Przestrzenna i sezonowa zmienność stężeń CO_2 w jeziorze Wigry

Anna Paprocka

Instytut Nauk Geologicznych
Polska Akademia Nauk w Warszawie

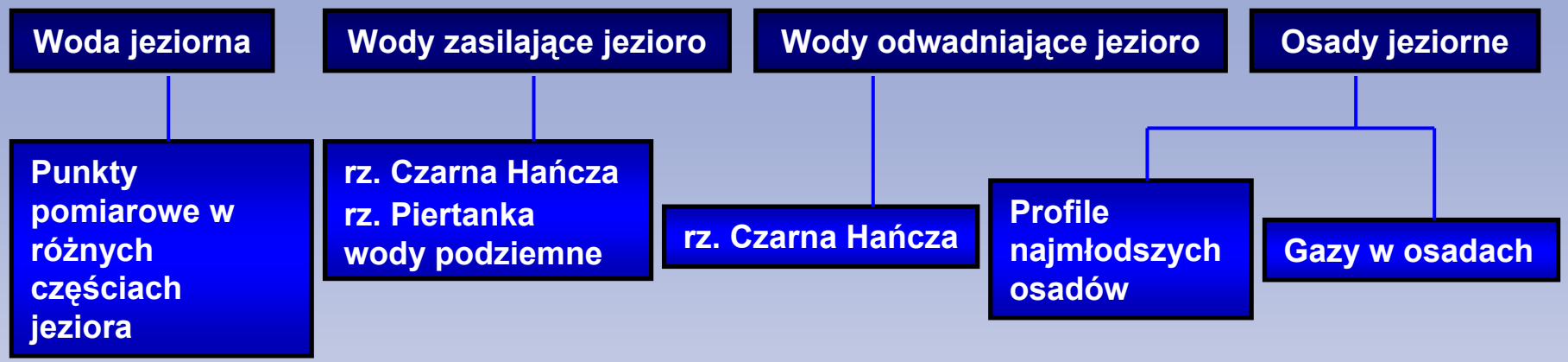
Cele prac:

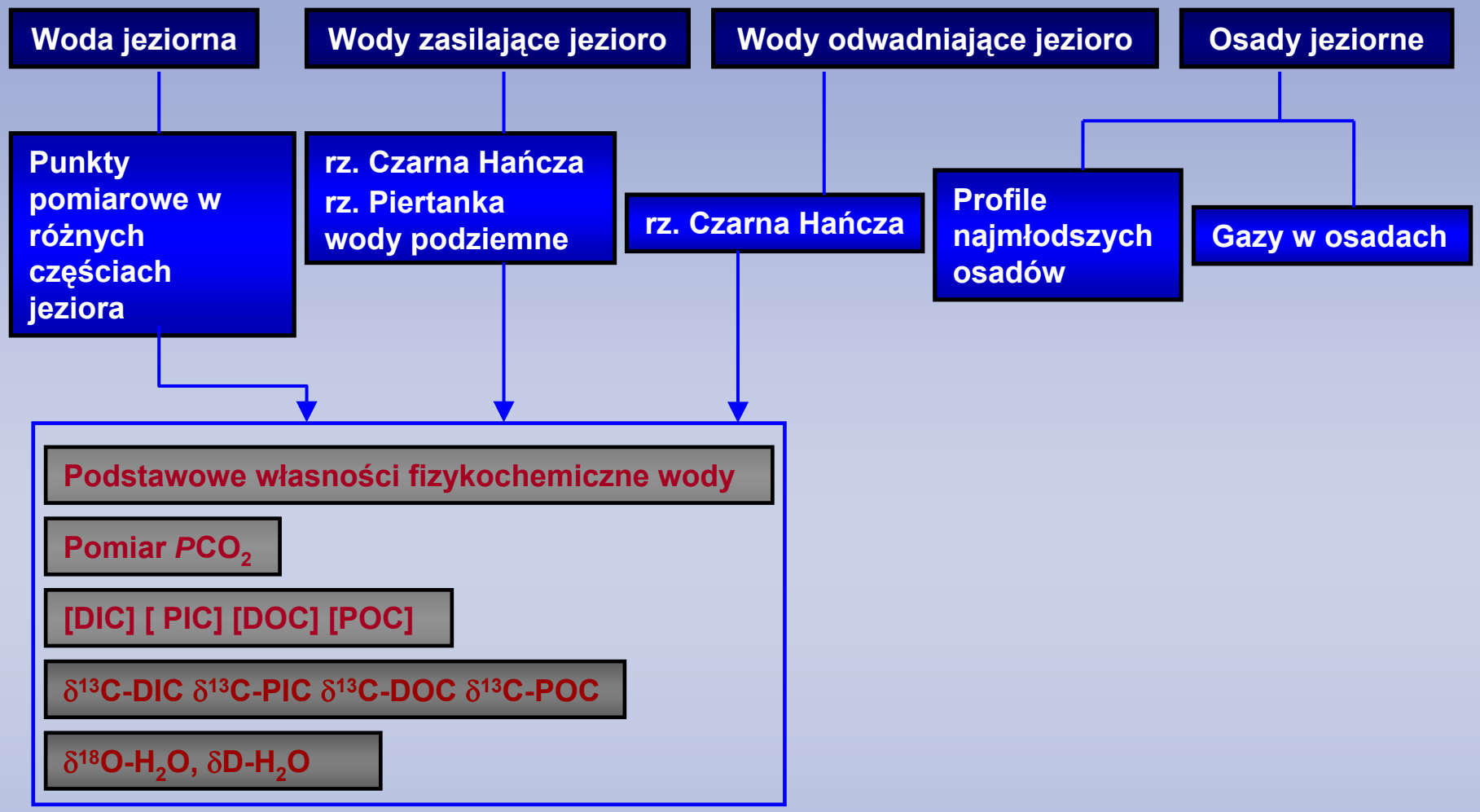
Zbudowanie modelu obiegu węgla w systemie jeziornym Wigry opartego o układ równań bilansowych masy i składu izotopowego dla poszczególnych składników systemu.

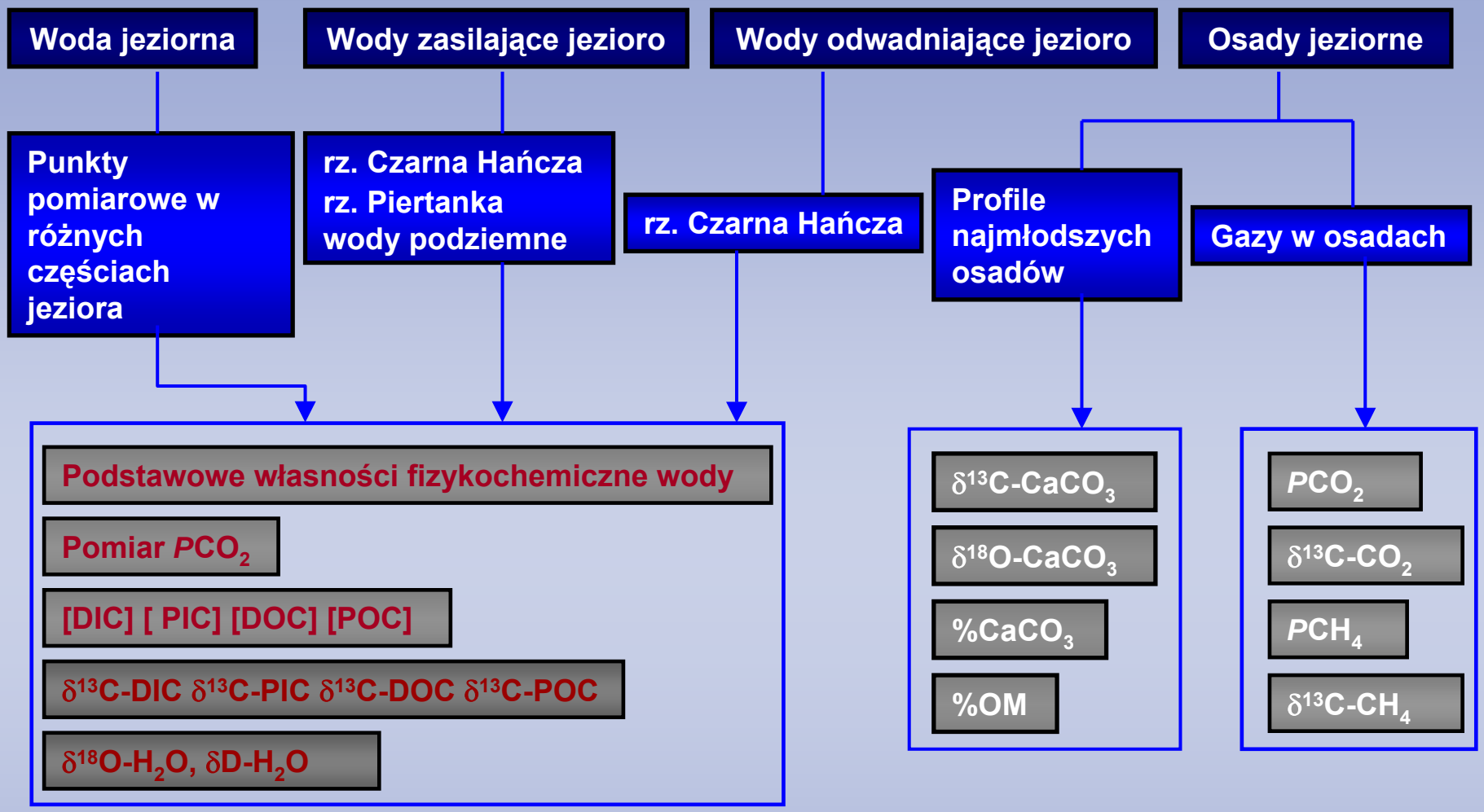
Określenie wielkości transferu różnych form węgla pomiędzy lądem, atmosferą a środowiskiem wodnym i dennym badanego zbiornika

