



JEDNOSTKA
SAMORZĄDU
WOJEWÓDZTWA
POMORSKIEGO



Antropogeniczne zagrożenia jezior



Miller Marcin - PZPK Oddział Park Krajobrazowy „Dolina Słupi”



Co to jest jezioro?



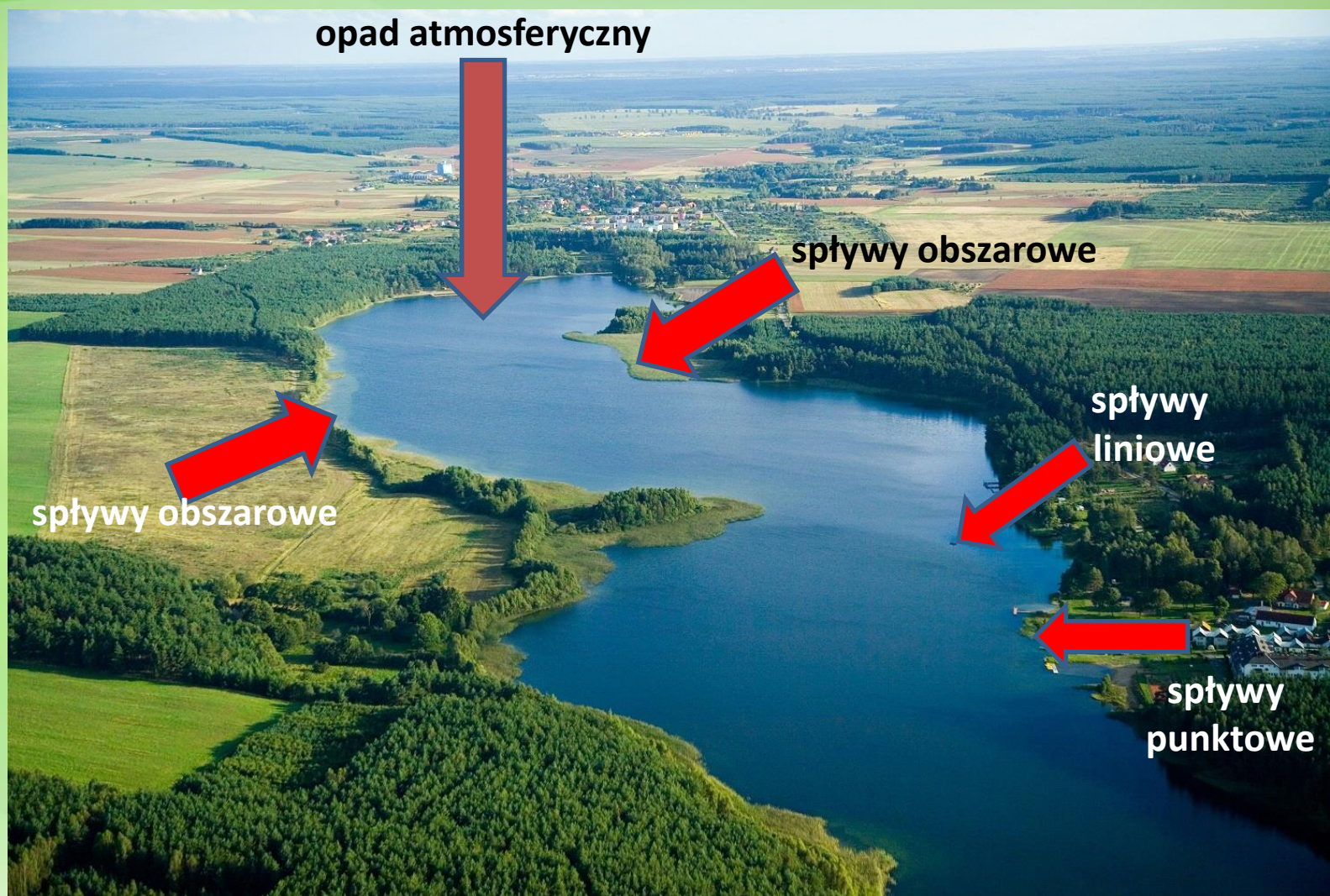
Jezioro - naturalny śródlądowy zbiornik wodny, którego występowanie uwarunkowane jest istnieniem zagłębienia (misy jeziornej), w którym mogą gromadzić się wody powierzchniowe, oraz zasilaniem przewyższającym straty wody wskutek parowania lub odpływu.

