INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/I/2012, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 225–232
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Paweł Biedka

SEZONOWE ZMIANY STĘŻENIA TLENU I POTENCJAŁU OKSYDOREDUKCYJNEGO W HYPOLIMNIONACH WYBRANYCH JEZIOR POJEZIERZA SUWALSKO-AUGUSTOWSKIEGO

SEASONAL CHANGES OF HYPOLIMNETIC OXYGEN CONCENTRATION AND REDOX POTENTIAL IN SELECTED LAKES OF SUWALSKO-AUGUSTOWSKIE LAKELAND

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów stężenia tlenu i potencjału oksydoredukcyjnego prowadzonych w cyklu rocznym w czterech jeziorach Pojezierza Suwalsko-Augustowskiego. Badaniami objęto cztery jeziora leżące w bezpośrednim sąsiedztwie Augustowa: Studzieniczne, Białe Augustowskie, Rospudę Augustowską i Necko. Pomiary przeprowadzono przy użyciu wieloparametrowej sondy YSI 600XL, w odstępach około miesięcznych od maja do kwietnia 2006-2007r, w punktach o największej głębokości. Wyniki pomiarów potwierdzają eutroficzny charakter jezior oraz istotną rolę zasilania wewnętrznego w procesie ich eutrofizacji.

Słowa kluczowe: eutrofizacja jezior, stężenie tlenu, potencjał oksydoredukcyjny

Summary

In paper a results of oxygen concentration and redox potential measurements are presented. The analyses were conducted in annual cycle in four lakes of Suwalsko-Augustowskie Lakelands. The four lakes - Studzieniczne, Białe Augustowskie, Rospuda Augustowska and Necko - situated in the immediate vicinity of Augustow city were taken into cosideration. Measurements were carried out

with use of multiparameters probe YSI 600Xl in about monthly intervals since May 2006 to April 2007 in control point with a largest depth. Obtained results have confirmed the eutrophic character of analysed lakes as well as significant role of internal feeding in process of their eutrophication.

Key words: *lake eutrophication, oxygen concentration, redox potential*

WSTĘP

Temperatura wody należy do czynników, które w sposób znaczący wpływają na tempo zjawisk zachodzących w wodach powierzchniowych. W jeziorach ma to szczególne znaczenie, gdyż temperatura wody w profilu pionowym nie jest stała, przez co w wyniku różnic gęstości, wykształcają się w okresie letnim warstwy, których objętości nie mieszają się ze sobą. Z uwagi na różne cechy tych warstw, zachodzą w nich zróżnicowane procesy, co objawia się zmiennymi parametrami związanymi z jakością wód i zjawiskiem eutrofizacji. W okresie, w którym warstwy limnetyczne ulegają wykształceniu, w warstwie powierzchniowej dominują procesy produkcji substancji organicznej, co w zbiornikach o wysokim stopniu eutrofizacji objawia się zakwitami. W warstwie naddennej natomiast zachodzi mineralizacja substancji organicznej sedymentującej z wyższych warstw i materii zdeponowanej w osadach dennych. W przypadku wyczerpania zasobów tlenu w hypolimnionie jezior o wysokim stopniu troficzności, obserwuje się wzmożone uwalnianie związków fosforu z osadów dennych, co następnie powoduje wzmożoną produkcję substancji organicznej w przyszłym sezonie w warstwie epilimnionu. Na zjawisko sprzężenia zwrotnego eutrofizacji duży wpływ ma między innymi długość okresu, w którym wody jeziora ulegają stratyfikacji, szczególnie w przypadku zbiorników o niewielkim udziale hypolimnionu w ogólnej objętości jeziora, w których zasoby tlenu w warstwie naddennej ulega szybkiemu wyczerpaniu.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW OBJĘTYCH BADANIAMI