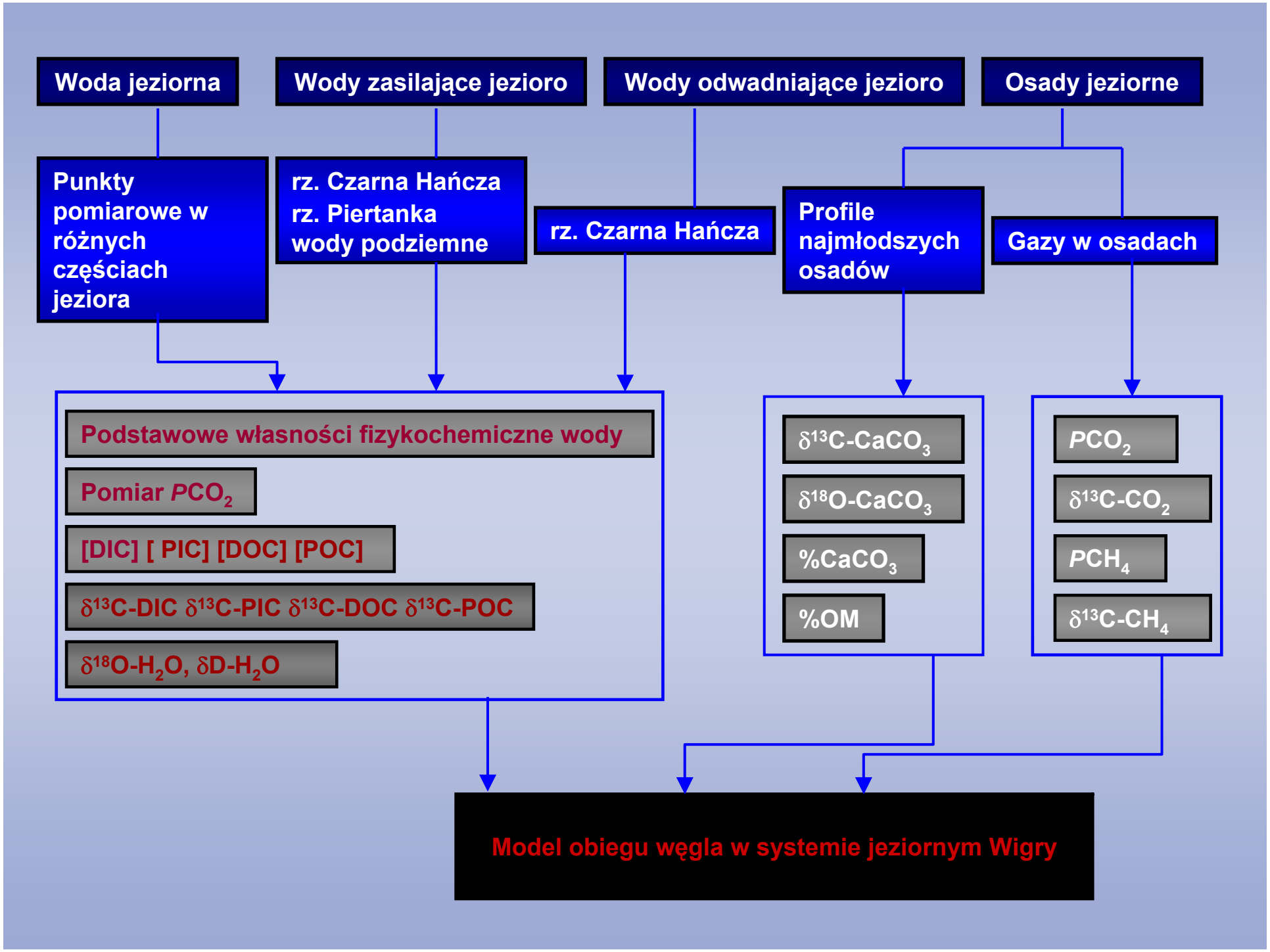
Identyfikacja czynników kształtujących procesy związane z produktywnością biologiczną i respiracją, wytrącaniem i rozpuszczaniem minerałów węglanowych, utlenianiem i konserwacją materii organicznej w osadach oraz z wymianą dwutlenku węgla pomiędzy jeziorem i atmosferą

Zrozumienia i scharakteryzowania mechanizmu węglanowego w wodzie jeziornej oraz jego roli w utrzymywaniu równowagi ekologicznej jeziora Wigry

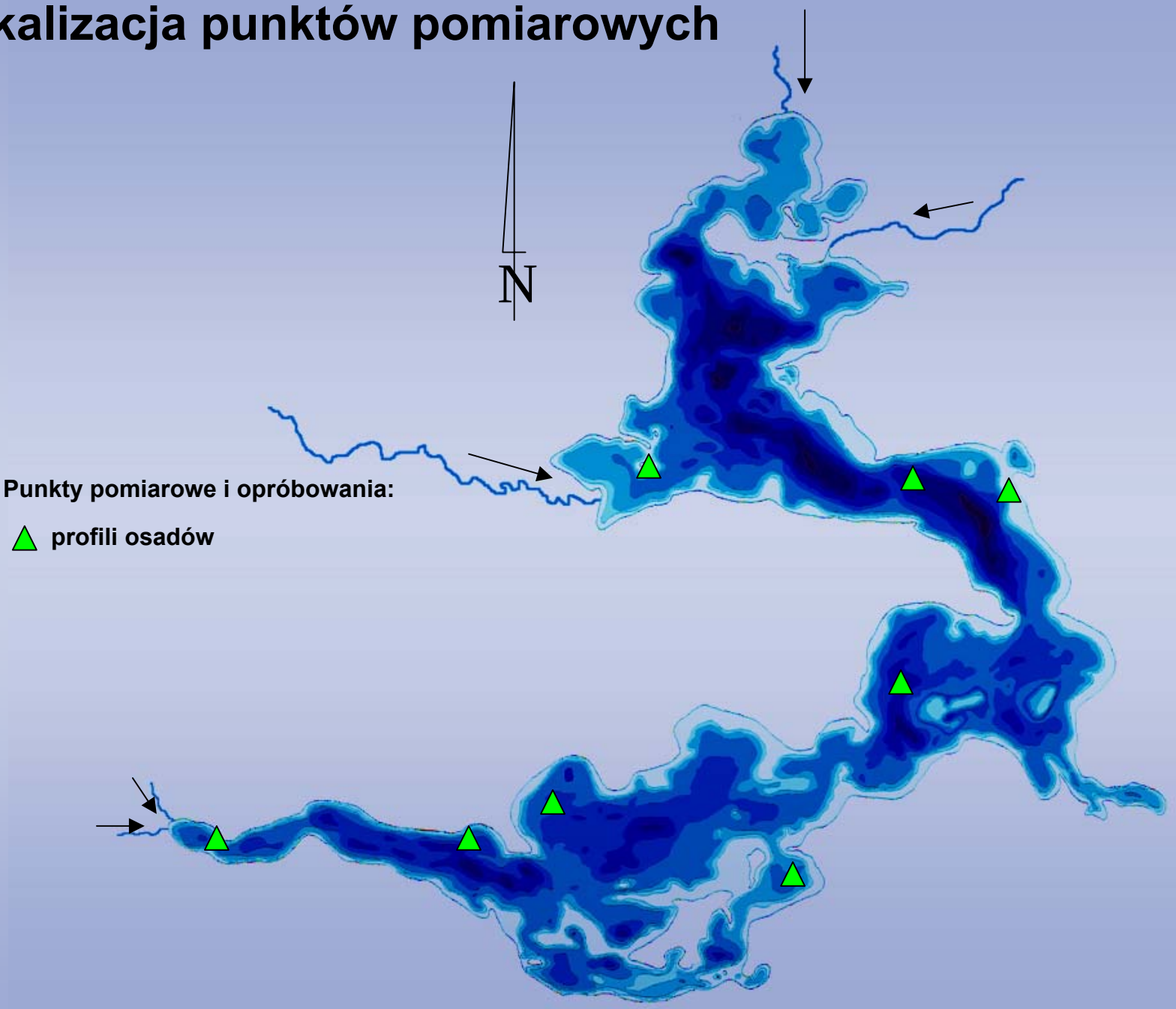

Woda jeziorna
Wody zasilające jezioro
Wody odwadniające jezioro
Osady jeziorne
Punkty pomiarowe w różnych częściach jeziora
rz. Czarna Hańcza
rz. Piertanka
wody podziemne
rz. Czarna Hańcza
Profile najmłodszych osadów
Gazy w osadach


Woda jeziorna
Wody zasilające jezioro
Wody odwadniające jezioro
Osady jeziorne
Punkty pomiarowe w różnych częściach jeziora
rz. Czarna Hańcza
rz. Piertanka
wody podziemne
rz. Czarna Hańcza
Profile najmłodszych osadów
Gazy w osadach
Podstawowe własności fizykochemiczne wody
Pomiar PCO_2
[DIC] [PIC] [DOC] [POC]
δ^{13}C-DIC δ^{13}C-PIC δ^{13}C-DOC δ^{13}C-POC
δ^{18}O-H_2O, δD-H_2O


Woda jeziorna
Wody zasilające jezioro
Wody odwadniające jezioro
Osady jeziorne
Punkty pomiarowe w różnych częściach jeziora
rz. Czarna Hańcza
rz. Piertanka
wody podziemne
rz. Czarna Hańcza
Profile najmłodszych osadów
Gazy w osadach
Podstawowe własności fizykochemiczne wody
Pomiar PCO_2
[DIC] [PIC] [DOC] [POC]
$\delta^{13}C$-DIC $\delta^{13}C$-PIC $\delta^{13}C$-DOC $\delta^{13}C$-POC
$\delta^{18}O$-H_2O, δD-H_2O
$\delta^{13}C$-$CaCO_3$
$\delta^{18}O$-$CaCO_3$
%$CaCO_3$
%OM
PCO_2
$\delta^{13}C$-CO_2
PCH_4
$\delta^{13}C$-CH_4


Woda jeziorna
Wody zasilające jezioro
Wody odwadniające jezioro
Osady jeziorne
Punkty pomiarowe w różnych częściach jeziora
rz. Czarna Hańcza
rz. Piertanka
wody podziemne
rz. Czarna Hańcza
Profile najmłodszych osadów
Gazy w osadach
Podstawowe własności fizykochemiczne wody
Pomiar PCO_2
[DIC] [PIC] [DOC] [POC]
$\delta^{13}C$-DIC $\delta^{13}C$-PIC $\delta^{13}C$-DOC $\delta^{13}C$-POC
$\delta^{18}O$-H_2O, δD-H_2O
$\delta^{13}C$-$CaCO_3$
$\delta^{18}O$-$CaCO_3$
%$CaCO_3$
%OM
PCO_2
$\delta^{13}C$-CO_2
PCH_4
$\delta^{13}C$-CH_4
Model obiegu węgla w systemie jeziornym Wigry