Limnologia (gr. *limno* - staw, jezioro słodkowodne oraz *logos* - nauka) – nauka (z zakresu hydrologii oraz hydrobiologii), zajmująca się badaniem wód zbiorników śródlądowych: warunków fizycznych, chemicznych, biologicznych i ekologicznych; sedymentacją osadów, falowaniem, prądami, ustrojem lodowym oraz termicznym.

Jeziora są młodym elementem krajobrazu, tylko nieliczne głębokie jeziora sięgają swym wiekiem trzeciorzędu (Bajkał - 20-30 mln lat). W klimacie suchym wysychają, a w klimacie wilgotnym ulegają zasypywaniu i zarastaniu roślinnością wodną przekształcając się w bagna.



Przyczyny zmian jezior





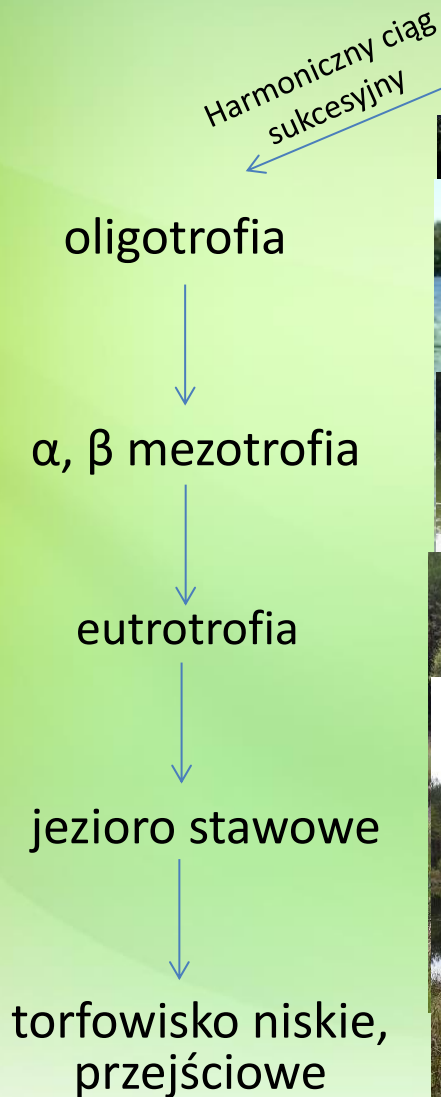
Źródła spływów biogenów



- Obszarowe (przestrzenne) - składniki gleby ze związkami biogennymi wmywane są przez wody deszczowe. Dostają się one do zbiorników przez wody wgłębne, spływ powierzchniowy, rowami melioracyjnymi. To źródła bardzo trudne do oszacowania - wyznacza się jednostkowe współczynniki spływu, przeprowadza badania lizymetryczne, drenarskie.
- Punktowe - ujścia kolektorów ściekowych, burzowych itp. Większość można łatwo oszacować i zlikwidować.
- Rozproszone – spływy z terenów nieskanalizowanych. Zaliczyć do nich można: ścieki nie ujęte w system kanalizacji, rozdeszczowywanie ścieków na polach, nieszczelne szamba - trudne do oszacowania i likwidacji.
- Liniowe - spłukiwane są z dróg. By je obliczyć stosuje się odpowiednie współczynniki spływu azotu i fosforu



Rozwój – sukcesja jezior



oligotrofia

nieharmoniczny (dysharmoniczny)
ciąg sukcesyjny

dystrofia





Fot. L. Duchnowicz

Łan kwitnącej lobelii w jeziorze Pomysko

Jeziora lobeliowe swoją nazwę wzięły od lobelii jeziornej - reliktovej rośliny wodnej. Zachowała się ona w niewiele zmienionych od czasu swojego powstania zbiornikach. Towarzyszą jej inne reliktovej rośliny wskaźnikowe. Jeziora te są przeważnie miękowodne i kwaśne, przez to oligotroficzne (skąpożyźne). Ich woda jest zwykle bardzo czysta, dno w strefie litoralu twarde, piaszczyste. Przeważnie są to zbiorniki małe, otoczone lasami. W Polsce - ponad 7000 jezior, lobeliowych - nieco ponad 150.

Są to zbiorniki bardzo cenne, wiele z nich podlega ochronie poprzez ustanowienie rezerwatów przyrody czy specjalnych obszarów ochrony siedlisk sieci Natura 2000.



