



Najpierw ochrona, potem rekultywacja.

Potrzeby ograniczania dopływu zanieczyszczeń biogenych do jezior.

Michał Łopata

*Katedra Inżynierii Ochrony Wód,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
michal.lopata@uwm.edu.pl*

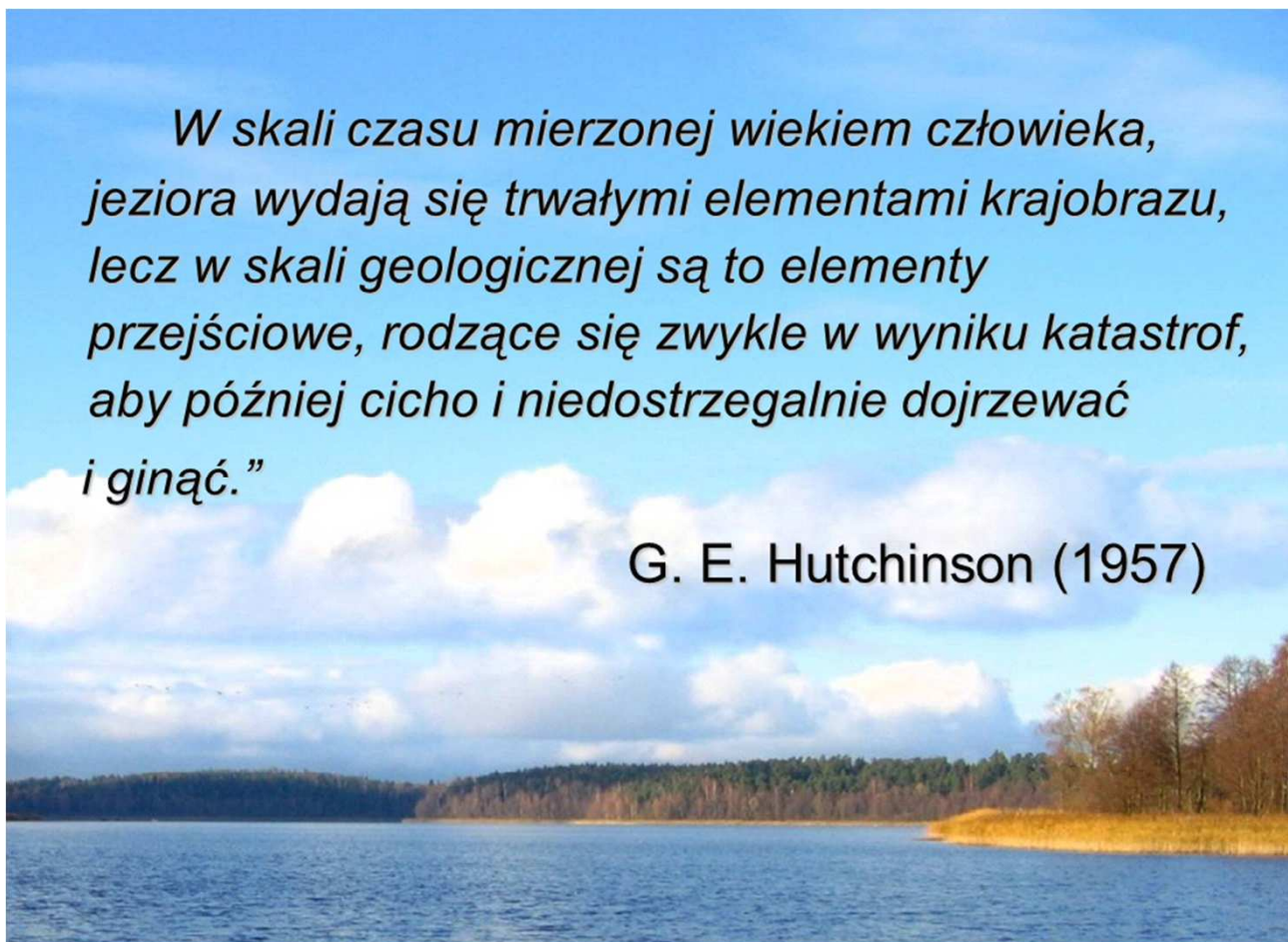
RevitaLife 2017, Szczecinek 26-27 października 2017

Eutrofizacja jest to **proces wzrostu żyzności ekosystemów wodnych**, objawiający się intensyfikacją produkcji pierwotnej, w wyniku wzrostu zawartości substancji biogennych, zwłaszcza **fosforu** i **azotu**.

gr. „eu” – dobrze, poprawnie
„trophos” – odżywiać się

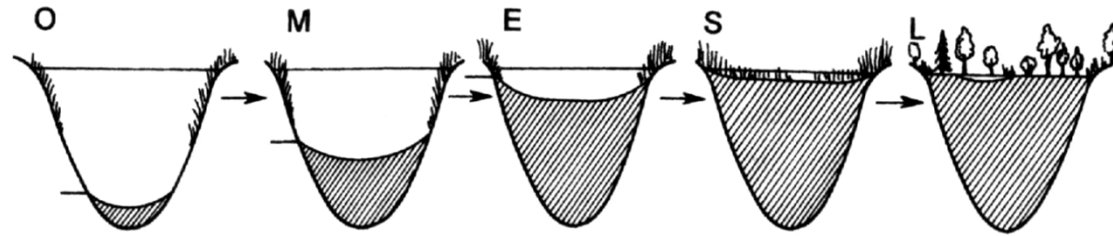
*W skali czasu mierzonej wiekiem człowieka,
jeziora wydają się trwałymi elementami krajobrazu,
lecz w skali geologicznej są to elementy
przejściowe, rodzące się zwykle w wyniku katastrof,
aby później cicho i niedostrzegalnie dojrzewać
i ginać.”*

G. E. Hutchinson (1957)



fot. M. Łopata

Eutrofizacja jest procesem naturalnym, nieuchronnym dla każdego ekosystemu.



Źródło: Z. Kajak, 2001



fot. I. Minkov

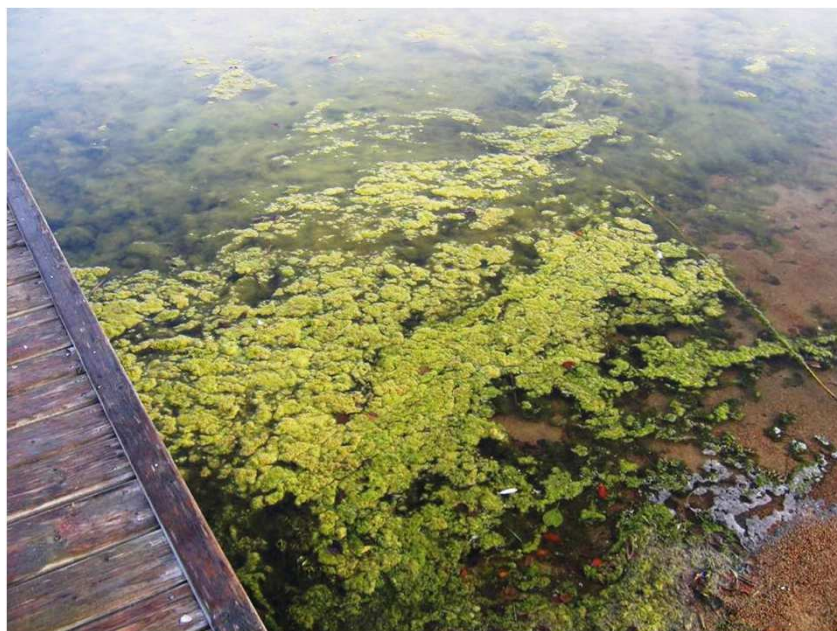


fot. M. Łopata

Eutrofizacja naturalna.



