



## **„Rekultywacja Jezior Jelonek i Winiary w Gnieźnie metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych” w ramach Programu LIFE + Komponentu II „Polityka i zarządzanie w zakresie środowiska”.**

### **1. Stan obecny**

Gniezno leży na Pojezierzu Gnieźnieńskim, najuboższym w Polsce obszarem w opady. W granicach administracyjnych miasta zlokalizowane są jeziora (Jelonek i Winiary), które narażone są na presję aglomeracji miejskiej.

Do jeziora Jelonek przez dziesiątki lat odprowadzane były ścieki bytowo – gospodarcze i przemysłowe. Dopływ dużych ładunków zanieczyszczeń powodował już w XIX wieku masowe śnięcie ryb w jeziorze. Jeziora są szczególnie wrażliwe na wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia, a skutki tych zmian mają charakter trwały i nieodwracalny.

Ograniczona możliwość wymiany wody w jeziorach powoduje, że przeważają w nich procesy sedymentacji i akumulacji zawieszin oraz składników rozproszonych. Wykorzystywane przez wiele dziesiątek lat jako odbiornik ścieków miejskich utraciły zdolność samooczyszczania i bez natychmiastowych działań rekultywacyjnych skazane są na całkowitą degradację.

W celu osiągnięcia wymogów UE zgodnie z Dyrektywą Ramową nr 2000/60/EC w sprawie Polityki Wodnej, do 2015r. akweny wodne w Polsce mają być doprowadzone do stanu „niezaburzonego”. Dyrektywa jest ukierunkowana na ochronę zasobów śródlądowych wód powierzchniowych – jako cel strategiczny postuluje „osiągnięcie dobrego stanu ekologicznego wód”.

Miasto Gniezno w latach 80-tych podejmowało próby usunięcia osadów jeziora Jelonek, jednak ze względów technicznych prace te nie mogły być realizowane. Z uwagi na wykluczenie bagrowania osadów w jeziorach Jelonek i Winiary, jedyną możliwością naprawy sytuacji w jeziorach jest przeprowadzenie ekosystemu w stabilny stan czystowodny, z dominacją makrofitów. Jest to możliwe po przeprowadzeniu rekultywacji jeziora metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych.

Rekultywacja jezior Jelonek i Winiary w Gnieźnie prowadzona będzie z zastosowaniem metody inaktywacji fosforu w osadach dennych. Planowane w ramach tej metody działania obejmują:

#### **1. Działania w bezpośredniej zlewni jezior**

- Monitoring i poprawienie sytuacji w zlewniach jezior Winiary i Jelonek
- Regeneracja możliwości retencyjnych stawu przy jeziorze Jelonek
- Likwidacja trzciniowisk nadmiernie zarastających powierzchnię jezior
- Odbudowa skarp jezior poprzez częściowe darniowanie i obsiew skarp

#### **2. Inaktywacja fosforu w osadach dennych**

- Likwidacja zakwitów sinic w stawie i jeziorach

#### **3. Regulacja, restrukturyzacja obsady ryb**

- 4. Stymulacja rozwoju i dosadzanie makrofitów w jeziorach Jelonek i Winiary

## 2. Cel projektu

Celem projektu jest rozpowszechnienie metody rekultywacji jezior metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych przy użyciu koagulantów bezpośrednio podanych do osadów dennych i działań wspomagających rekultywację zasadniczą. Metoda ta zostanie wprowadzona przy użyciu urządzenia „PROTEUS”. Jest to jedyne znane urządzenie umożliwiające utrzymanie bardzo dużej precyzji kontroli stężenia i głębokości podawania koagulantu w zależności od zróżnicowania horyzontalnego i pionowego stężenia fosforu w osadach.