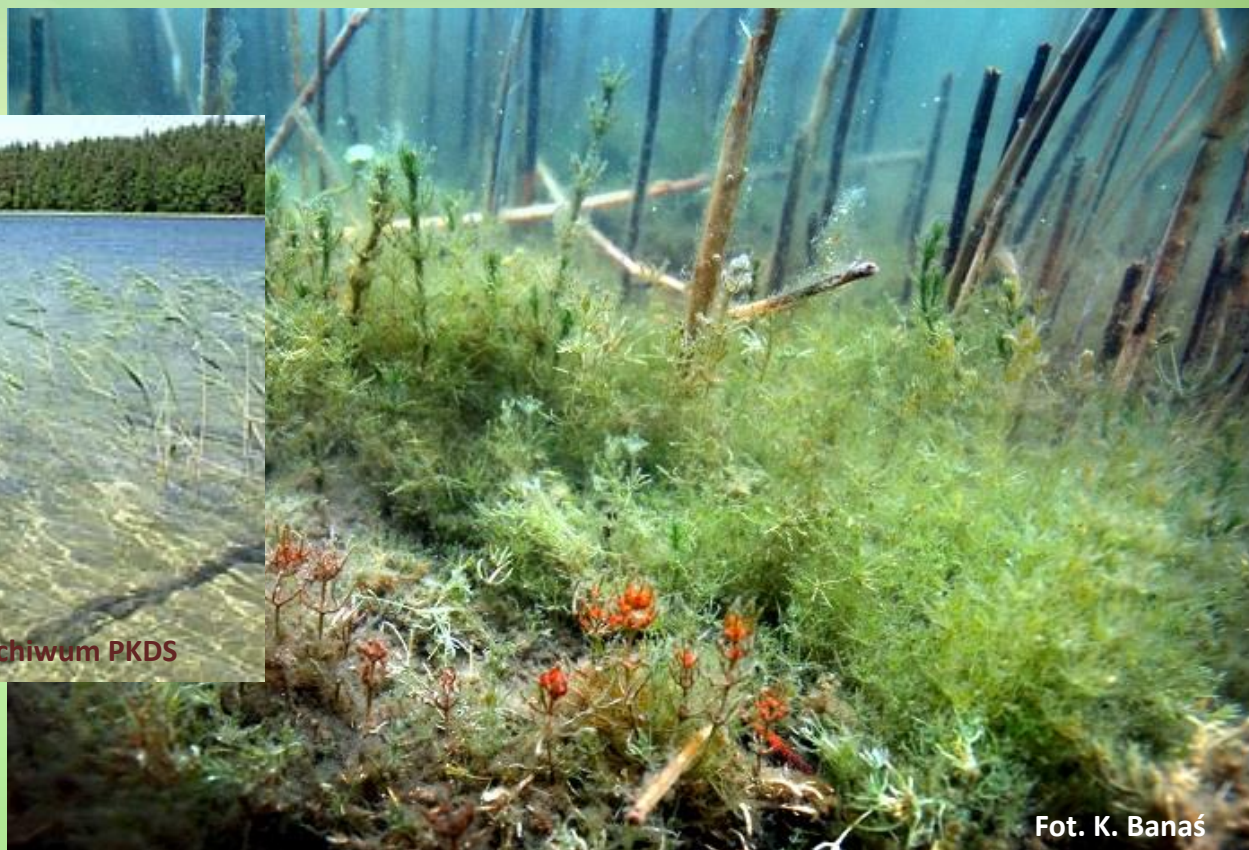
Fot. K. Banaś

lobeliowe jez. Gacno Wielkie

Główne zagrożenia: odlesianie zlewni, lokalizowanie w niej zabudowy zwłaszcza letniskowej, nawożenie pól uprawnych, wpuszczanie wód z meliorowanych lasów bagiennych i torfowisk, gospodarka rybacka i kąpiący się ludzie i nurkowie.



Fot. Archiwum PKDS



Fot. K. Banaś

Oligo-mezotroficzne jeziora z podwodnymi łąkami ramienic – *Charatea*. Ramienice występują licznie w oligo i mezotroficznych jeziorach. Przy dużej przezroczystości wód mogą porastać dno, tworząc tzw. łąki podwodne, na znacznej głębokości. Tworzą zwarte, jedno lub kilkogatunkowe zbiorowiska. W wodach eutroficznych ramienice eliminowane są z większych głębokości przez niedobór światła. Jeziora ramienicowe charakteryzują się dużą przezroczystością, dobrym natlenieniem i zazwyczaj szmaragdowo-zielonym kolorem wody. Woda jest zmineralizowana, z reguły niezanieczyszczona i o małej zawartości azotanów i fosforanów.