Eutrofizacja antropogenna; hypereutrofizacja; akceleracja eutrofizacji; saprobia



fot. M. Łopata

rzeka

fosfor : 0,2 – 0,3 mg/dm³

azot: 3 – 5 mg/dm³

Źródło: DZ. U. poz. 1187, 2016

jezioro

fosfor : 0,045 – 0,12 mg/dm³

azot: 1,5 – 2,0 mg/dm³

Kategoria troficzna	Przezroczystość [S.C., m]	Fosfor [mg/dm ³]
oligotrofia	6,0	< 0,01
mezotrofia	3,0 – 6,0	< 0,035
eutrofia	1,5 – 3,0	< 0,100
hypertrofia	< 1,5	> 0,100

Źródło: OECD 1982

skutki eutrofizacji

1 KG C – 25 KG GLONÓW

1 KG N – 70 KG GLONÓW

1 KG P – 1000 KG GLONÓW

Masowy zakwit glonów, zwłaszcza sinic.

Wyczerpanie tlenu w głębszych warstwach wody, przetlenienie warstw powierzchniowych

Akumulacja związków biogennych.

Pojawienie się siarkowodoru, jonów amonowych, żelaza (II), manganu (II).

Akumulacja i sedymentacja coraz mniej zmineralizowanych substancji organicznych w osadach.

Zwiększony rozwój roślin wyższych w pasie przybrzeżnym.



stężenie * przepływ = ładunek

mg/dm³ dm³/s mg/s

g/m³ m³/d g/d

 m³/rok kg/rok

Wskaźniki i objawy eutrofizacji

przyczyna:

- fosfor: P_{org} , P_{PO4} , P_{total}
- azot: N_{org} , N_{NO3} , N_{NH4} , N_{total}
- węgiel C
- potas K
- wapń Ca
- słońce
- temperatura

skutek:

- rozwój glonów, sinic, makrofitów



- zawiesina (seston), zarastanie



- materia organiczna (BZT₅, CHZT, OWO)



- przezroczystość wody (SC)



- zachwiany bilans tlenowy



- wewnętrzne wzbogacanie

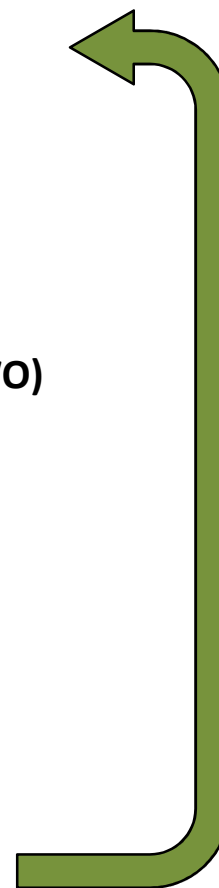
Wskaźniki i objawy eutrofizacji

przyczyna:

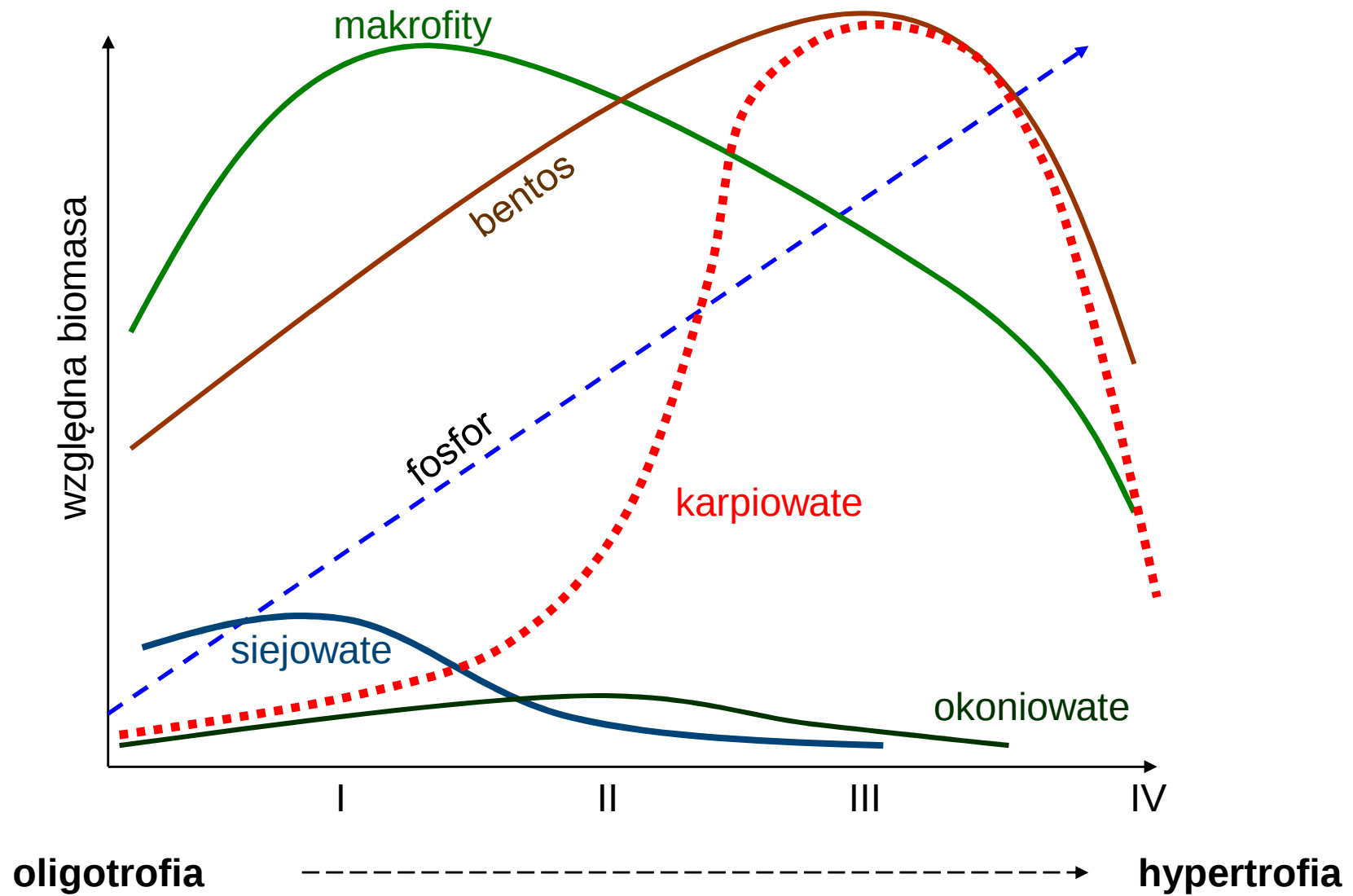
- fosfor: P_{org} , P_{PO4} , P_{total}
- azot: N_{org} , N_{NO3} , N_{NH4} , N_{total}
- węgiel C
- potas K
- wapń Ca
- słońce
- temperatura

skutek:

- rozwój glonów, sinic, makrofitów
- ↓
- zawiesina (seston), zarastanie
- ↓
- materia organiczna (BZT₅, CHZT, OWO)
- ↓
- przezroczystość wody (SC)
- ↓
- zachwiany bilans tlenowy
- ↓
- wewnętrzne wzbogacanie



eutrofizacja jezior – zmiany na poziomie ekosystemu



przyczyny eutrofizacji

Źródła punktowe

Ścieki bytowe, przemysłowe lub deszczowe wprowadzane poprzez kolektory do jeziora lub jego dopływu.