Założone cele:

- zahamowanie postępującej eutrofizacji jezior Jelonek i Winiary w Gnieźnie i wywołanych przez tę eutrofizację zagrożeń ekologicznych dotyczących wpływu środowiska na zdrowie i jakość życia mieszkańców Gniezna,
- polepszenie stanu czystości zdegradowanych jezior, położonych w parkach - w centrum miasta – miejscu odwiedzanym przez licznych turystów przybywających do Pierwszej Stolicy Polski
- poprawa jakości biotopu, rewitalizacja biocenoz w środowisku jeziora – w tym ograniczenie zakwitów toksycznych sinic, zwiększenie bioróżnorodności, przekształcenie jakościowe i ilościowe ichtiofauny
- ochrona zasobów śródlądowych wód powierzchniowych zgodnie z Dyrektywą Ramową UE w sprawie Polityki Wodnej nr 2000/60/EC
- polepszenie stanu czystości wód jezior Jelonek i Winiary wpłynie poprzez sieć rzek na ogólny stan czystości wód – Obszaru Dorzecza Odry.

## 3. Metoda inaktywacji (techniki, opis, zastosowanie)

Metoda inaktywacji jest zalecana dla jezior, w których wysoka żyzność jest podtrzymywana przez uwalnianie związków biogenych z osadów dennych. Znajduje ona zastosowanie przede wszystkim na jeziorach płytkich polimiktycznych. Jeziora silnie zeutrofizowane charakteryzują się wysokimi zawartościami związków biogenych – pożywkowych, co powoduje zakwity jezior zwłaszcza glonów. Chemiczne strącanie fosforu za pomocą koagulantów powoduje zmniejszenie ilości związków biogenych – pożywkowych, a tym samym ogranicza intensywność rozwoju glonów, czego efektem jest poprawa jakości wody oraz zwiększenie jej przezroczystości. Jest to metoda bezpieczna dla życia biologicznego jeziora.

Metoda inaktywacji fosforu jest już stosowaną metodą na różnych akwenach, jednak metoda inaktywacji fosforu w osadach dennych i działania wspomagające rekultywację zasadniczą są działaniami i projektami innowacyjnymi.

Przeprowadzenie rekultywacji metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych, wprowadzenie makrofitów, a także manipulacja rybami na jeziorach Jelonek i Winiary przy szerokiej promocji projektu pozwoli na zainteresowanie się użytkowników licznych zdegradowanych jezior i wykorzystanie właśnie tej metody ochrony wód jeziornych. Biorąc pod uwagę Ramową Dyrektywę Wodną i obowiązek osiągnięcia dobrego stanu ekologicznego wód do 2015r należy twierdzić, że prace rekultywacyjne jezior będą musiały być realizowane na terenie większości jezior Polski. Proponowana w naszym projekcie innowacyjna metoda rekultywacji jezior znajdzie z pewnością zastosowanie w rozwiązywaniu podobnych problemów w innych miastach w Polsce i zagranicą. Dlatego właśnie tak silny nacisk zostanie położony na upowszechnienie rezultatów realizacji projektu wśród zainteresowanych stron (szerzej w części poświęconej promocji projektu).

Inaktywacja fosforu w osadach dennych to najważniejszy zabieg jaki należy wykonać w jeziorach Jelonek i Winiary. Bez zablokowania możliwości wydzielania fosforu z osadów dennych i maksymalnej możliwej redukcji ilości fosforu w wodzie, jakiegokolwiek inne podejmowane zabiegi, włącznie z napowietrzaniem, nie przyniosą radykalnych i trwałych zmian.

Miasto Gniezno od kilku lat prowadzi monitoring wód jezior Jelonek i Winiary, a w 2007 roku zleciło opracowanie raportu dotyczącego monitoringu jeziora Jelonek na potrzeby przygotowań do działań rekultywacyjnych na obu jeziorach. W zakresie raportu przeprowadzono wstępne badania i sporządzono analizę zastosowania metody inaktywacji fosforu w osadach dennych obu jezior.

