



KONFERENCJA NAUKOWA

Metody rewitalizacji wód



SZCZECINEK  
26-27 X 2017



# Zrównoważona rekultywacja - czyli ekologiczne podejście do rekultywacji jezior

prof. dr hab. Ryszard Gołdyn  
*Zakład Ochrony Wód, Wydział Biologii  
Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu*

**RevitaLife 2018**

# Jeziorko zdegradowane – w złym stanie ekologicznym



Niewielka  
przezroczystość  
wody

Wysokie stężenia  
chlorofilu-a

Zakwity  
fitoplanktonu  
(sinice)

Wysokie stężenia  
związków  
biogennych

Deficyty tlenowe

Brak roślinności  
zanurzonej



# Jezioro w dobrym stanie ekologicznym



Duża  
przezroczystość  
wody

Niskie stężenia  
chlorofilu-a

Obecność  
roślinności  
podwodnej

Niskie stężenia  
związków  
biogennych



# Źródła punktowe

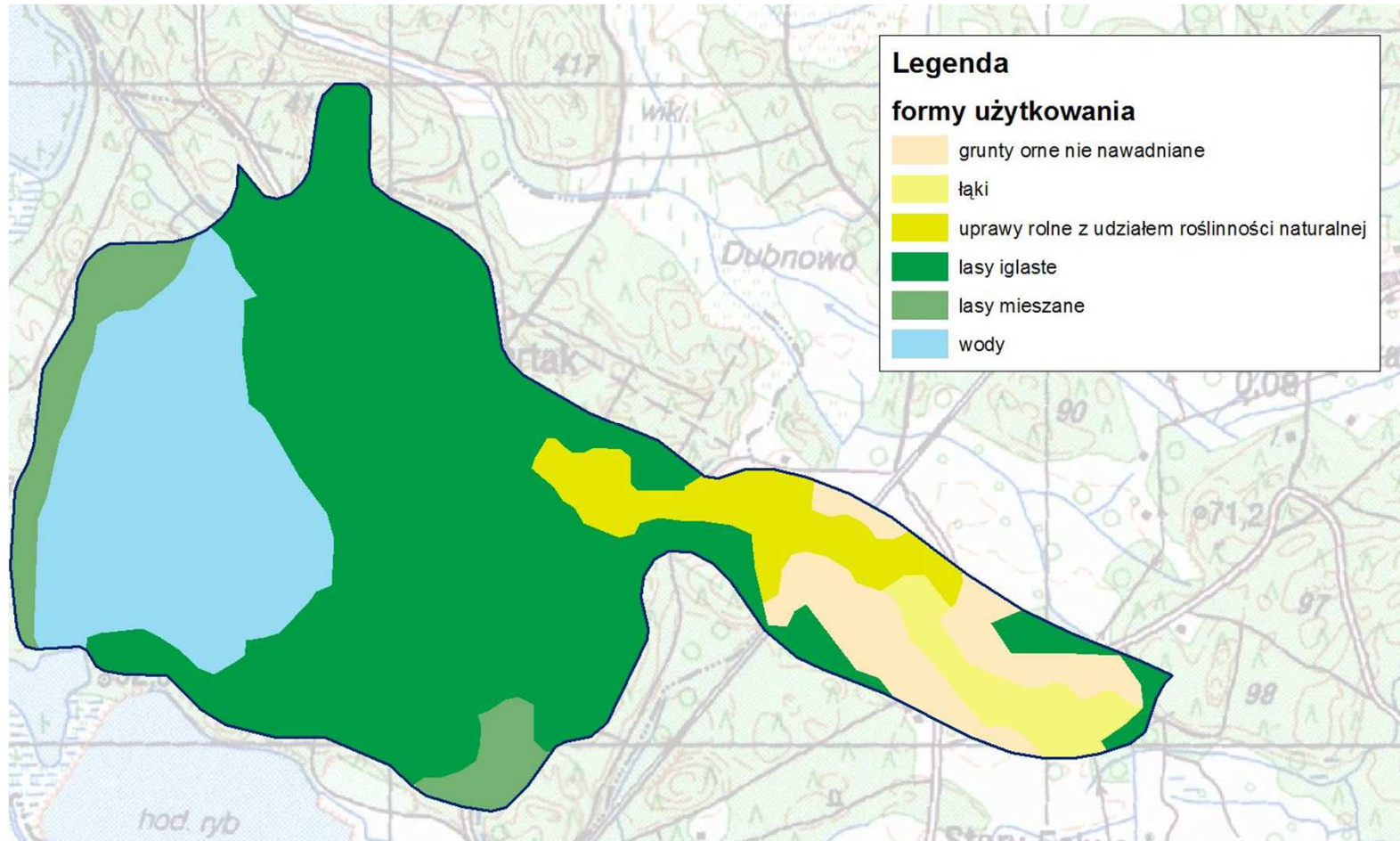
ścieki bytowe, komunalne, przemysłowe...



# Ścieki deszczowe



# ZLEWNIA JEZIORA – zanieczyszczenia obszarowe



# Metody rekultywacji jezior

1. Metody techniczne (inżynieryjne)
2. Metody biologiczne (ekologiczne)

Ad. 1).

- Usuwanie osadów dennych
- Usuwanie wód naddennych
- Napowietrzanie wód naddennych
- Przepłukiwanie jezior
- Inaktywacja fosforu w toni wodnej
- Inaktywacja fosforu w osadach
- Izolowanie (przykrywanie) osadów

Ad. 2).

- Biomanipulacja
- Koszenie roślinności
- Słoma jęczmienna
- Nasadzenia roślinności
- Pływające wyspy roślinne
- Efektywne mikroorganizmy

Stosowane indywidualnie zwykle nie przynoszą efektów, ze względu na sprzężenia zwrotne pojawiające się w ekosystemie

# Zintegrowane metody rekultywacji

Jednoczesne zastosowanie kilku metod rekultywacji stymuluje pozytywne zmiany zachodzące w ekosystemie jeziornym, powodując szybszą poprawę jakości wody.

## **Przykład:**

Zastosowanie związków glinu lub żelaza do inaktywacji fosforu spowoduje wytrącenie sinic planktonowych, lecz w ich miejsce zaczną rozwijać się zielenice i kryptofity (typowe sprzężenie zwrotne). Jeśli jednak równocześnie wprowadzimy obsadę ryb drapieżnych (biomanipulacja), zwiększy się liczebność zooplanktonu wioślarkowego, kontrolującego namnażanie się zielenic i kryptofitów.

**Takie zastosowanie dodatkowej metody rekultywacji zwiększa jednak i tak już wysokie koszty rekultywacji.**

# Rekultywacja zrównoważona

Polega ona na równoczesnym zastosowaniu dwóch lub więcej metod prośrodowiskowych, nastawionych na stymulowanie naturalnych procesów zachodzących w ekosytemie, nie powodujących gwałtownych, radykalnych zmian lecz stopniową przebudowę ekosystemu w zaplanowanym kierunku.

