

Wielkość i zmienność zasolenia wód powierzchniowych na obszarze rezerwatu „Ptasi Raj”

ROMAN CIEŚLIŃSKI, PIOTR OGONOWSKI

Katedra Hydrologii, Uniwersytet Gdański, ul. R. Dmowskiego 16a, 80-952 Gdańsk,
georc@univ.gda.pl, piotrek@cordus.com.pl

Zarys treści: Celem pracy jest określenie wielkości, zmienności oraz zróżnicowania przestrzennego zasolenia w wodach wybranych obiektów hydrograficznych położonych na obszarze rezerwatu ornitologicznego „Ptasi Raj”. Zbadano koncentrację chlorków w wodach jezior Ptasi Raj i Karaś w latach 2002–2007 oraz dokonano kartowania hydrograficznego rezerwatu. Uzyskane wyniki wskazują, że w wodach obu jezior obserwuje się bardzo duże stężenia chlorków, co wskazuje na oddziaływanie wód morskich.

Słowa kluczowe: chlorki, rezerwat ornitologiczny, Wyspa Sobieszewska,

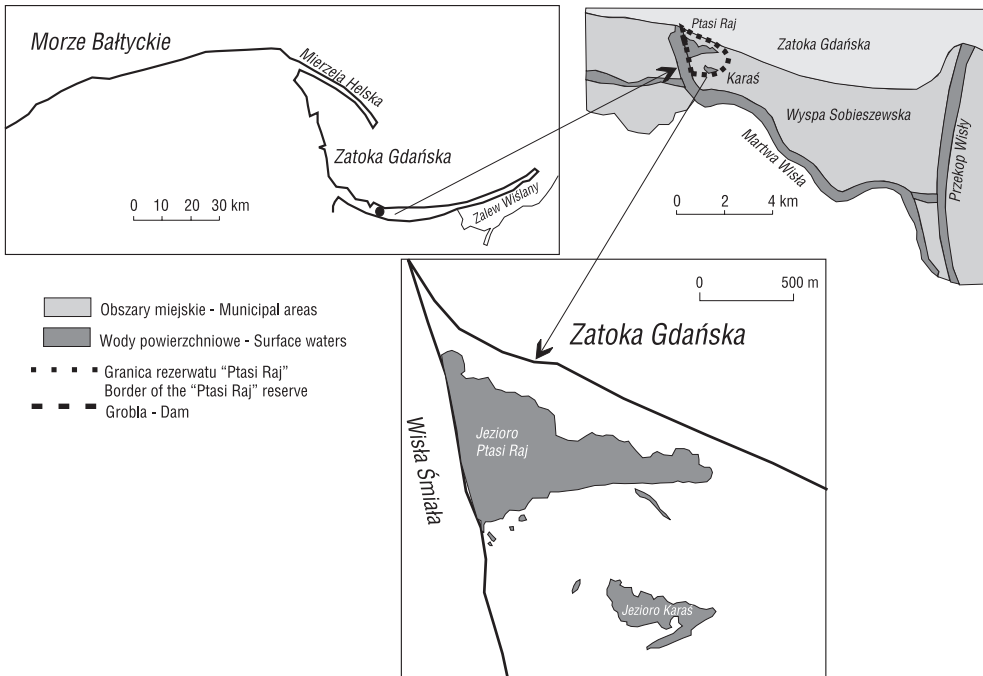
Key words: chlorides, bird sanctuary, Sobieszewska Island

Wstęp

Wyspa Sobieszewska jest niezwykle interesującym obszarem pod względem istniejących stosunków wodnych i obserwowanych interakcji zachodzących pomiędzy dwoma środowiskami wodnymi – morskim i lądowym, czego wyraźnym efektem jest charakterystyczny skład wód powierzchniowych. Wyspa stanowi jedną z dzielnic północnego Gdańska, która ze wszystkich stron otoczona jest różnego rodzaju wodami. Od północy Wyspę Sobieszewską otaczają wody Zatoki Gdańskiej, która jest główną bazą drenującą tego obszaru. Od południa Wyspa styka się z Martwą Wisłą, jedną z odnóg Wisły, która jeszcze w XIX w. odprowadzała do Bałtyku większość wód tej rzeki. Z kolei od wschodu sąsiaduje z utworzonym w 1895 r. Przekopem Wisły, zaś od zachodu – z Wisłą Śmiałą (ryc. 1). Jest to jednocześnie obszar chroniony, na którym znajdują się dwa rezerwaty przyrody: „Mewia Łacha” i „Ptasi Raj”.

