

MARIA JEZIEJSKA-MADZIAR, PIOTR PIŃSKWAR

ZAGROŻENIA DLA GOSPODARKI RYBACKIEJ WYNIKAJĄCE Z POSTĘPUJĄCEJ EUTROFIZACJI ŚRÓDLĄDOWYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN
ul. Bukowska 19, 60-809 Poznań
e-mail: mae11@wp.pl

1. Wstęp

Gwałtowny rozwój cywilizacji i techniki na świecie doprowadził do znacznej degradacji biosfery, zmieniając niekorzystnie naturalne środowisko bytowania organizmów żywych. Dotyczy to także ekosystemów wodnych, do których przez ostatnie dziesięciolecia wprowadzano nie oczyszczone lub niedostatecznie oczyszczone ścieki bytowo-gospodarcze, przemysłowe i rolnicze. Z uwagi na chemiczny charakter zanieczyszczeń oraz niekorzystne zmiany, jakie zachodzą w śródlądowych wodach powierzchniowych pod ich wpływem, dla przejrzystości można podzielić je na dwie zasadnicze grupy.

Pierwsza grupa to substancje organiczne łatwo podlegające biochemicznemu rozkładowi oraz związki biogenne, szczególnie przyswajalne formy azotu i fosforu, czyli substancje podwyższające poziom trofii.

Druga grupa, to związki chemiczne o charakterze toksycznym wywołujące ostre lub chroniczne zatrucia w organizmach żywych.

Różnorodność oddziaływania zanieczyszczeń na biocenozę ekosystemów wodnych przejawia się przede wszystkim w znacznej śmiertelności organizmów wodnych, w zmianach w ich zachowaniu, wzroście, rozwoju i reprodukcji, a także w obniżeniu odporności oraz podatności organizmów na choroby zakaźne i nowotworowe.

2. Zmiany strukturalne i funkcjonalne w ekosystemach wodnych pod wpływem czynników antropogenicznych

Zmiany strukturalne, jakie zachodzą pod wpływem zanieczyszczeń dotyczą zarówno cech fizyko-chemicznych środowiska wodnego, jak również całego układu biocenotycznego, tzn. wszystkich żyjących w danym środowisku wodnym organizmów. Do najbardziej niebezpiecznych dla bytowania ryb zmian fizyko-chemicznych można zaliczyć:

- spadek zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie,
- wzrost zawartości zawiesiny organicznej, a tym samym osadów dennych,
- wzrost stężenia mineralnych form azotu i fosforu,
- wzrost koncentracji w wodzie związków chemicznych o charakterze toksycznym.

W obrębie biocenozy do najważniejszych zmian możemy zaliczyć:

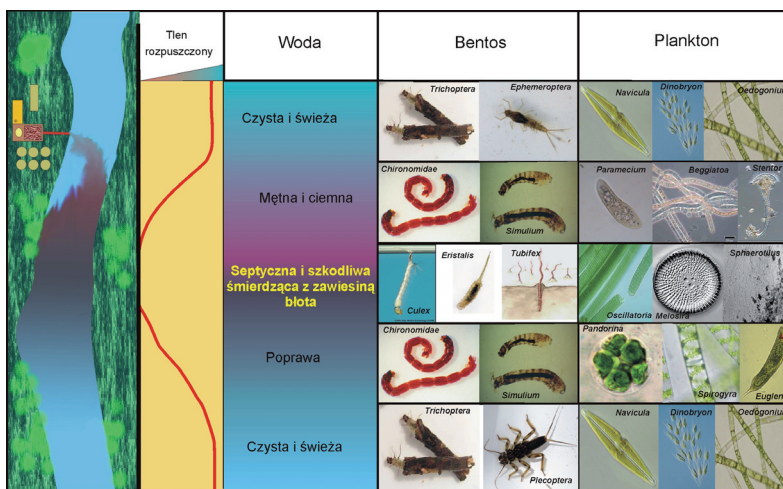
- ustępowanie organizmów charakterystycznych dla wód czystych i pojawianie się organizmów z środowisk zanieczyszczonych,
- zmiany w rozmieszczeniu organizmów oraz w różnorodności biologicznej,
- zakłócenia w piramidzie troficznej np. ilościowy wzrost ryb spokojnego żeru powoduje wyraźne zmniejszenie roślinożernych wrotków, wióslarek i widłonogów, co dodatkowo sprzyja w utrzymywaniu się w wodzie zakwitów.