- Metodami prośrodowiskowymi są wszystkie metody biologiczne.
- Z metod technicznych wymienić można:
  - umiarkowane natlenianie wód naddennych
  - inaktywacja fosforu w toni wodnej za pomocą małych dawek związków chemicznych nieobcych dla danego ekosystemu
  - zmniejszenie zasilania wewnętrznego w fosfor z osadów dennych przez dostarczenie azotanów do wód naddennych

## Umiarkowane natlenianie wód naddennych



Aerator pulweryzacyjny, wykorzystujący siłę wiatru do natleniania wody naddennej. Utrzymuje stężenie tlenu w warstwie naddennej w lecie w zakresie 0-1 mgO<sub>2</sub>/l

Przewaga umiarkowanego natleniania nad intensywnym polega na:

- ograniczonej mineralizacji materii organicznej w osadach dennych
- utrzymywaniu dodatniego potencjału redox na granicy faz osad-woda, co umożliwia retencjonowanie fosforu
- umożliwieniu zachodzenia procesu nityfikacji i denityfikacji, co umożliwia usuwanie azotu do atmosfery
- umożliwieniu zachodzenia procesu anammox, w wyniku którego azot amonowy utleniany jest do N<sub>2</sub>

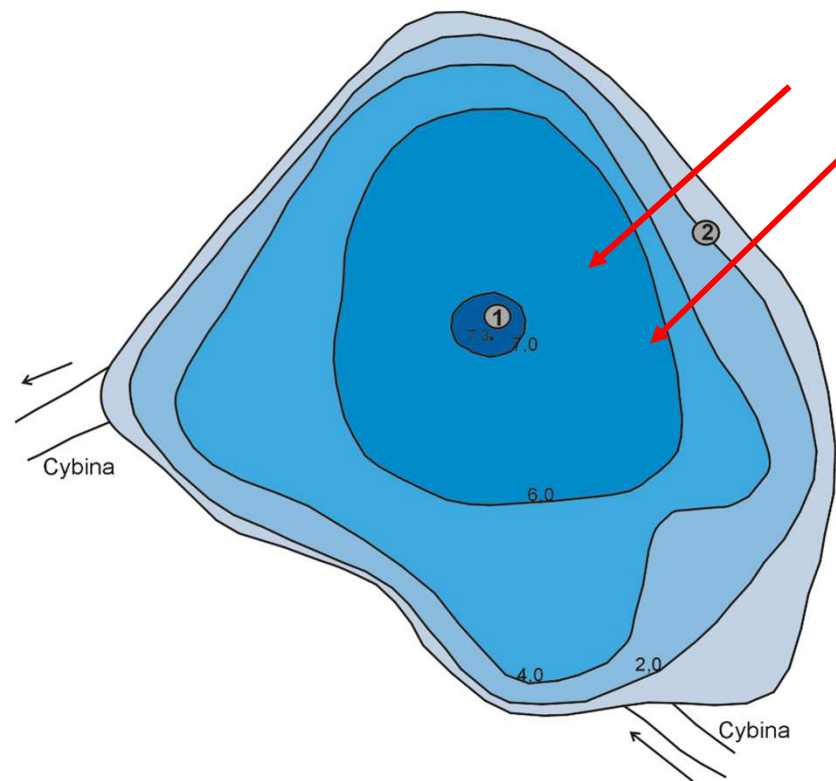
## Inaktywacja fosforu w toni wodnej za pomocą małych dawek związków chemicznych nieobcych dla danego ekosystemu



- Zamiast 1-2 t/ha koagulantów żelazowych lub glinowych używa się 5-10 kg/ha związków obecnych w toni wodnej lecz w zbyt małych ilościach, np:
- chlorku lub siarczanu żelaza
  - chlorku magnezu

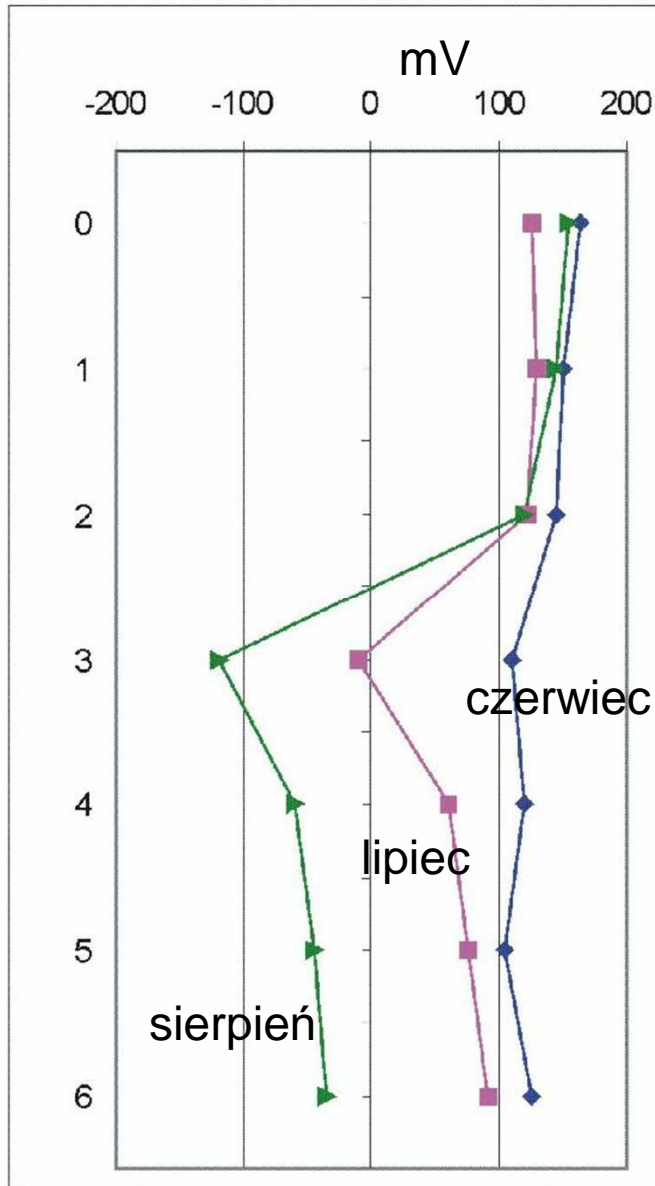
Powoduje to adsorbcję i wytrącenie fosforu obecnego w toni wodnej, a nie koagulację zawiesin.

## Zmniejszenie zasilania wewnętrznego w fosfor z osadów dennych przez dostarczenie azotanów do wód naddennych



→ Rury, transportujące wodę w strefę naddenną głęboczka

# Zmniejszenie zasilania wewnętrznego w fosfor z osadów dennych przez dostarczenie azotanów do wód naddennych c.d.



Zawartość azotu azotanowego w wodzie dopływów: 35-40 mg N/l

- umożliwia utrzymanie potencjału redox w strefie naddennej: od -50 do +200 mV
- ograniczenie wydzielania fosforu z dna, w wyniku retencjonowania go na utlenionych związkach żelaza