Fot. E. Ahmad

**Zakwity
wody i
masowy
rozwój
makrofitów
wskazują
na wysoką
żyźność
zbiornika**



Fot. E. Ahmad



Fot. K. Banaś

**Podwodne kożuchy nitkowatych glonów –
objaw przeżyźnienia jeziora**



Jeziora dystroficzne



Fot. K. Banaś



Fot. Archiwum PKDS

Jeziora dystroficzne zwane są także polihumusowymi, humotroficznymi lub sucharami. Dostające się do misy jeziornej kwasy huminowe i fulwowe, tworzą z biogenami trwale kompleksy – stąd mała żyzność tych jezior. Są to najczęściej zbiorniki śródleśne otoczone bagnami. Woda ich charakteryzuje się dużą zawartością humusu, torfu lub butwiny, które nadają jej kwaśny odczyn i brunatno-żółte zabarwienie. Pas roślinności brzegowej składa się zazwyczaj z mchów torfowców, tworzących pływające kożuchy zwane płem torfowym.



Eutrofizacja – proces wzbogacania zbiorników wodnych w substancje pokarmowe (nutrienty, biogeny), głównie w związki azotu i fosforu. Eutrofizacja jest procesem zachodzącym naturalnie lub antropogenicznie. Użyźnienie **naturalne** zachodzi przez spływ ze zlewni związków mineralnych i materii organicznej, rozkładanej następnie przez mikroorganizmy w zbiorniku. Jest to proces bardzo powolny, przejście zbiornika ze stanu oligotrofii (niskiej żyzności) do eutrofii (wysokiej żyzności), trwa setki lub nawet tysiące lat.

Eutrofizacja **antropogeniczna** zachodzi głównie przez spływ ścieków i nawozów mineralnych. Większość biogenów dostaje się do wody wraz ze ściekami organicznymi. Proces ten zachodzi bardzo szybko, niewielki zbiornik może się zeutrofizować nawet w ciągu kilku do kilkunastu lat. W szczególnie drastycznych przypadkach, np. przy zrzucaniu do jezior surowych **ścieków komunalnych** czy gnojówki, dochodzi do osiągnięcia przez zbiornik stanów niespotykanych w naturze: **politrofii** i **hypertrofii**. Następuje wtedy niemal całkowity zanik organizmów wyższych poza cienką, kilkudziesięciocentymetrową warstwą wody stykającą się z atmosferą.

Specyficznie przebiega proces eutrofizacji w wodach torfowiskowych. Otaczające je torfowisko wychwytuje i wiąże związki mineralne. W razie jego degradacji, zwykle przez przesuszenie, następuje szczególnie szybka eutrofizacja: do wody dostają się zarówno biogeny ze zlewni, jak i te uwolnione z torfowiska.



Eutrofizacja antropogeniczna - zakwity glonów



Zakwit – masowy rozwój sinic i glonów wywołany wzrostem żyzności wody

Wskaźniki zakwitu:

- 500-1000 komórek lub kolonii w 1 cm³ wody;
- 0,5 mg biomasy w 1 dm³;
- >20µg (często ponad 50) chlorofilu α w 1 dm³;
- widzialność krążka Secchiego < 1 m

Zakwity zimowe i wiosenne – okrzemki *Bacillariophyceae*, zakwity letnie – zieleńce *Chlorophyceae*, późnoletnie i wczesnojesienne – sinice *Cyanoprocariota*



Eutrofizacja antropogeniczna - szczególnie niebezpieczne gatunki sinic

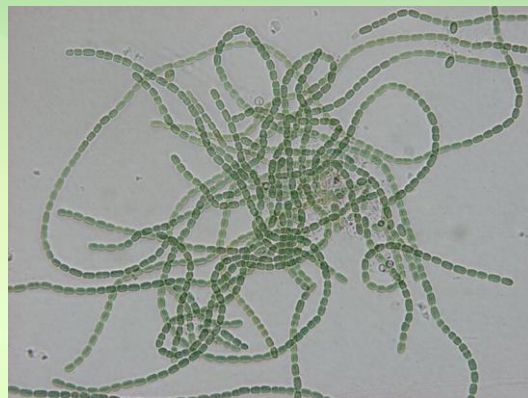


Niska proporcja zawartości azotu do fosforu w wodzie 5:1 i mniej – zakwity sinicowe



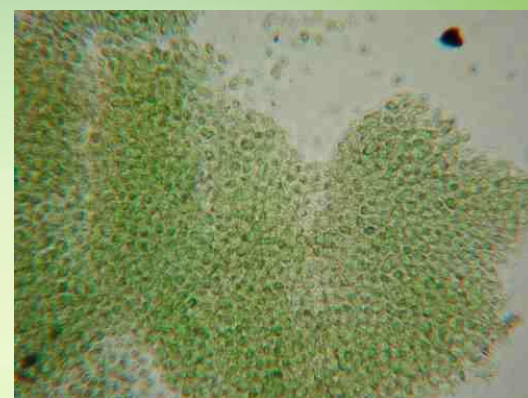
Nodularia spumigena

Organizm ten produkuje hepatotoksynę o nazwie nodularyna, Odpowiada za zakwity w Bałtyku



