

PROBLEMY CZYSTOŚCI JEZIOR I METODY ICH REKULTYWACJI

Autor: dr inż. Robert Dziaman

Kemipol

WSTĘP

W Polsce jest około 9000 jezior o powierzchni ponad 1 ha. Z tego 1032 to jeziora, których powierzchnia przekracza 50 ha. Nie jest to w porównaniu z Norwegią, Finlandią i Szwecją imponująca ilość ale mimo to stanowi skarb w postaci rezerwuarów słodkiej wody o walorach retencyjnych, rekreacyjnych a także umożliwiających zachowanie ogromnej bioróżnorodności przyrodniczej.

Od wielu lat prowadzone są badania jakości jezior co ostatecznie doprowadziło do opracowania Atlasu jezior polskich z określeniem ich powierzchni, batymetrii i jakości. Tak jak ocena jakości wód płynących jest w miarę prosta, to już przy ocenie jakości jezior trzeba brać pod uwagę wiele dodatkowych parametrów. Są to między innymi ocena podatności jezior na degradację wynikająca ze wskaźników morfometrycznych, hydrograficznych i zlewniowych, ponieważ te czynniki w znacznej mierze determinują jakość wody.

Zestawienie stanu czystości wód jezior z ich kategorią podatności na degradację pozwala stwierdzić, iż w przypadku jezior poddanych niewielkiej presji antropogenicznej o jakości wód w znacznej mierze decydują naturalne cechy jeziora i jego zlewni. Natomiast w przypadku jezior stanowiących odbiorniki ścieków szkodliwa działalność człowieka jest czynnikiem prowadzącym do degradacji tych zbiorników bez względu na warunki naturalne.

Najgroźniejszymi źródłami zanieczyszczeń są ścieki z miast położonych nad jeziorami. Ścieki te po wielu latach odprowadzania ich do wód jeziorowych spowodowały degradację tych zbiorników, a silnie zanieczyszczone jeziora w rzeczywistości odstożnikami ścieków przestają być atrakcyjnymi elementami krajobrazu miejskiego, stają się natomiast obiektami uciążliwymi dla mieszkańców i często stanowią zagrożenie sanitarne. Drugim, bardzo groźnym dla jezior wrogiem jest intensywne rolnictwo. Intensywne nawożenie gleb w celu uzyskania jak najlepszych plonów a także rolnicze wykorzystanie gnojowicy z ferm tuczu trzody chlewnej oraz hodowli bydła gwarantuje dostarczenie znacznego ładunku zanieczyszczeń do jezior.

Do lat 90-tych oczyszczanie ścieków polegało na redukcji zawiesiny oraz związków węgla tj. obniżeniu BZT₅, bez redukcji fosforu i azotu. A przecież największym zabójcą jezior jest fosfor i dopiero wprowadzenie obowiązku usuwania lub znacznej redukcji fosforu może pozwolić na spowolnienie lub zatrzymanie procesu eutrofizacji.

W województwie Zachodniopomorskim budowa oczyszczalni ścieków z redukcją związków fosforu i azotu stała się od początku lat 90-tych obowiązkiem.

Niewątpliwie ogromnym problemem jest również ogromny ładunek związków biogenych skumulowany przez wiele lat w osadach dennych.

ZEWNĘTRZNE OBCIĄŻENIA JEZIOR

W medycynie, żeby cokolwiek zrobić trzeba dokonać oceny jaki jest stan pacjenta. W ochronie jezior trzeba niewątpliwie wykonać obliczenia zewnętrznego obciążenia jezior wynikającego ze źródeł punktowych, przestrzennych i opadu atmosferycznego.

Są różne wzory matematyczne określające zewnętrzne obciążenie a dość powszechną jest szacunkowa metoda obliczania zewnętrznego obciążenia jezior wskazana w latach 80-tych przez naukowców Instytutu Kształtowania Środowiska, Zakładu Użytkowania Wód w Warszawie.

W obliczeniach zewnętrznego obciążenia jezior i sztucznych zbiorników wodnych wynikającego ze źródeł punktowych, przestrzennych i opadu atmosferycznego należy uwzględnić wielkości ładunku azotu całkowitego i fosforu całkowitego zgodnie ze wzorem:

$$O_j = \frac{\sum_1^f L_{sc} \cdot (1 - R_s) + L_{sb} + L_{lb} + \sum_1^g L_d (1 - R_j) + L_a + L_k}{A_j} \quad [g / m^2 rok]$$

gdzie:

L_{sc} –ładunek związków biogenych wnoszonych ze ściekami bezpośrednio do jeziora, szacowany przez określenie stężenia azotu całkowitego i fosforu całkowitego w ściekach surowych według opracowanych średnich z wyników badań krajowych i danych literaturowych oraz ilości ścieków odprowadzanych [g/rok]

