



Bilans wodny Jeziora Drawsko, możliwości retencji oraz metody ochrony zlewni bezpośredniej

Prof. dr hab. inż. Tomasz Heese

Dr inż. Tomasz Oberski

Dr inż. Katarzyna Piкуła

WSTĘP

Wymiana wody w jeziorach ma istotny wpływ na przepływy w rzekach pojeziernych. Wpływ ten jest bardzo zróżnicowany i ostatecznie o jego znaczeniu mogą zdecydować badania bilansowe.

Badania bilansowe muszą być prowadzone na konkretnych jeziorach wyznaczonych wstępnie do **stabilizacji poziomu jezior**, a nie w oparciu o ekstrapolacje z najbliższych wodowskazów.

W praktyce tylko jeziora duże **powyżej 100 ha powierzchni** mają pewne znaczenie (choć nie wszystkie) do retencji wody i transformacji odpływu.

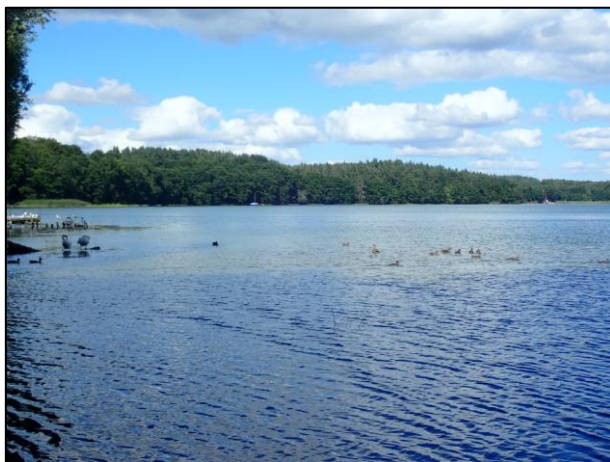
Poznanie czynników pełniących rolę w **transformacji odpływu** jest możliwe dzięki szeroko zakrojonym badaniom bilansowym.

W wyniku stabilizacji poziomu wody na wyższym poziomie będziemy mieli do czynienia z wpływem na **dopływ** lub **odpływ podziemny**. Jest to bardzo ważny czynnik wpływający na obieg wody w przyrodzie i dzięki taki działaniom można doprowadzić do zwiększania zasilania wód podziemnych celem ich regeneracji.

WSTĘP

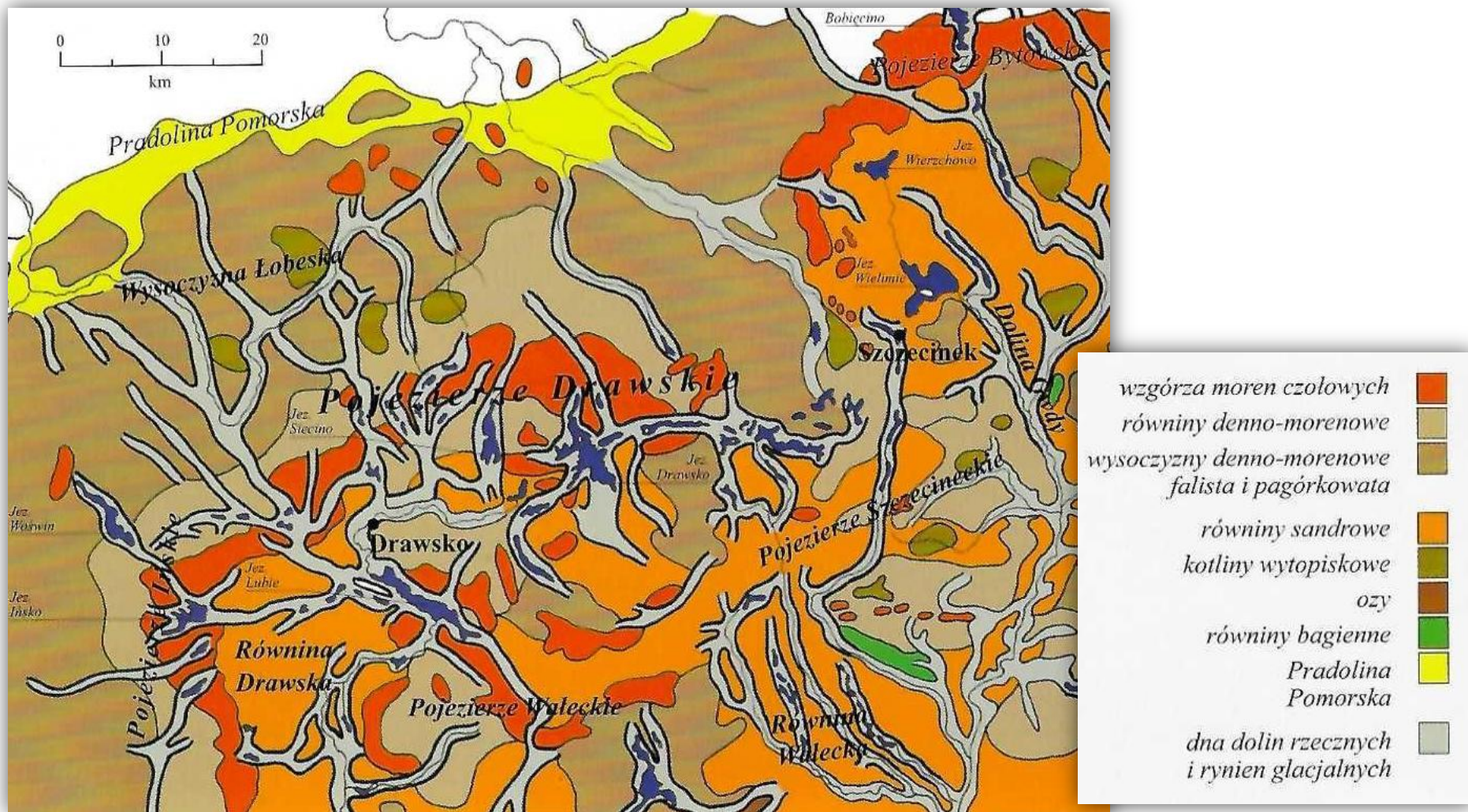
Wody odpływające z jeziora często określane są jako **zasoby dynamiczne** w odróżnieniu od **zasobów statycznych** (średnie wypełnienie misy jeziornej).

Zasoby dynamiczne są utożsamiane z zasobami retencyjnymi obejmującymi objętość wody w zakresie maksymalnej amplitudy stanów wody.