Aphanizomenon flos-aquae

1992 lato- zakwit w zbiorniku Goczałkowickim skutkowało wyginieciem raków, mały i wielu ryb, zmienia smak wody na trawiasty



Microcystis aeruginosa



Gomphospheria naegeliana



Anabaena spiroides

Wydziela substancje alleopatyczne,
Wiąże azot z powietrza



Eutrofizacja antropogeniczna - toksyny sinicowe



Rozpoznano i sklasyfikowano cztery grupy toksyn produkowanych przez sinice:

- **hepatotoksyny** – związki działające toksycznie na komórki wątroby. Najczęściej produkują je sinice z rodzaju *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Nodularia*, *Anabaenopsis*, *Hepalosiphon*. Najczęściej występującymi hepatotoksynami są mikrocystyny i nodularyny. Skutkiem działania tych toksyn jest uszkodzenie cytoszkieletu komórek wątroby, a co za tym idzie krwotoki wewnętrzne i niewydolność tego narządu.
- **neurotoksyny** – wpływają na zaburzenia w funkcjonowaniu układu nerwowo – mięśniowego. Efektem ich działania jest nadstymulacja komórek mięśniowych i stały skurcz mięśni, śmierć wskutek uduszenia następuje w kilka minut po zatruciu. Substancje te produkują sinice z rodzaju *Anabena*, *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Lyngbya*, *Cylindrospermopsis*.
- **cytotoksyny** – substancje te produkowane przez sinice z rodzaju *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon* i *Umezakia* po wniknięciu do organizmu powodują uszkodzenie wątroby, nerek, trzustki, śledziony, serca.
- **dermatotoksyny** - produkowane przez sinice z rodzaju *Lyngbya*, *Schizothrix* i *Oscillatoria* powodują intensywne podrażnienia skóry. Objawy takie jak: świąd skóry, pieczenie, obrzęk czy zaczerwienienie pojawiają się po kilku godzinach od kąpieli w wodzie zawierającej toksyny. Do tej grupy bioaktywnych substancji należą lipopolisacharydy (LPS) produkowane przez wszystkie sinice.



Eutrofizacja antropogeniczna - Inne gatunki glonów



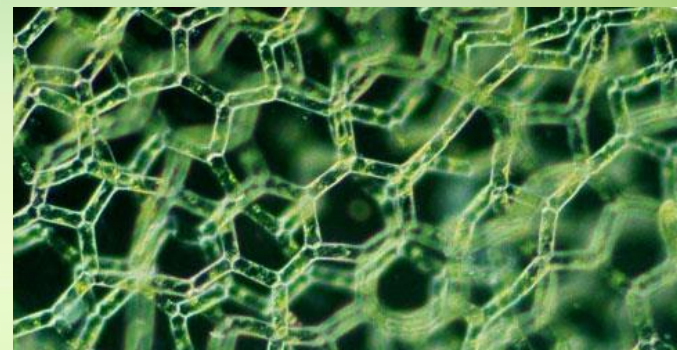
Niska proporcja zawartości azotu do fosforu w wodzie 20:1 i więcej – zakwity zielenicowe



Scenedesmus dimorphus



Pediastrum



Hydrodictyon reticulatum

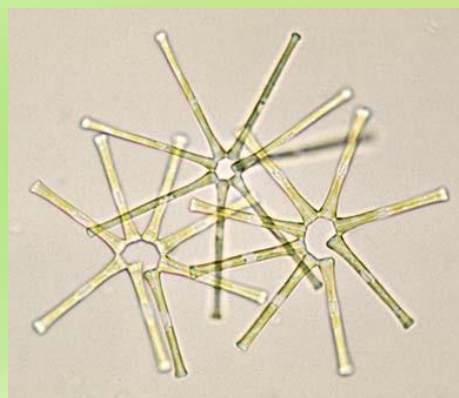
Masowe zakwity wypełniają stawy galaretowatą masą powodującą śmierć narybku

Okrzemki – wymagają do rozwoju krzemu



Nitzschia pseudoseriata

Prawdopodobnie produkuje toksyny



***Asterionella* (okrzemka)**

Zmienia smak i zapach wody na rybi



***Synura* (złotowiciowiec)**

Zmienia smak i zapach wody na tranowy



Eutrofizacja antropogeniczna - skutki zakwitów



- Zmiana barwy, zapachu i smaku wody;
- Zaburzony rozwój zooplanktonu;
- Zaburzenia w stosunkach gazowych;
- Silna alkalizacja wód;
- Masowe wymieranie wrażliwych organizmów: skorupiaków, mięczaków ryb;
- Masowy rozkład obumarłych glonów = deficyty tlenowe = siarkowodór, metan
- Rozwój bakterii beztlenowych;
- Wtórna eutorfizacja.