# Biomanipulacja

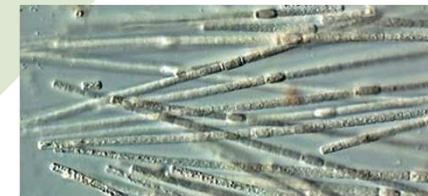
Oddziaływanie na  
piramidę troficzną

Zwiększenie  
liczebności  
ryb  
drapieżnych

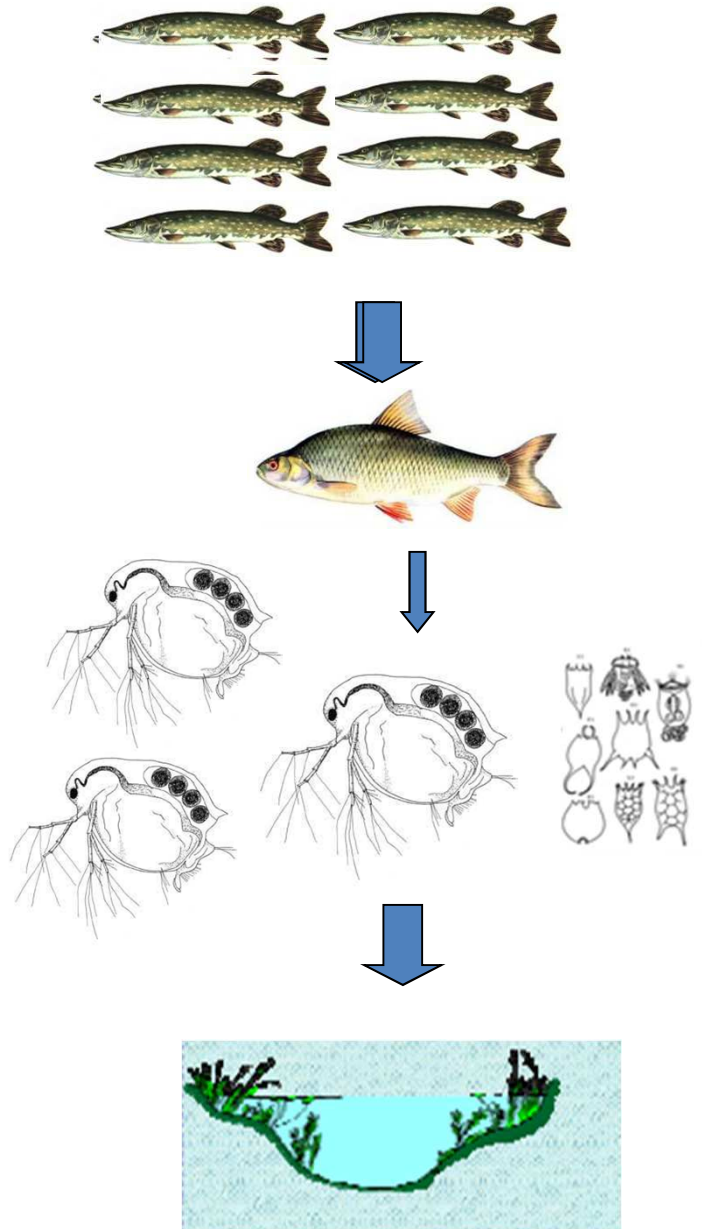
Zmniejszenie  
liczebności  
ryb  
planktono-  
żernych