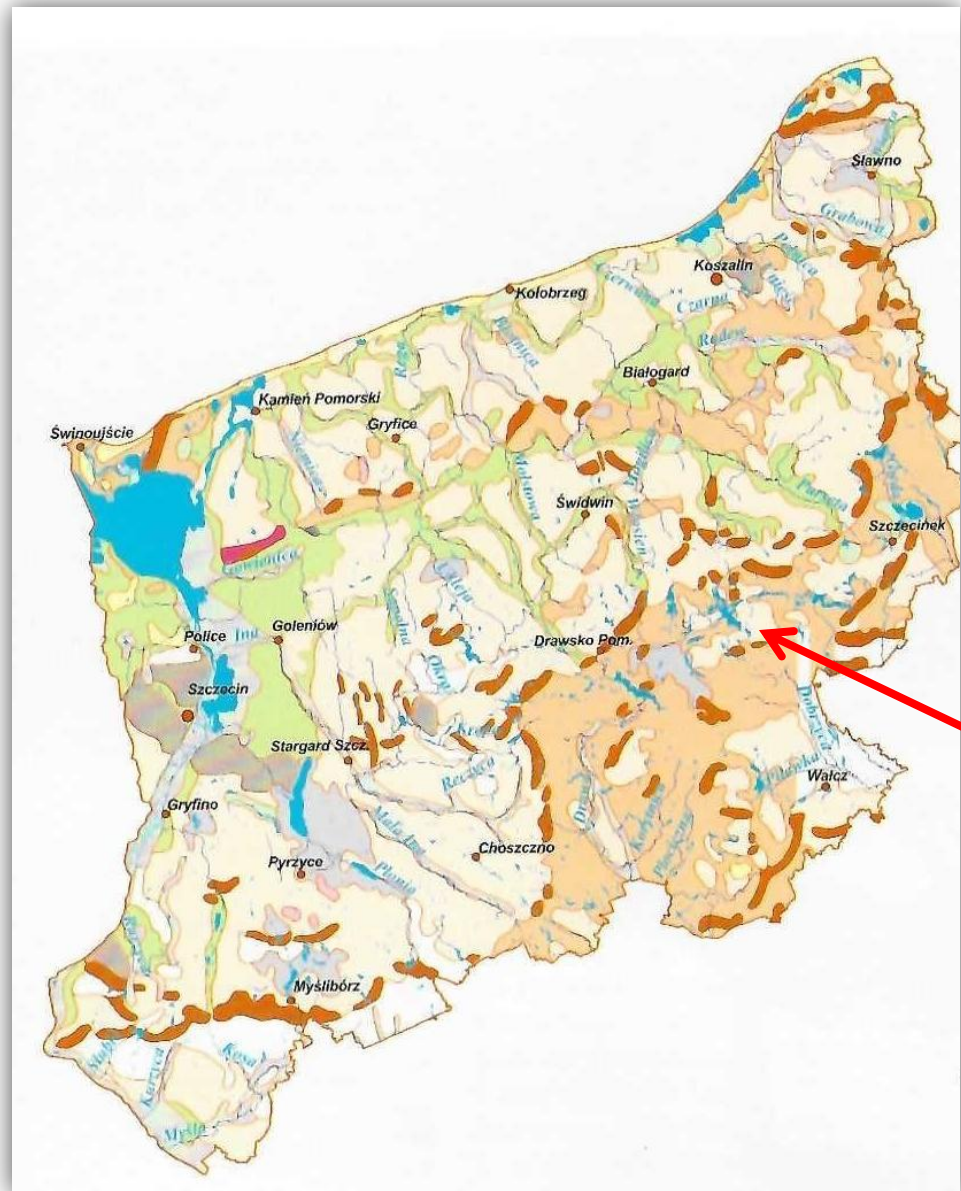
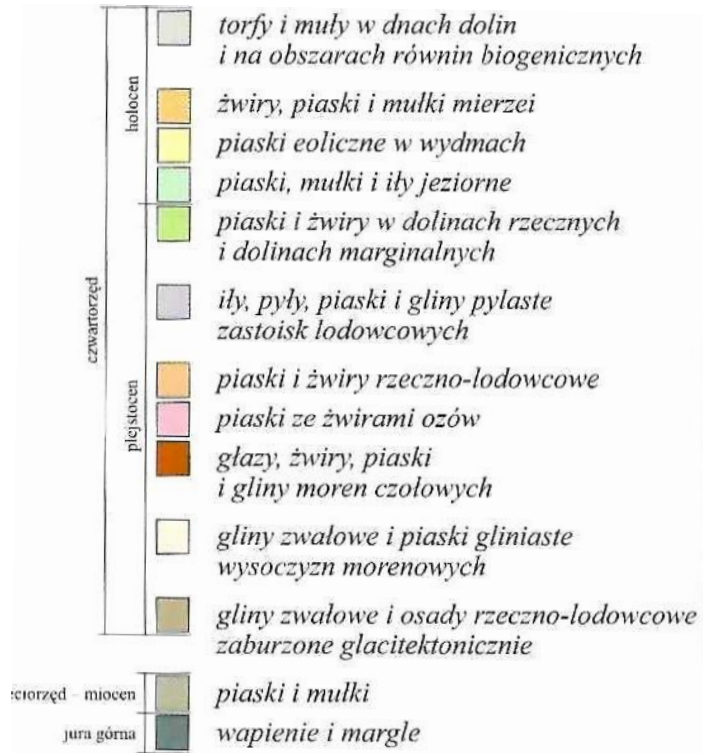
Jeziro Żerdno (po lewej) łączy się krótkim kanałem z Jeziorem Drawskim (po prawej), na przesmyku między nimi znajduje się zamek Templariuszy Drahim