Jeziora: Białe Augustowskie, Studzieniczne, Rospuda Augustowska i Necko leżą w obrębie prowincji Niżu Wschodniobałtycko-Białoruskiego, podprowincji Pojezierza Wschodniobałtyckiego, makroregionu Pojezierza Litewskiego, mezoregionu Równiny Augustowskiej. Zachodnia część Pojezierza Litewskiego bywa nazywana Pojezierzem Suwalsko-Augustowskim i jest podzielona na 4 mezoregiony: Puszczę Romincką, Pojezierze Zachodniosuwalskie, Pojezierze Wschodniosuwalskie i Równinę Augustowską [Kondracki 2000]. Położone są w dorzeczu rzeki Rospudy-Netty. Liczba jezior o powierzchni ponad 50 ha w tym dorzeczu wynosi 20, ich łączna powierzchnia zajmuje 40,3 km^2, a pojemność jest równa 0,353 km^3. Wielkość retencji czynnej dorzecza (jeziora po-

w. 50 ha) szacowana jest od 0,004 do 0,035 km^3 w ogólnej objętości jezior [Bajkiewicz-Grabowska 1985].

Zlewnia całkowita systemu jezior obejmuje większą część powierzchni dorzecza rzeki Rospudy-Netty – największego cieku wodnego w zlewni. Do pozostałych ważniejszych dopływów należą: Kamienny Bród – dopływ do jeziora Necko, Kanał Augustowski – dopływ do jeziora Studzieniczne. Ze względu na obecność wymienionych cieków jeziora w mniejszym lub większym stopniu mają charakter przepływowy.

Omawiane w opracowaniu jeziora leżą w bezpośrednim sąsiedztwie Augustowa, położonego w województwie podlaskim ok. 30-tysięcznego miasta o statusie uzdrowiska, najważniejszego ośrodka turystycznego i wypoczynkowego na obszarze Puszczy Augustowskiej. Walory turystyczne miasta są w dużym stopniu związane z położonymi w pobliżu jeziorami, stąd szczególnie ważny jest problem jakości ich wód. Według badań WIOŚ Białystok przeprowadzonych w roku 2008 i 2009, stan ekologiczny jeziora Białego Augustowskiego oceniono na bardzo dobry, jeziora Necko na dobry, natomiast jeziora Rospuda Augustowska na umiarkowany [WIOŚ Białystok, 2009; WIOŚ del. Suwałki, 2010]. W obowiązującym do 2007 roku systemie klasyfikacji jeziora Studzieniczne i Białe Augustowskie zaliczano do klasy II, jezioro Necko do II lub III klasy, jezioro Rospuda Augustowska do klasy II, III lub IV (poza klasą) [WIOŚ del. Suwałki, 2010; WIOŚ Białystok, 2004; Skorbiłowicz i in. 1999]. Omówione zbiorniki nie posiadają ewidencjonowanych punktowych źródeł zanieczyszczeń i są jeziorami przepływowymi. Ze względu na brak obciążenia jezior ładunkami zanieczyszczeń pochodzącymi ze ścieków, głównym czynnikiem decydującym o stanie troficznym jezior są dopływy, źródła obszarowe oraz zasilanie wewnętrzne.

Podstawowe wielkości morfometryczne analizowanych jezior oraz procent wymiany wody w roku przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane wielkości morfometryczne analizowanych jezior
Table 1. Selected morfometric parameters of analysed lakes

Jezioro	objętość [tys. m^3]	powierzchnia [ha]	głębokość maksymalna [m]	głębokość średnia [m]	procent stratyfikacji wód [%]
Necko	40564,4	400,0	25,0	10,1	367
Rospuda Augustowska	5383,1	104,0	10,5	5,1	2558
Białe Augustowskie	41716,5	476,6	30,0	8,7	8
Studzieniczne	22073,6	250,1	30,5	8,8	11