Zakłócenia w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych dotyczą przede wszystkim przepływu materii i energii. W ekosystemach czystych wód naturalnych istnieje równowaga między produkcją pierwotną, wtórną i biodegradacją. Jeżeli rozwój roślin (glony, wyższa roślinność wodna) przewyższa możliwości spożycia i rozkładu to następuje zachwianie stosunku biomasy do respiracji, a namiar materii organicznej ulega częściowo biodegradacji oraz jest odkładany w dnie ekosystemów wodnych.

Niekorzystne zmiany, jakie zachodzą w śródlądowych wodach powierzchniowych pod wpływem wzrostu związków organicznych oraz substancji biogenych, zależą w dużej mierze od rodzaju odbieralnika, do którego są odprowadzane. Odbieralnikami zanieczyszczeń mogą być zarówno wody płynące, czyli tzw. ekosystemy otwarte (rzeki, strumienie, potoki, kanały) oraz wody stojące zwane ekosystemami zamkniętymi takie, jak: jeziora, stawy, oczka wodne, starorzecza i zbiorniki zaporowe.

3. Zmiany zachodzące w wodach płynących pod wpływem zanieczyszczeń organicznych łatwo podlegających rozkładowi

W wodach płynących zanieczyszczenia naturalne i antropogeniczne przedostają się do cieków przede wszystkim z obszarowych i punktowych źródeł zanieczyszczenia, a więc z zewnątrz. Są to tzw. zanieczyszczenia allochtoniczne.



Rys. 1. Proces samooczyszczania w rzece pod wpływem zanieczyszczeń organicznych łatwo podlegających biochemicznemu rozkładowi wg Styczyńskiego 1971 w modyfikacji Pińskwara (źródło zdjęć – Internet).

Na rysunku 1 przedstawiono zmiany, jakie zachodzą w rzece pod wpływem zanieczyszczeń organicznych łatwo podlegających biochemicznemu rozkładowi w procesie samooczyszczania.

Głównymi elementami procesu samooczyszczania w rzekach jest:

- rozcieńczanie zanieczyszczeń wodami rzeki i mieszanie
- sedymentacja zawiesin
- sorpcja
- biodegradacja

Jednym z najważniejszych elementów procesu samooczyszczania jest zdolność organizmów żywych (głównie bakterii saprofitycznych) do rozkładu materii organicznej do prostych związków mineralnych, co nazywamy biodegradacją lub dekompozycją. Rozłożona substancja organiczna zasila wodę między innymi w mineralne formy azotu i fosforu, czyli związki eutrofizujące, powodując intensywny rozwój glonów i hydromakrofitów.

Ruch wody w rzekach nie sprzyja rozwojowi glonów, chociaż w ciekach wolno płynących lub w miejscach zastoinowych obserwuje się wzmożony ich rozwój.

Jeżeli przyjmiemy, że wzrost produkcji pierwotnej oraz różnorodność gatunkowa roślinności wyższej pod wpływem substancji eutrofizujących ma znaczenie wskaźnikowe, to również w rzekach możemy mówić o eutrofizacji.

Z punktu widzenia gospodarki rybackiej na rzekach, większe znaczenie ma rozkład substancji organicznej z pochłanianiem tlenu. Dla ryb istotnym czynnikiem środowiskowym jest tlen rozpuszczony w wodzie i on będzie przede wszystkim limitował występowanie określonych gatunków ryb.