GEOMORFOLOGIA

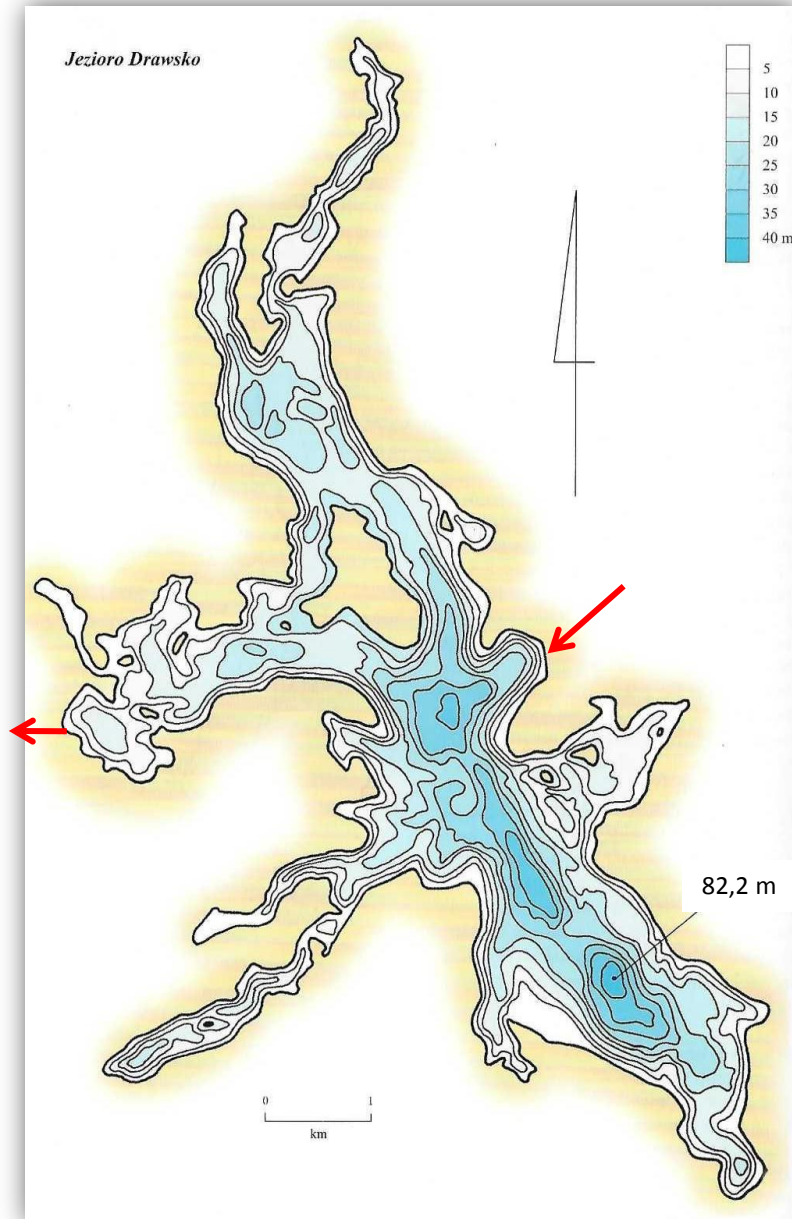


Mapa geomorfologiczna Pojezierza Drawskiego (źródło: Starkel (red.), Przeglądowa mapa geomorfologii Polski)

OSADY POWIERZCHNIOWE



JEZIORO DRAWSKO



W wyniku stabilizacji poziomu wody na wyższym poziomie będziemy mieli do czynienia z wpływem na dopływ lub odpływ podziemny.

Jest to bardzo ważny czynnik wpływający na obieg wody w przyrodzie. Dzięki takim działaniom można doprowadzić do zwiększania zasilania wód podziemnych celem ich regeneracji.

Stabilizacji poziomu wody na wyższym poziomie będzie towarzyszyć retencja wody w zagłębieniach bezodpływowych!

Zlewnia całkowita Jeziora Drawsko, wraz z jego powierzchnią, **wynosi 17 930 ha**, natomiast zlewnia bezpośrednia bez powierzchni jeziora **1 566,6 ha** (Gajdecki, Janecki 1996).

Wśród form zagospodarowania zlewni bezpośrednioj dominują:

- lasy 712,9 ha (45,5%)
- łąki -170,0 ha (10,9%)
- grunty orne 568,7 ha (36,3%)

JEZIORO DRAWSKO

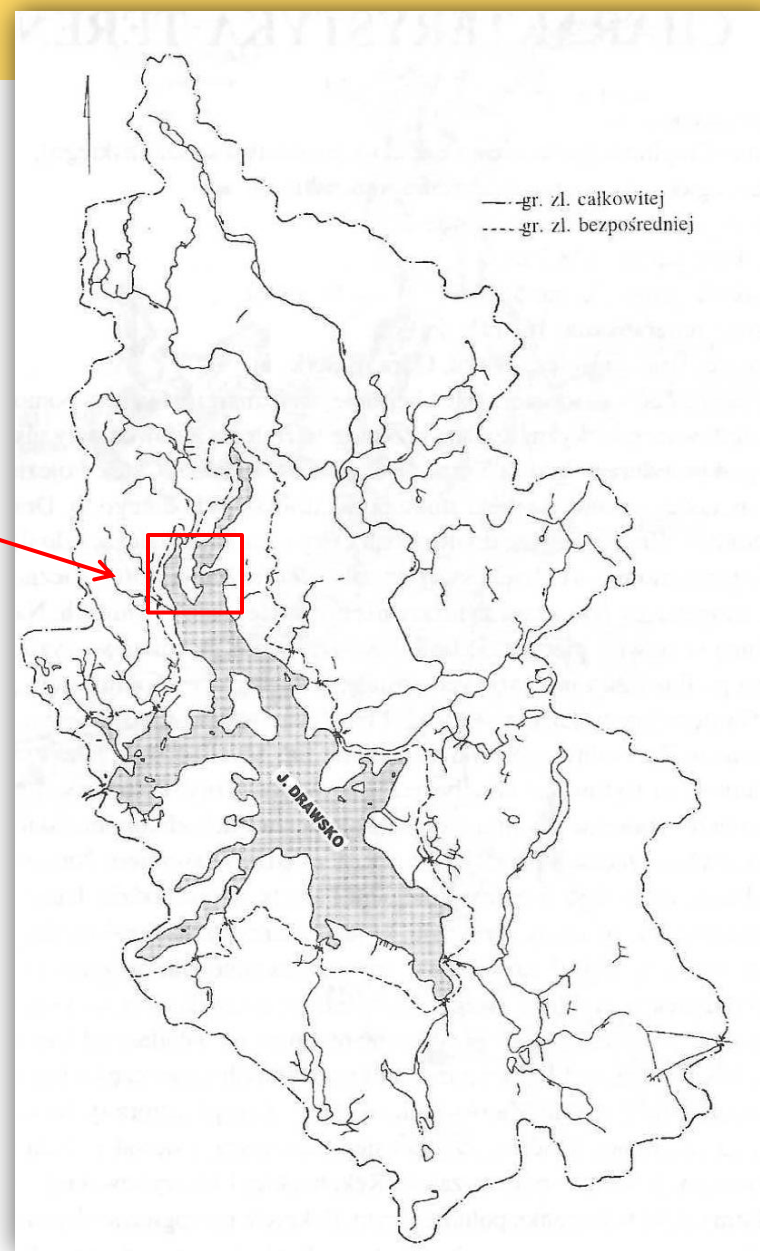
Podatność na degradację jeziora plasuje się **w I kategorii**.

Decydują o tym parametry morfologiczne jeziora takie jak np. **głębokość średnia** wynosząca 18,6 m, czy **współczynnik Schindlera** jako iloraz powierzchni zlewni całkowitej do objętości zbiornika.

To sprawia, że w systemie rzeczno-jeziornym Drawy Jeziora Drawsko jest najważniejszym zbiornikiem regulującym odpływ w rzece poniżej, tj. rolę wyrównującą i drenującą.

Współczynnik jeziora "C", według Bajkiewicz-Grabowskiej (2012) wynosi 10. Współczynnik "C" jest obliczany jako iloraz całkowitej powierzchni zlewni do powierzchni jeziora. Przy tak niskim współczynniku "C" należy oczekiwać, że jezioro ma zdolność do wyrównania odpływu rzeczno-jeziornego. Tylko badania odpływu Drawy z jeziora, pozwolą te założenie zweryfikować.