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów IRŚ w Olsztynie

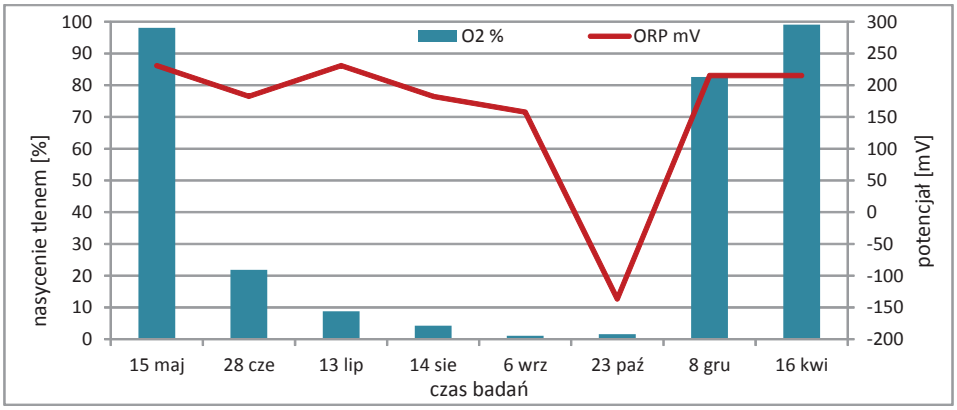
METODYKA BADAŃ

Prezentowane w artykule badania wykonano w cyklu rocznym począwszy od 13 maja 2006 do 23 kwietnia 2007 roku, z około miesięcznymi odstępami. Pomiary stężenia tlenu rozpuszczonego i potencjału redox wykonano przy użyciu wieloparametrowej sondy YSI 600XL z czytnikiem 610DM. Sonda pozwala na pomiar wyszczególnionych parametrów w warunkach terenowych, na dowolnych głębokościach. Elektrochemiczne pomiary wymienionych wskaźników przy użyciu sondy wykonywane są przez trzy oddzielne elektrody: elektrodę kombinowaną do pomiaru pH i potencjału oksydoredukcyjnego, elektrodę dwufunkcyjną do pomiaru przewodności elektrolitycznej i temperatury oraz polarograficzną, platynową elektrodę Clarka do pomiaru stężenia tlenu rozpuszczonego. Konstrukcja ostatniej elektrody w powiązaniu z krótkim impulsem pomiarowym umożliwia pomiar stężenia tlenu w środowisku wodnym, bez konieczności zapewnienia przepływu medium przy powierzchni membrany. Punkty pomiarowe wyznaczono w miejscach o największej głębokości w jeziorach (1m nad dnem), ich lokalizacja była niezmienna w czasie całego okresu badawczego.

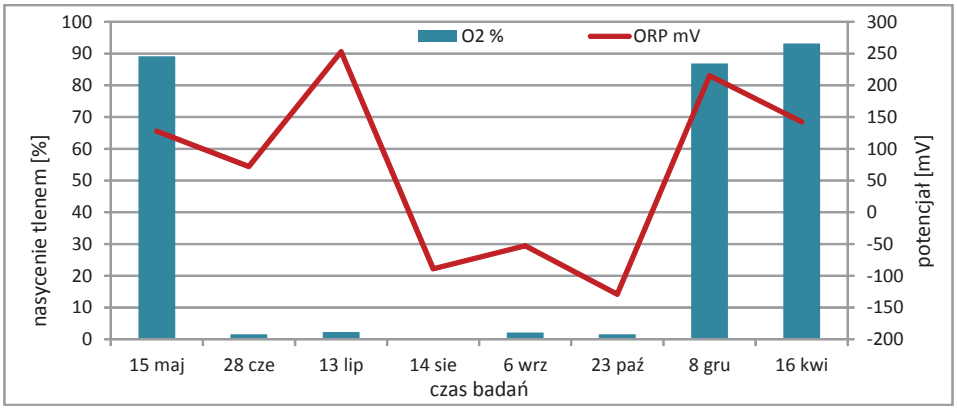
WYNIKÓW BADAŃ

Zmiany stężenia tlenu rozpuszczonego wyrażonego jako procent nasycenia wody tlenem oraz potencjału oksydoredukcyjnego zaprezentowano na rysunkach 1-4. Zmiany te są charakterystyczne dla jezior eutroficznych, w których obserwuje się niskie stężenie tlenu w warstwie hypolimnionu. W wyniku wyczerpania zasobów tlenu rozpuszczonego wskutek mineralizacji substancji organicznej sedymentującej z segmentów powierzchniowych oraz substancji organicznej zawartej w osadach dennych i braku źródeł tlenu rozpuszczonego, w części jezior już w pierwszych miesiącach stratyfikacji termicznej tworzą się warunki beztlenowe powodujące intensywne uwalnianie związków fosforu z osadów dennych.