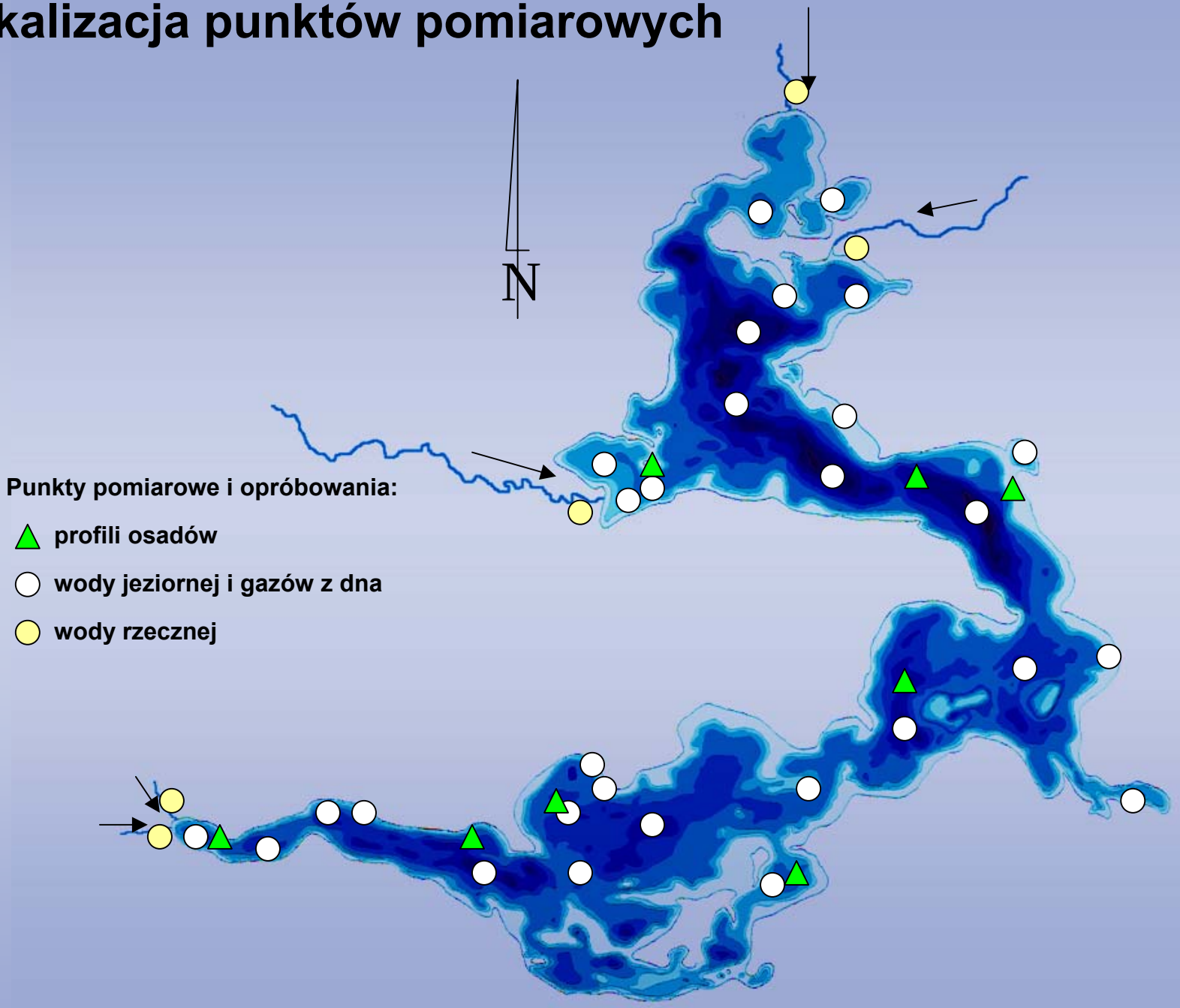
Lokalizacja punktów pomiarowych



Punkty pomiarowe i opróbowania:

▲ **profili osadów**

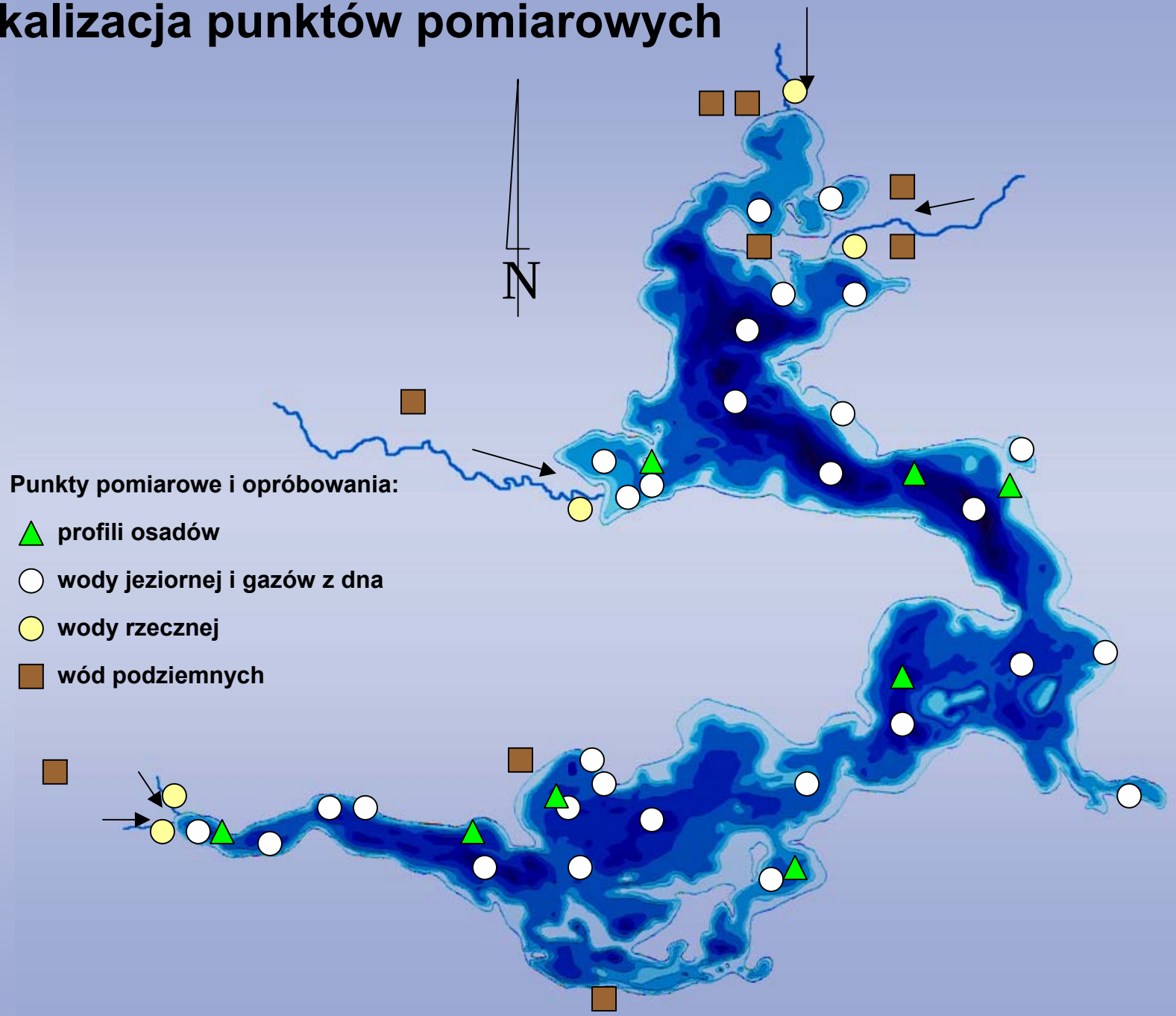
Lokalizacja punktów pomiarowych



Punkty pomiarowe i opróbowania:

- profili osadów
- wody jeziornej i gazów z dna
- wody rzecznej

Lokalizacja punktów pomiarowych



Punkty pomiarowe i opróbowania:

- profili osadów
- wody jeziornej i gazów z dna
- wody rzecznej
- wód podziemnych

Cele badań stężenia dwutlenku węgla w wodzie jeziora Wigry

Scharakteryzowanie przestrzennego rozkładu [CO_2] w systemie jeziornym Wigry

Zbadanie kierunku transferu dwutlenku węgla pomiędzy jeziorem i atmosferą oraz zmian PCO_2aq/PCO_2atm w czasie

Identyfikacja miejsc niekorzystnych dla ryb pod względem zawartości dwutlenku węgla w wodzie.

Reakcje dwutlenku węgla z wodą

CO_2atm

$\downarrow\uparrow$

$CO_2aq + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$

$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ I stopień dysocjacji

$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$ II stopień dysocjacji

rozpuszczony węgiel nieorganiczny (DIC) = $CO_2 + H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{2-}$

Metody pomiaru stężeń CO_2 w wodzie

Metoda pośrednia – obliczenia [CO_2] na podstawie przynajmniej dwóch z następujących parametrów: pH, TAlk, TDIC

Metoda bezpośrednia – równoważenie CO_2 pomiędzy fazą wodną i gazową

Schemat „equilibratora”

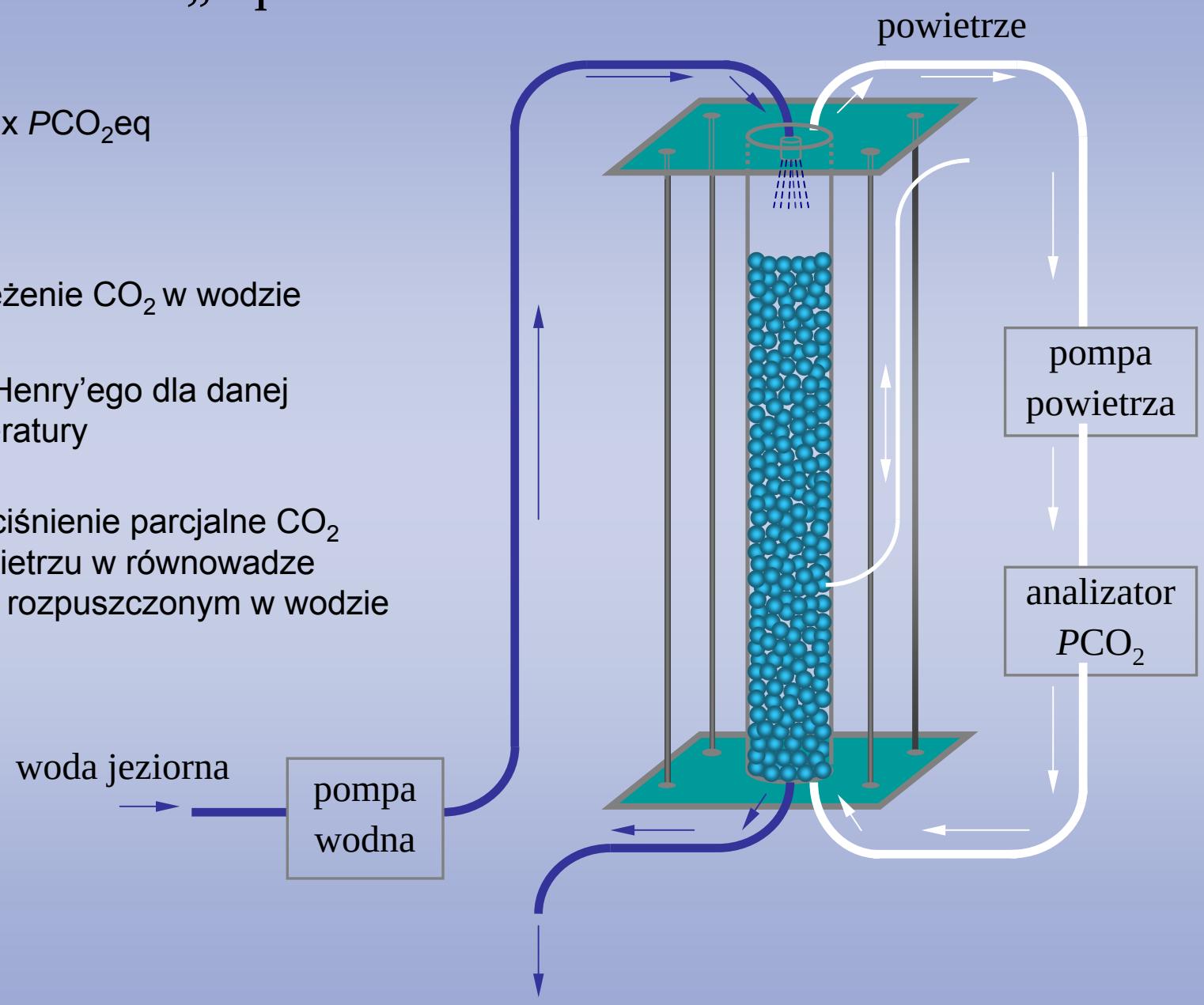
$[CO_2] = K_H \times PCO_2eq$

gdzie:

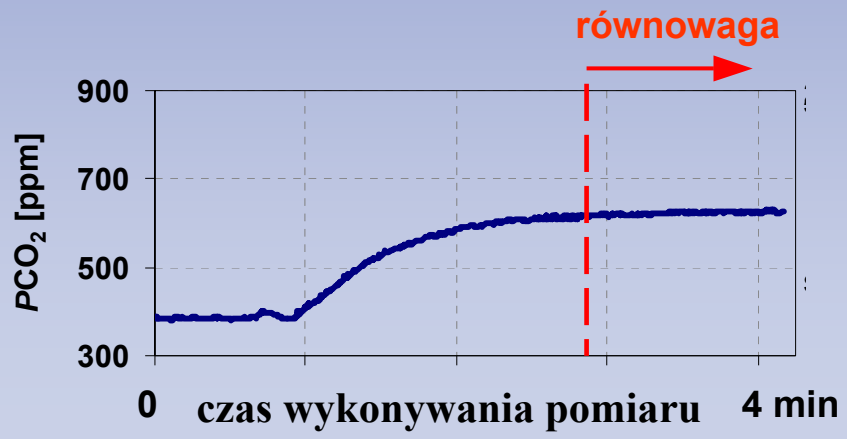
[CO2] – stężenie CO_2 w wodzie

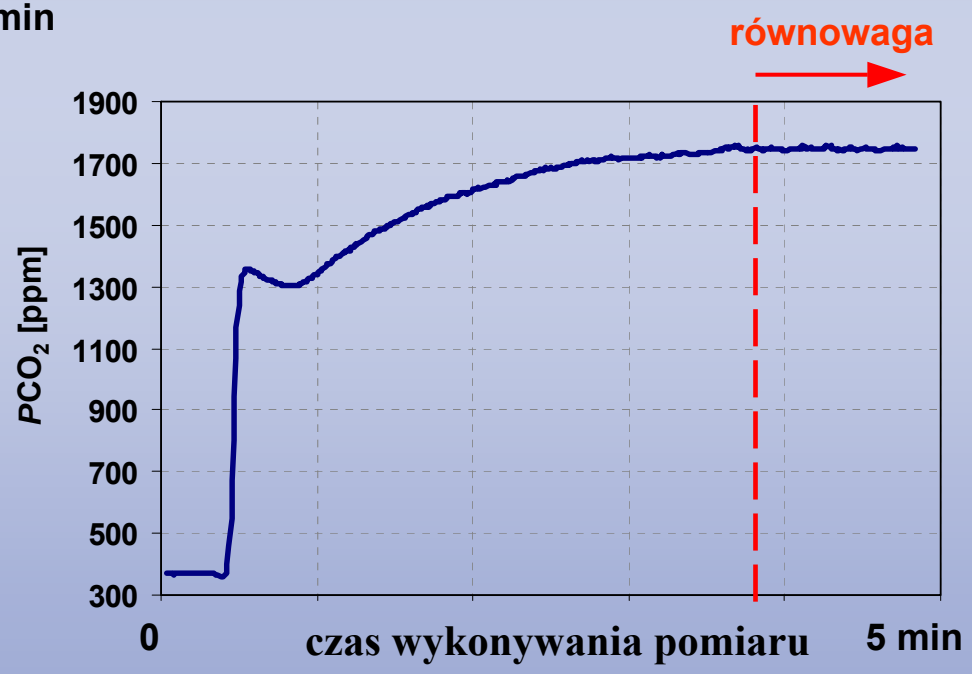
K_H – stała Henry’ego dla danej temperatury

PCO_2eq – ciśnienie parcjalne CO_2 w powietrzu w równowadze z CO_2 rozpuszczonym w wodzie



Czas równoważenia PCO_2





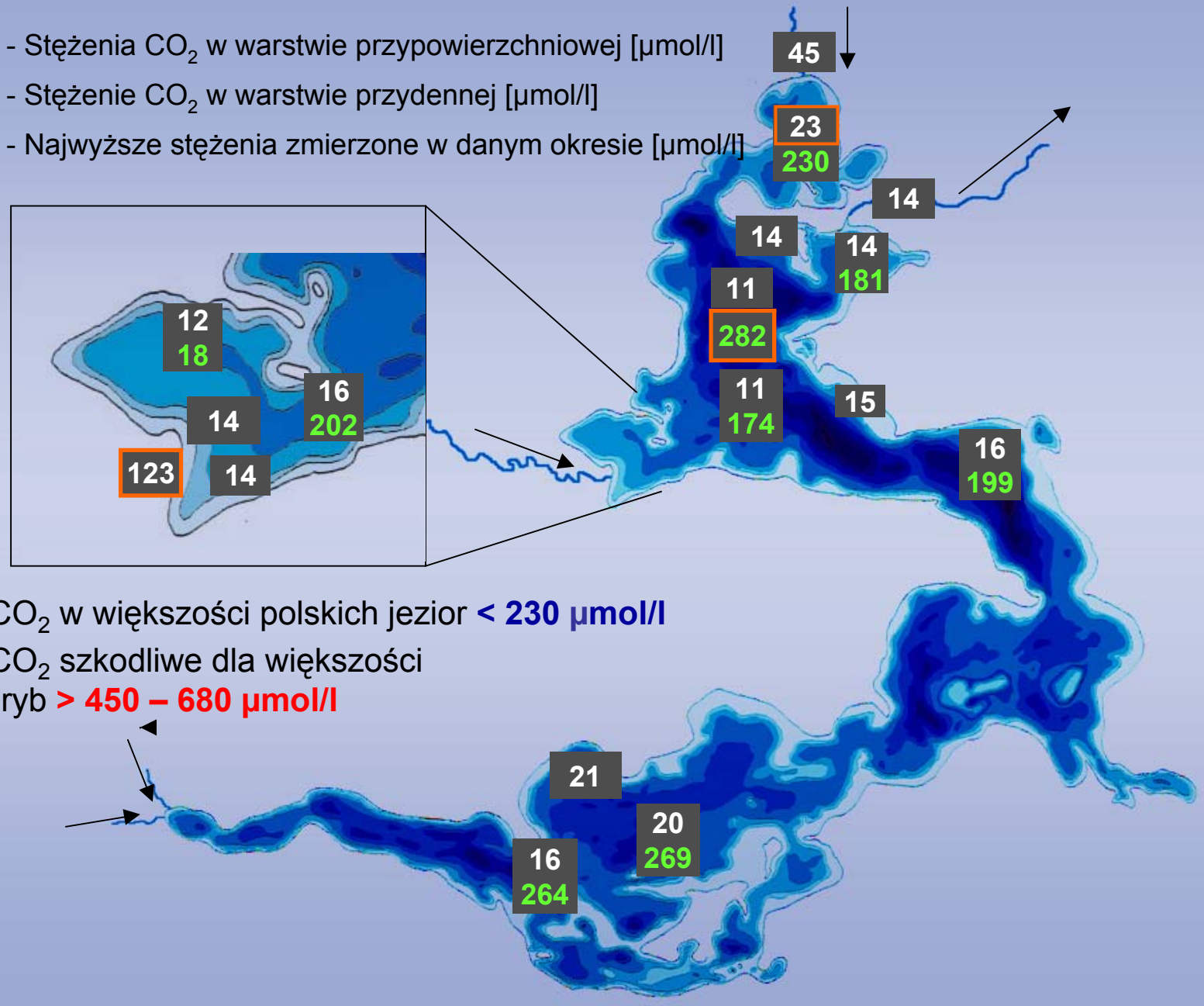
SUZUKI

SUZUKI

Stężenie CO_2 w jeziorze Wigry i w rzekach w okresie letnim (VIII – IX)

16
264
- Stężenia CO_2 w warstwie przypowierzchniowej [µmol/l]
- Stężenie CO_2 w warstwie przydennej [µmol/l]

282 - Najwyższe stężenia zmierzone w danym okresie [µmol/l]



Stężenie CO_2 w większości polskich jezior **< 230 µmol/l**

Stężenie CO_2 szkodliwe dla większości gatunków ryb **> 450 – 680 µmol/l**

Stężenie CO_2 w jeziorze Wigry i w rzekach w okresie jesiennym (X – XI)

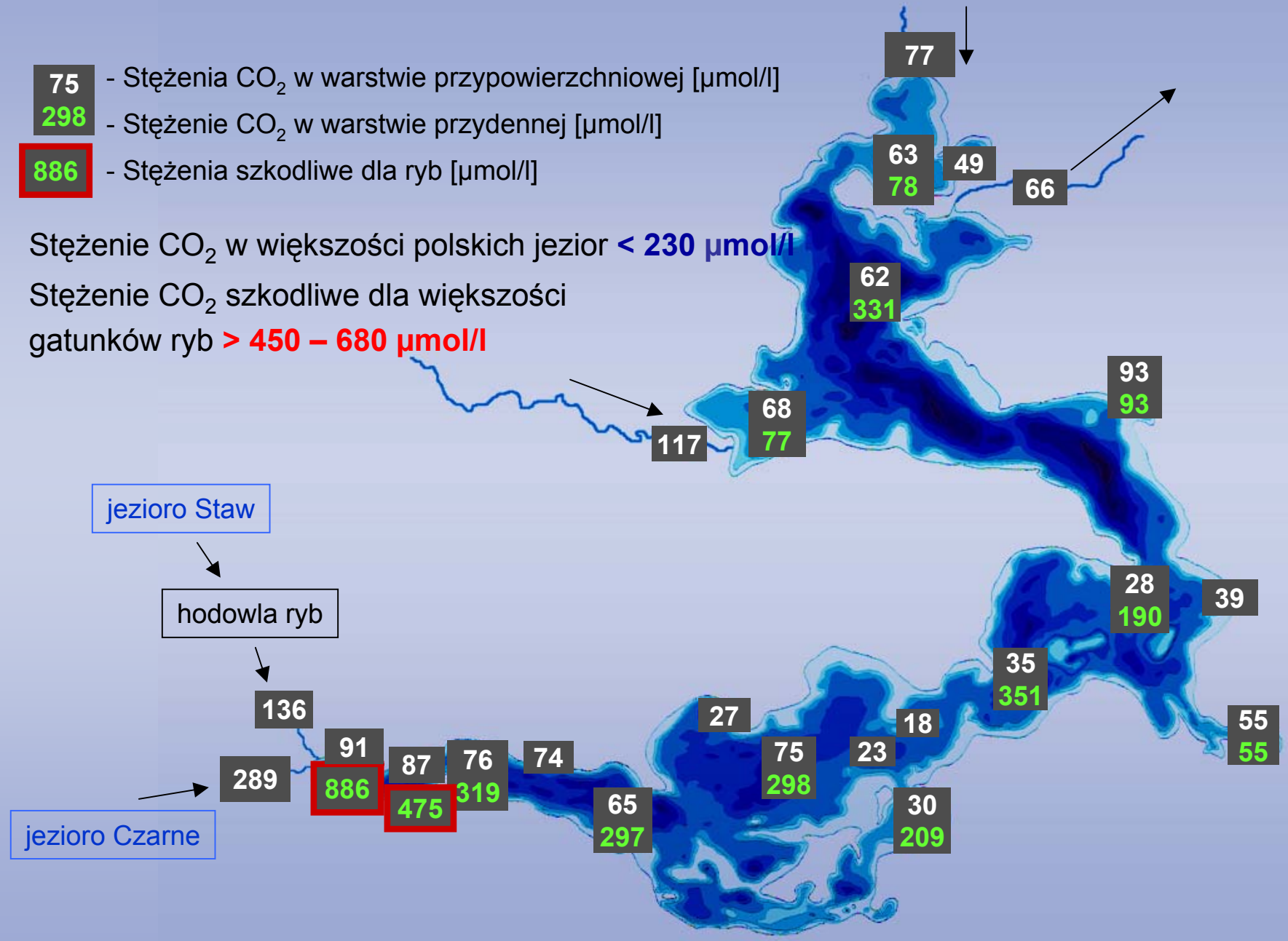
75 - Stężenia CO_2 w warstwie przypowierzchniowej [µmol/l]