R_s –współczynniki usuwania związków biogenych w istniejącej oczyszczalni ścieków,

f –liczba punktowych źródeł zanieczyszczeń w zlewni bezpośredniej jeziora,

L_{sb} –ładunek związków biogenych spływających przestrzennie ze zlewni bezpośredniej do jeziora, oszacowany na podstawie uznanych za miarodajne dla warunków krajowych kryteriów żyzności gleby lub metody uzależniającej spływ przestrzenny od sposobu użytkowania ziemi, przepuszczalności podłoża i ukształtowania terenu zlewni [g/rok]

L_{lb} –ładunek związków biogenych w zlewni bezpośredniej pochodzący od ludności [4380 gN/os.rok 1095 gP/os.rok]

g –liczba cieków dopływających do jeziora,

R_j –współczynnik retencji związków biogenych w jeziorze położonym w biegu cieków dopływającego do zbiornika ,dla którego oblicza się obciążenie ,szacowany na podstawie badań krajowych dla fosforu $R_p = 0,573$, dla azotu $R_N = 0,210$,

Σ_a –ładunek związków biogenych wprowadzany z opadem atmosferycznym na powierzchnię jeziora, szacowany na podstawie opracowanych średnich z wyników badań krajowych [g/rok]

Σ_k –ładunek związków biogenych wprowadzany do wód jeziora przez kąpiących się [1,0 gN/os.rok i 0,05 gP/os.rok],

A_j powierzchnia jeziora [m²].

Następnie przez porównanie zewnętrznego obciążenia jeziora związkami biogenymi z dopuszczalnymi i niebezpiecznymi obciążeniami określonymi przez Vollenweidera dowiemy się o wielkości ładunków azotu i fosforu jaki należy wyeliminować z obciążeń omawianego jeziora.

Tabela 1. Kryteria Vollenweidera dopuszczalnego i niebezpiecznego zewnętrznego obciążenia jezior

średnia głębokość jeziora	obciążenie zewnętrzne		stosunek średniej głębokości	obciążenie zewnętrzne	
	dopuszczalne	niebezpieczne	średniego czasu retencji	dopuszczalne	niebezpieczne
	azot ^x / całkowity			fosfor ^{xx} / całkowity	
m	gN/m ² rok		m/rok	gP/m ² rok	
5	1,0	2,0	0,5	0,10	0,20
			1,0	0,11	0,21
			2,0	0,12	0,23
			3,0	0,14	0,24
10	2,5	3,0	5,0	0,15	0,30
			10,0	0,20	0,40
			20,0	0,30	0,60
			30,0	0,40	0,75
50	4,0	8,0	50,0	0,50	1,00
			70,0	0,80	1,80
			100,0	1,00	2,40

x / kryteria Vollenweidera dopuszczalnego i niebezpiecznego obciążenia jezior azotem współzależne od średniej głębokości jeziora, xx/ zmodyfikowane przez Vollenweidera kryteria dopuszczalnego i niebezpiecznego obciążenia jezior fosforem współzależne od ilorazu średniej głębokości jeziora i rocznego średniego czasu retencji wody.

Nie uzyskamy jeszcze recepty na rekultywację jeziora.

METODY REKULTYWACJI JEZIOR

Każdy limnolog powie: po pierwsze trzeba odciąć dopływ zanieczyszczeń do jeziora, a więc wybudować systemy kanalizacji sanitarnej, deszczowej z separatorami, ograniczyć

nawożenie w zlewni i wstrzymać chaotyczną, gwałtowną zabudowę turystyczną. A potem ...potem się zaczynają próby rekultywacji.

Na pewno chcąc trafnie dobrać sposób rekultywacji trzeba dokładnie poznać obszar całej zlewni jeziora, często nacisk na uzyskanie natychmiastowego efektu powoduje zaniedbanie w innych działaniach ochronnych.