Eutrofizacja antropogeniczna - skutki eutrofizacji



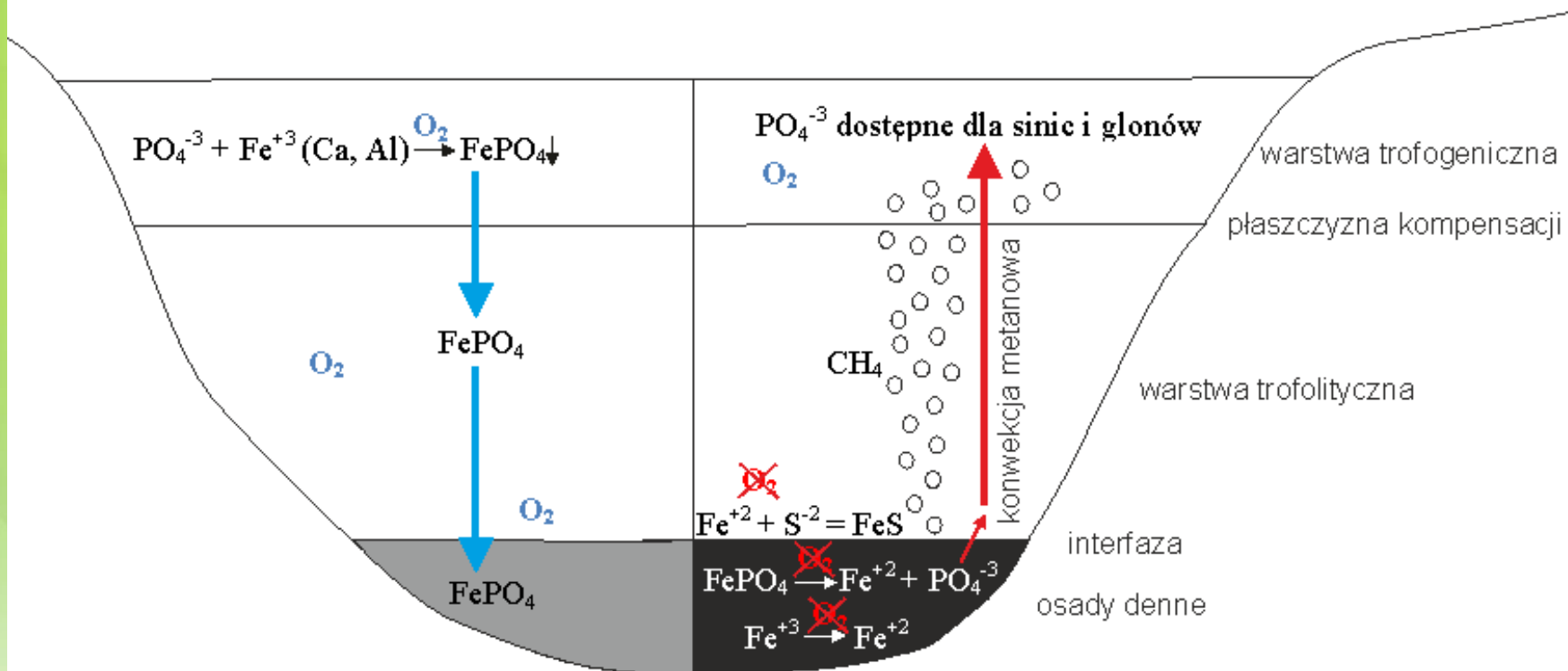
Eutrofizacja powoduje szybsze zanikanie zbiorników wodnych szybko odkładające się osady dennie coraz wyżej podnoszą poziom dna, aż zbiornik zupełnie zniknie z powierzchni Ziemi.



Eutrofizacja antropogeniczna - skutki eutrofizacji – nawożenie wewnętrzne



Schemat nawożenia wewnętrznego jeziora





Główne przyczyny eutrofizacji antropogenicznej - nieuporządkowana gospodarka ściekowa w zlewniach





JEDNOSTKA
SAMORZĄDU
WOJEWÓDZIWA
POMORSKIEGO

Główne przyczyny eutrofizacji antropogenicznej - nieuporządkowana gospodarka odpadami





Główne przyczyny eutrofizacji antropogenicznej - niewłaściwa gospodarka rolna w zlewniach jezior



nieprawidłowe nawożenie pól i nieprawidłowa orka powoduje, że z powierzchniowych warstw gruntu wymywane są znaczne ilości azotu; erozja wietrzna też ma znaczący wkład, głównie na terenach suchych, gdzie łatwo wiatr może poderwać cząstki gleby wraz z substancjami biogennymi

W ciągu ostatnich lat zmniejszono spływów biogenów do Bałtyku o 27% P i 28% N.