JEZIORO DRAWSKO



Podjęto próbę oszacowania dopływu ze zlewni cząstkowych, co sprawia sporo trudności metodycznych z uwagi na dopływy, które wnoszą wody powierzchniowe okresowo.

JEZIORO DRAWSKO

W XVIII wieku doszło do znacznego już współczesnego obniżenia poziomu wód Jeziora Drawsko do około 2 m pogłębiając odpływ z jeziora.

W przeszłości (lata 1787-1788) zasoby wód były znaczące, gdyż w miejscowości Rzepowo, poniżej ujścia Drawy z Jeziora Drawsko, znajdowały się młyny wodne i folusz (produkcja sukna, olejarnia, tartak).



Obieg wody w jeziorze w określonym czasie jest równaniem bilansowym

Bilans to porównanie ilości wody zasilającej jezioro (przychód wody) do ilości wody uchodzącej różnymi drogami (rozchód wody)

Najczęściej analizujemy wymianę pionową (jeziora – atmosfera) i poziomą (jeziora – zlewnia) (*)

Bilans wodny Jeziora Drawsko musi uwzględnić wielkość podziemnej wymiany wody:

$$(P_j - E_j) + (D_j - H_j) + \Delta Z_{\text{podz}} = \Delta R_j$$

Gdzie: $P_j - E_j$ – wymiana pionowa,

$D_j - H_j$ - wymiana pozioma

ΔZ_{podz} – wypadkowa zasilania podziemnego

ΔR_j - różnica retencji

* - szczególne przypadki jezior bezodpływowych i przy morskich będących pod wpływem wód morskich

Rola jezior w kształtowaniu odpływu systemu rzeczno-jeziornego jest możliwa do oceny na podstawie szczegółowego bilansu wodnego zbiornika obejmujący okres wielolecia.

Ważny element bilansu wodnego w przypadku stabilizacji poziomu wody to

H_j - odpływ rzeczny z jeziora

W systemie będziemy mieli jeziora:

- wyrównujące odpływ (zachowują się podobnie jak zbiorniki retencyjne)
- przepływowe (dopływ równy jest odpływowi)
- drenujące wody podziemne (odpływ z jeziora jest większy od dopływu)**

Jeziora zakłócają transport materii biogennej. Wskutek spadku energii kinetycznej wody następuje akumulacja materii allochtonicznej i autochtonicznej w postaci osadów.

Trudny temat w przypadku zlewni niekontrolowanej!

Pionowa wymiana wody w jeziorze

Opad atmosferyczny z najbliższych posterunków opadowych

Parowanie według kilku formuł (Dawidowa, Ivanowa, Jaworskiego czy łączone) zależnie od dostępnych lokalnie danych

Pozioma wymiana wody w jeziorze

Dopływ do jeziora

Odływ z jeziora

Retencja jeziorna

Miernikiem w okresie bilansowym są zmiany pojemności misy jeziora

Wypadkowa zasilania podziemnego

Najtrudniejszy element bilansu wodnego z uwagi na zróżnicowaną budowę systemu hydrogeologicznego.

Gdy: $\Delta Z_{\text{podz}} > 0$ – jezioro jest zasilane wodami podziemnymi

$\Delta z_{\text{podz}} < 0$ – jezioro zasila wody podziemne

STABILIZACJA POZIOMU WODY

Zanim podejmie się decyzje o wysokości stabilizacji wody to trzeba koniecznie określić przepływowość Jeziora Żerdno i Drawsko. Jezioro Żerdno ma niewielkie zróżnicowanie linii brzegowej, zaś Jezioro Drawsko to szereg rynien polodowcowych wciętych głęboko w ląd co sprawia, że niektóre zatoki będą miały inny charakter retencji wody i przepływowości. **Zatoki charakteryzują się różnymi charakterystykami termicznymi!**

Jezioro
Drawsko



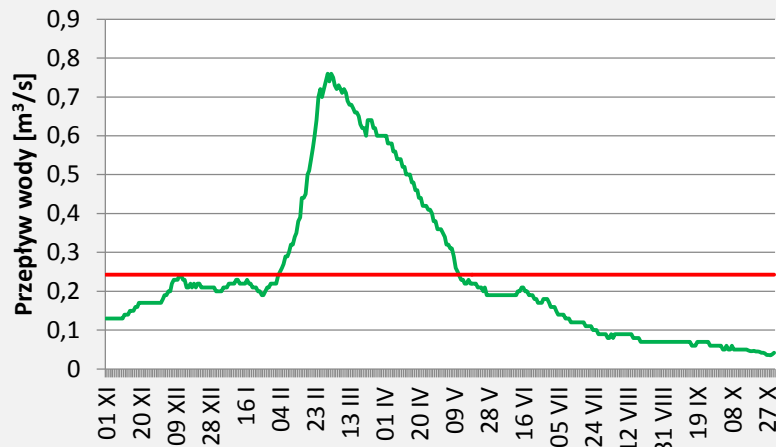
Jezioro
Żerdno

Jezioro Drawsko część środkowa (fot. UM i G Czaplnek)

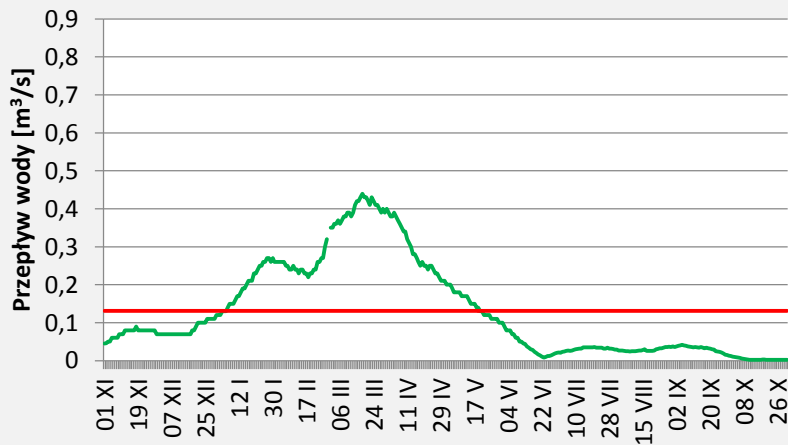
DOPŁYW WODY POWIERZCHNIOWEJ



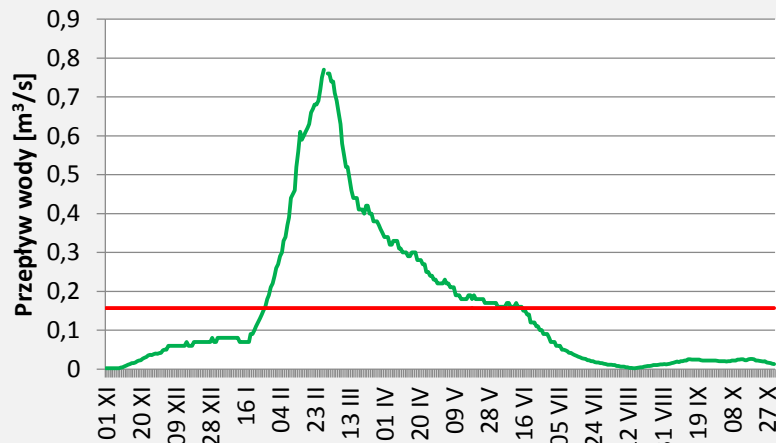
Średni dobowy przepływ Drawy na stacji Stare Drawsko
w roku hydrologicznym 2020 [m³/s]