Wiele gatunków ryb gospodarczo cennych preferuje wody dobrze natlenione. Stężenie tlenu w wodzie mniejsze od $2 \text{ mg} \times \text{dm}^{-3}$ powoduje śnięcie ryb oraz wyginięcie wielu niższych organizmów. Wymagania tlenowe poszczególnych gatunków ryb są zróżnicowane. Pstrąg, łosoś, lipień, kleń i miętus wymagają dużego natlenienia wody w granicach od 7 do $10 \text{ mg} \times \text{dm}^{-3}$. Przy koncentracji tlenu od 5 do $9 \text{ mg} \times \text{dm}^{-3}$ występują odpowiednie warunki bytowania dla brzany, płoci, okonia sandacza i szczupaka. Najmniejsze wymagania tlenowe wykazują takie gatunki, jak: leszcz, karp, lin i sum. Dla tych gatunków optymalne stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie waha się w granicach od 5 do $7 \text{ mg} \times \text{dm}^{-3}$.

Jak wynika z rysunku 1. proces rozkładu substancji organicznej w rzece nie odbywa się w tym samym miejscu i ma charakter poziomy, wzdłuż biegu rzeki, co jest ściśle związane ze stężeniem tlenu w wodzie, a tym samym z obecnością odpowiednich gatunków ryb.

4. Zmiany zachodzące w zbiornikach wodnych pod wpływem substancji biogennych (mineralnych form azotu i fosforu)

W zbiornikach wodnych, czyli w ekosystemach zamkniętych obieg materii i przepływ energii odbywa się w tym samym miejscu i ma charakter pionowy, tzn. z wody do dna i odwrotnie. Istotą eutrofizacji jest wzrost stężenia mineralnych form azotu i fosforu w zbiornikach wodnych, co sprzyja rozwojowi glonów i roślinności wodnej wyższej. Wyprodukowana biomasa tylko częściowo trafia do dalszych ogniw łańcucha troficznego, natomiast część wyprodukowanej masy w postaci obumarłych organizmów gromadzona jest na dnie, tworząc organiczne osady dennie.

Związki organiczne zdeponowane w dnie powodują wypływanie zbiorników, jednakże częściowo ulegają również biodegradacji tak samo jak w wodach płynących. Rozkład materii organicznej prowadzony przez bakterie saprofityczne powoduje zużycie tlenu i początkowo następuje odtlenienie przydennych warstw wody, a w miarę postępującej trofii również warstw bliższych powierzchni lustra wody.

Jeziora jako najcenniejsze akweny wód słodkich nie są tworami stałymi na kuli ziemskiej i nawet w warunkach naturalnych podlegają procesowi starzenia się, jednak proces ten może trwać setki, a nawet tysiące lat. Zależy to przede wszystkim od wielkości i głębokości jezior oraz od klimatu i charakteru zlewni.

Czynniki antropogeniczne, a więc związane z działalnością człowieka bardzo przyspieszają proces eutrofizacji. Główne czynniki przyspieszające proces eutrofizacji jezior to:

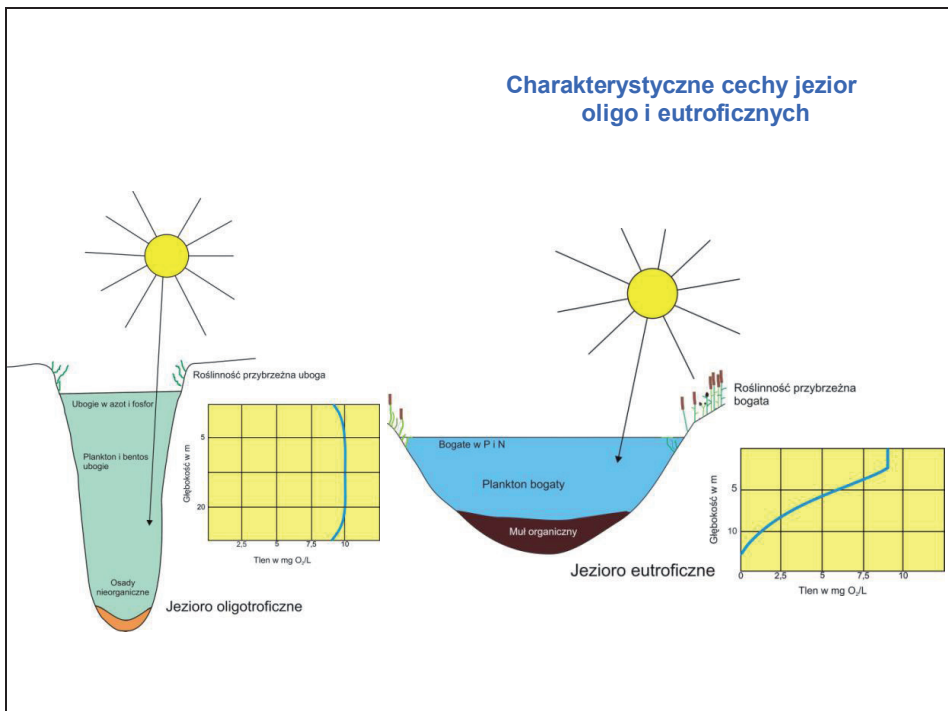
- erozja gleby,
- spływ z pól nawozów mineralnych i organicznych,
- nie oczyszczone lub niedostatecznie oczyszczone ścieki komunalne oraz ścieki przemysłu rolno-spożywczego,
- zanieczyszczenia z turystyki i rekreacji,
- intensywny chów ryb,
- suchy opad atmosferyczny.
- W jeziorach pod wpływem tych czynników następują zasadnicze zmiany, i tak:
- wzrost soli pokarmowych, szczególnie mineralnych form azotu i fosforu powoduje intensywniejszy wzrost glonów i hydromakrofitów,
- nadmiar wyprodukowanej substancji organicznej niewykorzystanej przez roślinożerców
- opada na dno, tworząc osady organiczne,
- substancja organiczna zdeponowana w dnie.

Zasadnicze zmiany zachodzące w jeziorach pod wpływem czynników przyspieszających proces eutrofizacji są następujące:

- wzrost soli pokarmowych szczególnie mineralnych form azotu i fosforu powoduje intensywniejszy rozwój glonów i hydromakrofitów,

- nadmiar wyprodukowanej substancji organicznej (glony, wodna roślinność naczyniowa) niewykorzystanej przez roślinożerców opada na dno, tworząc osady organiczne,
- substancja organiczna zdeponowana w dnie jest rozkładana przez bakterie ze znacznym zużyciem na ten proces tlenu (rozkład następuje przez bakterie tlenowe) następuje wyczerpanie tlenu, początkowo w przydennych warstwach wody, później w warstwach bliższych powierzchni,
- deficyty tlenowe w przydennych warstwach wody powodują, że zgromadzona w dnie substancja organiczna rozkładana jest przez bakterie beztlenowe. Niepełny rozkład prowadzi do wydzielania się siarkowodoru i metanu.
- fosfor mineralny, który w warunkach tlenowych związany jest w dnie ze związkami żelaza i glinu, w warunkach beztlenowych przechodzi do wody powodując dalszy intensywny wzrost glonów wodzie. (wewnętrzne wzbogacanie wody w fosfor)- zakwity.

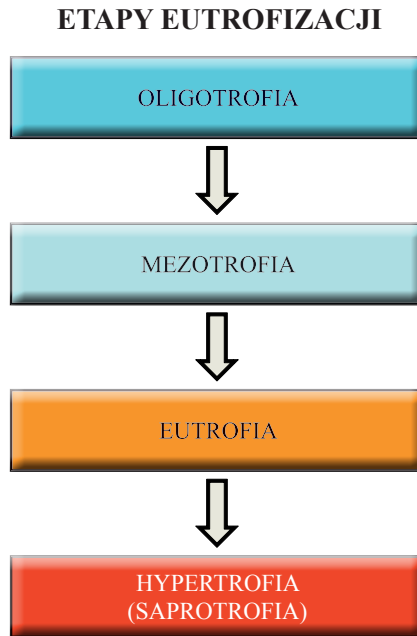
Dobrze obrazuje te zmiany rysunek 2., na którym przedstawiono cechy wód oligo i eutroficznych.