Pionierską próbą rekultywacji jeziora w skali Globu była tak zwana rura Olszewskiego. Rozwiązanie wyjątkowo proste, powodujące usuwanie przeżyźnionych wód odtlenionego hipolimnionu z jeziora Kortowskiego wydawało się lekiem na całe zło. Oazało się, e to nie wszystko. Świat zaczął szukać rozwiązań pozwalających na natlenianie przydennych warstw jezior, co spowodowało niezwykłą ekspansję technologii i technicznych metod wprowadzania tlenu do wód jeziorowych. Przyzwoite efekty można było uzyskać poprzez wprowadzanie czystego tlenu do toni wodnej. Tym sposobem natleniono jeziora Baldegg, Sempach i Hallwiler w Szwajcarii. Oczywistym warunkiem powodzenia było odcięcie zanieczyszczeń w zlewni. Sztuczne napowietrzanie, zwłaszcza przeprowadzone w głębokich zbiornikach uwarstwionych w okresie lata powinno w perspektywie polepszyć warunki tlenowe w najgłębszych warstwach wody. Polepszenie bilansu tlenowego zachwianego w wyniku przeżyźnienia jeziora jest tu celem podstawowym. Pomimo wieloletniego stosowania sztucznego napowietrzania w wielu jeziorach Świata ciągle brak odpowiedzi na pytanie, czy po zaprzestaniu napowietrzania utrzyma się poprawa warunków środowiskowych w jeziorze. Wykorzystanie energii wiatru do sztucznego napowietrzania jezior poprawia warunki ekonomiczne stosowania tej metody, dlatego też próby prowadzone w jeziorze Sarodworskim z siłownią wiatrową umieszczoną na brzegu a także rozwiązania zastosowane w kilku jeziorach woj. Zachodniopomorskiego poprzez zainstalowanie pływających siłowni powinny być rozwijane i wspierane. Polepszenie skuteczności tych metod można uzyskać poprzez równoczesne zastosowanie metody inaktywacji fosforu tj. równoczesne dodawanie do wody koagulantów.

Jedną z metod rekultywacji jest tzw. biomanipulacja, polegająca na stworzeniu optymalnych warunków dla rozwoju dużych gatunków wioślarek z rodzaju *Daphnia*, kontrolująca nadmierny rozwój fitoplanktonu. Można to uzyskać poprzez regulację stosunków ilościowych i jakościowych ryb przy wyraźnej preferencji ryb drapieżnych. Biomanipulację należałoby uznać jako metodę uzupełniającą w stosunku do podstawowych metod rekultywacji.

Bez wątpienia niezwykle ważną rolę w procesie eutrofizacji jezior stanowią osady dennie. W początkowym okresie istnienia jeziora zatrzymują nadmiar substancji biogenych (zwłaszcza azotu i fosforu). Po pewnym czasie skumulowane przez tysiące lat w osadach dennych biogeny wracają do toni wodnej, stanowiąc tzw. wzbogacanie wewnętrzne jeziora. Najlepszym rozwiązaniem byłoby całkowite usunięcie osadów dennych z jeziora, jednak z uwagi na ogromne koszty i problemy techniczne związane z unieszkodliwieniem i suszeniem osadów powodują, że metoda ta jest wykorzystywana tylko w przypadku małych jezior.

Rekultywacja jezior metodą inaktywacji fosforu stosowana była już w latach 70-tych w Skandynawii. W Polsce, po raz pierwszy w skali technicznej do inaktywacji fosforu poprzez zastosowanie koagulantu glinowego nowej generacji – PAX 18 użyto w 2001 roku w jeziorze Długim w Olsztynie. Wprowadzenie w latach 2001 – 2003 łącznie 60 ton roztworu wodnego chlorku poliglinu spowodowało, że ilość fosforu ogólnego spadła poniżej $0,1 \text{ mgP/dm}^3$ - co zatrzymało rozwój produkcji pierwotnej a w konsekwencji wzrost przezroczystości. Podobną skuteczność pokazała ta metoda w przypadku rekultywacji jeziora Głębocek w Tucholi w latach 2001 – 2003. Sukcesem była też rekultywacja jeziora Machowo w Czechach w latach 2005 – 2006. Wyeliminowanie fosforu mineralnego a także obniżenie ilości fosforu organicznego spowodowały, że zawartość fosforu ogólnego w jeziorze spadła i w sierpniu była 7 – 8 krotnie niższa niż w analogicznym okresie przed rekultywacją, natomiast w wyniku zwiększenia zdolności sorbcyjnych osadów dennych radykalnie ograniczyło się wewnętrzne zasilanie w fosfor.

PODSUMOWANIE

Wszystkie metody rekultywacji jezior są zazwyczaj kosztowne, trudne technicznie do realizacji, często nie zapewniające oczekiwań społeczeństwa i decydentów w uzyskiwanych wynikach. Poszukiwanie relatywnie tanich i łatwych do przeprowadzenia sposobów odnowy jezior jest bezwzględną koniecznością. Do takich metod trzeba zaliczyć inaktywację fosforu z wykorzystaniem nowych generacji koagulantów. Jest to metoda dająca bardzo szybki efekt widoczny w bardzo krótkim czasie. Nie należy zapominać jednak, że zabieg trzeba powtórzyć kilkakrotnie aby efekt utrwalić. Zastosowanie tej metody przy współdziałaniu z napowietrzaniem poprzez wykorzystanie naturalnych źródeł energii (wiatr, słońce) może dać bardzo dobre efekty przy dużej efektywności ekonomicznej.