Zwiększenie  
liczebności  
dużego  
zooplankto-  
nu skorupia-  
kowego

Zmniejsze-  
nie ilości  
fitoplankto-  
nu – w tym  
sinic

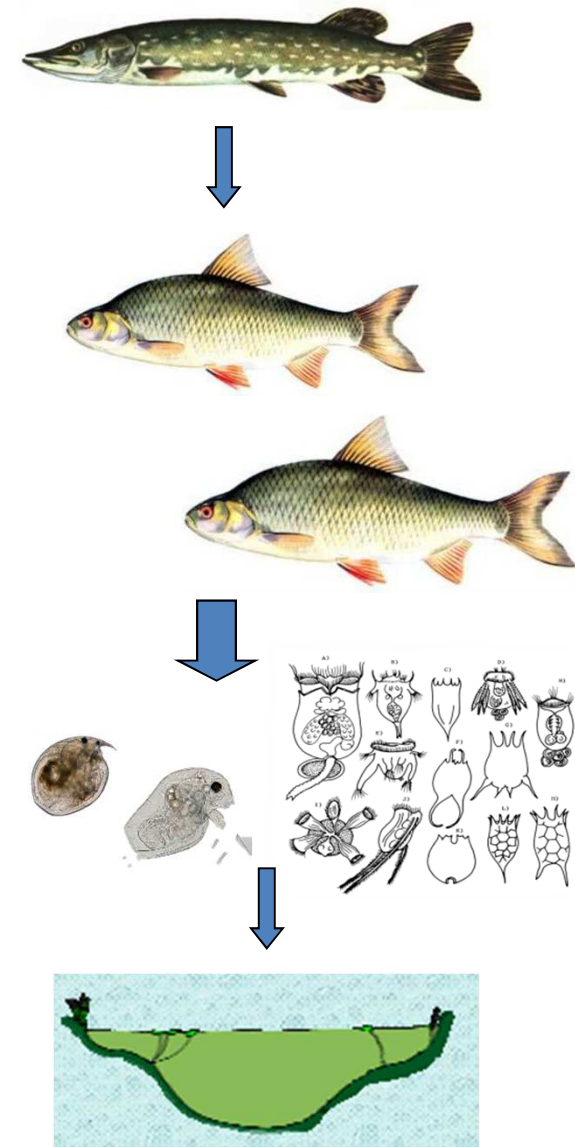


## Biomanipulacja



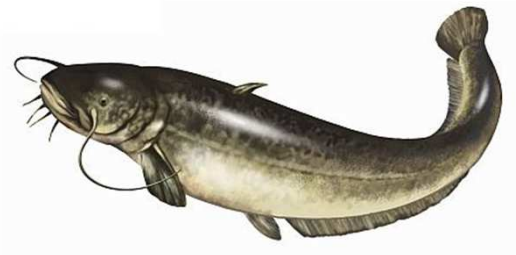
łańcuch pokarmowy w ekosystemie wodnym

## Bez biomanipulacji



Bio-manipulacja

# Zarybianie



narybkiem  
gatunków  
drapieżnych



# JEZIORO DUROWSKIE

Przykład zrównoważonej  