Najczęstszym, bo najprostszym i najtańszym, sposobem aplikacji koagulantu jest równomierne rozpryskiwanie go na powierzchni wody, rzadziej podawanie do powierzchniowej warstwy wody. Aplikując koagulant z powierzchni wody zakłada się z reguły jego równomierną sedimentację do powierzchni osadów i utworzenie tam jednolitej, zwartej warstwy izolującej, uniemożliwiającej uwalnianie  $PO_4$  z osadów. W praktyce, jak wykazały aktualne badania, koagulat posiadający duży wymiar fraktalny i niewielką ujemną pływalność sedimentuje nierównomiernie, tworząc wyspowy rozkład na powierzchni osadu, z licznymi, rozległymi pustymi miejscami. W przypadku jezior płytkich, nawet po utworzeniu litej warstwy koagulantu, niewielkie falowanie, nie powodujące jeszcze resuspensji osadu, może przemieszczać koagulant

W czasie badań w 2006r. w jeziorach Jelonek i Winiary dla oceny zdolności inaktywacyjnej dostępnych na rynku koagulantów i sposobu ich podawania wykonano badania laboratoryjne. W przypadku jezior Jelonek i Winiary koagulant powinien być podany bezpośrednio do osadu. Najlepszym w tym celu rozwiązaniem będzie użycie urządzenia „Proteus”. Jest to jedyne znane urządzenie umożliwiające utrzymanie bardzo dużej precyzji kontroli stężenia i głębokości podawania koagulantu w zależności od zróżnicowania horyzontalnego i pionowego stężenia fosforu w osadach.

Zastosowanie rekultywacji metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych jest jedyną możliwą metodą w przypadku jezior miejskich. Przy wykorzystaniu urządzenia „Proteus” nie ma potrzeby zabezpieczenia dodatkowego obszaru do zmagazynowania osadów (problem zapachu!) tak jak w przypadku bagrowania jezior, prace rekultywacyjne prowadzone będą z powierzchni wody, nie stanowią zagrożenia i niebezpieczeństwa dla otoczenia i są bezpieczne dla życia biologicznego. Metoda ta jest szczególnie zalecana dla jezior płytkich, a w przypadku jezior Jelonek i Winiary głębokość wynosi ok. 2,5m oraz 4,5m. Przedstawione argumenty przemawiają za tym, że jest to jedyna metoda możliwa do przeprowadzenia rekultywacji jezior zlokalizowanych w centrum oraz w terenie zabudowy osiedlowej miasta.

#### **4. Zakładane rezultaty**

Rekultywacja jezior metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych pozwoli na zahamowanie postępującej eutrofizacji jezior Jelonek i Winiary w Gnieźnie, powodując:

- redukcję zawartości fosforu w toni wodnej
- spadek produkcji fitoplanktonu
- podwyższenie widzialność krążka Secchiego - odzyskanie przezroczystości wody z 0,1m do ok. 0,6 – 1m
- redukcję chlorofilu a
- przyrost podwodnej roślinności i ryb – co polepszy bilans ekologiczny
- odbudowę zespołów roślin zanurzonych i o liściach pływających,
- likwidację zakwitów sinicowych,
- wzrost wartości krajobrazowej i rekreacyjnej jezior.

Realizacja projektu przyczyni się do ochrony wód nie tylko jeziornych, ale poprzez sieć rzek również Obszaru Dorzecza Odry z ujściem do Morza Bałtyckiego. Głównymi drogami odpływu powierzchniowego z terenu miasta Gniezna są dolina Strugi Gnieźnieńskiej (przepływa przez jezioro Jelonek) oraz rynna glacialna wypełniona m.in. przez jezioro Winiary. Obszar ten, poprzez system rzeczny Strugi Gnieźnieńskiej włączony jest w dorzecze rzeki Wełny, dopływ Warty w Obszarze Dorzecza Odry.