Są to m.in. ujścia rur, rowów melioracyjnych, potoków, kanałów z fabryk, zakładów przemysłowych, osiedli (kanalizacja), ferm, a także hodowla sadzowa ryb, zrzuty wód ze stawów rybnych, odcieki gnojowicy itp.

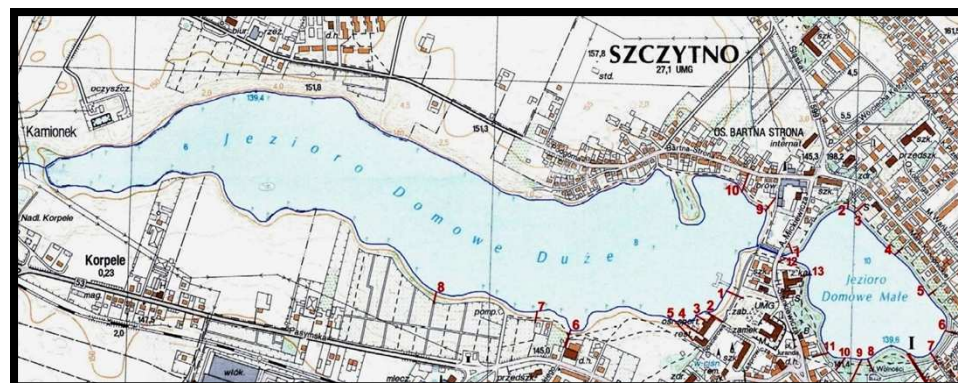
Należy je traktować priorytetowo:

- ✓ Zwykle dominują one w obciążeniu zbiornika azotem i fosforem
- ✓ Są łatwo przyswajalne przez organizmy wodne, są dobrze rozpuszczalne w wodzie.
- ✓ Stosunkowo łatwo jest oszacować dopływ biogenów trafiających do jeziora z tych źródeł.
- ✓ Najłatwiej jest je zidentyfikować i usunąć.



fot. M. Łopata

wskaźnik	g/M na dobę
BZT ₅	60
ChZT	120
Zawiesina ogólna	65
N ogólny	12
P ogólny	2,5



przyczyny eutrofizacji

Źródła obszarowe

wszelkie zanieczyszczenia dostające się wraz ze spływem powierzchniowym ze zlewni bezpośrednio.



fot. M. Łopata

Najważniejszym źródłem zanieczyszczeń obszarowych jest rolnictwo.

Wprowadzanie metod i zasad przeciwdziałania zanieczyszczeniom z tych źródeł nie powinno oznaczać zmniejszenia efektywności produkcji rolniczej.

Przeciwnie, powinno to spowodować lepsze wykorzystanie potencjału rolniczego, przystosowanie gospodarki rolnej do warunków przyrodniczych i odbudowę krajobrazu kulturowego.

przyczyny eutrofizacji

Źródła obszarowe - fakty

Czynniki wpływające na infiltrację biogenów w glebie użytkowanej rolniczo:

- Rodzaj roślinności i długość okresu użytkowania
- Skład mechaniczny gleby (przepuszczalność, pojemność sorpcyjna)
- Wysokość dawek i termin nawożenia
- Zapas składników w glebie - jej biologiczna aktywność

roczny eksport N i P z gruntów strefy umiarkowanej

zlewnia	N kg/ha	P kg/ha	Względna strata P
las	< 10	< 0,2	1
Łąki, pastwiska	< 15	< 0,3	1
Uprawy rolne	3 - 30	0,1 - 3	do 30
Czarny ugór	30 - 200	1 - 3	do 500
Tereny zabudowane	5 - 10	1	do 50

Źródło: Z. Kajak, 2001

Lepsza rozpuszczalność azotu w stosunku do fosforu powoduje, że w ogólnym ładunku azotu dochodzącym do jezior dominuje **azot ze źródeł obszarowych**, zaś **fosfor** pochodzi głównie **ze źródeł punktowych**.

przyczyny eutrofizacji

Źródła rozproszone – zanieczyszczenia z tych źródeł pochodzą z terenów zurbanizowanych pozbawionych kanalizacji zbiorczej i przedostają się do jezior poprzez glebę, wody wgłębne, rowy melioracyjne, wskutek niewłaściwego użytkowania indywidualnych zbiorników gnilnych, szamb itp.

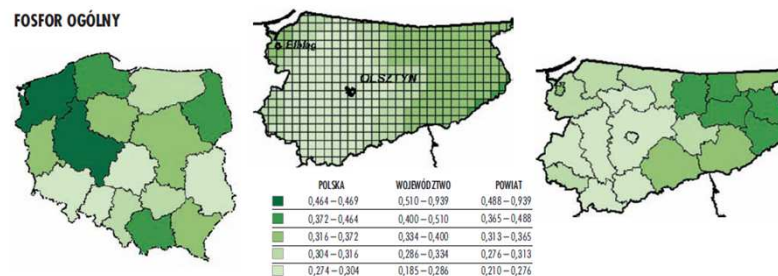
szacowanie ilości na podstawie
indywidualnych ładunków N i P od mieszkańca
oraz możliwości retencyjnych gruntu:
dla fosforu przeciętnie 20%
dla azotu przeciętnie 50%



fol. M. Łopata

Źródła atmosferyczne – wszelkie zanieczyszczenia trafiające wraz z opadem atmosferycznym na powierzchnię wody.

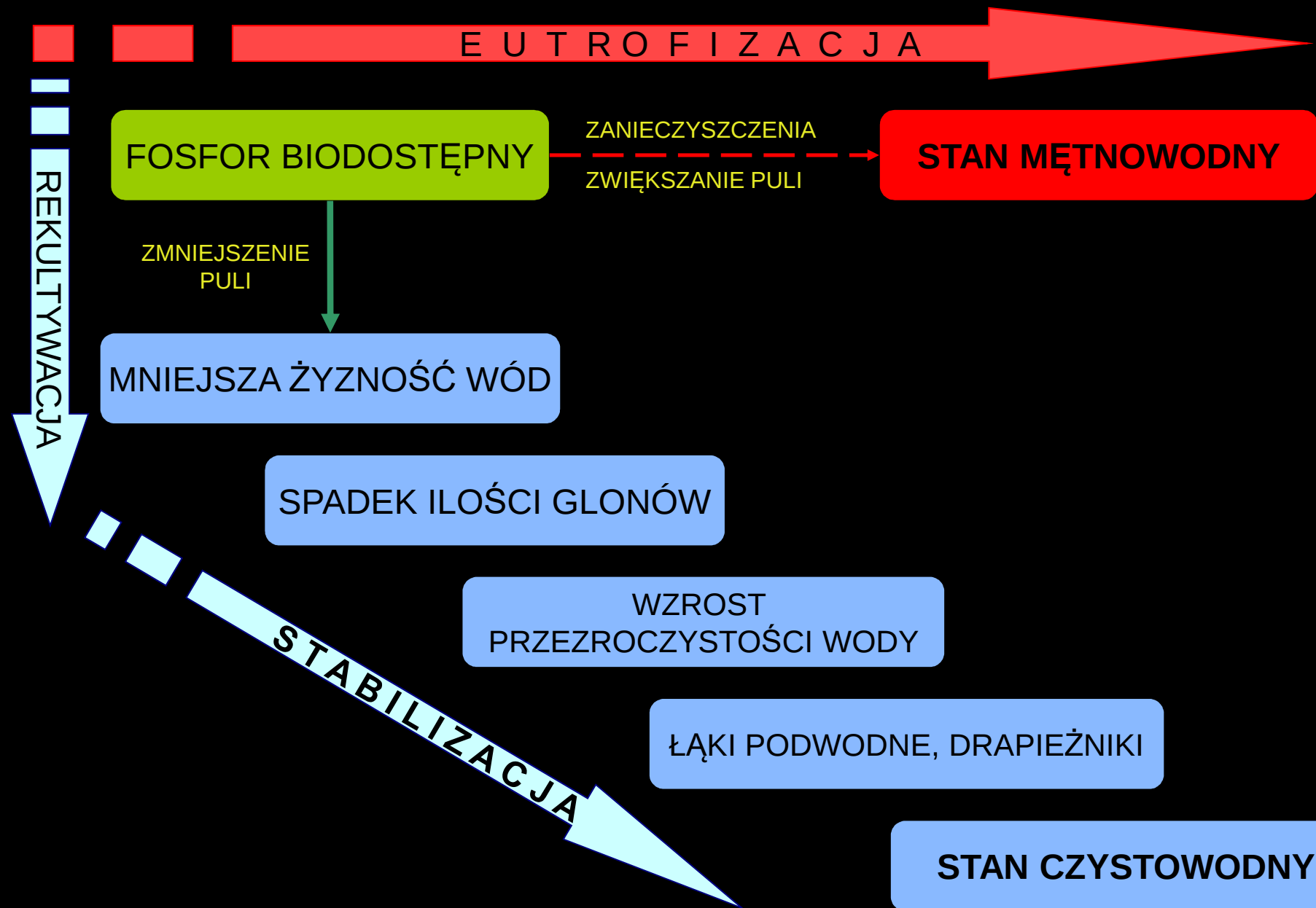
dla województwa warmińsko-mazurskiego:
N 8 - 10 kg/ha na rok
P 0,2 - 0,3 kg/ha na rok