Średni dobowy przepływ Drawy na stacji Stare Drawsko
w roku hydrologicznym 2021 [m³/s]



Średni dobowy przepływ Drawy na stacji Stare Drawsko
w roku hydrologicznym 2022 [m³/s]



DOPŁYWY DO JEZIORA

Kolejny znaczący dopływ to ciek prowadzący wody z Jeziora Czaplino, przepływający przez Czaplinek. Ocenione **przepływy chwilowe to ok. $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$** . Wnosi spore ładunki nie tylko z eutroficznego jeziora ale także wody opadowe ze zlewni miejskiej.

Mniejsze dopływy to ciek z jeziora Pławno uchodzący do Zatoki Manewrowej w południowej części Jeziora Drawsko. W przeszłości wnosił odprowadzane ścieki z pobliskiej gorzelni

poprzez niewielkie Jeziorko Pławno. Przepływ nie został oszacowany. Podobnie pobliski rów odwadniający na zachód od tego dopływu niosący wody o znikomy chwilowym przepływie w

granicach **$0,001 \text{ m}^3/\text{s}$** . Większe zagrożenia stanowią niewielki dopływy w postaci rowów doprowadzających wody z pobliskich wiosek jak ciek wypływający w okolicach wsi Warnięg do Zatoki Uraz w północnej części Jeziora Drawsko z oszacowanym chwilowym przepływem ok.

$0,01 \text{ m}^3/\text{s}$. Dalej ciek spływający z okoli wsi Belogorzyn o oszacowanym chwilowym przepływie ok.

$0,007 \div 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ i z okolic miejscowości Lipno na północy Jeziora Drawsko. Od strony wschodniej w okolicach miejscowości Drahimek spływa ciek o chwilowym przepływie w granicach **$0,014 \div 0,016 \text{ m}^3/\text{s}$** .



STABILIZACJA POZIOMU WODY

Ważnym wskaźnikiem jest określenie struktury bilansu, czy zbiornik jest zasilany ze zlewni czy przeważa zasilanie opadowe, dalej jaki jest typ jeziora tj. czy pasywny czy aktywny w oparciu o dane hydrologiczne i morfologiczne. Inne jeszcze wskaźniki jak wymiany wody czy współczynnik retencyjności **winien decydować o zabiegach stabilizacji poziomu wody**. Nie bez znaczenia dla decyzji będzie ocena zjawisk lodowych, np. pokrywa lodowa na Jeziorze Drawsko pojawia się w pierwszej połowie stycznia (Sobolewski i in., 2014).

Szereg problemów przy dokładnym bilansie wodnym jezior sprawia, że jeśli są one zrobione to bardzo pobieżnie przy dość ogólnych założeniach.

"Bilansowanie zasobów wodnych stanowi jedną z podstawowych metod analizy warunków wymiany między jeziorem a jego otoczeniem. Zestawienie w postaci równania elementów przychodu i rozchodu wody wyraża w syntetyczny sposób charakterystyczne cechy lokalnego cyklu hydrologicznego, determinowanego obecnością jeziora w konkretnym systemie odpływu" (Lange 1993) .



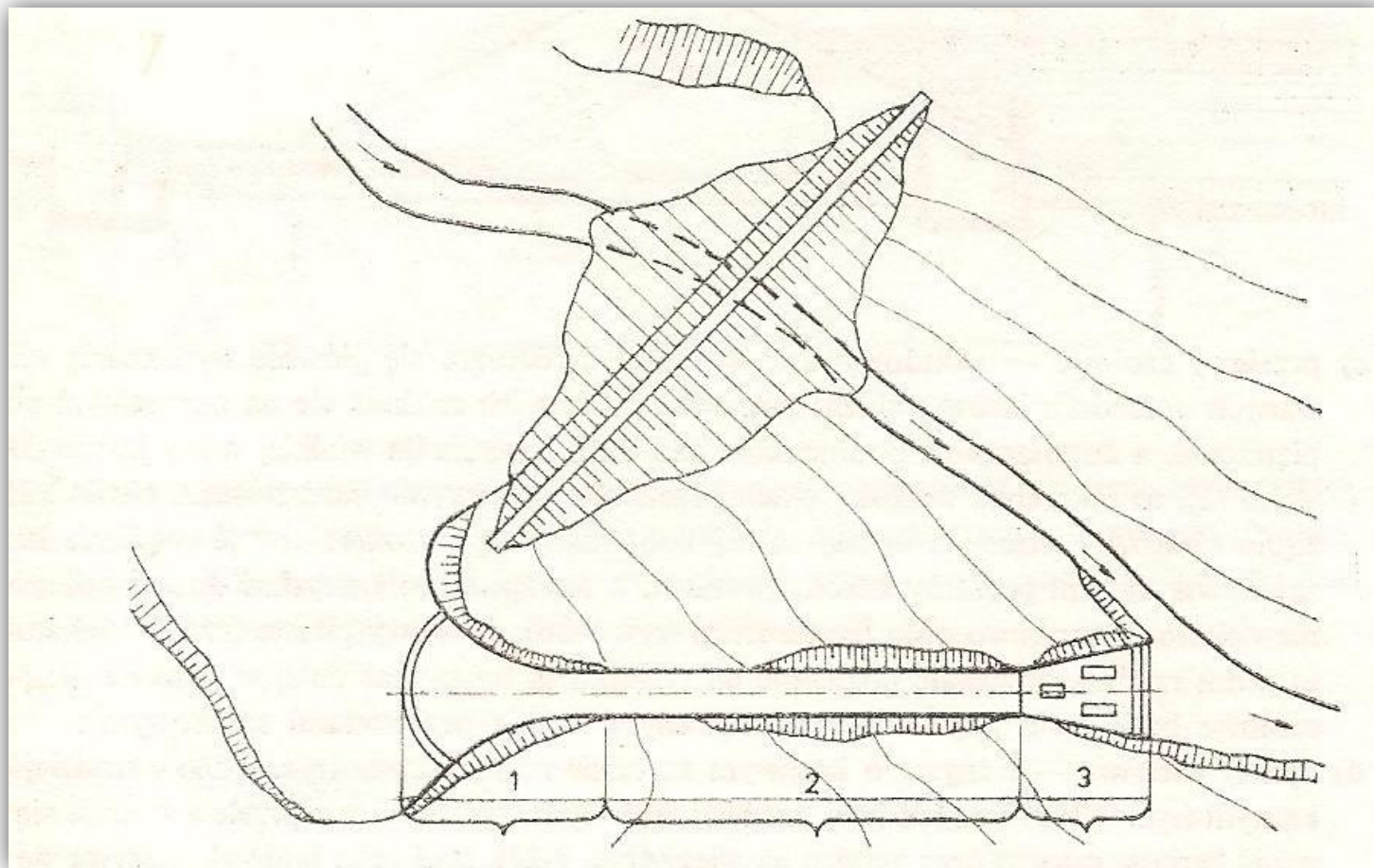
Stan rzeki Drawy, w sierpniu 2022 roku, na docinku doływu do kompleksu jezior Żerdno i Drawsko