JEDNOSTKA
SAMORZĄDU
WOJEWÓDZIWA
POMORSKIEGO

Główne przyczyny eutrofizacji antropogenicznej

- niszczenie naturalnych brzegów i stref ekotonowych chroniących przed sfluywami ze zlewni bezpośrednich





Główne przyczyny eutrofizacji antropogenicznej - zmiany w zlewniach bezpośrednich i pośrednich



użytkowanie terenu	N kgN·ha-1·rok-1	P kg Pcałk.·ha-1·rok-1
Lasy	6,5	0,20
łąki i pastwiska	5,5	0,20
Zabudowania	6,0	0,90
Grunty orne	10,1	0,56



Główne przyczyny eutrofizacji antropogenicznej - opad atmosferyczny



nadmierna emisja tlenków azotu do atmosfery - wraz z opadami atmosferycznymi dostają się znaczne i coraz większe ilości azotu, zwłaszcza do dużych zbiorników oraz na silnie uprzemysłowionych obszarach

2 - 27,5 kgNha⁻¹

0,2 do 1,63 kgPha⁻¹



Naturalne zdolności obronne jezior

Możemy wyróżnić trzy grupy czynników określających podatność jezior na degradację. Aby uzyskać konkretne wskaźniki określające podatność jeziora na degradację niezbędne jest powiązanie ze sobą wymienionych trzech grup elementów:

- elementy charakterystyczne dla zlewni bezpośrednio i pośrednio zbiornika - nazywane czynnikami zlewniowymi
- elementy opisujące kształt, wielkość i budowę jeziora to czynniki morfometryczne
- zasoby i stosunki wodne panujące na danym obszarze - czynniki hydrologiczne

Wyróżniamy trzy kategorie podatności na degradację:

I kategoria - jeziora o dobrych warunkach naturalnych, odporne na wpływy zlewniowe

II kategoria - jeziora o przeciętnych warunkach naturalnych, dość odporne na wpływy zewnętrzne

III kategoria - jeziora o niekorzystnych warunkach naturalnych, łatwo ulegające degradacji.

W metodyce tej o podatności jeziora na degradację decydują następujące wskaźniki:

- średnia głębokość jeziora
- stosunek objętości jeziora do długości linii brzegowej misy jeziora
- procent stratyfikacji wód
- iloraz powierzchni dna czynnego i objętości epilimnionu
- procent wymiany wody w roku
- współczynnik Schindlera
- sposób zagospodarowania zlewni bezpośrednio.



Naturalne zdolności obronne jezior

Średnia głębokość jeziora.

Średnia głębokość jeziora najbardziej ze wszystkich parametrów morfometrycznych wiąże się z jakością wody i wpływa na tempo eutrofizowania zbiornika. Średnia głębokość [m] – jest to stosunek objętości jeziora do jego powierzchni, wyrażona w metrach. Jeśli zbiornik jest głęboki to jest mniej podatny na degradację, gdyż magazynuje więcej wody - tym samym może przyjąć więcej zanieczyszczeń - jego bufor bezpieczeństwa jest znacznie większy niż zbiorników płytkich.

Kat. podatności na degradację:

I - 10 i więcej

II - 5 i więcej

III - 3 i więcej

Stosunek objętości jeziora do długości linii brzegowej misy jeziora.

Stosunek objętości jeziora [tys. m³] do długości linii brzegowej [m], mówi o możliwości dostawania się do wód jeziora biogenów, czy innych zanieczyszczeń ze zlewni. Jeżeli linia brzegowa jest krótka, a objętość duża wtedy mamy mniejsze prawdopodobieństwo zanieczyszczenia zbiornika i mniejszą powierzchnię z jakiej mogą dostawać się zanieczyszczenia ze spływów powierzchniowych.

Kat. podatności na degradację:

I - 4 i więcej

II - 2 i więcej

III - 0,8 i więcej



Naturalne zdolności obronne jezior

Procent stratyfikacji wód

oblicza się mnożąc stosunek objętość wód hypolimnionu [m^3] do całkowitej objętości jeziora [m^3] przez 100%. Im większy procent tym lepiej. Więcej jest wody w warstwie przydennej i chroni to przed przedostawaniem się biogenów z osadów dennych - interfazy - do powierzchniowych wód jeziora gdzie łatwo i szybko zostają włączone do obiegów biogenów.