W celu osiągnięcia wymogów UE zgodnie z Dyrektywą Ramową nr 2000/60/EC w sprawie Polityki Wodnej, do 2015r. akwenu wodne w Polsce mają być doprowadzone do stanu „niezaburzonego”. Dyrektywa jest ukierunkowana na ochronę zasobów śródlądowych wód powierzchniowych – jako cel strategiczny postuluje „osiągnięcie dobrego stanu ekologicznego wód”.

Jeziora jako akwenu wodne są bardzo podatne na presję człowieka (rekreacja, wypoczynek) oraz aglomeracji miejskich. Z problemem czystości wód jeziornych spotyka się każdy użytkownik akwenu, zarówno w Polsce jak i na świecie. Zgodnie z polityką środowiskową Unii Europejskiej duży nacisk kładziony jest na ochronę wód powierzchniowych.

## **5. Opis szczegółowy planowanych działań (mechaniczne, biologiczne, edukacyjne)**

W czasie badań w 2006 roku w jeziorach Winiary i Jelonek, dla oceny zdolności inaktywacyjnej dostępnych na rynku koagulantów i sposobu podawania koagulantów, wykonano badania laboratoryjne (Raport 2006). Użyto trzech przemysłowych koagulantów – PAX ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), PIX 111 ( $\text{FeCl}_3$ ) i Phoslock. Wykonano także pomiary z PIX'em 111 uzupełnionym azotanem wapnia, traktowanym jako substancja zapobiegająca obniżaniu potencjału redoks. W każdej serii pomiarowej stosowano dwa warianty sposobu podawania koagulantu: do wody i bezpośrednio do osadu poddanego resuspensji. Głównym celem eksperymentu było jednakże stwierdzenie, co stanie się z inaktywowanym fosforem jeśli po jego podaniu do wody, lub do osadów jeziora wystąpi po jakimś czasie przypadkowe zaburzenie osadów, np. resuspensja wiatrowa. Pytanie bardzo istotne, zwłaszcza w przypadku jezior płytkich, jak Jelonek, gdzie resuspensja wiatrowa osadów jest zjawiskiem częstym. Wyniki wykazały, że we wszystkich przypadkach gdzie koagulant podawano tylko do wody, po resuspensji w wodzie pojawił się ponownie fosfor, najwięcej w przypadku użycia PAX'u. Najmniej fosforu pojawiło się powtórnie w wodzie w przypadku użycia kombinacji PIX'u 111 i azotanu wapnia. We wszystkich przypadkach gdzie koagulant podawano bezpośrednio do osadów, po powtórnej resuspensji w wodzie pojawiło się znacznie mniej fosforu.

W przypadku jezior Jelonek i Winiary koagulant powinien być podany bezpośrednio do osadu. Najlepszym w tym celu rozwiązaniem byłoby użycie urządzenia „Proteus”. Jest to jedyne znane urządzenie umożliwiające utrzymanie bardzo dużej precyzji kontroli stężenia i głębokości podawania koagulantu w zależności od zróżnicowania horyzontalnego i pionowego stężenia fosforu w osadach.

W jeziorze Jelonek istnieją wyjątkowo sprzyjające warunki do powstawania zakwitów sinicowych. Przed zastosowaniem najważniejszej metody, czyli inaktywacji fosforu w osadach dennych jeziora, można rozmieścić np. przy wlocie do stawu, w rejonie dopływu w jeziorze przegrody wykonane z balotów słomy jęczmiennej. Badania potwierdziły, że w czasie tlenowej mineralizacji słomy do wody wydzielane są produkty rozkładu hamujące podział komórek sinicowych, funkcjonujące jak naturalne algistatyki. Słoma eksponowana jest w jeziorach najczęściej w okresie wiosny, lub wczesnego lata. Efekty są zwykle widoczne po okresie 2 tygodni – miesiąca.