Rys. 2. Cechy charakterystyczne jezior oligo i eutroficznych wg Stańczykowskiej 1997.

5. Zagrożenia wynikające z postępującej eutrofizacji dla gospodarki rybackiej:

W procesie eutrofizacji można wyróżnić kilka etapów, a zagrożenia dla gospodarki rybackiej są ściśle zależne od tego, na jakim etapie trofii znajduje się jezioro.



Rys. 3. Etapy eutrofizacji zbiorników wodnych

- Jezioro na etapie oligotrofii charakteryzuje się niską zawartością substancji odżywczych rozpuszczonych w wodzie i dobrym natlenieniem. Cała wyprodukowana materia organiczna podlega procesowi mineralizacji i powraca do obiegu, stąd mała ilość osadów. Zbiorniki te charakteryzuje duża głębokość, do której dociera światło oraz mała ilość pierwiastków biogennych. Wskutek naturalnego procesu użyźniania, jezioro oligotroficzne przechodzi przez kolejne etapy eutrofizacji. Proces ten znacznie przyspiesza dopływ zanieczyszczeń antropogenicznych,

- We wczesnym stadium mezotrofii wzrost żyzności zbiorników wodnych równoważony jest wzrostem produkcji na wszystkich poziomach łańcucha troficznego. Bogactwo flory i fauny w stadium umiarkowanej trofii umożliwia również zwiększenie produkcji ryb, a więc zwiększają się odłowy ryb. Przeważają ryby siejowate- *Coregoninae* i karpowate-

- *Cyprinidae*,

- W późnym stadium mezotrofii połowy ryb nadal wzrastają, zwiększa się jednak udział ryb karpowatych (*Cyprinidae*) i okoniowatych (*Percidae*). Z jezior wypadają cenne gospodarczo gatunki takie, jak sieja- *Coregonus lavaretus* L. i sielawa – *Coregonus albula* L.,

- Postępujące gromadzenie się soli pokarmowych w jeziorze powoduje, że jeziora

przechodzą w stadium eutrofii. Następuje gwałtowny rozwój glonów, co prowadzi do zakwitów, najczęściej sinicowych – *Cyanobacteriae*,

- Niewykorzystana przez roślinożerców biomasa obumiera i opada na dno, tworząc osady organiczne. Materia organiczna jest mineralizowana z jednoczesnym zużyciem tlenu. Pogłębiające się deficyty tlenowe oraz często całkowity brak tlenu w przydennych warstwach wody powoduje, że w odłowach zaczynają dominować ryby karpiołowe małowodne,

- Stadium zaawansowanej trofii charakteryzuje się bardzo dużym zagęszczeniem fitoplanktonu, co powoduje zmniejszenie się przezroczystości wody. Złe warunki świetlne powodują obumieranie roślinności zanurzonej, a na jej miejsce zaczynają rozwijać się masowo glony nitkowate (*Cladophora* sp., *Spirogyra* sp.). Ustupują ryby fitofilne odbywające tarło na roślinności zanurzonej,

- Ginie również fauna naroślinna, stanowiąca pokarm wielu gatunków ryb, szczególnie w pierwszym okresie życia (wrotki - *Rotatoria*, wioślarki – *Cladocera* i widłonogi – *Copepoda*). Nadmiar wyprodukowanej przez glony materii organicznej obumiera, tworząc znaczne pokłady osadów organicznych na dnie ekosystemów wodnych,