Bilans wodny to jeden z ważniejszych aspektów gospodarki wodnej jezior, poza jakością wód, i należy tą wiedzę szybko uzupełnić oraz zaproponować wiarygodny sposób wykonaniu bilansu wodnego jeziora celem podjęcia decyzji o stabilizacji poziomu wody tj. retencji.

Obecnie dysponujemy w skali kraju obliczonymi zasobami tzw. statycznymi czyli objętością jezior dla średniej wypełnienia misy jeziornej. Do zarządzania zasobami potrzebujemy danych o zasobach dynamicznych, która obejmują wodę w zakresie maksymalnej amplitudy stanów wód.

Zasilanie Jeziora Drawsko może być uzależnione od dopływu wód podziemnych i zasilanie może dochodzić do 50% podobnie jak na Kaszubach gdzie stwierdzono takie zjawisko dla głębokich jezior Raduńskich.

PODSUMOWANIE – PROPOZYCJA BUDOWLI PIĘTRZĄCEJ NA UJŚCIU DRAWY Z JEZIORA



Upust stokowy z bystrotokiem: 1 – wlot z przelewem, 2 – bystrotok, 3 – urządzenie do rozpraszania energii

Materiały fotogrametryczne

Numeryczny model terenu:

na podstawie lotniczego skaningu laserow
rozdzielczość przestrzenna 1m,
średni błąd wysokości 0,15m,
wykonany w dniach:

2022-06-18

2022-06-26

Ortofotomapy:

kolorowe RGB,
rozdzielczość przestrzennej 0,25m,
ze zdjęć wykonanych w terminach:

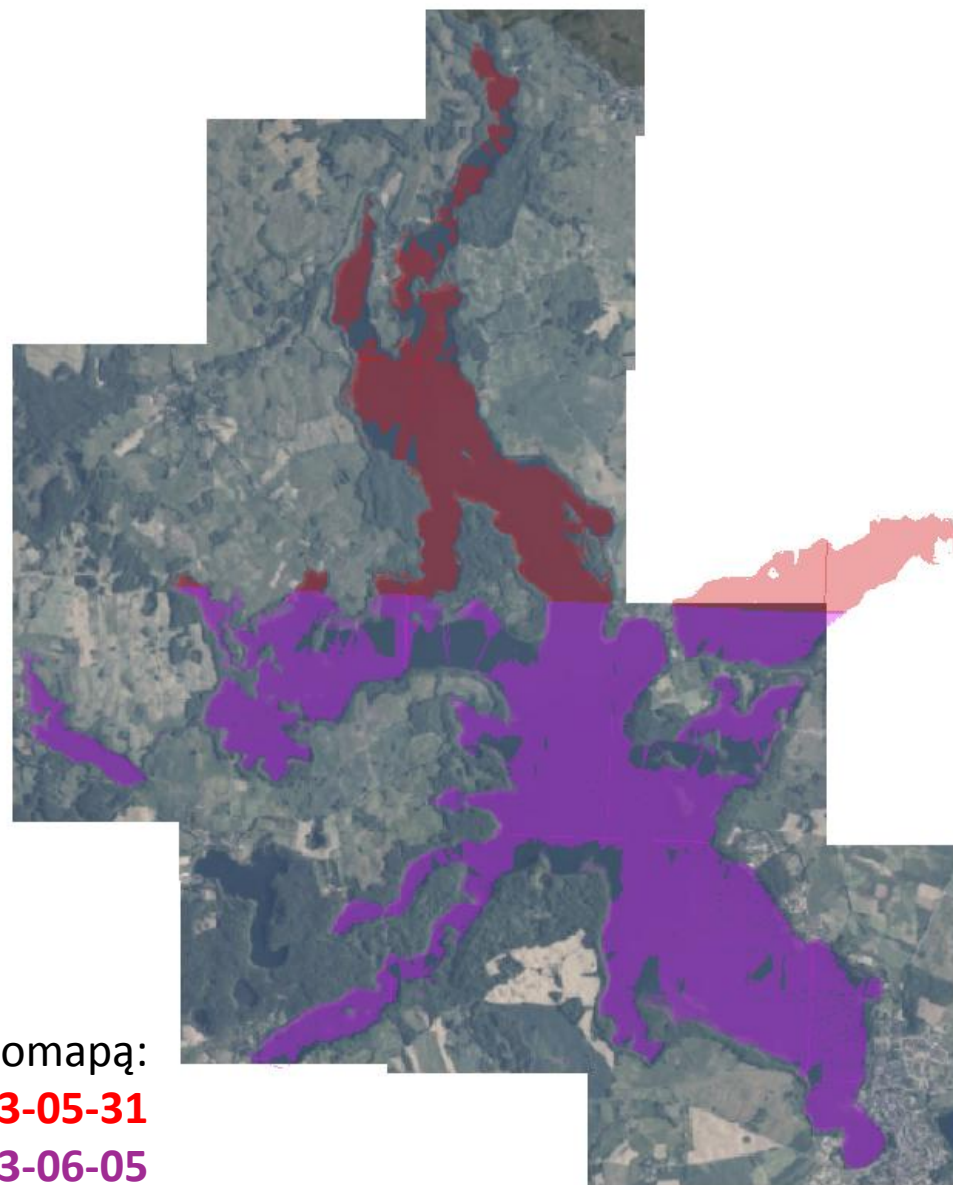
2023-05-31

2023-06-05

Pokrycie ortofotomapą:

