

W jeziorach tak jak w rzekach też mamy generalnie 3 grupy producentów: makrofity (rośliny wyższe i makroglony), peryfiton i fitoplankton. W jeziorach jednak, w przeciwieństwie do rzek, produkcja z „rodzimych” organizmów autotroficznych jest głównym źródłem materii organicznej (z wyjątkiem tych które są pod silnym wpływem importu materii organicznej z otoczenia).

Producenci mają rozkład charakterystyczny zależny od rodzaju podłoża. Makrofity i peryfiton są związane z podłożem więc występują w litoralu, w strefie eufotycznej i dostarczają tam główną część materii. Rośliny wodne nie są praktycznie przez nic zjadane, wzdręga zjada nieco roślin, ale nie mamy właściwie rodzimych gatunków roślinożernych. Peryfiton jest pokarmem dla sporej grupy bezkręgowców jak ślimaki, jętki, Chironomidae i inne.

Produkcja pierwotna jezior pozwala na stosowanie klasyfikacji jezior pod względem trofii, oraz dzielenie jeziora na strefy. np. na strefę eufotyczną i afotyczną – kryterium wyróżnienia to wielkość produkcji pierwotnej, a dokładniej stosunek produkcji do respiracji. W strefie eufotycznej produkcja przeważa nad respiracją, biomasa jest akumulowana. Poniżej punktu kompensacyjnego rośliny tracą biomasę, bo respiracja przeważa. Położenie tego punktu jest różne dla różnych gatunków – umownie przyjmuje się strefę eufotyczną jako głębokość gdzie dociera 1% światła padającego na powierzchnię. Dotąd sięga też litoral. Zasięg makrofitów dobrze ukazuje średni zasięg strefy eufotycznej, bo nie zmienia się gdy są np. okresowe zmętnienia. W eutroficznym mało makrofitów, bo ciemno. Makrofity mają orzewagę, gy mało biogenów w wodzie, bo mogą czerpać je z podłoża.

Strefę eufotyczną można też wyznaczyć mnożąc odległość widoczności krążka Secciego razy 2. zwykle sięga kilkadziesiąt metrów w czystych, oligotroficznym jeziorach, a w eutroficznym może być mniejsza niż 1 m. W oceanach strefa eufotyczna ma zwykle do 100 m.

Zmiany natężenia światła wraz z głębokością można zapisać wzorem

$$I=I_0e^{-kd}$$

gdzie:

I – natężenie światła

I_0 – natężenie światła na powierzchni

k – współczynnik pochłaniania światła przez wodę, zw. z mętnością

d – głębokość

krzywa eksponencjalna – niezależnie od mętności wody to natężenie spada.

Strefa eufotyczna odpowiada mniej więcej strefie epilimnionu. Podział na hypolimnion, metalimnion i epilimnion (stratyfikacja termiczna) opiera się na kształcie krzywej ukazującej zmiany temperatury wraz z głębokością. W epilimnionie zachodzi stałe mieszanie woda jest ciepła. Niżej jest warstwa skoku termicznego (termoklina/metalimnion) gdzie temperatura szybko spada, około 1 st. C na metr. W hypolimnionie jest stała temperatura około 4 st. C, wody się słabo mieszają.

Epilimnion jest ciepły bo jest prześwietlony słońcem, mniej więcej odpowiada strefie eufotycznej, ale są liczne wyjątki. Zasięg światła i ciepła zmienia się też w ciągu roku.

Natężenie światła na powierzchni jeziora w pogodne dni może być tak silne, że powoduje fotoinhibicję, więc zwykle największa produktywność (największa biomasa glonów) nie jest przy samej powierzchni ale mniej więcej na głębokości 1 metra.

Typologia jezior oparta na produktywności.

Generalnie dzielimy jeziora na oligotroficzne – niska produkcja pierwotna, duża przezroczystość wody, mało glonów; i eutroficzne – wysoce produktywne, o małej przejrzystości wody (i hipertroficzne).

Taki ciąg jezior ze wszystkimi kolejnymi stadiami nazywany jest ciągiem harmonicznym. Są też jeziora które nie pasują do tego typu, które mają niską produktywność nie ze względu na brak

jakichś pierwiastków, tylko dlatego, że przytłoczone są przez jakiś czynnik dominujący, np.:

- jeziora siderotroficzne – dużo jonów żelaza,
- jeziora acidotroficzne – silnie zakwaszone, pH poniżej 5,5,
- jeziora alkalotroficzne – silnie zasadowe, duża zawartość węglanu wapnia,
- jeziora argillotroficzne – zacinienie wody przez drobne zawiesiny mineralne,
- jeziora dystroficzne – zwykle w lasach, dużo humusu ze zlewni (na cząstkach humusu wiążą się pierwiastki biogenne co ogranicza ich dostępność), więc niskie pH i znaczne zabarwienie wody.

Produktywność silnie zależy też od morfologii jeziora. Generalnie jeziora oligotroficzne są głębokie, o stosunkowo małym stosunku powierzchni do objętości. Dopływ biogenów dokonuje się przez powierzchnię jeziora, więc gdy jest duża objętość to bardziej się to rozcieńcza. W głębokich jeziorach z reguły większość produkcji pierwotnej po obumarciu opada na dno i nie wraca do obiegu zbyt szybko, zwykle dopiero w następnym sezonie, a w płytkich jeziorach osady szybciej powracają do obiegu.