- Rozkład osadów organicznych przez mikroorganizmy prowadzi do deficytów tlenowych i do niszczenia tarłisk. Niska zawartość tlenu zaburza również prawidłowy rozwój zarodkowy i wpływa na obniżenie przeżywalności najmłodszych stadiów rozwojowych tych gatunków ryb. Złe warunki tlenowe powodują zmniejszenie różnorodności gatunkowej organizmów w dnie ekosystemów wodnych. Obserwuje się spadek liczebności takich organizmów bentosowych, jak ślimaki- *Gastropoda*, małże-*Bivalvia* oraz larw owadów głównie z takich grup taksonomicznych jak: chruściki- *Trichoptera* , ważki -*Odonata*, jętki –*Ephemeroptera*. Powoduje to znaczne zubożenie podstawowej bazy pokarmu naturalnego dla ryb „spokojnego żeru”,

- Szczególnie uciążliwe i niebezpieczne dla ekosystemów wodnych jest pojawienie się zakwitu sinic z gatunków: *Microcystis aeruginosa* Kütz., *Anabaena flos-aquae* Bre'b., i *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Sinicę *Microcystis aeruginosa* uważa się za głównego producenta toksyny zwanej mikrocystyną - z grupy hepatotoksyn. W wyniku zatrucia hepatotoksynami następuje szybka i nieodwracalna destrukcja wątroby, co spowodowane jest masowym napływem krwi i szokiem krwotocznym.

Dwa pozostałe gatunki, a mianowicie: *Anabaena flos-aquae* i *Aphanizomenon flos-aquae* wydzielają przyżyciowo neurotoksyny: anatotoksynę i afanotoksynę. Neurotoksyny są związkami, które uszkodzają system nerwowy, a dawka letalna powoduje śmierć w ciągu kilku minut i jest spowodowana paralizem mięśni oddechowych.

6. Podsumowanie

W wyniku postępującej eutrofizacji do podstawowych zmian strukturalnych i funkcjonalnych można zaliczyć:

1. Zmniejszenie przezroczystości wody.
2. Letalne deficyty tlenowe.
3. Wzrost zawartości w wodzie substancji organicznych i mineralnych, szczególnie mineralnych form azotu i fosforu.
4. Zmniejszenie się różnorodności biologicznej oraz liczebności organizmów wodnych.
5. Zachwianie równowagi biocenotycznej z wyraźnym wzrostem produkcji pierwotnej a załamaniem się produkcji wtórnej, w tym również ryb.
6. W końcowym etapie trofii (hipertrofia - saprotrofia) ekosystemy wodne stają się nieużytkami rybackimi.

Literatura

- Allan J. David. 1998. Ekologia wód płynących. Wydawnictwo Naukowe PWN- Warszawa, 450 s.
- Dojlido J.R. 1995. Chemia wód powierzchniowych. Ekonomia i Środowisko- Białystok, 278 s.
- Kajak Z. 1979. Eutrofizacji jezior. Wydawnictwo Naukowe PWN, 233 s.
- Kajak Z. 2001. Hydrobiologia-Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, pp. 360.
- Lampart W., Sommer H. 1996. Ekologia wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, 390 s.
- Pieczyńska E. 1993. Strefa litoralna a eutrofizacja jezior ich ochrona i rekultywacja. Wiad. Ekol. 39(3): 139-162.
- Stańczykowska A. 1997. Ekologia Naszych wód. WSiP S.A. Warszawa, 223 s.
- Styczyński B. 1971. Hydrobiologia dla technikum gospodarki wodnej. Państw. Wyd. Szkoln. Zawod., Warszawa, 224 s.
- Szczerbowski J.A. (red. nauk.) 1993. Rybactwo śródlądowe. Inst. Ryb. Śród. Olsztyn, 569 s.
- Vollenveider R. 1990. Eutrophication, conventional and non conventional considerations on selected topics. Mem. Ist. Ital. di Idrobiol. 47: 77-134.
- Zdanowski B. 1982. Variability of nitrogen and phosphorus contents and lake eutrophication. Pol. Arch. Hydrobiol. 29:541-597.