Do wód powierzchniowych rezerwatu „Ptasi Raj” należą dwa jeziora o różnej genezie tj. Ptasi Raj (0,518 km²) i Karaś (0,088 km²) oraz nieliczne kanały i oczka. Jezioro Ptasi Raj jest jeziorem poligenetycznym, na którego powstanie złożyła się działalność morza (odcięcie barierą piaszczystą), delty Wisły (akumulacja наносów rzecznych) oraz człowieka (budowa urządzeń hydrotechnicznych). Jezioro Karaś wydzieliło się z jeziora Ptasi Raj w wyniku procesów lądowania – prawdopodobnie w pierwszej połowie XX w. Oba zbiorniki są pod wpływem oddziaływań zlewni lądowej i Morza Bałtyckiego. Szczególnie wpływy morskie mają istotne znaczenie dla jakości wód tych zbiorników.

Celem pracy jest określenie wielkości zasolenia w wodach wybranych obiektów hydrograficznych położonych na obszarze rezerwatu ornitologicznego „Ptasi Raj”. Ponadto określono zmienność czasową i zróżnicowanie przestrzenne zasolenia oraz ustalono ich główne przyczyny.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań

Fig. 1. Area of investigation

Metody badań

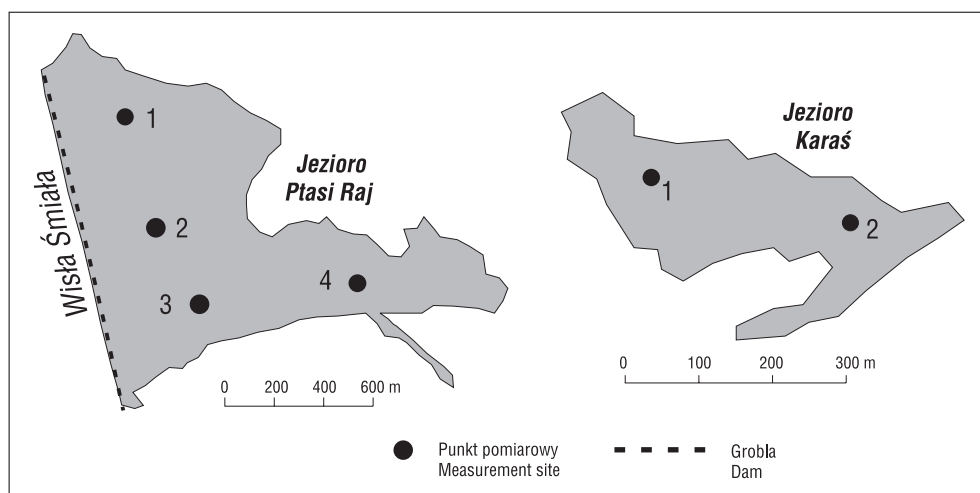
Główne prace polegały na poborze próbek wody jezior Karaś i Ptasi Raj w latach 2002–2007 w celu oznaczenia stężenia chlorków. Badania laboratoryjne wykonano w Katedrze Hydrologii Uniwersytetu Gdańskiego. Na jeziorze Ptasi Raj wyznaczono cztery punkty pomiarowe, zaś na jeziorze Karaś – dwa (ryc. 2). Dodatkowo jeden punkt wyznaczono na Wiśle Śmiałej i jeden – w Zatoce Gdańskiej. Poboru próbek z jezior dokonywano z trzech warstw – powierzchniowej, przydennej oraz z osadów dennych (wody interstycjalne). W trakcie badań terenowych dokonano kartowania sieci hydrograficznej. Określono wskaźnik trwałości basenu jeziornego *BPI* według formuły (Kerekes 1977):

$$BPI = \frac{V}{L}$$

gdzie:

V – objętość jeziora (tys. m³),

L – długość linii brzegowej (km).