2023-05-31

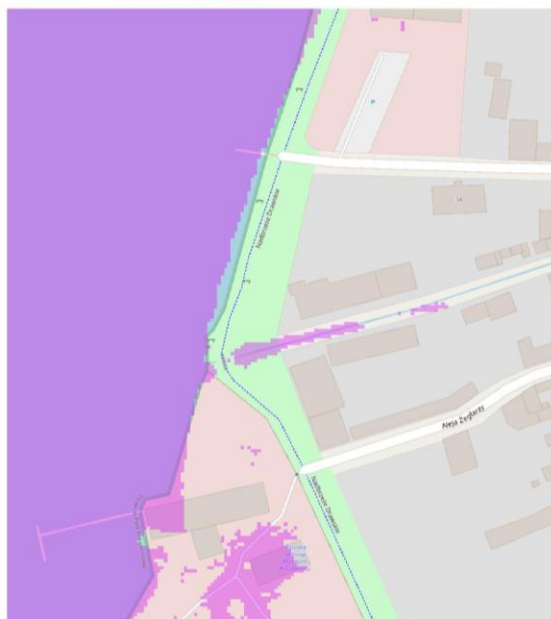
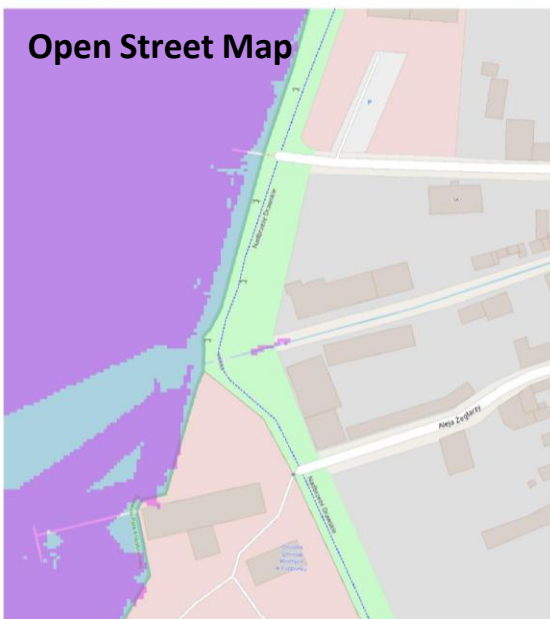
2023-06-05



Ortofotomapa
z dnia 2023-05-31



Open Street Map

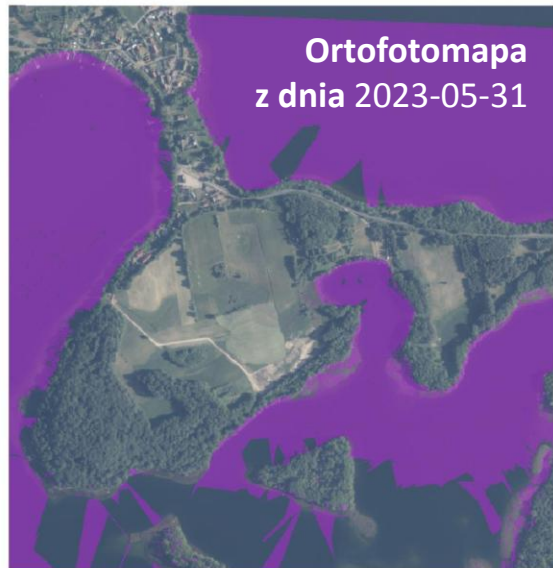


stan wodowskazu 107 cm,
poziom wody 128,49 m n.p.m. (EVRF2007)

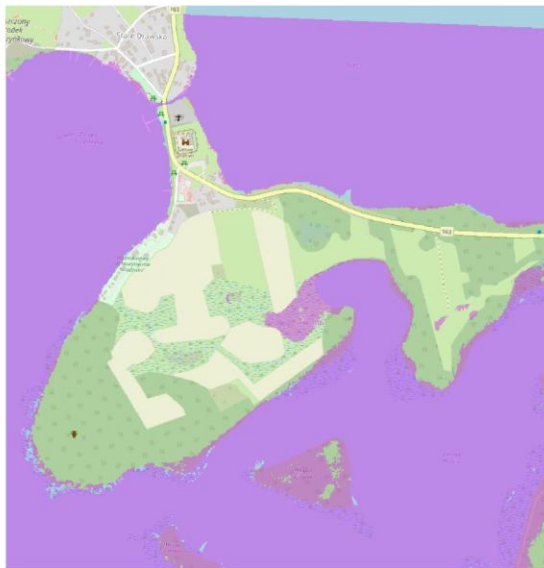
poziom wody +50cm
128,99 m n.p.m. (EVRF2007)

poziom wody +100 cm
129,49 m n.p.m. (EVRF2007)

**Ortofotomapa
z dnia 2023-05-31**



Open Street Map



stan wodowskazu 107 cm,
poziom wody 128,49 m n.p.m. (EVRF2007)

poziom wody +50cm
128,99 m n.p.m. (EVRF2007)

poziom wody +100 cm
129,49 m n.p.m. (EVRF2007)

Ortofotomapa z dnia 2023-05-31



poziom wody + 50 cm
128,99 m n.p.m. (EVRF2007)

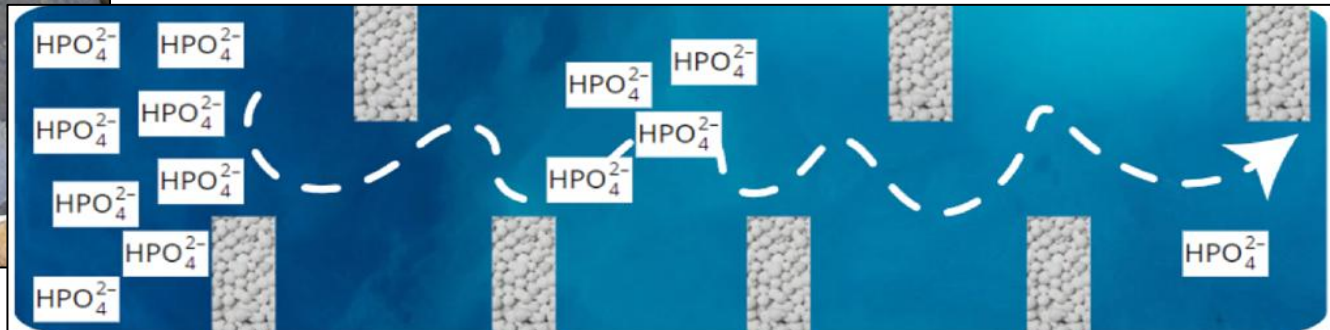


poziom wody +100 cm
129,49 m n.p.m. (EVRF2007)