W jeziorach o najkorzystniejszych charakterystykach zlewni (Białym i Studzienicznym) i jednocześnie o niższym stężeniu biogenów w wodzie, przebieg zmian stężenia tlenu różni się w początkowym okresie, po wykształceniu warstw limnetycznych. Wyczerpanie zasobów tlenu w hypolimnionie jeziora Białego następuje wcześniej niż w jeziorze Studzienicznym, co pokrywa się z wcześniejszym obniżeniem wartości potencjału oksydoredukcyjnego. Może to wynikać z mniejszego udziału hypolimnionu w ogólnej objętości jeziora w jeziorze Białym, który wynosi 18%, podczas gdy w jeziorze Studzienicznym – 26% i mniejszych zasobów tlenu w warstwie naddennej.

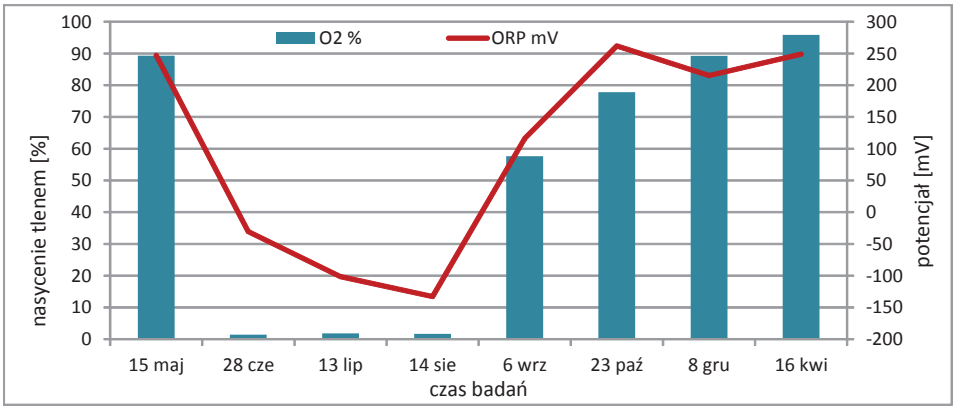


Rysunek 1. Zmiany zawartości tlenu i potencjału redox w hypolimnionie jeziora Studzienicznego
Figure 1. Changes of hypolimnetic oxygen concentration and redox potential in Studzieniczne Lake

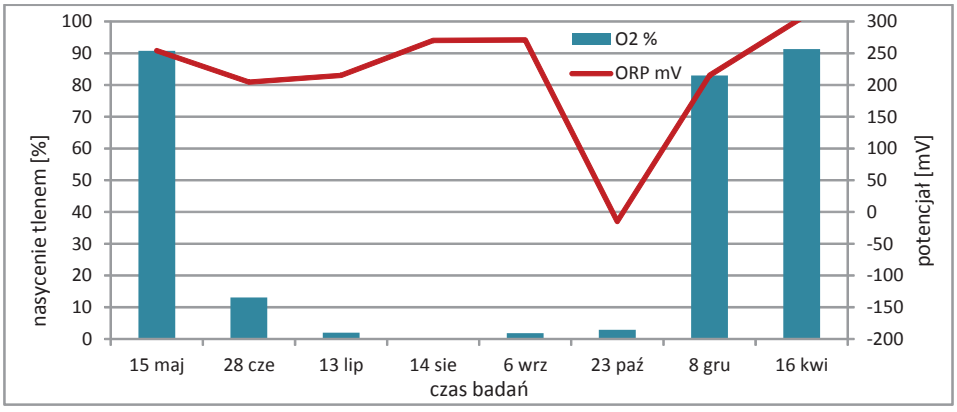


Rysunek 2. Zmiany zawartości tlenu i potencjału redox w hypolimnionie jeziora Białego Augustowskiego
Figure 2. Changes of hypolimnetic oxygen concentration and redox potential in Białe Lake

W jeziorze Rospuda Augustowska przebieg zmian stężenia tlenu i potencjału redox w warstwie naddennej jest ściśle związany ze stratyfikacją termiczną. Z uwagi na niewielką głębokość średnią i maksymalną jeziora oraz znaczne obciążenie jeziora materią ze zlewni, deficyty tlenowe pojawiają się zaraz po wytworzeniu warstwy metalimnionu i zanikają w czasie zaburzenia stratyfikacji, np. wywołanym zwiększonym przepływem rzeki Rospudy.