rekultywacji prowadzonej  
w latach 2009-2018



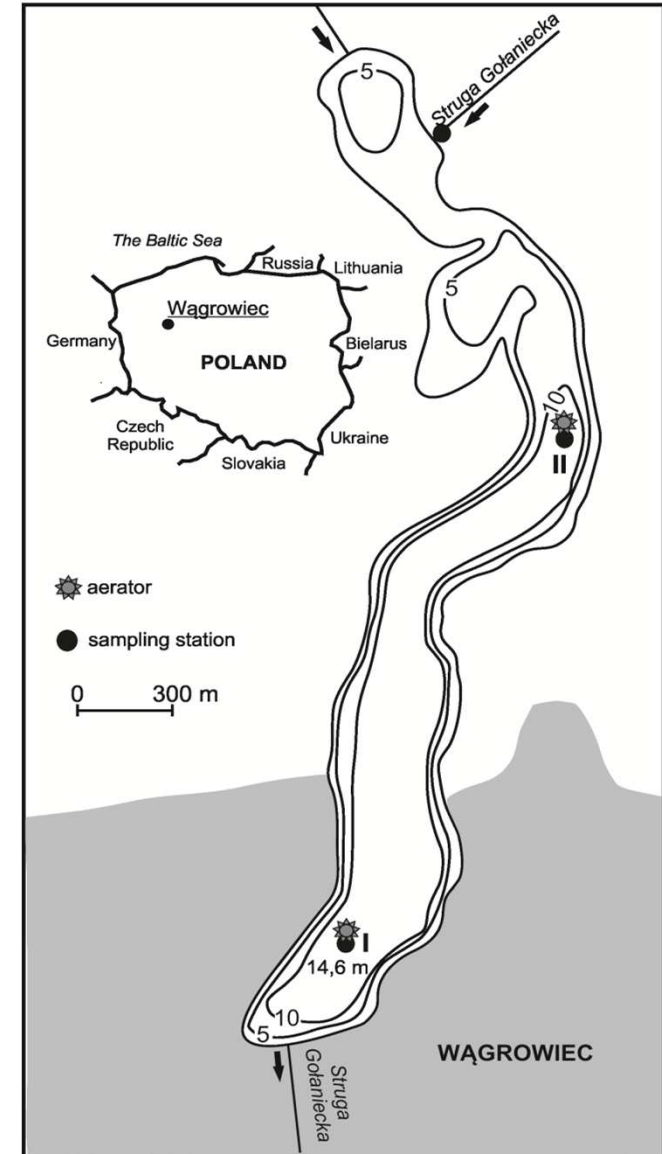
Natlenianie



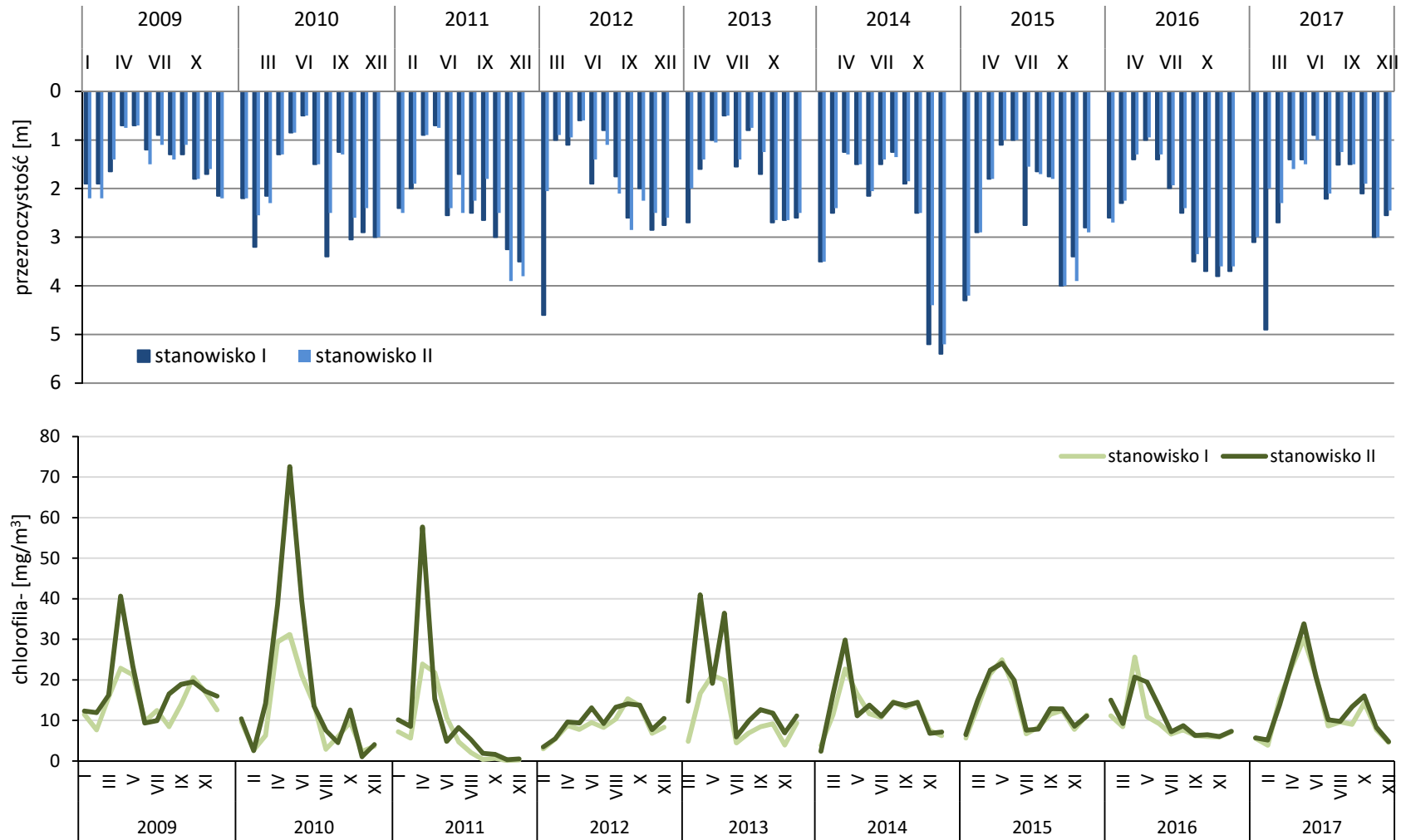
Inaktywacja P



Biomanipulacja

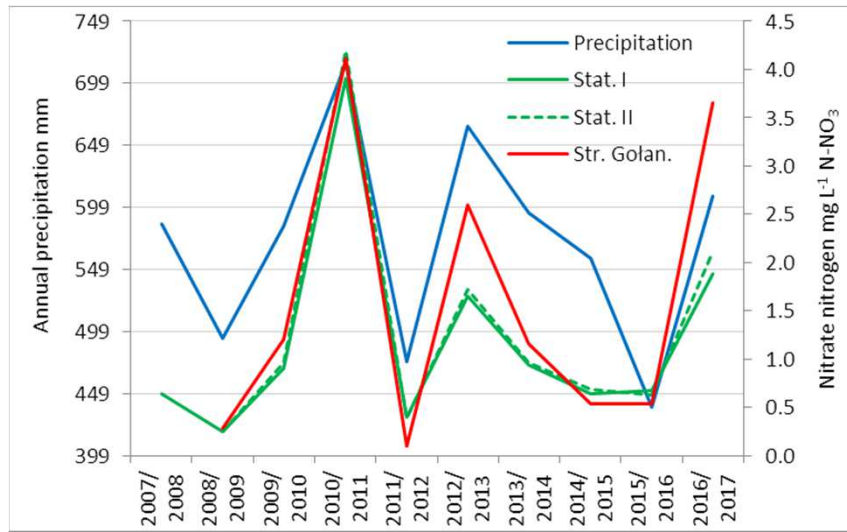


# JEZIORO DUROWSKIE



(Kowalczewska-Madura i in. 2018)

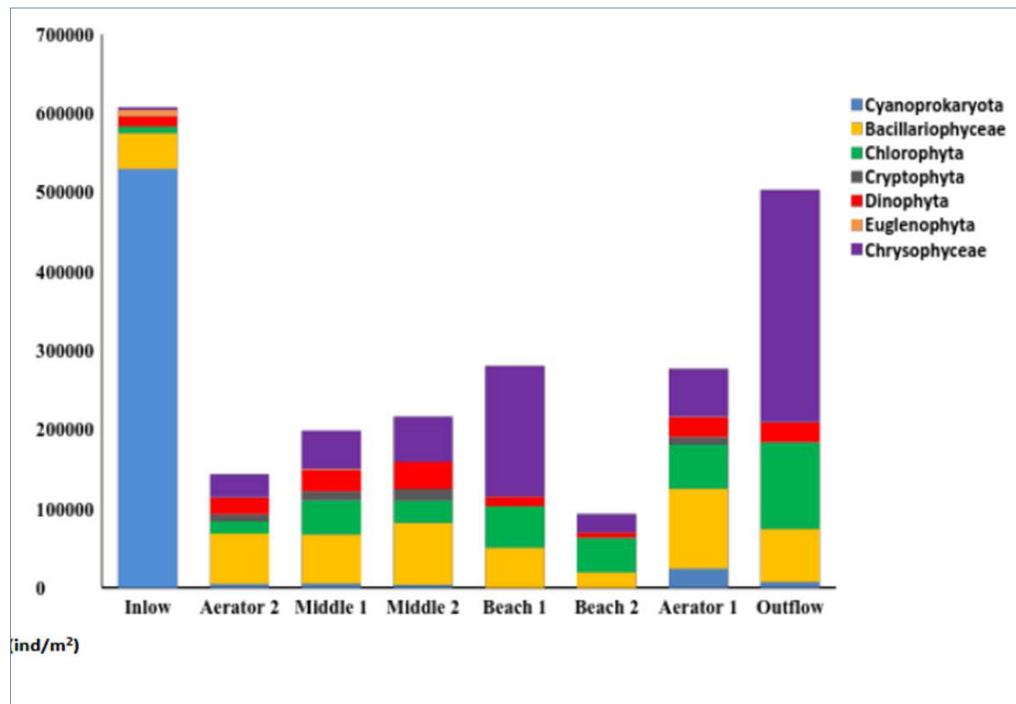
# JEZIORO DUROWSKIE



Zależność stężeń azotanów od natężenia opadów

( $r=0.805$ ,  $p<0.01$ )

