wyjątkiem okresu zimowego, kiedy

jego zawartość wynosiła średnio $0,13 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2). Związki manganu w wodzie są bardziej trwałe niż związki żelaza i trudniej ulegają hydrolizie [Korzeniowski 1986]. Zawartość manganu w wodach powierzchniowych zwykle nie przekracza $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W wodach Jeziora Gąglaweckiego ilości manganu wahały się od $0,39$ do $1,30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2). Taka sytuacja może mieć związek z otoczeniem jeziora, zajęтым przez intensywnie uprawiane grunty orne, bowiem mangan i jego związki są wykorzystywane do produkcji środków ochrony roślin i nawozów sztucznych. Maksymalną koncentrację manganu zaobserwowano zimą ($1,30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), gdyż w tym okresie występują najkorzystniejsze warunki do jego wypłukiwania z podłoża.

Dobrym wskaźnikiem zanieczyszczenia wód są chlorki, których stężenia w czystych wodach powierzchniowych nie przekraczają $15 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ [Solski 1964]. W wodach badanego zbiornika zawartość chlorków wahała się od 17 do $25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2) i przewyższała podany zakres, co może mieć związek z dopływem do jeziora zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego. Określenie wartości przewodności elektrolitycznej jest ważnym indykatorem pozwalającym ocenić trofię zbiornika. Badania Marszelewskiego [2005] dowodzą, że wysokie wartości przewodnictwa są typowe dla jezior długotrwale zasilanych wodami mocno zanieczyszczonymi. Konduktometryczne pomiary wody jeziora Gąglaweckiego wykazały, że przewodność elektrolityczna wahała się w granicach od $332 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ do $532 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (tab. 2), a więc zawierała się w przedziale typowym dla zbiorników eutroficznych.

Oszacowano, według kryteriów podanych przez Giercuskiewicz-Bajtlik [1990], całkowite roczne obciążenie zbiornika związkami azotu i fosforu ze zlewni, ale bez uwzględnienia obszarów leśnych, które znajdują się w oddaleniu od jeziora i w znacznym stopniu magazynują biogeny. Obciążenie to wynosi odpowiednio: 1608 kg azotu i $78,4 \text{ kg}$ fosforu (tab. 3), co w przeliczeniu na jednostkę powierzchni jeziora daje ładunek równy:

Tabela 3. Całkowite roczne obciążenie Jeziora Gąglaweckiego ładunkiem azotu i fosforu
Table 3. Annual loadings of nitrogen and phosphorus to Lake Gąglaweckie

Źródła Sources	Ładunki Loadings	
	Fosfor Phosphorus ($\text{kg P} \cdot \text{rok}^{-1}$) ($\text{kg P} \cdot \text{year}^{-1}$)	Azot Nitrogen ($\text{kg N} \cdot \text{rok}^{-1}$) ($\text{kg N} \cdot \text{year}^{-1}$)
Źródła przestrzenne Spatial sources	75,1	1503
a. Teren zabudowany Build up land	9,0	60,0
b. Użytki zielone Grass land	20,0	456,0
c. Grunty orne Arable land	46,1	987,0
Źródła atmosferyczne Atmospheric sources	3,3	105,0
Razem Total	78,4	1608

15,31 g N · m⁻² · rok⁻¹ oraz 0,75 g P · m⁻² · rok⁻¹. Ładunek dopuszczalny i krytyczny azotu i fosforu wyliczony dla omawianego jeziora z modelu statycznego Vollenweidera (1968) wynosi odpowiednio: 0,468 g N · m⁻² · rok⁻¹ i 0,936 g N · m⁻² · rok⁻¹ oraz 0,029 g P · m⁻² · rok⁻¹ i 0,058 g P · m⁻² · rok⁻¹.

Porównanie tych ładunków z rzeczywistym obciążeniem jeziora azotem i fosforem wykazuje, że obciążenie to w przypadku azotu przekracza ponad 30-krotnie ładunek dopuszczalny i 16-krotnie ładunek niebezpieczny, zaś w przypadku fosforu 26-krotnie dopuszczalny i 13-krotnie niebezpieczny. Taka sytuacja wskazuje na nadmierne obciążenie zbiornika zanieczyszczeniami dopływającymi ze zlewni, co z pewnością ma wpływ na skład chemiczny jego wód.