Źródło: WIOŚ 2011

Źródła liniowe – zanieczyszczenia z dróg przebiegających na terenie zlewni

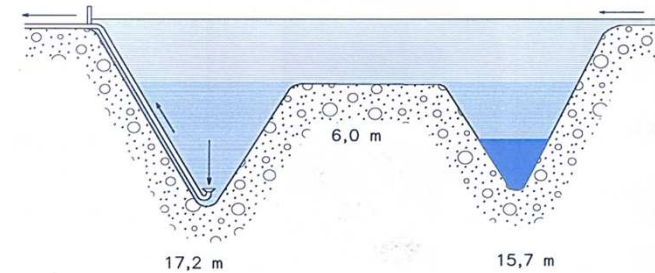
Eutrofizacja – przeciwdziałanie



Eutrofizacja – rekultywacja ekosystemów wodnych

Metody polegające na usunięciu nadmiaru związków biogenych poza ekosystem jeziorny

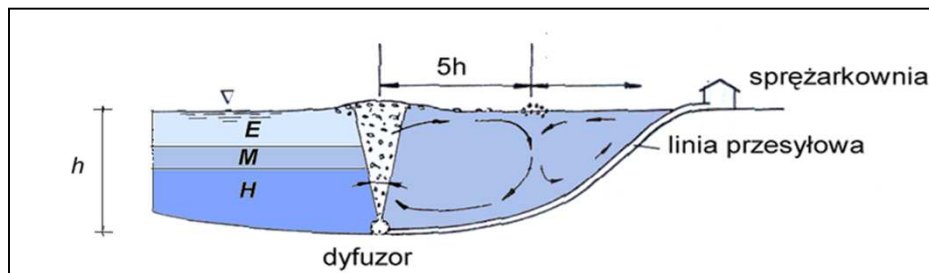
*usuwanie wód hypolimnionu,
usuwanie osadów dennych,
przepłukiwanie jezior,
usuwanie sestonu, makrofitów, ryb.*



Źródło: Lossow i in. 2005

Metody polegające na zmniejszeniu ilości biogenów w obiegu materii w jeziorze

*sztuczne napowietrzanie,
inaktywacja związków fosforu,
obróbka osadów dennych,
biomanipulacja.*



Źródło: Klapper 2003



fot. M. Łopata



Eutrofizacja – jak planować odbudowę ekosystemów?

Niezwykle kosztowne, skomplikowane i nie zawsze skuteczne metody walki z eutrofizacją wód prowadzone metodami *in situ* wskazują, że najkorzystniejszym scenariuszem ochrony wód przed utratą dobrego stanu ekologicznego jest przeciwdziałanie.

***Jedna uncja zapobiegawcza
jest więcej warta niż funt leczniczy...***

(K. Lossow)



przeciwdziałanie

Ochrona wód przed zanieczyszczeniem:

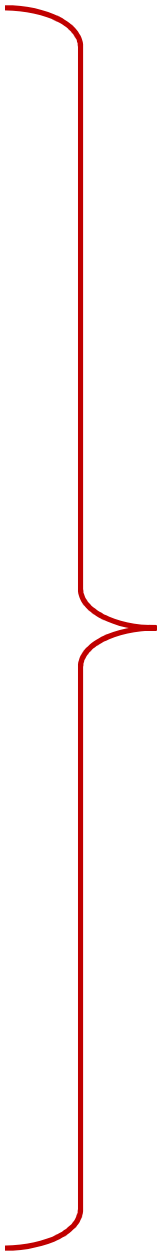
Źródła punktowe
Źródła obszarowe
Źródła rozproszone
Źródła atmosferyczne
Źródła liniowe

rekultywacja / rewitalizacja

rekultywacja jezior, rewitalizacja rzek
metody techniczne, metody biologiczne

regulacje prawne:

Prawo wodne
Prawo ochrony środowiska
Ustawa o ochronie przyrody
Ustawa o odpadach
Prawo budowlane
Ustawa o rybactwie śródlądowym

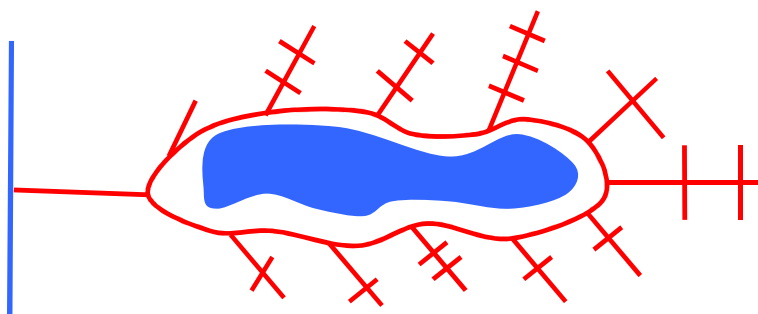


cele środowiskowe

przeciwdziałanie

Źródła punktowe – metody ochrony

1. Odcięcie dopływu ścieków - kanalizacja opaskowa



2. III stopień oczyszczania ścieków – stosuje się, gdy nie ma możliwości odcięcia dopływu ścieków do odbiornika:

metody chemiczne (koagulacja – strącanie fosforu solami Al, Fe, Ca),

metody biologiczne (biologiczne usuwanie fosforu w komorach osadu czynnego, stawy, filtry gruntowe, oczyszczalnie korzeniowe).



fot. K. Lossow

przeciwdziałanie

Źródła obszarowe – metody ochrony wód

Zamykanie cykli obiegu wody i pierwiastków w obrębie agroekosystemu i wykorzystywanie cennych związków pokarmowych, które w terenach przyległych stają się szkodliwymi odpadami.

A. Wprowadzanie właściwej struktury użytkowania ziemi:

- zmniejszanie areалу gruntów ornych na korzyść trwałych użytków zielonych i terenów zalesionych,
- przedzielanie monokultur gruntów ornych pasami użytków zielonych i zadrzewieniami,
- eliminowanie gruntów ornych z obszarów gleb lekkich, nieurodzajnych,
- eliminowanie gruntów ornych na stokach o spadku >10-12%,
- zamiana gruntów ornych w bezpośrednim sąsiedztwie rzek, jezior, zbiorników retencyjnych na trwałe użytki zielone,
- tworzenie wokół jezior pasów ochronnych.