298 - Stężenie CO_2 w warstwie przydennej [µmol/l]

886 - Stężenia szkodliwe dla ryb [µmol/l]

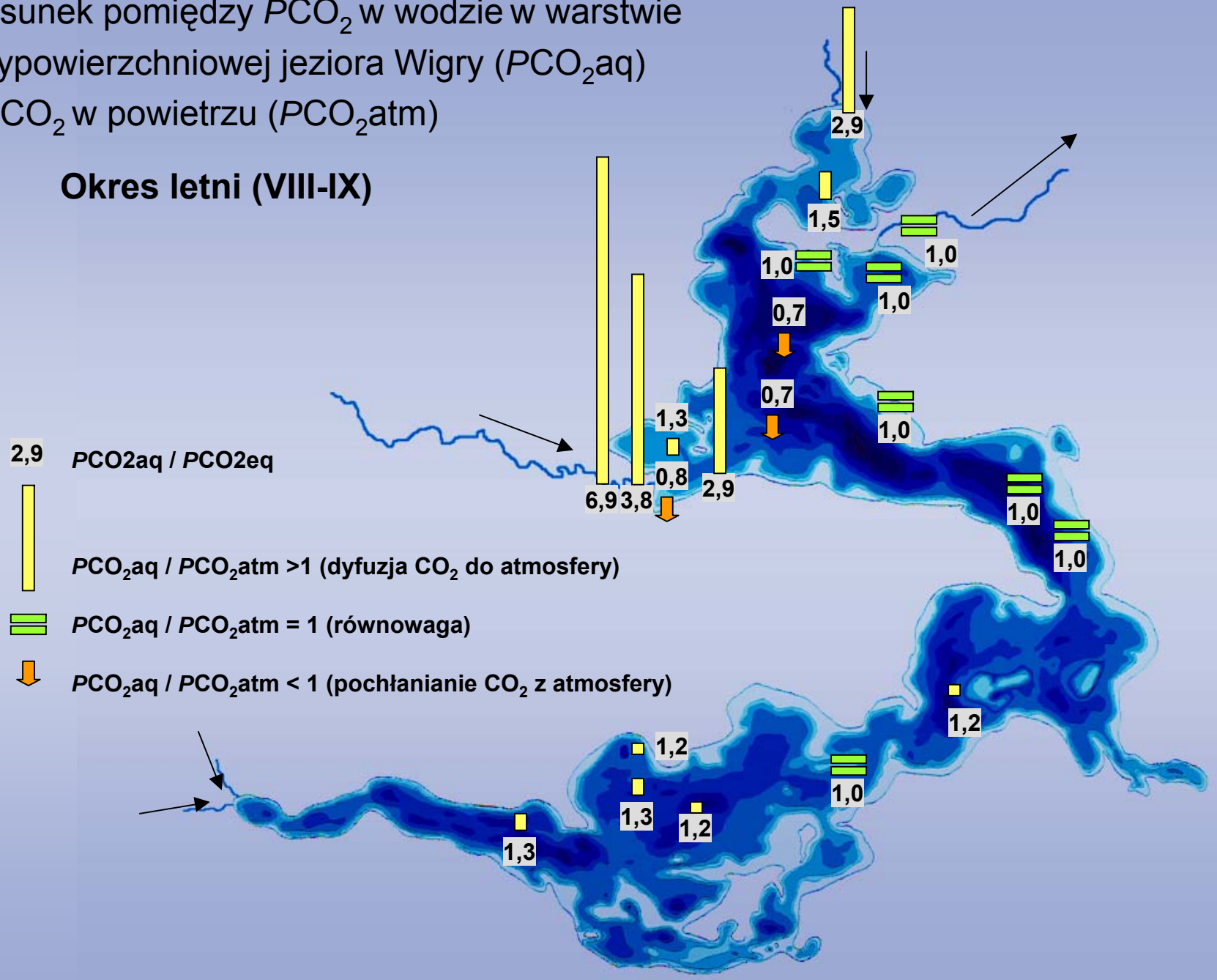
Stężenie CO_2 w większości polskich jezior **< 230 µmol/l**

Stężenie CO_2 szkodliwe dla większości gatunków ryb **> 450 – 680 µmol/l**



Stosunek pomiędzy PCO_2 w wodzie w warstwie przypowierzchniowej jeziora Wigry (PCO_2aq) a PCO_2 w powietrzu (PCO_2atm)

Okres letni (VIII-IX)



2,9 *PCO2aq / PCO2eq*

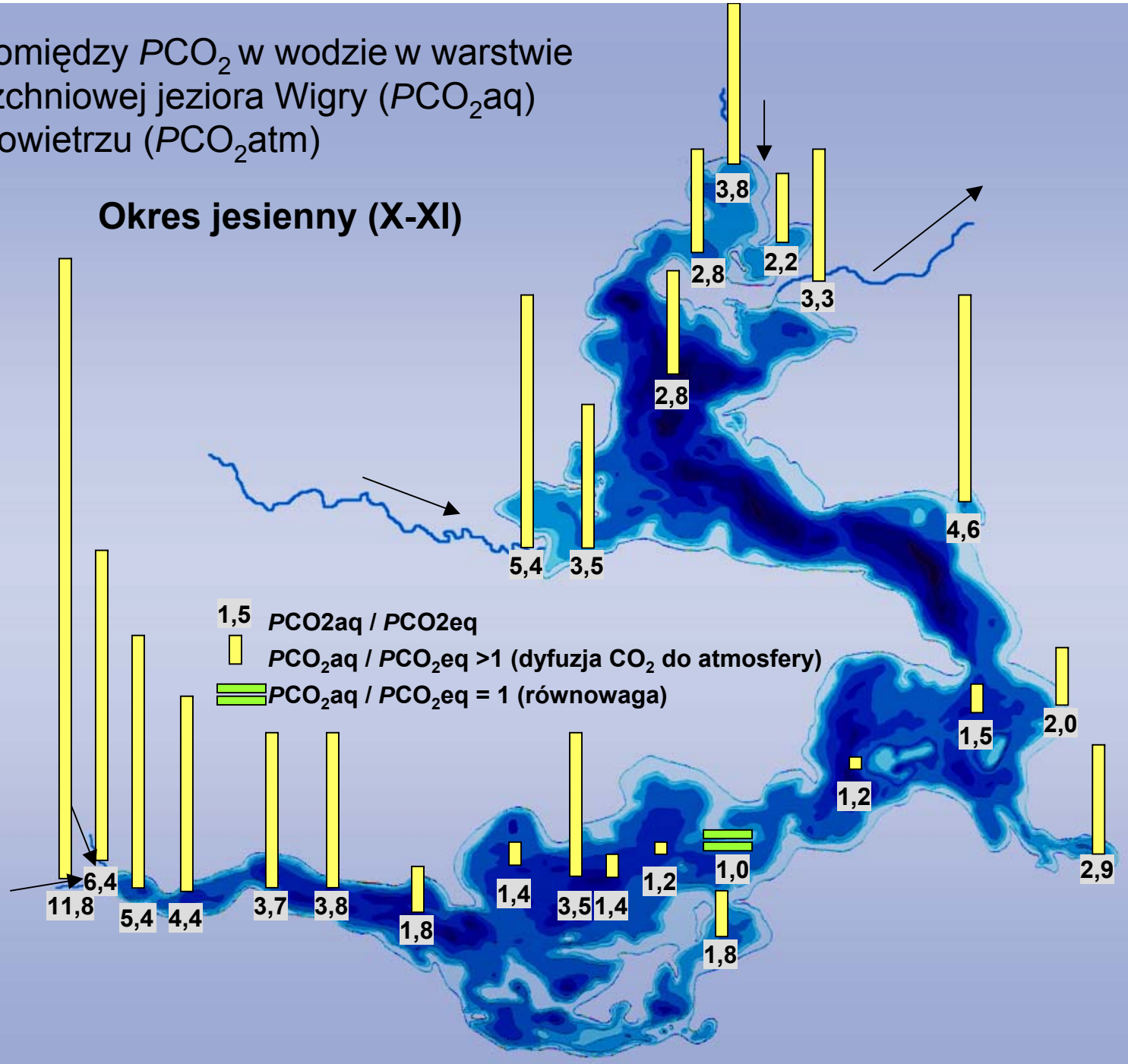
***PCO$_2$aq / PCO$_2$atm* >1 (dyfuzja CO_2 do atmosfery)**

***PCO$_2$aq / PCO$_2$atm* = 1 (równowaga)**

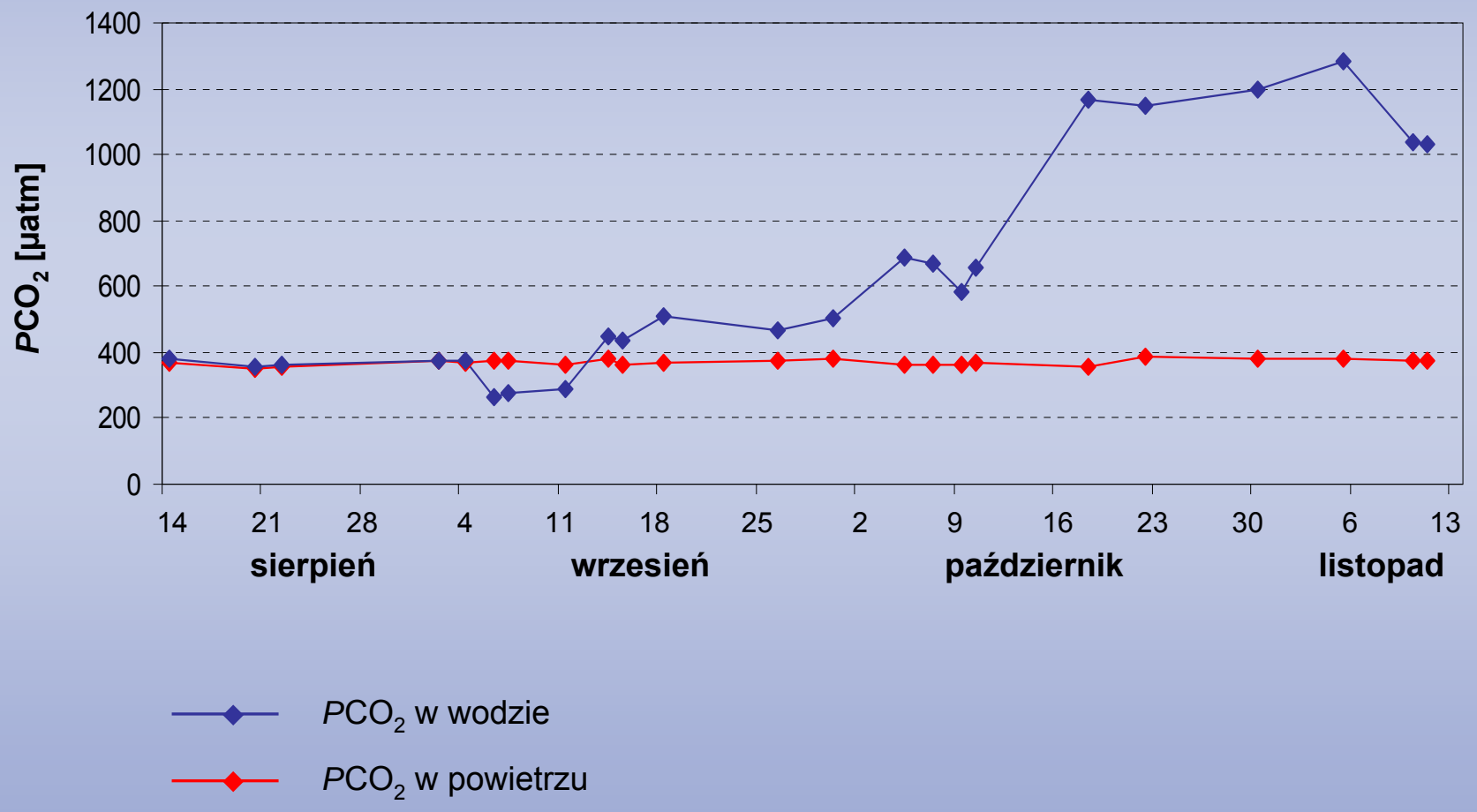
***PCO$_2$aq / PCO$_2$atm* < 1 (pochłanianie CO_2 z atmosfery)**