Rozpatrując możliwości zmniejszenia negatywnego wpływu zlewni na Jezioro Gąglaweckie, należy stwierdzić, że zabiegi ochronne powinny polegać przede wszystkim na ograniczeniu ładunków biogenów ze źródeł obszarowych. Ograniczenie migracji biogenów z terenów użytkowanych rolniczo wymagałoby zmiany sposobu użytkowania zlewni (zmniejszenia ilości gruntów ornych na korzyść trwałych użytków zielonych). Mogłoby to oznaczać ekstensyfikację rolnictwa, co z reguły wywołuje niezrozumienie i sprzeciw właścicieli gruntów.

Proponuje się więc wybudowanie rowu otwartego wzdłuż południowo-zachodnich obrzeży akwenu na odcinku około 700 m. Wodę zebraną w kanale można by odprowadzać do odpływu z jeziora i w ten sposób przetrzucać poza zlewnię analizowanego zbiornika. Ponadto w świetle przekroju poprzecznego rowu należy zamontować system sedymentacyjno-filtracyjny w postaci sekcji wypełnień. Urządzenia te, w formie kształtek PP i PCV z krzyżowoprądowym przepływem, mają dużą powierzchnię, na której rozwija się biofilm mikroorganizmów oczyszczających wodę na zasadzie złoża biologicznego. Dodatkową ich zaletą jest możliwość eliminacji zawieszin. Przed wprowadzeniem wody do odpływu można także zastosować trzeci stopień oczyszczania poprzez zamontowanie poniżej sekcji biologicznych reaktora do chemicznego doczyszczania wód. Dobrym rozwiązaniem jest filtr piaskowo-żwirowy aktywowany sorbentem chemicznym. Proponowane działania ochronne charakteryzują się niskimi kosztami eksploatacyjnymi, które wynikają jedynie z konieczności okresowego oczyszczania sekcji wypełnień (1 raz w ciągu roku, jesienią) z nadmiaru biomasy błony. Eksploatacja reaktora będzie polegać na wymianie materiału filtracyjnego. Z punktu widzenia efektywności eliminowania ładunku zanieczyszczeń dopływających do jeziora należy podkreślić, że proponowane zabiegi z pewnością przyniosą korzystny efekt środowiskowy.

WNIOSKI

1. Wody Jeziora Gąglaweckiego znajdują się pod silnym wpływem rolnictwa, o czym świadczą koncentracje azotu ogólnego między 2,20 a 4,39 mg · dm⁻³ oraz wyraźna przewaga azotu azotanowego (do 0,518 mg · dm⁻³) w składzie azotu mineralnego.
2. W Jeziorze Gąglaweckim zanotowano wysokie stężenia fosforu ogólnego zawierające się w przedziale od 0,149 do 0,285 mg · dm⁻³ świadczące o jego wysokiej trofii.
3. Presja rolniczego otoczenia jeziora uwidaczniała się także w znacznych koncentracjach wapnia (do 97,1 mg · dm⁻³), chlorków (do 25,0 mg · dm⁻³) i manganu (do 1,30 mg · dm⁻³).

4. Rzeczywiste obciążenie jeziora azotem przekracza 16-krotnie a fosforem 13-krotnie ładunek niebezpieczny (krytyczny) wyliczony z modelu Vollenweidera (1968). Taka sytuacja wskazuje na konieczność zastosowania działań ochronnych polegających na ograniczeniu obciążenia zewnętrznego.
5. W celu ochrony jeziora przed degradacją proponuje się wybudowanie rowu otwartego wzdłuż jego południowo-zachodnich obrzeży na odcinku około 700 m. Wodę zebraną w kanale można by odprowadzać do odpływu z jeziora i w ten sposób przerzucać poza zlewnię analizowanego zbiornika.