Orka prostopadła



fol. M. Łopata

Wzmożona erozja gleby, utrata składników pokarmowych

B. Wprowadzanie właściwej struktury zasiewów:

- eliminowanie lub przynajmniej ograniczanie w pobliżu zbiorników wodnych upraw roślin okopowych, roślin wymagających dużych ilości nawozów i środków ochrony roślin (kukurydza, sadownictwo) i zastępowanie ich uprawami roślin motylkowych (bobik, lucerna),
- nie pozostawianie na dłuższy czas gruntów ornych bez okrywy roślinnej,
- stosowanie zielonego ugoru (poplony).

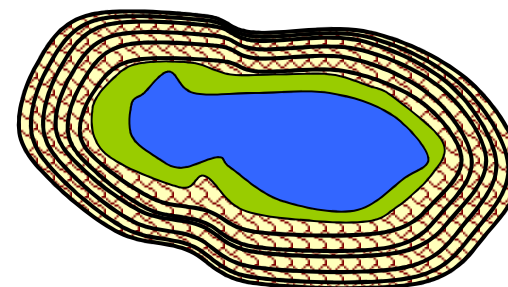
C. Właściwe stosowanie sprzętu mechanicznego:

- wyeliminowanie zbyt ciężkiego sprzętu ze stoków i dróg gruntowych,
- prowadzenie orki konturowej w zlewni bezpośredniej.

Orka konturowa

Zatrzymanie wody na polu

Oszczędność substancji pokarmowych



przeciwdziałanie

Źródła obszarowe – metody ochrony wód

D. Dekoncentracja produkcji zwierzęcej :

- eliminowanie ferm bezściółkowych (gnojowica) i zastępowanie ich systemami hodowli ściółkowej (obornik),
- nie prowadzenie hodowli zwierząt w dużych fermach w pobliżu jezior,
- eliminowanie pastwisk kwaterowych na obrzeżach jezior.
- eliminacja wodopojów bezpośrednio nad brzegami wód
- odpowiednie gospodarowanie nawozami organicznymi:

- gnojowica
- obornik
- gnojówka

E. Wprowadzanie racjonalnych metod gospodarowania nawozami:

- dostosowanie dawek nawożenia do potrzeb pokarmowych roślin,
- przestrzeganie odpowiedniego stosunku N:P:K,
- nie wysiewanie nawozów na śnieg i zamrożoną glebę,
- nie wysiewanie nawozów zbrylonych,
- nie wysiewanie nawozów z samolotów,
- zwiększenie udziału obornika w stosunku do nawozów mineralnych,
- preferowanie nawozów otoczkowanych, o spowolnionym działaniu.

zwierzę	kg N/rok	kg P/rok
krowa	55	10
koń	51	3,0
owca	9	2,2
świnia	9	1,7
kura	0,6	0,2

F. Utrzymywanie odpowiedniego poziomu wód gruntowych:

- ograniczanie meliorowania użytków rolnych na glebach organicznych, obniża się wielkość retencji w zlewni
następuje wzmożona mineralizacja materii organicznej w glebie
degradacja gleby prowadzi do wzmożonego uwalniania biogenów
(zwłaszcza fosforu)

- preferowanie drenażu niesystematycznego,
- preferowanie zamiany GO na TUZ
- zwracanie wód melioracyjnych:

G. Modyfikowanie sieci dróg w stosunku do rzeźby terenu i sieci hydrograficznej.

H. Przeciwdziałanie zakwaszaniu gleb.

przeciwdziałanie

Rola zagłębień śródpolnych w ochronie wód

Spełniają rolę:

- Krajobrazotwórczą,
- Są elementami małej retencji,
- Pozytywnie oddziałują na bilans wodny zlewni,
- Retencjonują biogeny,
- Pomagają utrzymać odpowiedni poziom nawodnienia gleb w okolicy,
- Ich obecność przyczynia się do ochrony gleb organicznych – torfowisk,
- Są siedliskiem wielu gatunków płazów, ptaków, gadów i owadów.

Szacuje się, że na Pojezierzu Mazurskim znajduje się do 100 000 oczek polodowcowych.

W latach 60 tych – 90 tych XX wieku
zlikwidowano około 15 000 takich ekosystemów:

- zalewanie wodami pokiszunkowymi
- zasypywanie śmieciami, trocinami, gruzem
- odwadnianie i deniwelowanie



fot. M. Łopata

migracja biogenów w zlewniach rolniczych



fot. M. Łopata

- Lokalnie liczna sieć cieków i rowów melioracyjnych
- Sposób prowadzenia upraw i hodowli sprzyjający wynoszeniu materii biogennej
- Błędy przy nawożeniu pól uprawnych



- Wysokie stężenia biogenów w ciekach śródpolnych

migracja biogenów w zlewniach rolniczych



fot. M. Łopata

Przykład:

- Przepływ średni 10l/s, stężenie fosforu 0,2 mg/l

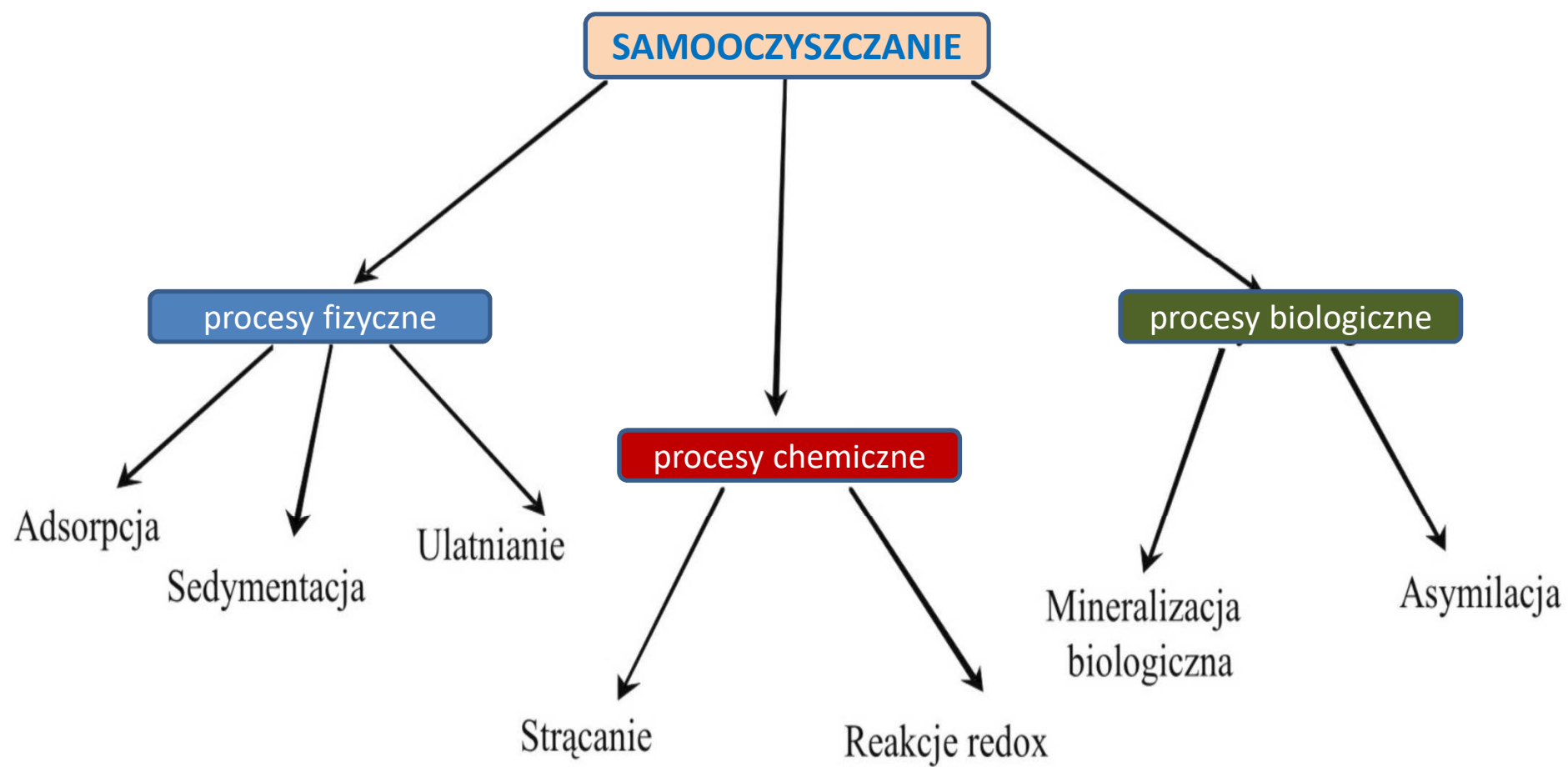
migracja biogenów w zlewniach rolniczych