Ryc. 2. Lokalizacja punktów pomiarowych na jeziorze Ptasi Raj i Karaś

Fig. 2. Location of measurement sites on Ptasi Raj and Karaś lakes

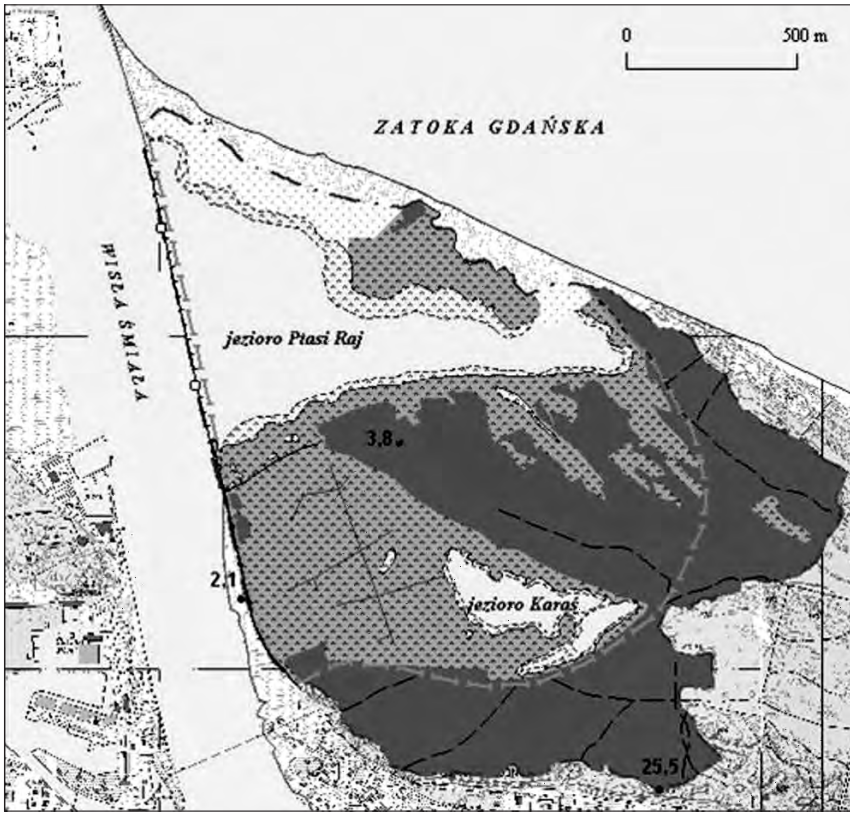
Charakterystyka obszaru badań

Rezerwat przyrody „Ptasi Raj” został utworzony w 1959 r. i posiada powierzchnię 18,8 km². Głównym celem istnienia rezerwatu jest zachowanie kompleksu przybrzeżnych jezior, bagien i wydm, jako miejsca odpoczynku ptaków przelotnych (ryc. 3). Jezioro Ptasi Raj oddziela od morza 300-metrowej szerokości Mierzeja Messyńska, a od Wisły Śmiałej – XIX-wieczna kamienna grobla o szerokości 1,5 m. Na grobli umiejscowione są dwa przepusty umożliwiające okresową wymianę wód rzecznych (Wisła Śmiała) i jeziornych. Dodatkowo, podczas wysokich stanów wód na Wiśle Śmiałej, wywołanych intruzjami wód morskich, w ujściowym odcinku tej rzeki, następują przelewy przez groblę. Powierzchnia zlewni jeziora wynosi 1,4 km², jego głębokość średnia i maksymalna odpowiednio: 1,3 i 2,6 m, pojemność jeziora – 655 tys. m³, zaś wskaźnik trwałości basenu jeziornego *BPI* – 144 lata.
