PIŚMIENNICTWO

- Cooke G.D., Welch E.B., Peterson S.A., Newroth P.R., 1993. Restoration and management of lakes and reservoirs. Lewis Pub. (CRC Press, Inc.) Boca Raton (FL).
- Giercuskiewicz-Bajtlik M., 1990. Prognozowanie zmian jakości wód stojących. Instytut Ochrony Środowiska Warszawa.
- Górnaiak A., 2006. Lakes in Podlasie Province (NE Poland) – present trophy state and water quality. *Pol. J. Environ. Stud.* 15, 361–364.
- Gotkiewicz W., Mickiewicz B., 2007. Problemy i dylematy polskiego programu rolno-środowiskowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 521, 117–124.
- Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Kosiorowski B., Zerbe J., 2001. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. PWN Warszawa.
- Koc J., Rafałowska M., Skwierawski A., 2008. Changes in magnesium concentrations and load in runoff water from nitrate vulnerable zones. *J. Elementol.* 13(4), 559–570.
- Koc J., S. Szymczak, 2003. Wpływ intensyfikacji rolnictwa na odpływ wapnia i magnezu z gleb. *J. Elementol.* 8(4), 231–238.
- Koc J., Szyperk U., 2004. Skuteczność barier biogeochemicznych w ograniczaniu splywu azotu w środowisku rolniczym. *Ann. UMCS, sec. E*, 59, 1, 93–100.
- Kolada A., Soszka H., Cydzik D., Gołub M., 2005. Abiotic typology of Polish lakes. *Limnologica* 35, 145–150.
- Kopeć M., Mazur K., 2006. Wpływ nawożenia na zawartość azotu azotanowego (V) w runi łąkowej statycznego doświadczenia nawozowego w Czarnym Potoku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 513, 227–233.
- Korzeniewski K., 1986. *Hydrochemia*. Wyższa Szkoła Pedagogiczna Słupsk.
- Koszelnik P., Tomaszek J., 2007. Origin and seasonal variability of nutrient loads from an agricultural catchment area into shallow Man-Made Lake. *Pol. J. Environ. Stud.* 16(2A), 248–251.
- Marszelewski W., 2005. Zmiany warunków abiotycznych w jeziorach Polski północno-wschodniej. Rozprawa habilitacyjna. Wyd. UMK Toruń.
- Olszewski P., Paschalski J., 1959. Wstępna charakterystyka limnologiczna niektórych jezior Pojezierza Mazurskiego. *Zesz. Nauk. WSR Olsztyn* 4, 1–109.
- Snopek Z., 2006. Mapa sytuacyjno-wysokościowa jeziora Gągławki. Maszynopis.
- Solski A., 1964. Szkic limnologiczny Jezior Charzykowskich i jeziora Wdzydze. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 12(2), 189–231.
- Vollenweider R.A., 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lasek and flowing water, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor In eutrophication. Report Organisation for Economic Cooperation and Development Paris.

WATER CHEMISTRY AND PROTECTION PROJECT OF THE LAKE EXPOSED TO AGRICULTURE PRESSURE

Abstract. The research was carried out on a small (10.5 ha) and shallow (2.5 m) Lake Gąglaweckie (Gąglawki). The drainage basin of Lake Gąglaweckie is 348.3 ha. Forests land comprises the largest portion of this area, i.e. 66.7%, arable land 18.9%, grass land 7.5% and build area 2.9%. The waters were characteristic of a high content of phosphorus, up to $0.285 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, nitrogen up to $4.39 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ and calcium – $97.1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. The reason for the lake's high trophic level was no doubt the excessive loading from the drainage basin. The actual nutrient runoff from the drainage basin to the lake exceeded the critical loads, as defined by Vollenweider. Low quality of the lake's waters and the parallel high external loading indicate that preventive measures should be taken, aimed at reducing the external loading.

Key words: water chemistry, nitrogen, phosphorus, anthropogenic pressure, nutrients, external loading, lake protection

Accepted for print – Zaakceptowano do druku: 5.12.2011