(Dondajewska i in. w druku)

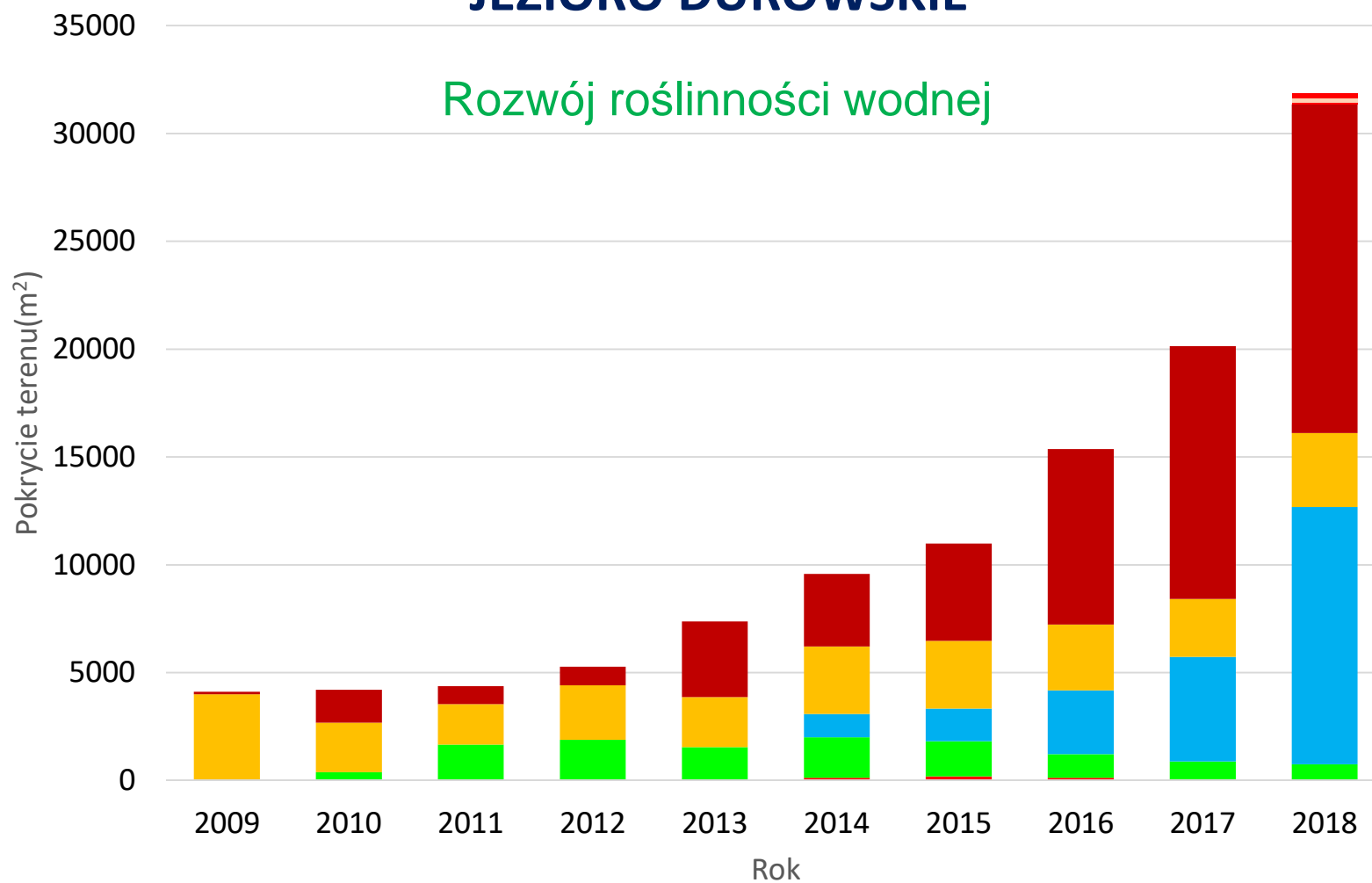


Przebudowa składu ilościowego fitoplanktonu w trakcie przepływu wody przez jezioro z sinicowego w dopływie na okrzemkowo-zielenicowo-złotowiciowcowy

(Messyasz i in. 2016)

# JEZIORO DUROWSKIE

## Rozwój roślinności wodnej



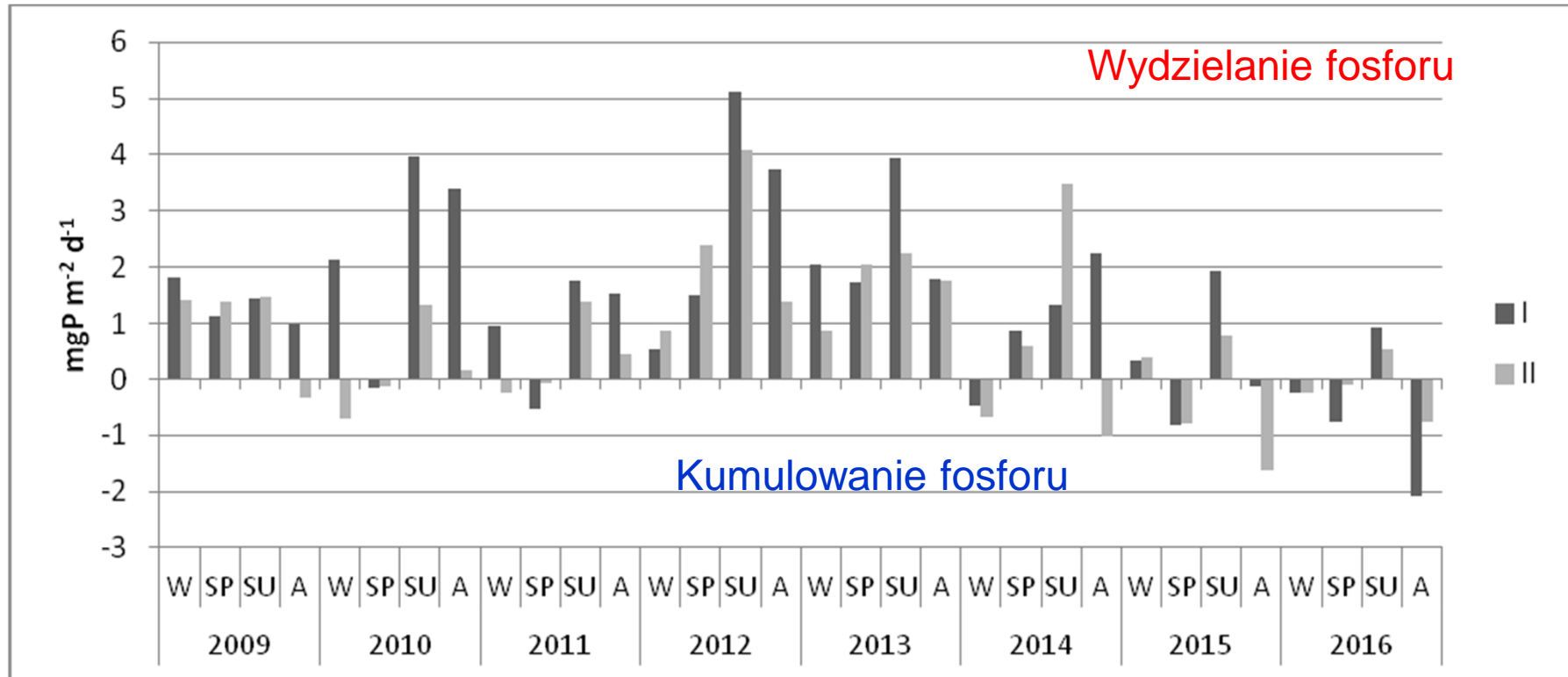
- Potametum lucentis
- Potametum perfoliati
- Nupharo-Nymphaeetum
- Charetum contrariae
- Nitellopsidetum obtusae