Stosunek pomiędzy PCO_2 w wodzie w warstwie przypowierzchniowej jeziora Wigry (PCO_2aq) a PCO_2 w powietrzu (PCO_2atm)

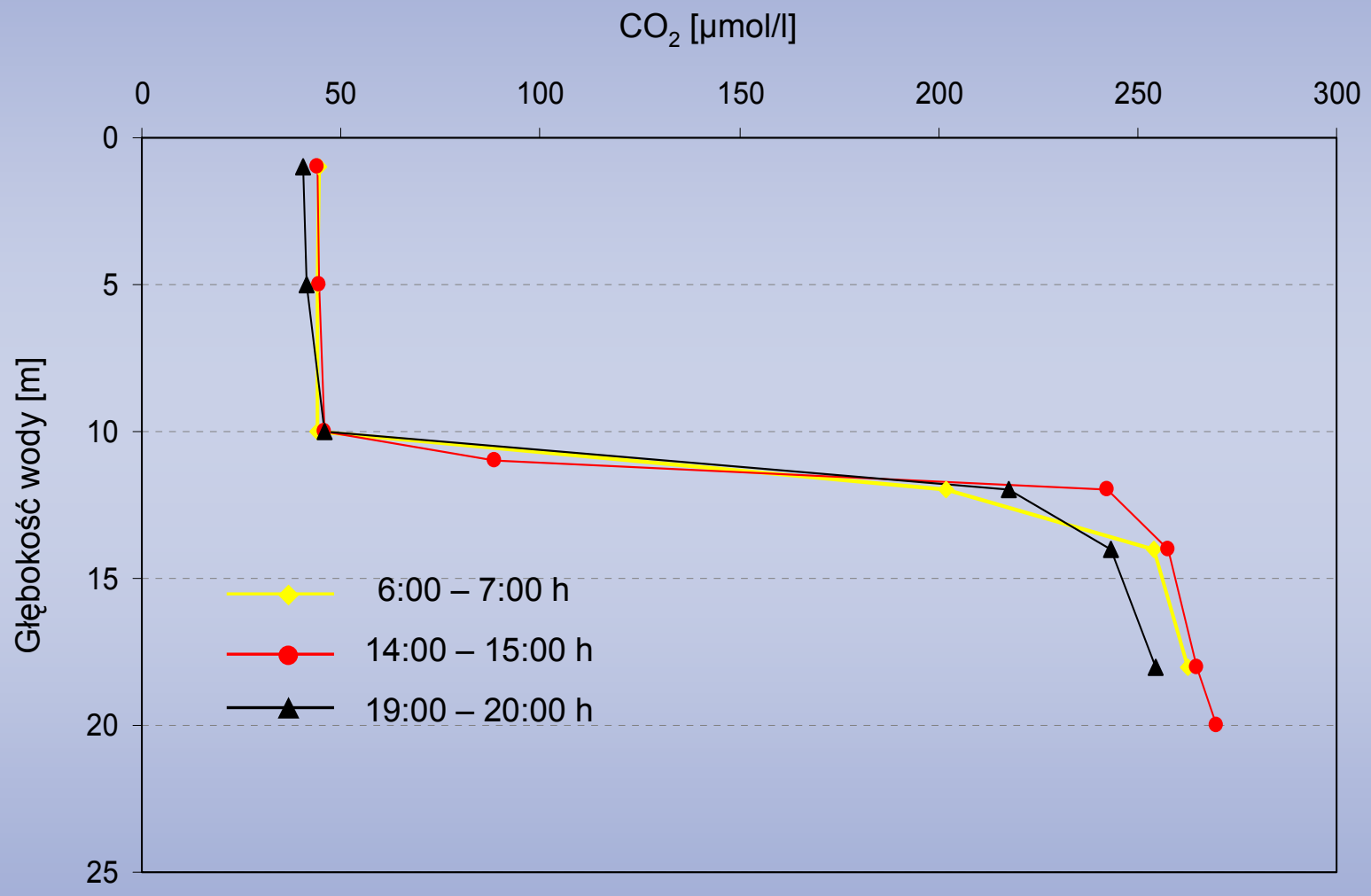
Okres jesienny (X-XI)



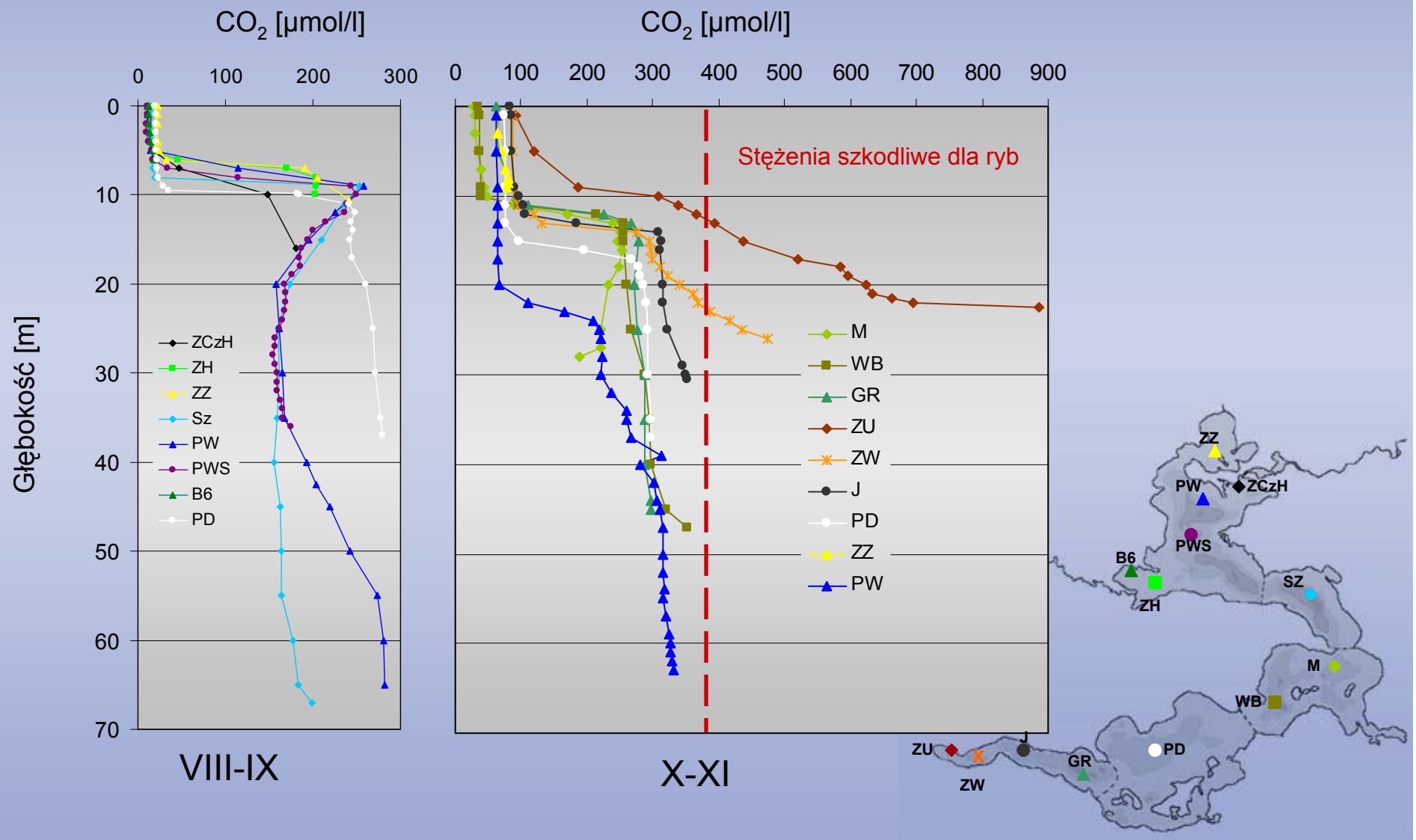
Zmiany PCO_2 powietrzu i w warstwie przypowierzchniowej wody jeziora Wigry od sierpnia do listopada 2008 r



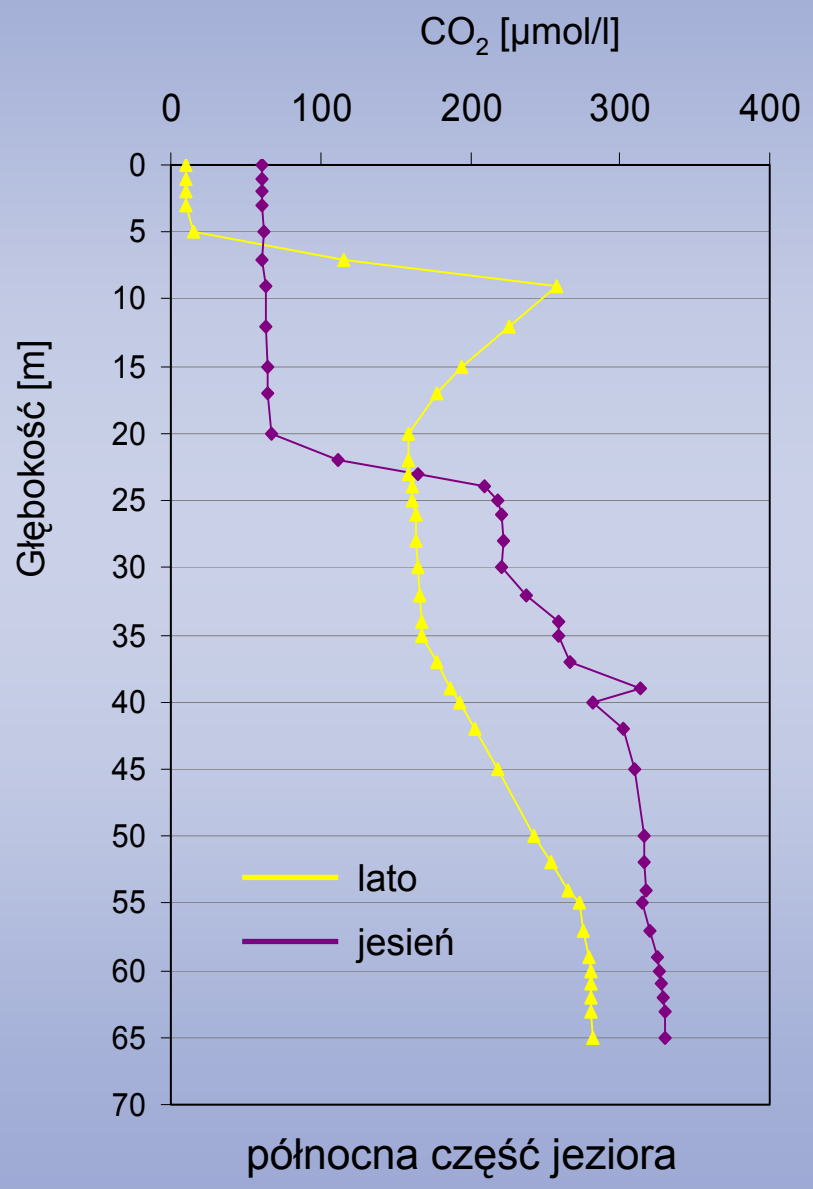
Pionowy rozkład stężeń CO_2 w Zatoce Słupiańskiej w różnych porach dnia