Rysunek 3. Zmiany zawartości tlenu i potencjału redox w hypolimnionie jeziora Rospuda Augustowska
Figure 3. Changes of hypolimnetic oxygen concentration and redox potential in Rospuda Augustowska Lake



Rysunek 4. Zmiany zawartości tlenu i potencjału redox w hypolimnionie jeziora Necko
Figure 4. Changes of hypolimnetic oxygen concentration and redox potential in Necko Lake

Zmiany omawianych parametrów w jeziorze Necko są podobne do zmian zaobserwowanych w jeziorze Studzienicznym. Jeziora te ponadto charakteryzują się podobnym udziałem hypolimnionu w ogólnej objętości jeziora (Necko – 27%, Studzienczne – 26%).

PODSUMOWANIE

Stężenie tlenu w hypolimnionach badanych jezior ulegało szybkiemu obniżeniu w czasie trwania stratyfikacji termicznej, osiągając wartości zerowe lub bliskie zeru już w pierwszym miesiącu stratyfikacji. Ujemne wartości potencjału oksydoredukcyjnego pojawiały się najwcześniej w jeziorze Rospuda, z uwagi na wynikające z objętości najniższe zasoby tlenu warstwy poniżej epilimnionu. Ujemny potencjał w pozostałych jeziorach był obserwowany od czerwca w jeziorze Rospuda, sierpnia w jeziorze Białym i w październiku w jeziorze Necko i Studzieniczne.

Pojawiający się wcześnie deficyt tlenowy świadczy o eutroficznym charakterze jezior i ma niekorzystny wpływ na jakość wód, ze względu na wzmożone wydzielanie fosforu z osadów dennych do toni wodnej. Obniżony potencjał redox wód hypolimnionu oraz związana z nim obecność jonów siarczkowych obserwowana w ostatnich miesiącach trwania stratyfikacji może przyczyniać się do ponownej utraty mobilności kompleksów fosforowo-żelazowych, poprzez ich strącanie w postaci trudno rozpuszczalnego siarczku żelaza FeS [Lampert, Sommer 1996].

BIBLIOGRAFIA

Bajkiewicz-Grabowska E., *Stosunki wodne, w: red. K. Święcicka - Województwo Suwalskie. Studia i materiały*, Ośrodek Badań Naukowych, Białystok, 1985

Informacja o stanie środowiska na obszarze województwa podlaskiego w 2009 roku, Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białymstoku, Białystok, wrzesień 2010.

Informacja o stanie środowiska na terenie powiatów: suwalskiego grodzkiego i suwalskiego ziemskiego, Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białymstoku. Delegatura w Suwałkach, Suwałki 2007

Klasyfikacja wstępna jezior województwa podlaskiego badanych w 2009 roku, Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białymstoku Delegatura w Suwałkach, Suwałki, czerwiec 2010.

Kondracki J., *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa, 2000.

Lampert W., Sommer U., *Ekologia wód śródlądowych*, Warszawa 1996.

Raport o stanie środowiska województwa podlaskiego w latach 2002 – 2003*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białymstoku, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Białystok 2004.*

Skorbiłowicz E., Dzienis L., Skorbiłowicz M., Biedka P., 1999, Ocena stanu czystości wód jezior Pojezierza Augustowskiego*, [w] D. Wawrentowicz (red.) "Gospodarka wodno-ściekowa w Euroregionie Niemen", Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok*

Artykuł powstał w wyniku realizacji pracy S/WBiIS/2/2011, finansowanej przez MNiSzW

Dr inż. Paweł Biedka
Katedra Systemów Inżynierii Środowiska
Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45A
15-351 Białystok
e-mail: p.biedka@pb.edu.pl
Tel. 85 7469578