- Charetum tomentosae
- Fontinaletum antipyreticae
- Myriophylletum spicati
- Najadetum marinae

(Wen i in. 2018)

# JEZIORO DUROWSKIE

## Zasilanie wewnętrzne z osadów dennych



(Kowalczewska-Madura i in. 2018)

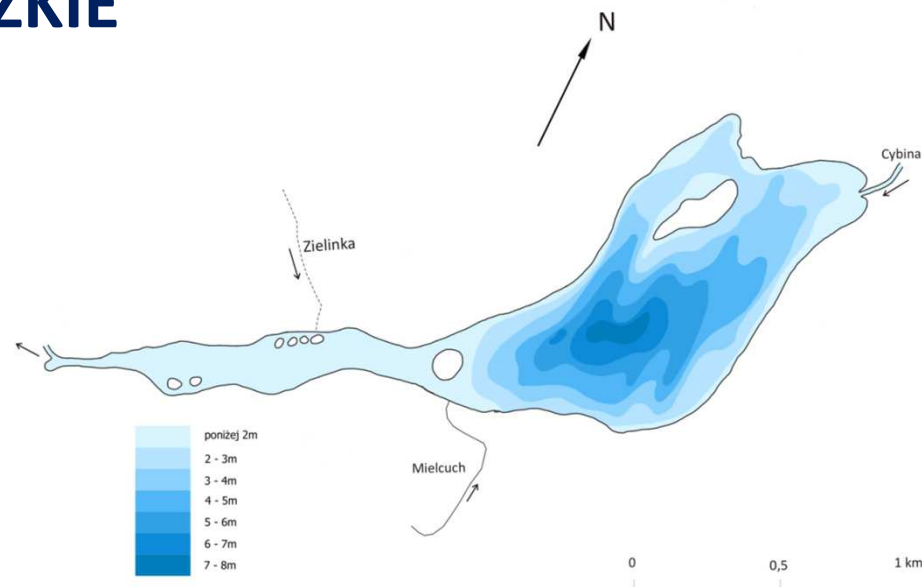
# JEZIORO SWARZĘDZKIE

Zrównoważona rekultywacja

2012-2014

Ograniczona rekultywacja

2015-2016



**Natlenianie**



**Inaktywacja P**

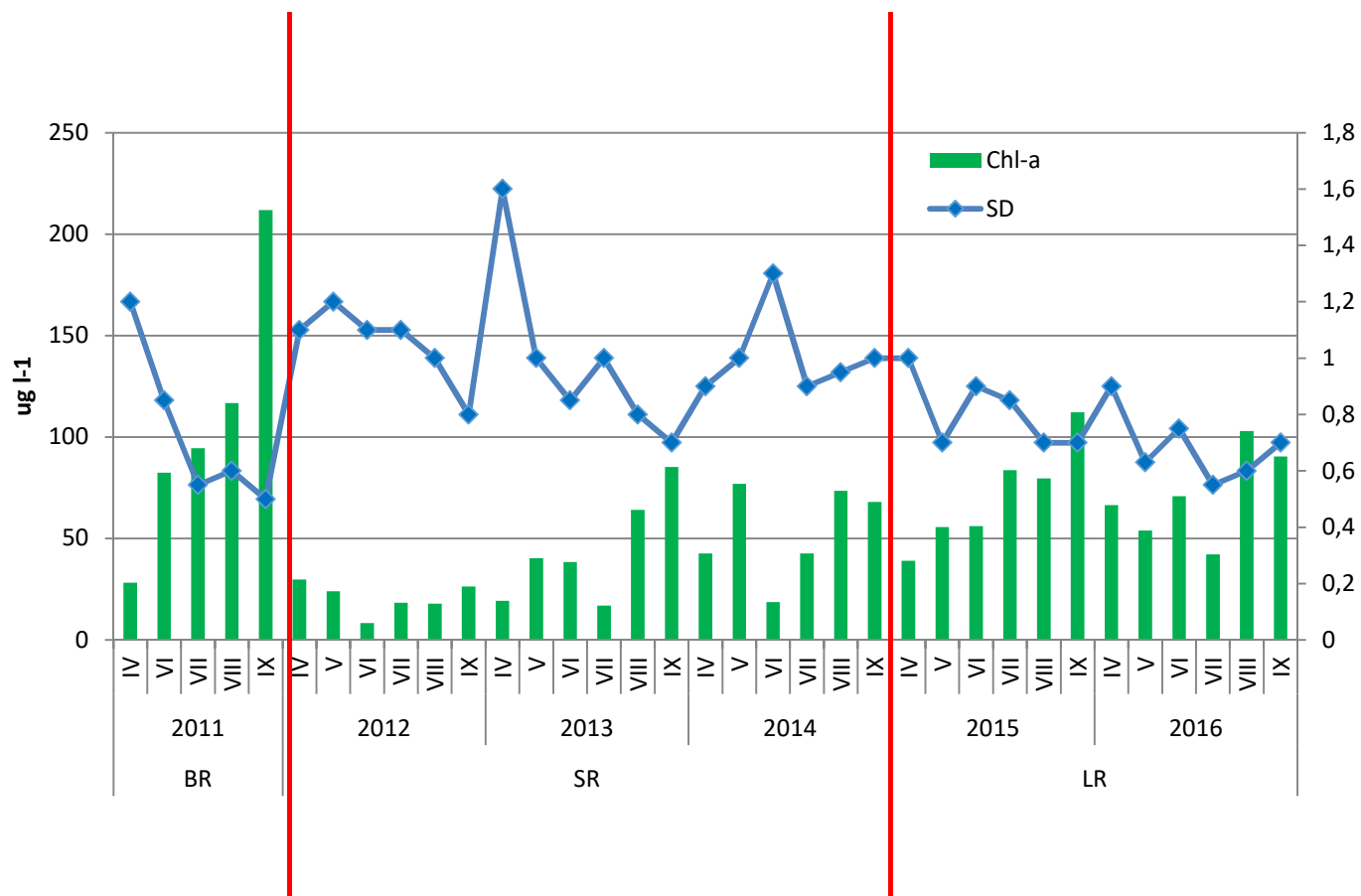


**Bio-manipulacja**



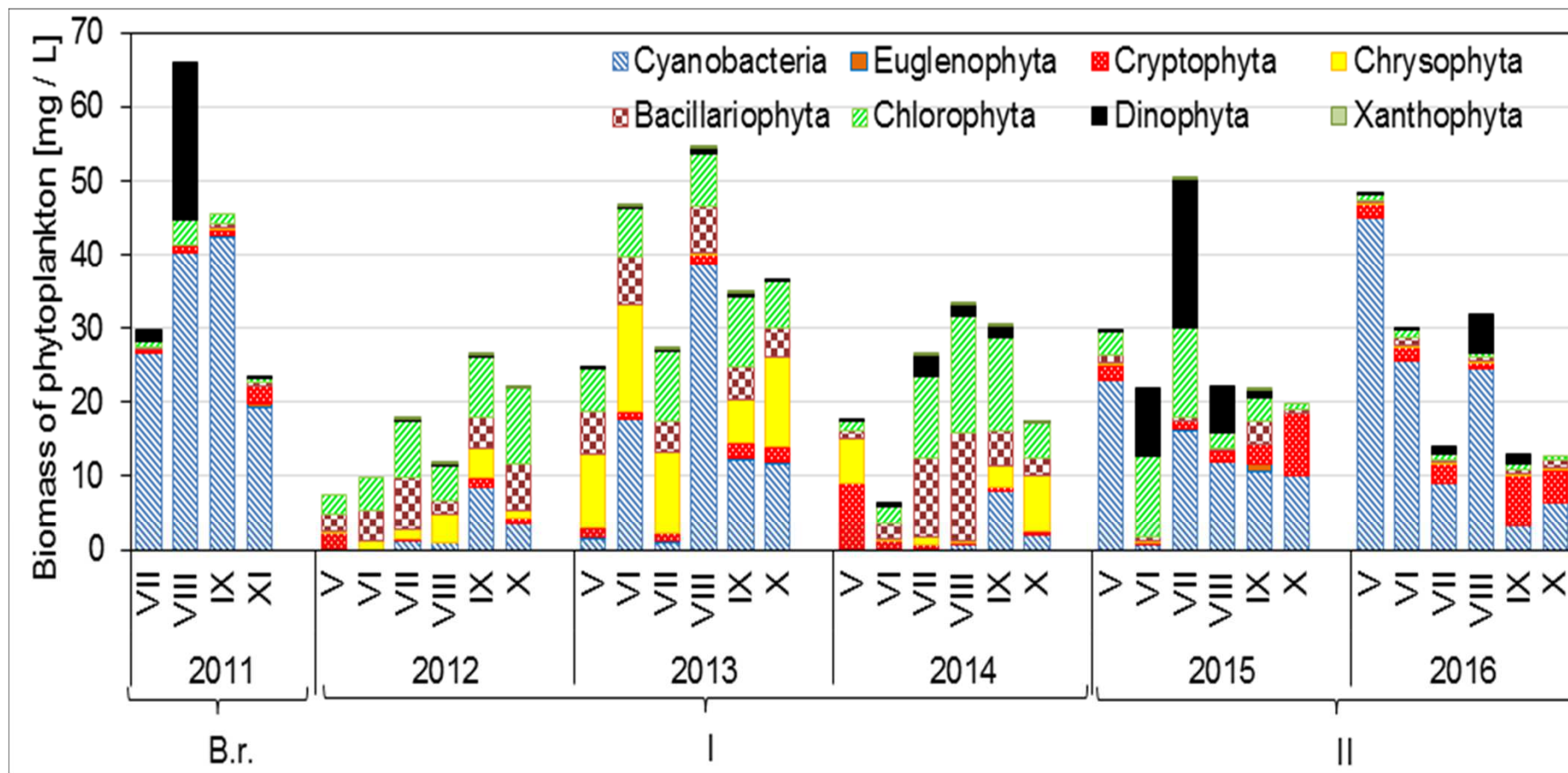
# JEZIORO SWARZĘDZKIE

## Chlorofil-a i widzialność



# JEZIORO SWARZĘDZKIE

## Biomasa fitoplanktonu

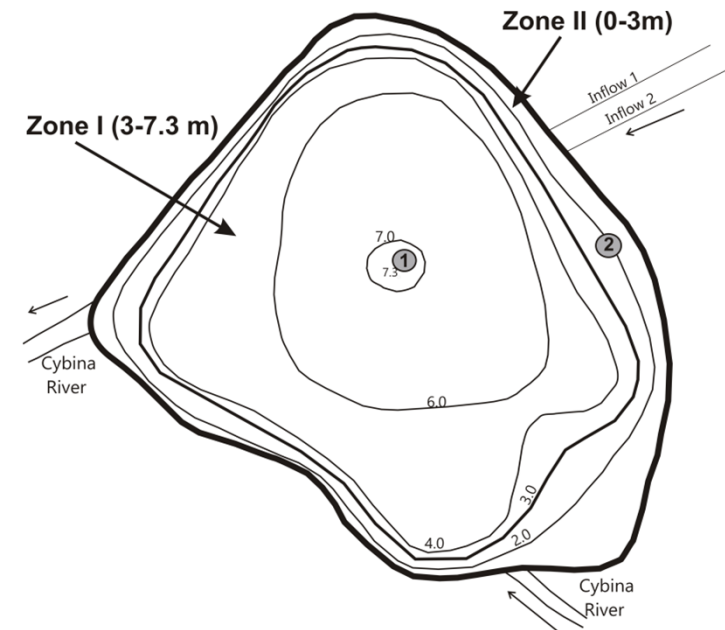


B.r. – przed rekultywacją, I – pierwszy etap z trzema metodami rekultywacji, II – drugi etap z rekultywacją ograniczoną do natleniania wód naddennych

(Dondajewska i in. w druku)

# JEZIORO UZARZEWSKIE 2005-2017

Rekultywacja  
od 2006 roku



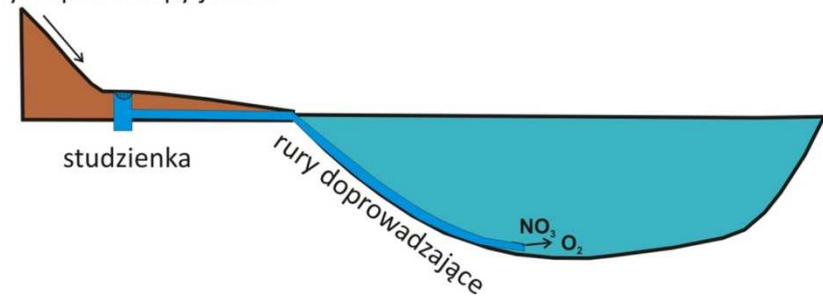
Inaktywacja P (PIX)