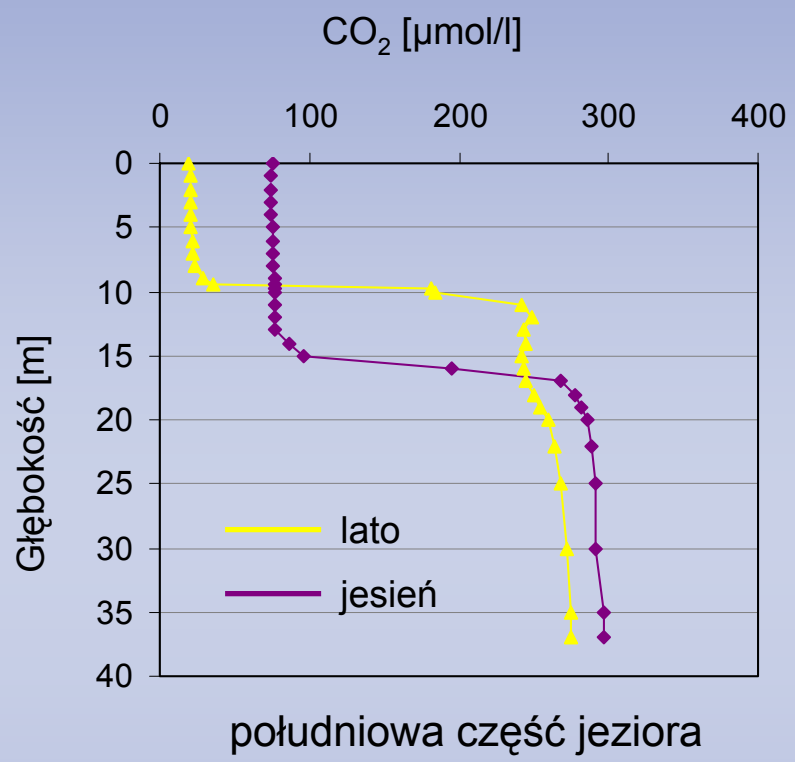


Pionowy rozkład stężeń CO_2 w wodzie jeziora Wigry w okresie letnim (VIII-IX) i jesiennym (X-XI)

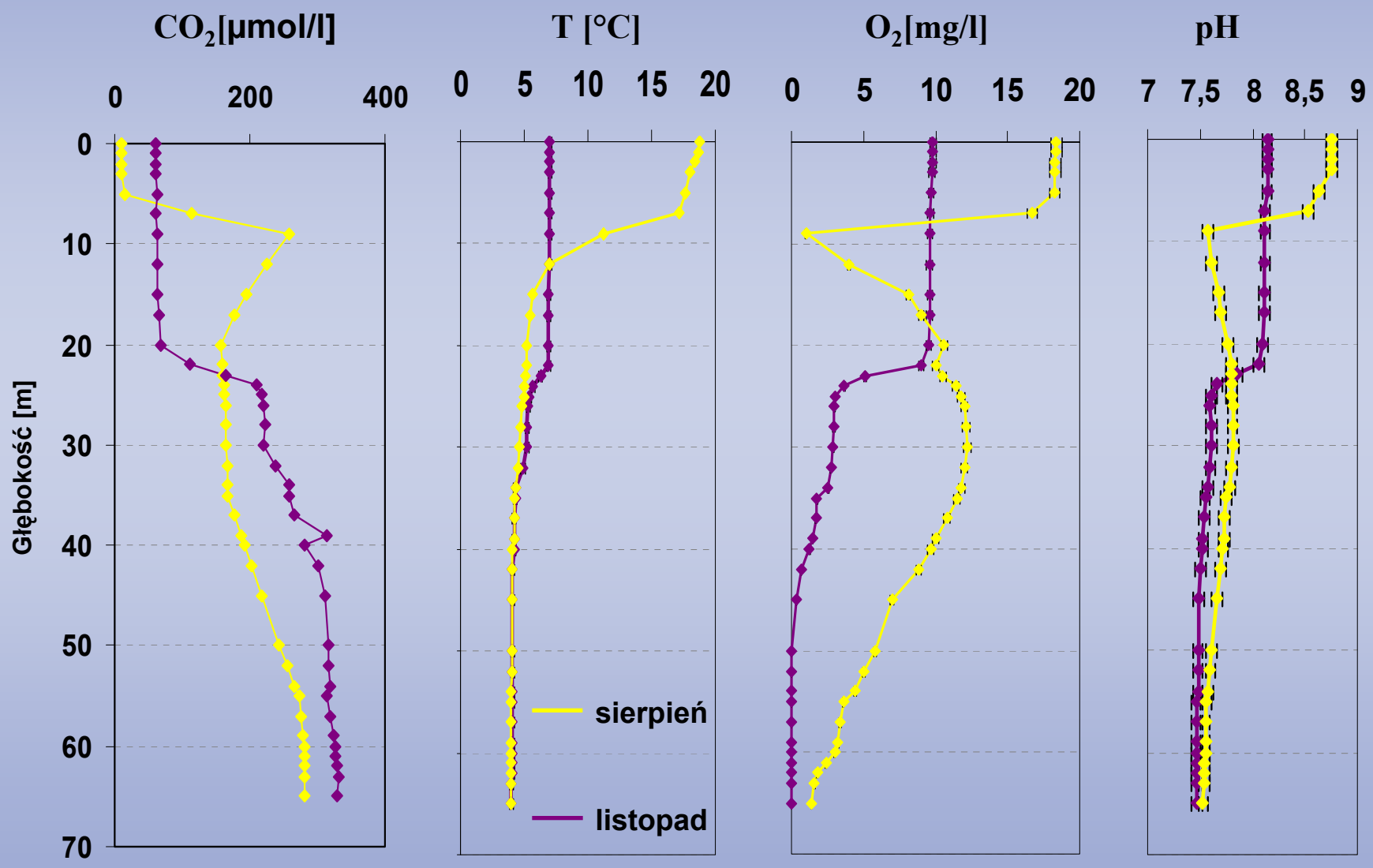


Pionowy rozkład stężeń CO_2 w wodzie jeziora Wigry latem i jesienią w dwóch punktach pomiarowych (część północna i południowa)

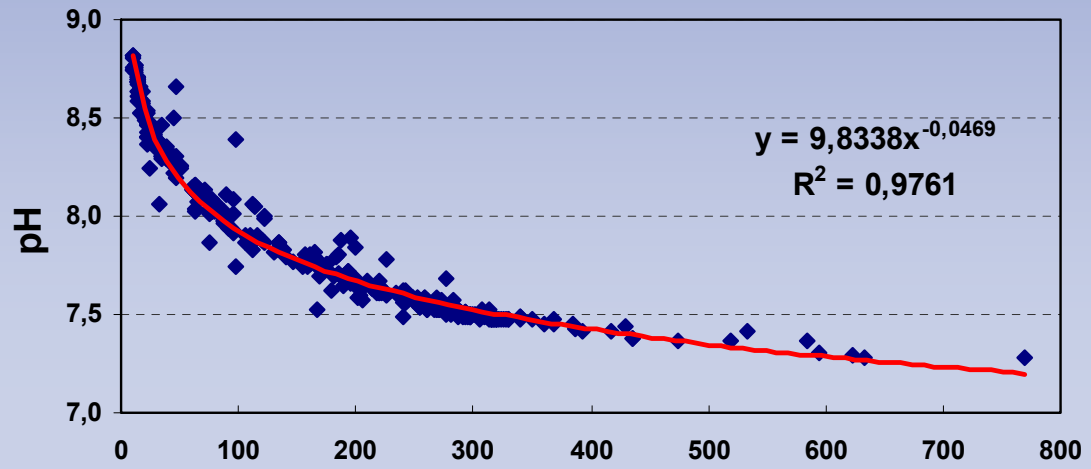


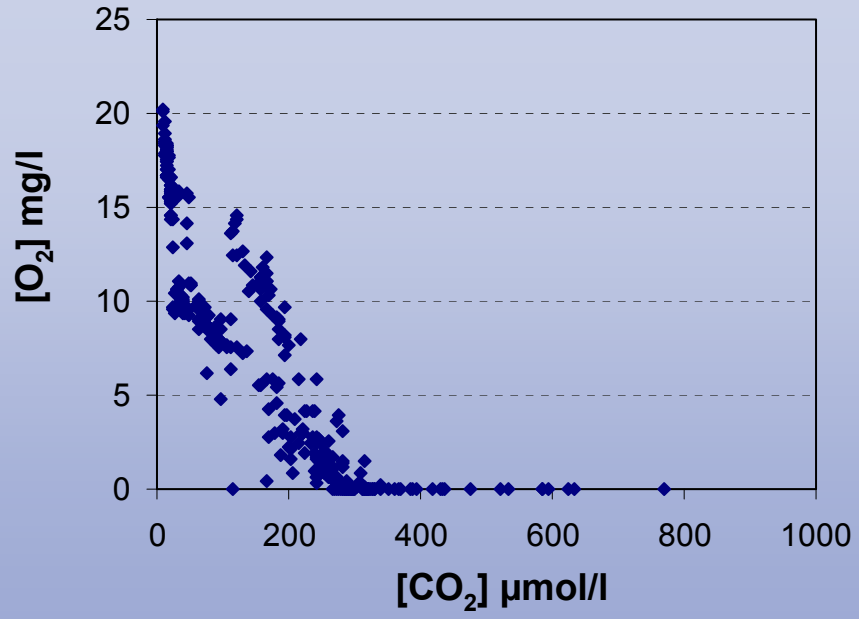


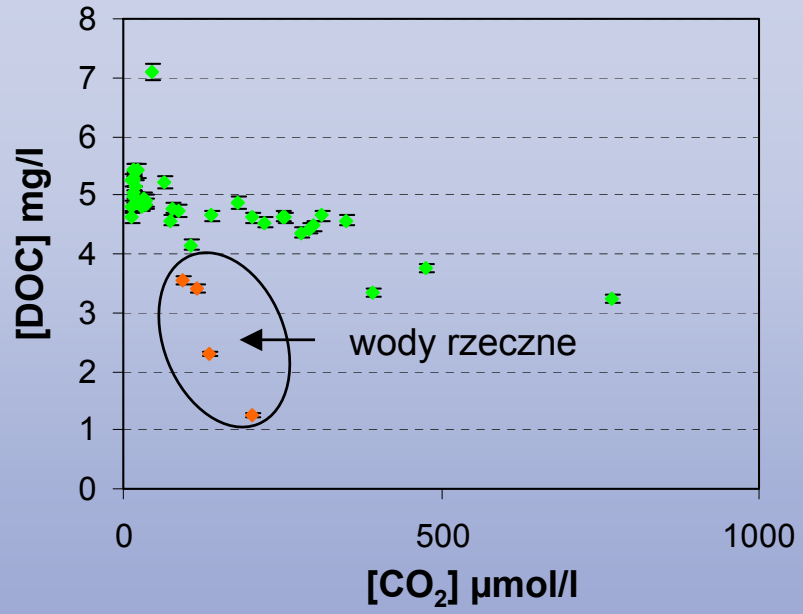
Pionowy rozkład podstawowych właściwości fizykochemicznych wody w Plosie Wigierskim - pomiary wykonywane w sierpniu i listopadzie 2008 r