fot. M. Łopata

Przykład:

- Przepływ średni 10l/s, stężenie fosforu 0,2 mg/l
- **Efekt: 315 360 m³/rok 63,1 kg P**
- Wystarcza na osiągnięcie **ładunku krytycznego** dla jeziora o gł. śr. 5,0 m i powierzchni 40 ha (wg kryteriów Vollenweidera)



Testowanie możliwości oczyszczania wody
niewielkiego cieką nizinnego – rzeczki Młynówki (gm. Strzelce Krajeńskie)
na eksperymentalnej podczyszczalni korytowej

Michał Łopata¹, Robert Czerniawski², Przemysław Czerniejewski³, Grzegorz Wiśniewski¹

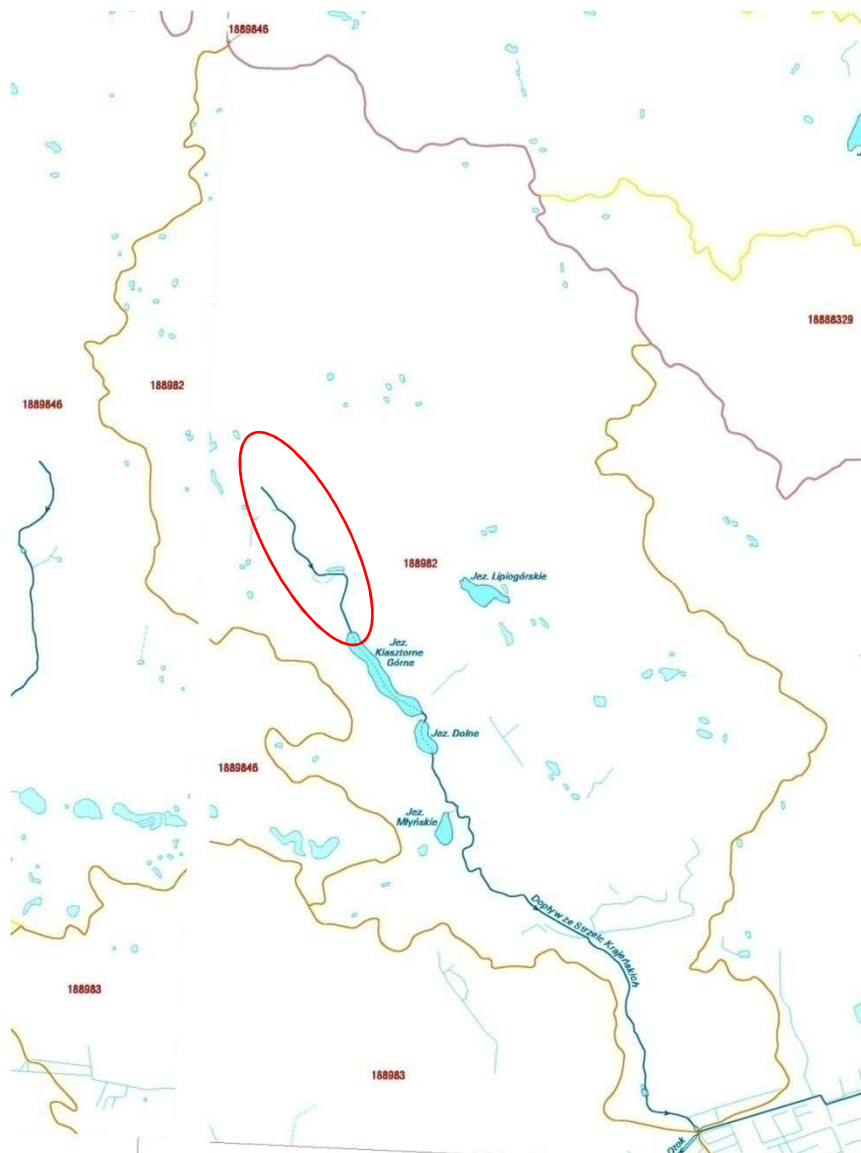
¹Katedra Inżynierii Ochrony Wód, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²Katedra Zoologii Ogólnej, Uniwersytet Szczeciński

³Zakład Gospodarki Rybackiej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny

fot. M. Łopata

Teren badań



CIEK MŁYNÓWKA:

Położenie:

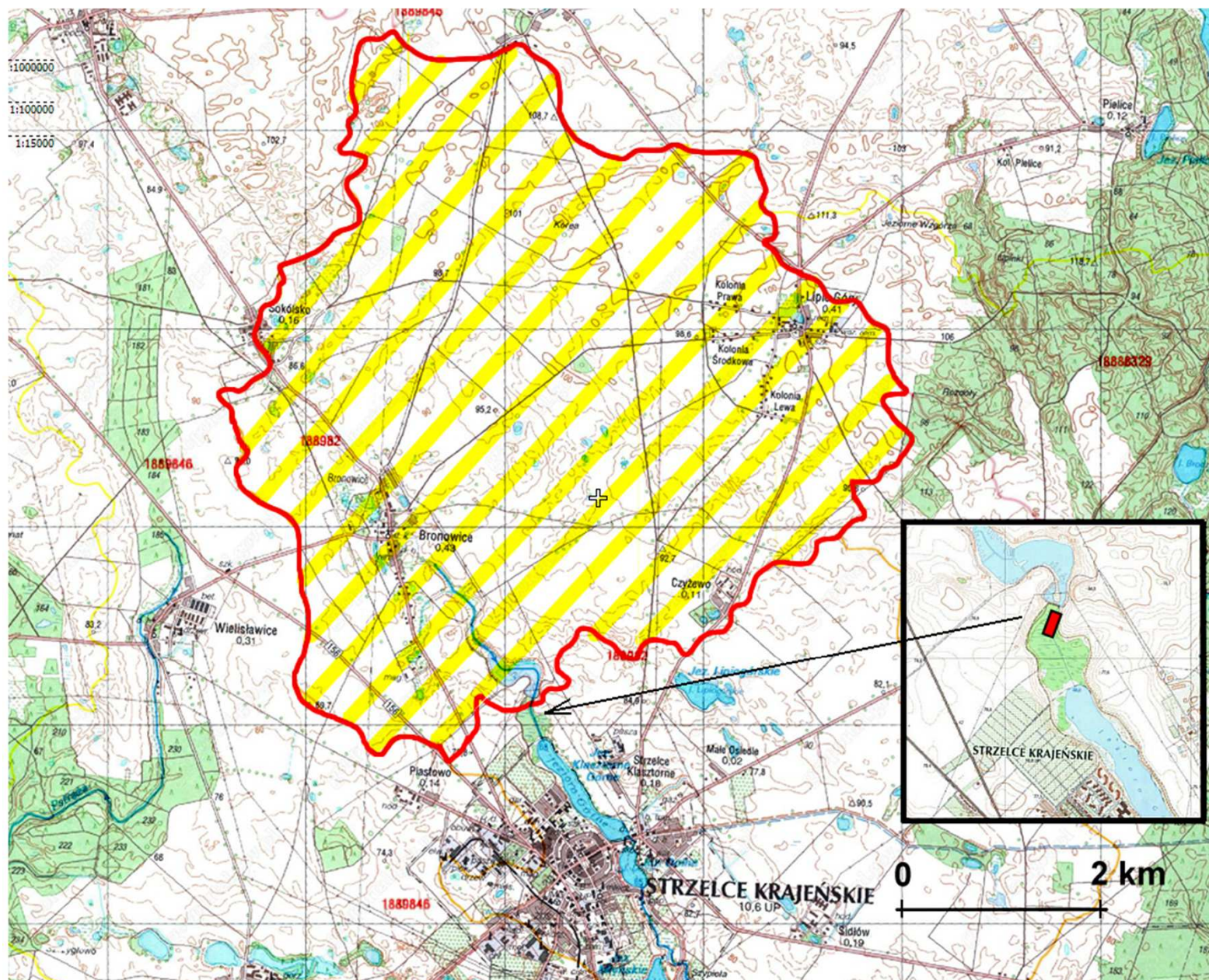
Pojezierze Dobiegniewskie (lubuskie)