Wzrost potencjału redox osadów dennych

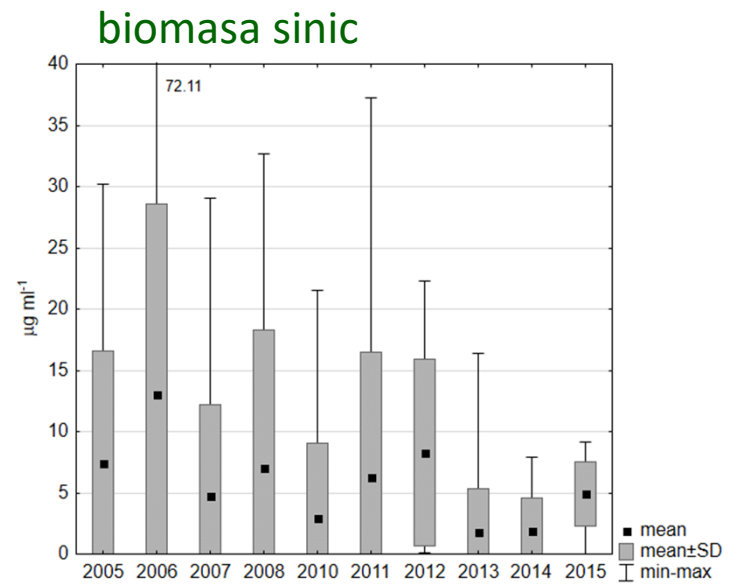
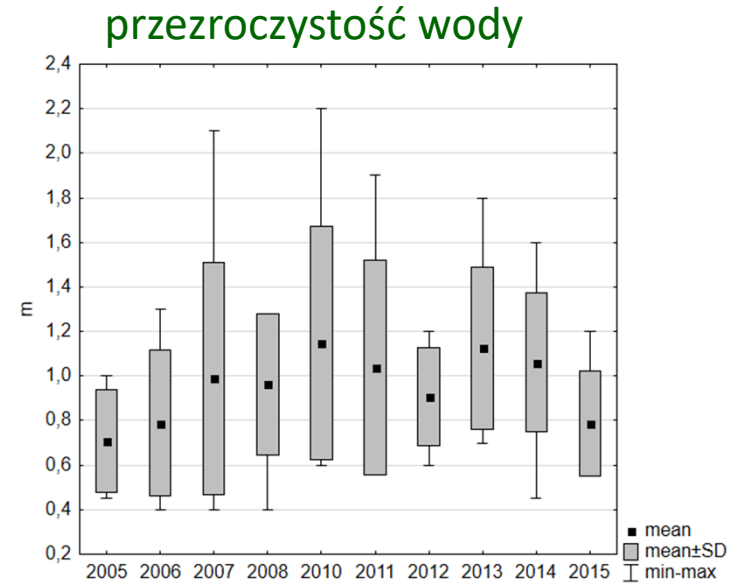
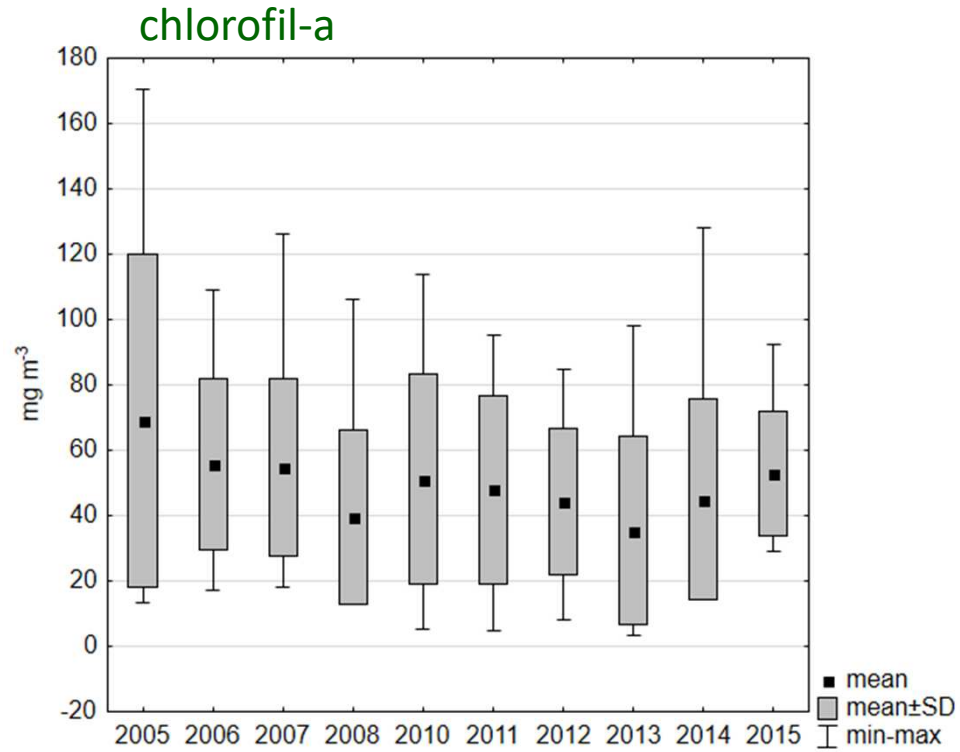
Inaktywacja P ( $MgCl_2$ )



dopływ spod skarpy jeziora



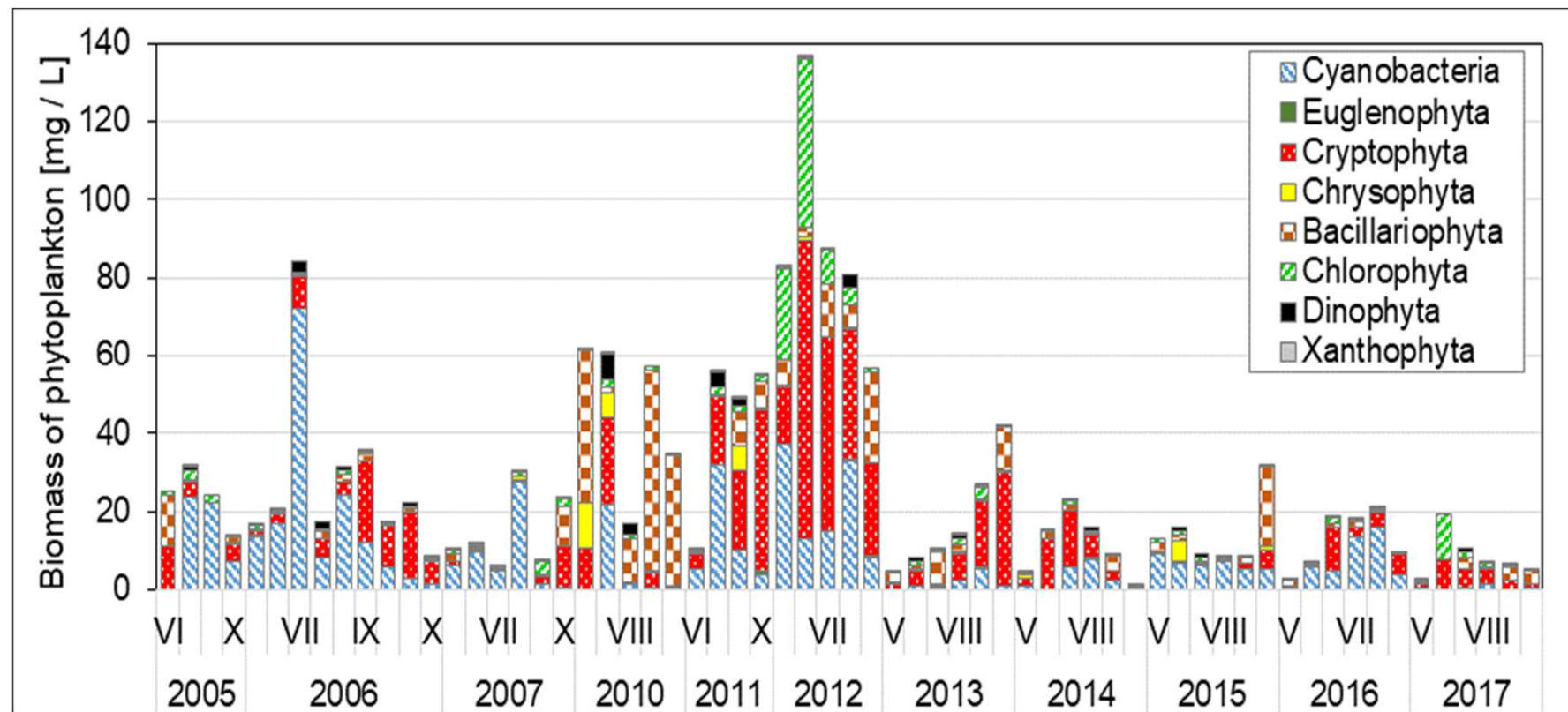
# JEZIORO UZARZEWSKIE



(Dondajewska i in. 2018)

# JEZIORO UZARZEWSKIE

## Biomasa fitoplanktonu



(Dondajewska i in. w druku)



## ZRÓWNOWAŻONA REKULTYWACJA

Metoda nowatorska,  
proekologiczna

Brak skutków  
ubocznych dla  
środowiska

Poprawa jakości wody  
w dłuższym okresie niż  
w przypadku metod  
„agresywnych”

Łączne koszty są  
stosunkowo niewielkie

A scenic view of a lake with reeds, lily pads, and two ducks under a blue sky. The lake is surrounded by a dense forest of tall pine trees. The water is dark blue with many green lily pads floating on the surface. Two ducks are swimming in the water. The sky is a clear, bright blue with a few wispy clouds. The overall scene is peaceful and natural.

Dziękuję za uwagę