Uważa się zwykle że jeziora w stadium początkowym są głębokie, oligotroficzne i potem ulegają wypłyceńiu aż w końcu stają się w naturalny sposób eutroficzne, stopniowo gdy gromadzą się w nich osady. Taka sukcesja jest obserwowana, ale tak naprawdę znaczna większość jezior obecnie eutroficznych jest taka w wyniku działalności człowieka. Naturalnym stanem dla większości jezior (np. mazurskich) jest oligotrofia. Przeskok na eutrofię w stanie naturalnym zachodzi dość gwałtownie, pod koniec „ewolucji” jeziora, a nie stopniowo, przez cały czas. W Niemczech podobne jeziora jak nasze mazurskie, gdy przestano je użytkować, powróciły do oligotrofii.

Jeziro oligotroficzne	Jeziro eutroficzne
Głębokie	Płytkie
stosunek objętości epilimnionu do hypolimnionu <1, więc w hypolimnionie może się gromadzić duża ilość tlenu, przez cały sezon jest sporo tlenu, nawet głęboko,	stosunek objętości epilimnionu do hypolimnionu >1, ilość tlenu w hypolimnionie znikoma, szybko jest zużywany w procesie rozkładu materii,
produktywność 50-300 mg C/l/dobę	produktywność >1000 mg C/l/dobę
ilość glonów 0,02-0,1 mg C/l 0,3-3 µg Chl a/l	ilość glonów >0,3 mg C/l 10-500 µg Chl a/l
mało sinic	masowe zakwity sinic (bo dużo fosforu)
spadek stężenia tlenu wraz z głębokością dość równomierny – ortograda; koncentracja tlenu zwykle nie spada poniżej 50% stanu nasycenia	spadek stężenia tlenu wraz z głębokością skokowy – klinograda; zwykle deficyty tlenu w hypolimnionie
larwy Tanytarsus	larwy Chironomus
zawartość nutrientów mała, po cyrkulacji wiosennej zwykle <10 µg/l	zawartość nutrientów spora, po cyrkulacji wiosennej zwykle >30 µg/l
ryby łososiowate, zimnowodne	ryby karpowate i okoniowate

Generalnie powyższe różnice wynikają z różnego stanu troficznego tych jezior. W eutroficznym jest duża produktywność i te cechy są konsekwencją tej produktywności, i tego co się dzieje z wyprodukowaną materią.

Produktywność jest opisywana przez różne wskaźniki m.in. **Trophic State Index** – opiera się na 3 kryteriach: przezroczystości wody (log widzialności krążka Secciego), zawartości chlorofilu *a* i fosforu całkowitego.

Przykładowo przezroczystość wody – jeziora oligotroficzne, nie spada poniżej 6 m; w eutroficznych nie przekracza zwykle 2 m (poniżej ½ m to już hypertrofia). Te 3 parametry są ze

sobą ściśle skorelowane.

Im więcej fosforu tym więcej chlorofilu, a więc to fosfor generalnie ogranicza produkcję pierwotną większości wód (jezior i mórz). Jednakże odchylenia od tej prawidłowości są znaczne dla różnych jezior co wynika z innych czynników ograniczających produkcję pierwotną, np. zawartość azotu. Biomasa glonów nie jest też idealnym wskaźnikiem produkcji - bo następuje też spasanie jej przez roślinożerców.

Biomasa glonów przekłada się dość bezpośrednio na biomasę ryb.

Im głębsze jezioro tym większy ładunek fosforu jest potrzebny, żeby przeszło do stanu eutrofii.

Krażek Secciego nieprzydatny, gdy jest już bardzo słaba przejrzystość, bo wtedy korelacja między biomasą glonów a widzialnością jest gorsza.

Proporcja Redfielda – stosunki C, N i P, w biomacie glonów to odpowiednio 100-16-1. Widać po tym, że kluczowy jest stosunek azotu do fosforu. Jeśli azotu jest więcej niż 16 razy ilość fosforu, to fosfor robi się limitującym czynnikiem. Jeżeli mniej niż 16, to jezioro zaczyna być limitowane przez N. zachodzi to często przy antropogenicznej eutrofizacji, bo zwykle dostarcza się fosforu. Zmienia się wtedy skład gatunkowy fitoplanktonu. Gdy dużo fosforu – zakwity sinic, bo azot wiąże same z powietrza, mają więc przewagę nad zielenicami i okrzemkami. Jest to niekorzystne i niebezpieczne dla stanu wody. Nawożenie azotem powoduje, że rozwijają się zielenice i inne nieszkodliwe glony (biomanipulacja).

Przykład na to, że eutrofizacja jest zwykle spowodowana przez człowieka – jezioro Bodeńskie, silnie zeutrofizowane około lat 50', z powodu obciążania fosforem Reny który wpada do tego jeziora. Gdy odcięto dopływ biogenów, jezioro dość szybko przeszło do stanu oligotrofii. Zmienił się też skład gatunkowy ryb. Działa to szczególnie wydajnie, gdy wody przydenne pozostają natlenione, wtedy fosfor wiąże się tam z jonami metali i tworzy nierozpuszczalne związki, wytrącając się i sedymentując na dno – wypada z obiegu. Gdy jezioro jest silnie zeutrofizowane i jest dużo fosforu, a przy dnie są warunki stale beztlenowe, to ten fosfor łatwo krąży i nie wypada z obiegu w związku z czym nawet po odcięciu fosforu nie następuje oligotrofizacja. Musi nastąpić taki moment, że biomasa rozkładająca się glonów zmniejszy się na tyle, że przy dnie nie powstaną całkowicie beztlenowe warunki. Wtedy szybko nastąpi wytrącenie fosforu i oligotrofizacja.