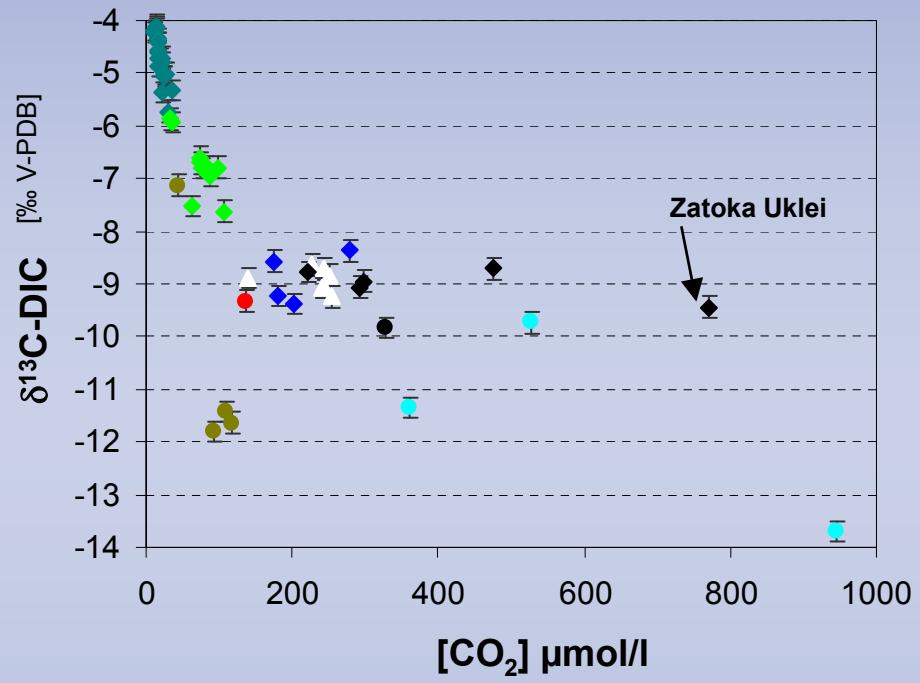
Zależność pomiędzy stężeniem dwutlenku węgla a pH wody oraz stężeniem rozpuszczonego tlenu i rozpuszczonego węgla organicznego (DOC) w wodzie jeziora Wigry

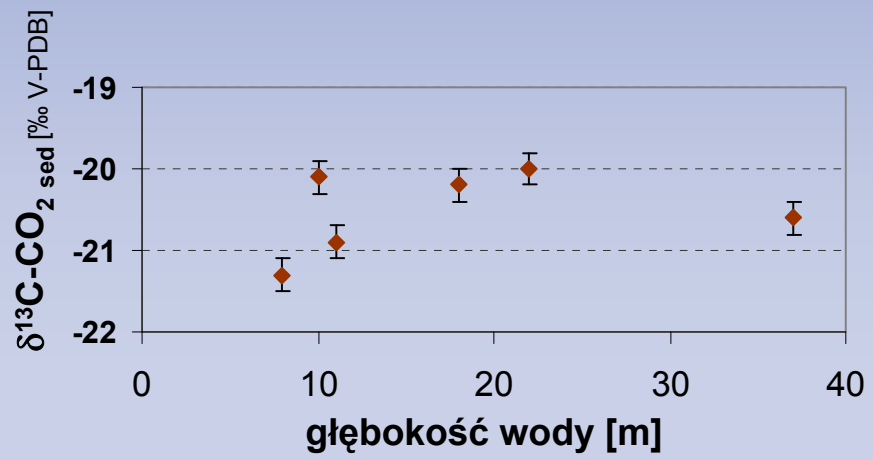


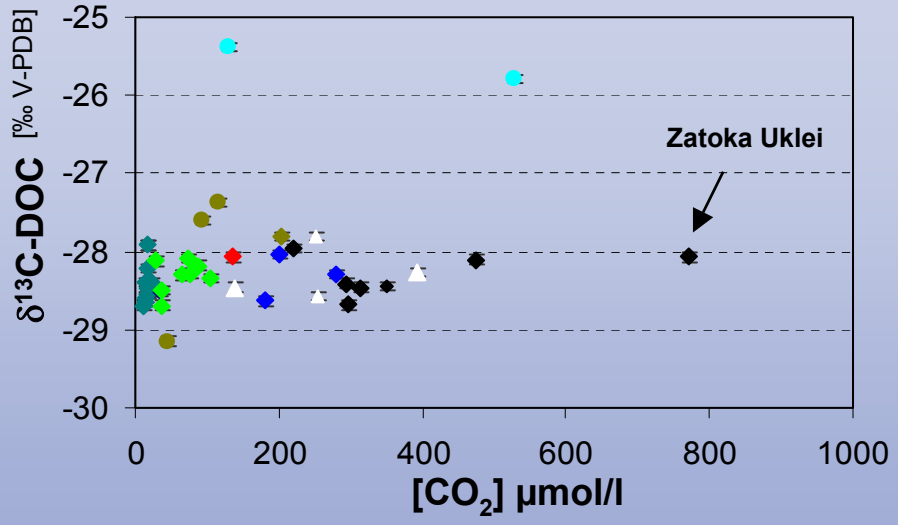




Skład izotopowy ($\delta^{13}C$) rozpuszczonego węgla nieorganicznego (DIC) i rozpuszczonego węgla organicznego (DOC) w wodzie oraz dwutlenku węgla w osadach jeziora Wigry (CO_{2sed})

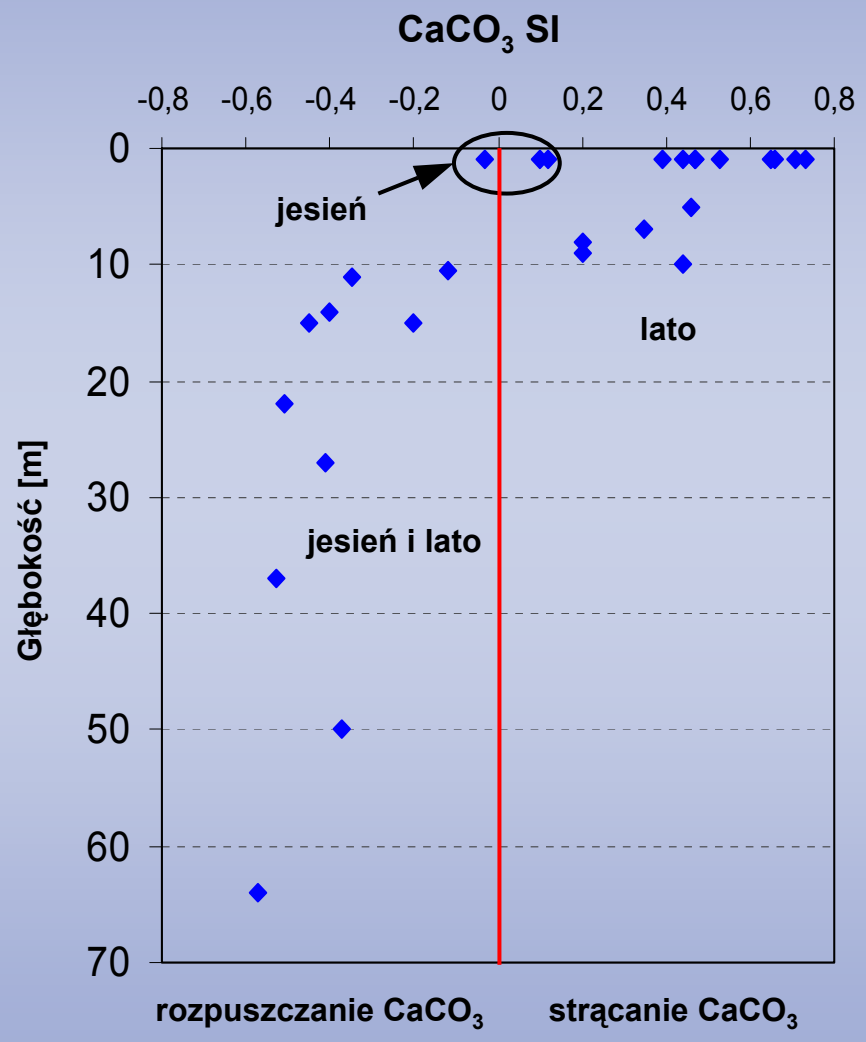






- epilimnion - lato
- epilimnion - jesień
- metalimnion
- hypolimnion - lato
- hypolimnion - jesień
- ciek łączący Zatokę Uklei z hodowlą ryb
- rzeki
- wody podziemne

Współczynnik nasycenia wody (SI) węglanem wapnia



Podsumowanie i wnioski:

Latem stężenie dwutlenku węgla w jeziorze Wigry jest w równowadze lub bliskie równowagi ze stężeniem CO_2 w powietrzu.

Jesienią woda w jeziorze Wigry jest znacznie przesycona dwutlenkiem węgla względem CO_2atm. Powodem tego jest cyrkulacja wody w jeziorze oraz niższy stosunek produkcji biologicznej do respiracji w epilimnionie w porównaniu z okresem letnim. W okresie jesiennym jezioro jest więc emiterem dwutlenku węgla atmosfery.

Przypuszcza się, że wody podziemne stanowią istotne źródło CO_2 w wodzie badanego jeziora.

Najwyższe wartości stężenia CO_2 (20 – 35 razy wyższe niż w powietrzu) odnotowano jesienią w dwóch najbardziej wysuniętych na pd-zach zatokach: w Zatoce Uklei i Zatoce Wigierki, na głębokości od 13 m do dna.
Tak wysokie stężenia CO_2 w obu zatokach mogą być szkodliwe dla życia ryb.

Znaczne ilości CO_2 w Zatoce Uklei i Wigierki są dostarczane za pośrednictwem niewielkiego cieku łączącego Wigry z pobliską hodowlą ryb oraz cieku łączącego Wigry z jeziorem Czarnym.

Strącanie węglanu wapnia odbywa się w epilimnionie jeziora Wigry, natomiast w hypolimnionie zaznacza się tendencja do rozpuszczania minerałów węglanowych.