Kat. podatności na degradację:

I - 35 i więcej

II - 20 i więcej

III - 10 i więcej

iloraz powierzchni dna czynnego i objętości epilimnionu

Stosunek powierzchni dna czynnego [m^2], która jest w kontakcie z warstwą epilimnionu, do objętości epilimnionu [m^3] - określa ile dna kontaktuje się z wodami epilimnionu i na jakiej powierzchni dochodzi do wymiany biogenów między interfazą, a powierzchniową warstwą wody. Jeśli jest duża powierzchnia dna czynnego to zbiornik jest podatny na degradację; na większej powierzchni dochodzi do uwalniania biogenów z osadów. Wraz ze spadkiem wartości tego wskaźnika spada również podatność jeziora na degradację.

Kat. podatności na degradację:

I - 0,1 i mniej

II - 0,15 i mniej

III - 0,3 i mniej



Naturalne zdolności obronne jezior

procent wymiany wody w roku

Stosunek ilości wody, jaka w naturalny sposób odpłynie z jeziora w ciągu roku [m^3] do objętości całkowitej misy jeziorowej [m^3], przemnożony przez 100% daje nam procent wymiany wody w jeziorze w ciągu jednego roku. Im zbiornik jest bardziej obciążony zlewnią pośrednią, tym jest bardziej podatny na degradację.

Kat. podatności na degradację:

I - 30 i mniej

II - 200 i mniej

III - 1000 i mniej

Współczynnik Shindlera

to stosunek sumy: powierzchni zlewni bezpośredniej [m^2] i powierzchni jeziora [m^2] do objętości jeziora [m^3]. Określa on w jaki sposób jezioro jest podatne na zanieczyszczenia pochodzące z atmosfery. Im mniejsza jest jego wartość tym zbiornik jest mniej podatny na zanieczyszczenia.

Kat. podatności na degradację:

I - 2 i mniej

II - 10 i mniej

III - 50 i mniej



Naturalne zdolności obronne jezior

Współczynnik Ollego

jest stosunkiem powierzchni zlewni [m²] do powierzchni jeziora [m²] i informuje nas o tym samym co współczynnik Shindlera.

Współczynnik rybacki

to stosunek długości linii brzegowej [m] do powierzchni jeziora [ha]. Jeżeli wartość tego współczynnika jest duża to zbiornik jest bardziej podatny na degradację. Jest wiele zatoczek i miejsc gdzie ryby mogą się schronić ale taka struktura linii brzegowej jest niepożądana z aspektu ochroniarskiego.

Zagospodarowanie zlewni

- jest bardzo istotnym wskaźnikiem. Przewaga gruntów ornych to bardzo niedobry wskaźnik. Korzystne dla zbiornika jest otoczenie przez kompleksy leśne, natomiast w bezpośredniej bliskości wody – zarośla (strefa ekotonowa).

Kat. podatności na degradację:

I - 60% lasów i więcej

II - mniej niż 60% lasów i gruntów ornych

III - 60% gruntów ornych i więcej

Ogólna ocena podatności na degradację jest wypadkową w/w wskaźników.



Penetracja wód, zwłaszcza strefy litoralu płoszy wrażliwe na nią gatunki zwłaszcza awifauny



Zagrożenia dla wartości przyrodniczych – niewłaściwa gospodarka rybacka



Fot. K. Banaś

Lobelia z pędami kwiatowymi



Fot. K. Banaś

Węgorz na tle płatu poryblinu jeziornego

- zarybianie jezior oligotroficznymi karpionymi (karp, leszcz),
- węgorzem jezior lobeliowych czy z rakiem szlachetnym,
- wapnowanie jezior lobeliowych
- wprowadzanie amura i innych gatunków obcych

współczynnik wnoszenia N i P przez
wędkarza – 18,19 g N i 3,27 g P



Zagrożenia dla wartości przyrodniczych - niebezpieczeństwo zawleczenia gatunków inwazyjnych i groźnych chorób



Fot. P. Śmietana



Fot. K. Banaś

Główny antagonista rodzimego raka
rzecznego – amerykański rak pręgowaty

Wprowadzanie do wód raka pręgowatego oraz
zawleczenie z ameryki „dżumy raczej” doprowadziło raka
rzecznego na skraj zagłady – dla jego zachowania
konieczne są kosztowne zabiegi czynnej ochrony



JEDNOSTKA
SAMORZĄDU
WOJEWÓDZTWA
POMORSKIEGO



Dziękuję za uwagę