Ichtiofauna jeziora Jelonek i Winiary jest zdominowana przez ryby karpowate i okoniowate. Zdecydowanie przeważają pod względem liczebności płocie i okonie. Pozytywnym symptomem jest odnotowanie w jeziorach młodocianych szczupaków. Struktura taksonomiczna ryb w jeziorze Jelonek jest typowa dla akwenów o wysokiej trofii. Zgodnie z teorią ichtioeutrofizacji, znaczne zagęszczenie drobnych ryb karpowatych i okoniowatych jest czynnikiem sprzyjającym przyspieszeniu eutrofizacji i utrzymywaniu się złej jakości wody. W jeziorach należy przeprowadzić intensywne zabiegi manipulacji rybami. Trzeba co najmniej 5-krotnie zmniejszyć ogólną obsadę ryb w porównaniu do stanu wyjściowego (najlepiej do poziomu co najwyżej kilku – kilkunastu kg/ha) i zarybiać szczupakiem w obsadzie co najmniej 1 tys. szt/ha.

Aby doprowadzić jeziora w stan stabilny, czysto-wodny, zawierający dużą ilość nieaktywnego fosforu w osadach, o znacznej powierzchni pokrytej roślinnością wodną, należy reintrodukować makrofitę. Podłoża z makrofitami tworzą wydajny element usuwający nutrieny z toni wodnej, poprzez tworzenie barier i wysp. Po uzyskaniu znacznego wzrostu przezroczystości wody można rozpocząć odbudowywanie roślinności wodnej zakorzenionej w osadach poprzez przygotowywanie sadzonek z kłączy i nasion pozyskanych w jeziorach płytkich czysto-wodnych zdominowanych przez makrofitę.

Jeziora Winiary i Jelonek były przez kilka – kilkanaście lat monitorowane. Na podstawie przeprowadzonych analiz należy stwierdzić, że można doprowadzić te akweny wodne w stan stabilny, czysto-wodny, zredukować ilość fitoplanktonu, uzyskać wzrost przezroczystości wody i odbudować makrofitę. Przeprowadzenie zabiegów manipulacji rybami dodatkowo wpłynie na poprawę jakości wody. Prace rekultywacyjne będą prowadzone z powierzchni wody, nie stanowiąc zagrożenia i niebezpieczeństwa dla otoczenia i są bezpieczne dla życia biologicznego. Możliwość wykonania proponowanych zabiegów rekultywacyjnych na 2 jeziorach polimiktycznych wniesie kolejne doświadczenia w rozwój metody inaktywacji fosforu w osadach dennych, a uzyskane efekty będą szeroko promowane.

Przedstawiona w projekcie metoda rekultywacji może być zastosowana na licznych akwenach, a co najważniejsze wszelkie działania prowadzone są w obszarze misji jeziornej. Rekultywacja metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych, wprowadzenie makrofitów, a także manipulacja rybami przy szerokiej promocji projektu pozwoli na zainteresowanie się użytkowników licznych zdegradowanych jezior i wykorzystanie właśnie tej metody ochrony wód jeziornych. Proponowana w naszym projekcie innowacyjna metoda rekultywacji jezior znajdzie z pewnością zastosowanie w rozwiązywaniu podobnych problemów na innych akwenach. Informacje o przeprowadzonych pracach oraz sprawozdania z uzyskanych wyników będą przetłumaczone na język angielski, co pozwoli na rozpowszechnienie tej metody rekultywacji wśród innych krajów – nie tylko europejskich, dlatego tak silny nacisk zostanie położony na upowszechnienie rezultatów realizacji projektu. Kadra naukowa wspomagająca nadzór nad pracami będzie korzystała z wyników realizacji projektu i przedstawiała je podczas konferencji naukowych także w innych krajach Wspólnoty Europejskiej. Podsumowanie badań i realizacji projektu będzie także rozpowszechnione wśród organizacji zajmujących się ochroną i zarządzaniem środowiskiem w Unii Europejskiej.