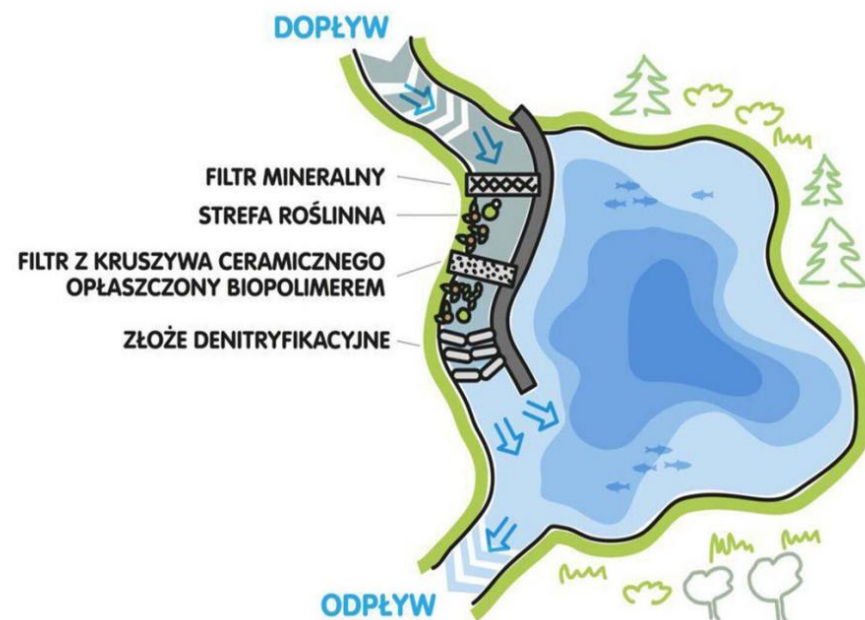
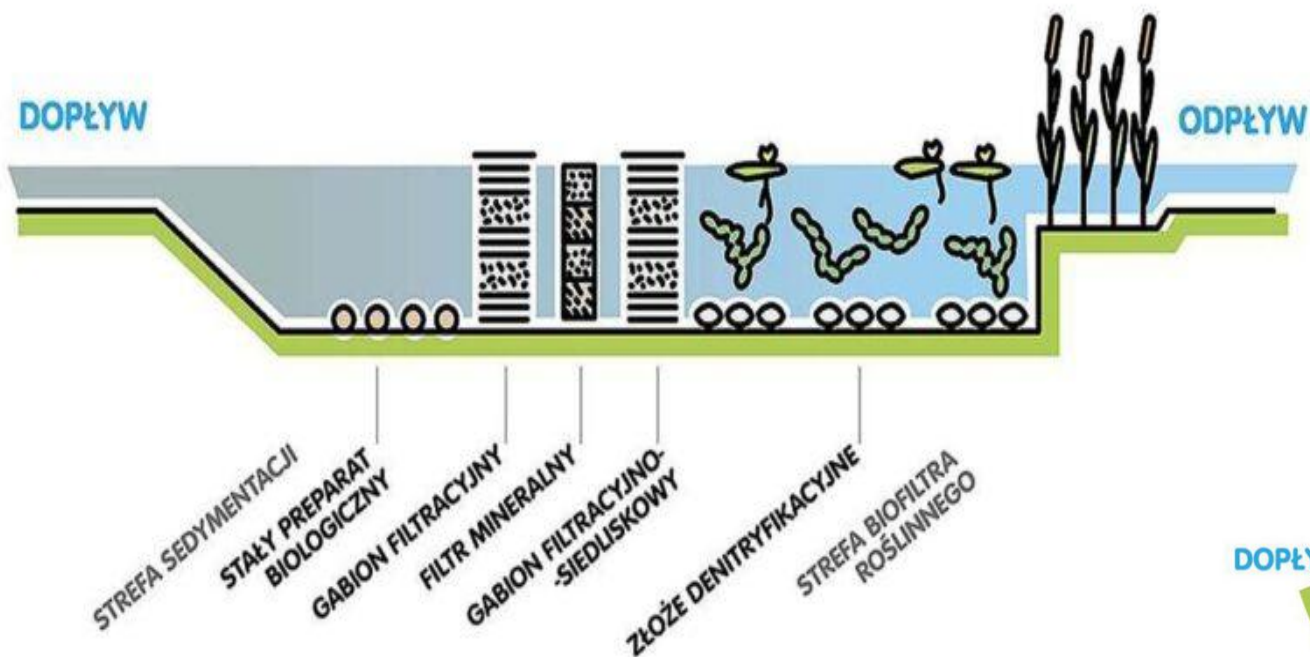
BIOKER - TECHNOLOGIA DEDYKOWANA DO CIEKÓW (WÓD PŁYNĄCYCH)



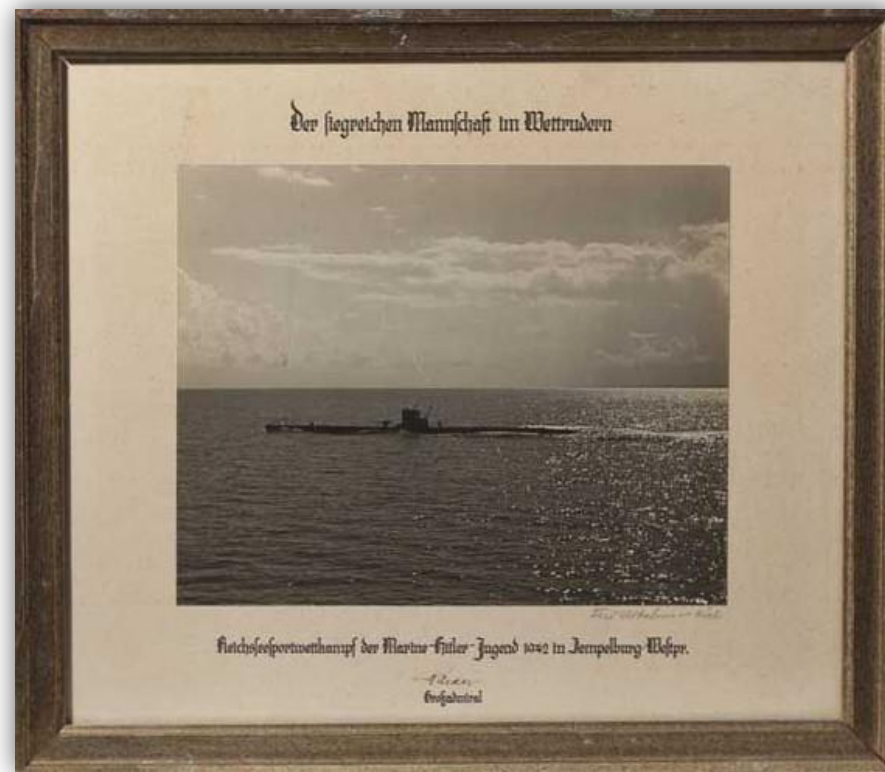
Kruszywo ceramiczne otoczone biopolimerem z aktywnym adsorbentem w postaci półprzepuszczalnych barier służy do usuwania pestycydów i foforanów



BIOTYCZNO-ABIOTYCZNY SYSTEM OCZYSZCZANIA WÓD



NA ZAKOŃCZENIE – JEZIORO TAJEMNIC - POLSKIE LOCH NESS



OTWARTE SYFONY SZCZEŻUI TO DOBRY PROGNOSTYK DLA JEZIORA DRAWSKO



Dziękujemy za uwagę