Dorzecze:

Kanał Otok – Noteć – Odra

Zlewnia całkowita: 28 km²

Teren badań



Przeciętne zanieczyszczenie biogenne cieku Młynówka
na dopływie do Jeziora Klasztornego Górnego na przestrzeni lat

parametr	Lata 2007-2010	Lata 2011-2013
Fosfor całkowity [mg/l]	0,07 - 0,63	0,1 - 0,33
Azot całkowity [mg/l]	3,5 – 13,4	3,2 - 11,5

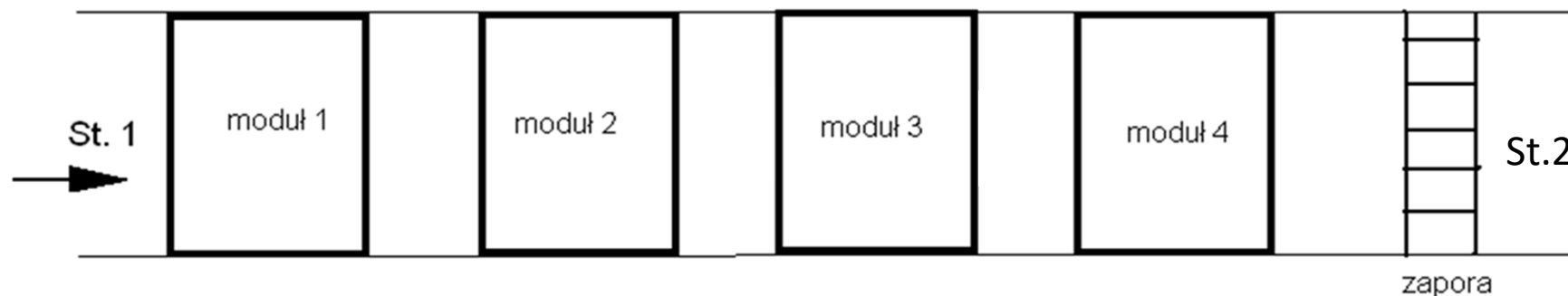
Obiekt badań

Celem budowy sekcji filtrów było przechwycenie nadmiaru zanieczyszczeń spływających wodami cieku do położonych poniżej cennych obiektów hydrograficznych, jakimi są Jeziora Klasztorne w Strzelcach Krajeńskich.



fot. R. Czerniawski

Obiekt badań



Zaprojektowana podczyszczalnia korytowa składa się z czterech sekcji modułów filtracyjnych o pojemności 20m^3 . Jako wypełnienie zastosowano bloki polipropylenowe ($1,0 \times 0,5 \times 0,3\text{m}$) o budowie przestrzennej, umożliwiające swobodny przepływ wody przy jednoczesnej wysokosprawnej separacji ciał stałych. Bloki stanowią także substrat do osiedlenia się organizmów peryfitonowych oraz bakterii.

Obiekt badań



fot. R. Czerniawski

Widok na pojedynczy moduł podczyszczalni

Metodyka

Monitoring działania podczyszczalni korytowej prowadzono przez 11 miesięcy z częstotliwością poboru prób 1-2 razy w miesiącu.

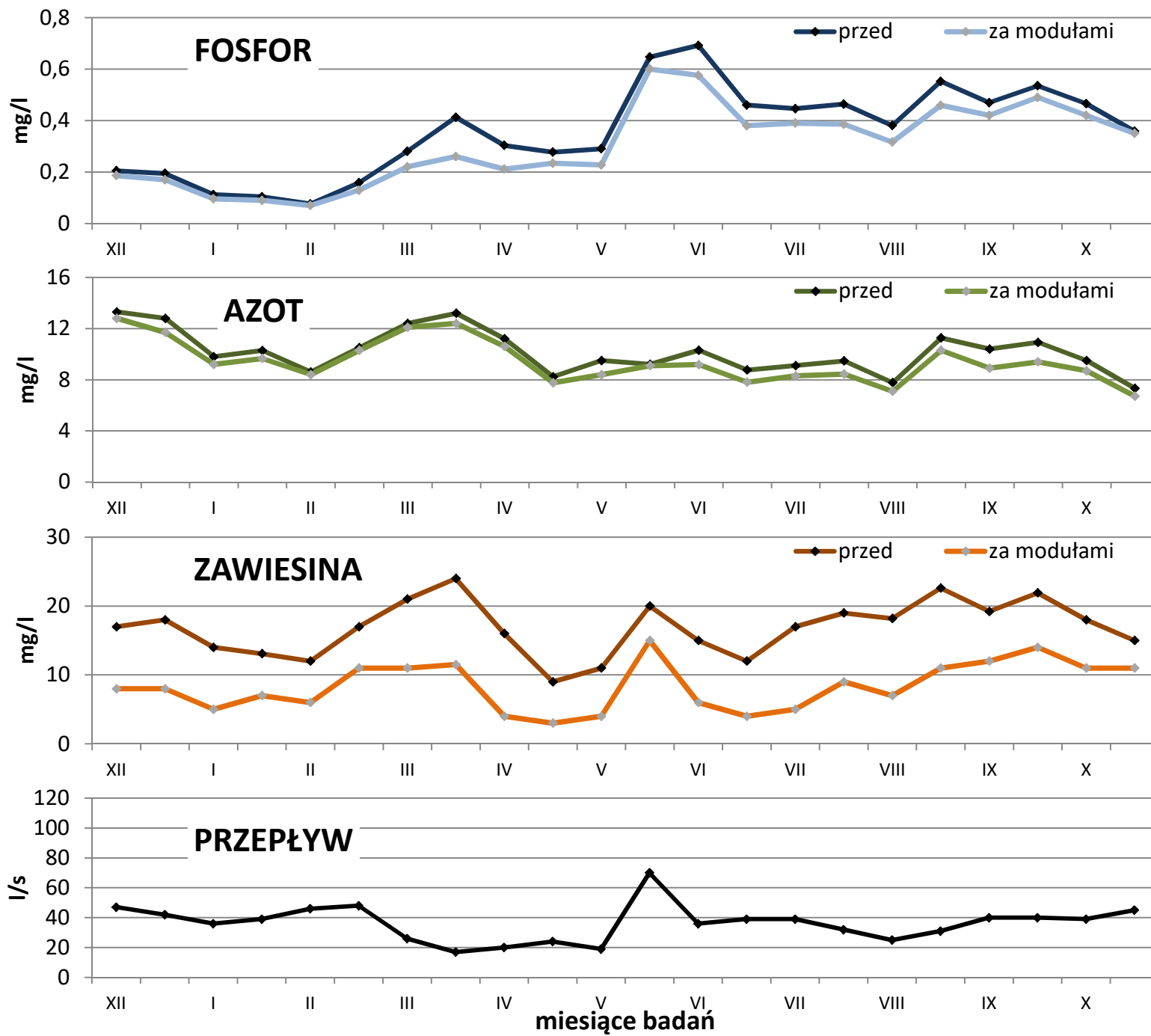
Stanowiska pomiarowe:

- Pobór próbek wody surowej następował kilkanaście metrów przed sekcją filtrów.
- Próbki wody poniżej podczyszczalni pobierano bezpośrednio za przegrodą piętrzącą.

W wodzie oznaczano:

- zawartości tlenu,
 - temperaturę,
 - odczyn,
 - przewodność elektrolityczną,
 - fosfor (mineralny i całkowity),
 - azot (amonowy, azotanowy, azotynowy, całkowity) oraz
 - zawiesinę ogólną,
- Pomiar *in situ* wykonywano miernikiem wieloparametrycznym Elmetron CX-401.





Zakres zmienności parametrów jakości wody Młynówki podczas badań
monitoringowych podczyszczalni korytowej

Parametr	Jednostka	Woda surowa	Woda podczyszczona	Procent redukcji
temperatura	°C	0,5 ÷ 21,5	0,5 ÷ 21,5	0
tlen	mg/l O ₂	7,38 ÷ 20,40	6,95 ÷ 19,70	-5 ÷ 10
przewodnictwo	μS/cm	782 ÷ 1389	781 ÷ 1398	-1 ÷ 1
N-NO ₃	mg/l N	4,18 ÷ 11,10	3,84 ÷ 11,00	-2 ÷ 13
N-NH ₄	mg/l N	0,02 ÷ 0,07	0,03 ÷ 0,05	-50 ÷ 45
N-całkowity	mg/l N	7,32 ÷ 13,30	6,70 ÷ 12,80	1 ÷ 14
P-PO ₄	mg/l P	0,06 ÷ 0,35	0,05 ÷ 0,29	9 ÷ 31
P-całkowity	mg/l P	0,08 ÷ 0,69	0,07 ÷ 0,60	2 ÷ 37
zawiesina	mg/l	9 ÷ 24	3 ÷ 15	25 ÷ 75
przepływ	l/s	17÷70		nie dotyczy

PODSUMOWANIE

Zaprezentowane wyniki wskazują na duże możliwości aplikacyjne wykorzystania modułowych podczyszczalni korytowych do ograniczania transferu zanieczyszczeń w systemach niewielkich wód płynących.

Ponad 58% jezior Polski posiada dopływy powierzchniowe, stąd potencjał do kolejnych zastosowań filtrów jako środków ochrony czynnej jezior jest znaczny.

Do najważniejszych **zalet** tego typu rozwiązania należy:

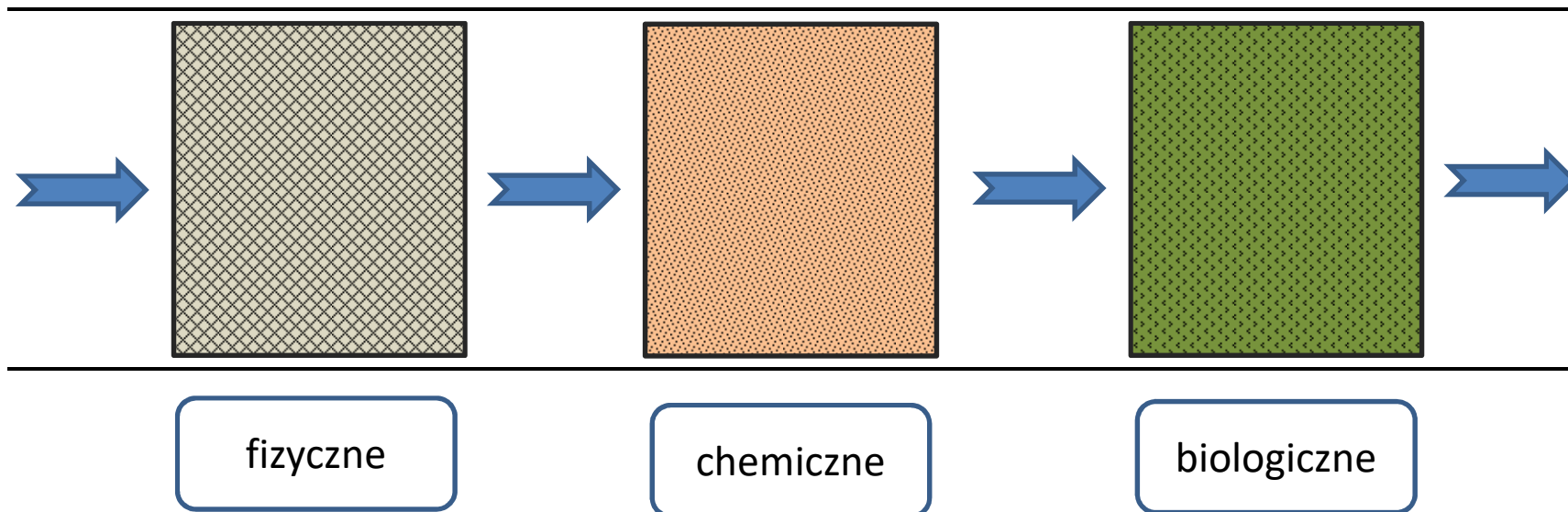
- prosta technologia, oparta na filtracji mechanicznej,
- niewielka powierzchnia obiektu, łatwość adaptacji terenu pod podczyszczalnię
- do pracy urządzeń nie wymagane są media zasilające,
- brak konieczności prowadzenia skomplikowanego monitoringu kontrolno-pomiarowego celem optymalizacji pracy,
- duża odporność na czynniki zewnętrzne, w tym ingerencję osób trzecich - przy odpowiednim zabezpieczeniu mechanicznym nie jest wymagany stały nadzór obiektu.

PODSUMOWANIE

Wady i ograniczenia:

- niska skuteczność w przypadku dominacji mineralnych form biogenów w wodzie cieku,
- w przypadku płytkich koryt konieczność budowy przegrody piętrzącej,
- konieczność wykonywania okresowego czyszczenia czoła złoża z materiału naniesionego z wodami cieku w celu zapewnienia prawidłowych warunków hydraulicznych pracy modułów.
- konieczność okresowego - kilkukrotnie w skali roku, opróżniania modułów i dalszego zagospodarowania wychwyconego osadu nadmiernego.
- Dla zachowania kontinuum biologicznego cieku niezbędne jest doposażenie podczyszczalni w elementy pełniące rolę korytarza ekologicznego (przepławka, kanał obiegowy)
- spadek skuteczności działania przy wzrastającym obciążeniu hydraulicznym.

Czy może być lepiej?



- KERAMZYT
- POLONIT
- OPOKA
- MODUŁY HYDROFITOWE