Projekt przyczyni się do rozwoju i prezentacji innowacyjnej metody rekultywacji jezior. Poprzez Urząd Miejski w Gnieźnie – organ administracji publicznej - metoda rekultywacji jezior zastosowana w programie zostanie rozpowszechniona. Projekt przedstawia bezpieczne rozwiązanie w zakresie ochrony środowiska, które może być stosowane przez liczne instytucje publiczne. Zastosowana technologia nie była wcześniej stosowana, oferuje ona więcej korzyści dla środowiska niż obecnie stosowane metody.

## 6. Ciekawostki

Metoda inaktywacji fosforu jest już stosowaną metodą na różnych akwenach, jednak metoda inaktywacji fosforu w osadach dennych i działania wspomagające rekultywację zasadniczą są działaniami i projektami innowacyjnymi.

W przypadku jezior Jelonek i Winiary koagulant będzie podany bezpośrednio do osadu. Najlepszym w tym celu rozwiązaniem będzie użycie urządzenia „Proteus”. Jest to jedyne znane urządzenie umożliwiające utrzymanie bardzo dużej precyzji kontroli stężenia i głębokości podawania koagulantu w zależności od zróżnicowania horyzontalnego i pionowego stężenia fosforu w osadach.

Do działań wspomagających rekultywację zasadniczą należy zaliczyć przeprowadzenie zabiegów manipulacji rybami oraz wykonanie nasadzeń makrofitów, co dodatkowo wpłynie na poprawę jakości wody.

Nie na wszystkich akwenach wodnych (szczególnie w miastach) można usunąć osady denne - jest to metoda wielokrotnie droższa od innych i stwarzająca trudności techniczne i organizacyjne. Biorąc pod uwagę przeciętną miąższość osadów w polodowcowych jeziorach od kilku do kilkunastu metrów, jest to metoda często nierealna.

Metoda rekultywacji jezior poprzez inaktywację fosforu w osadach dennych jest możliwa do wykorzystania na licznych zeutrofizowanych jeziorach. Jest zabiegiem bezpiecznym dla życia biologicznego jeziora. Badania wstępne wykazały możliwość naprawy sytuacji w jeziorach i przeprowadzenie ekosystemu w stabilny stan czystowodny z dominacją makrofitów.

Przeprowadzenie rekultywacji metodą inaktywacji fosforu w osadach dennych, wprowadzenie makrofitów, a także manipulacja rybami na jeziorach Jelonek i Winiary przy szerokiej promocji projektu pozwoli na zainteresowanie się użytkowników licznych zdegradowanych jezior i wykorzystanie właśnie tej metody ochrony wód jeziornych. Biorąc pod uwagę Ramową Dyrektywę Wodną i obowiązek osiągnięcia dobrego stanu ekologicznego wód do 2015r należy twierdzić, że prace rekultywacyjne jezior będą musiały być realizowane na terenie większości jezior Polski. Proponowana w naszym projekcie innowacyjna metoda rekultywacji jezior znajdzie z pewnością zastosowanie w rozwiązywaniu podobnych problemów w innych miastach w Polsce i zagranicą. Dlatego właśnie tak silny nacisk zostanie położony na upowszechnienie rezultatów realizacji projektu wśród zainteresowanych stron (szerzej w części poświęconej promocji projektu).

Przy zastosowaniu omówionej metody rekultywacji jezior ważnym aspektem jest oszczędność energii i surowców. Proteus wyposażony jest w energooszczędne silniki, porusza się z niewielką prędkością, również zastosowane sprężarki i agregaty są energooszczędne. Silniki i urządzenia są optymalnie dobrane w celu zminimalizowania zużycia paliwa. Koagulant podawany jest bezpośrednio do osadów dennych w ściśle określonych (na podstawie badań wstępnych) precyzyjnych dawkach - wobec czego nie następuje przedawkowanie materiału. Makrofity będą pozyskiwane z miejsc nadmiernego ich występowania i umieszczane w rekultywowanym akwencie.