Powierzchnia zlewni jeziora Karaś wynosi około 1 km², jego głębokość średnia osiąga 0,7 m, a głębokość maksymalna – 2,5 m. Pojemność jeziora jest równa 60,5 tys. m³, zaś wskaźnik trwałości basenu jeziornego *BPI* wynosi około 29 lat. W jeziorze Karaś można wyodrębnić dwa akweny: północno-zachodni (ok. 70% całkowitej powierzchni) charakteryzujący się niewielkimi głębokościami, nieprzekraczającymi 1,1 m, oraz drugi – południowo-wschodni, o wyraźnie podłużnym kształcie (ryc. 3). Nieliczne oczka wodne zajmują powierzchnię około 0,005 km².

Zmienność zasolenia i jego przestrzenne zróżnicowanie

Stężenie chlorków w wodach jezior Ptasi Raj i Karaś wynosi od 70 do 80% wartości zasolenia wód Zatoki Gdańskiej i jest bardzo zróżnicowane przestrzennie i czasowo. Na



Legenda – Legend

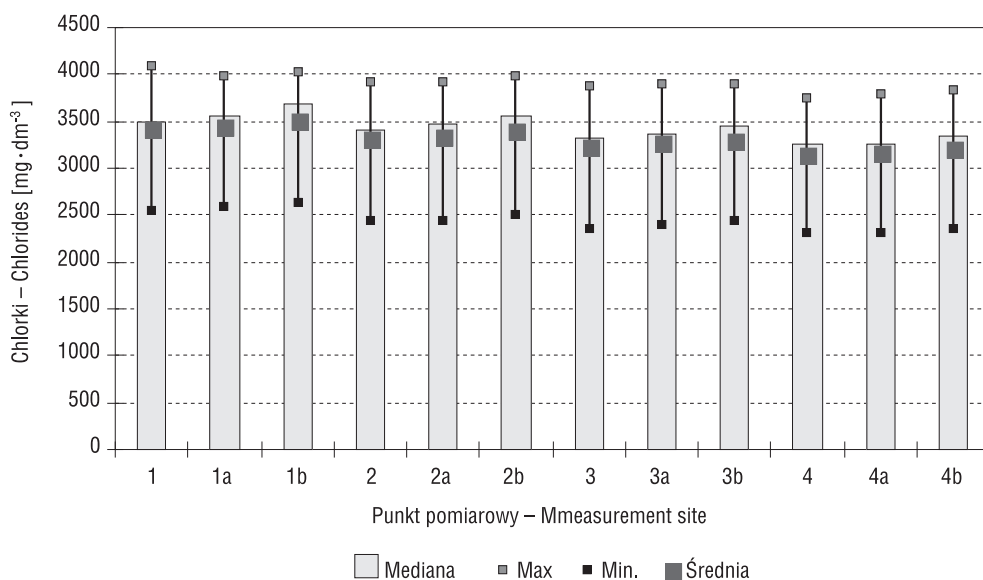
-  Przepust hydrotechniczny – Hydraulic sluice
-  Punkt wysokościowy – Altitude point
-  Poziomice – Contour lines
-  Kamienna grobla – Stone dam
-  Wał przeciwpowodziowy – Flood rampart
-  Zankowany szlak turystyczny – Marked touristic route
-  Ścieżka – Path
-  Granica rezerwatu – Border of reserve
-  Granica zlewni – Border of basin
-  Kanały melioracyjne – Meliorative channels
-  Wody – Water bodies
-  Zakres strefy zarastania zbiorników – Range of zone of overgrowing the reservoirs
-  Tereny podmokłe – Wetlands
-  Piaski wydmore – Sands dune
-  Lasy – Forests

Ryc. 3. Sieć hydrograficzna obszaru badań na tle użytkowania terenu

Fig. 3. River network and the land use in the research area

przykład, w jeziorze Ptasi Raj wynosi ono od $2311 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (punkt 4) do $4090 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (punkt 1). Są to wartości podobne do stwierdzonych w 1996 roku przez W. Langego i W. Maślankę (1996; $3500\text{--}4050 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), lecz znacznie mniejsze od podanych przez R. Szadzińskiego (1983), który wartości te określa na 6000 do $6700 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (ryc. 4, 5)

W wodach jeziora Karaś zanotowano także wysokie stężenia chlorków w całym okresie badawczym, choć w porównaniu do wód Ptasiego Raju były one mniejsze. Przyjmowały one wartości od $1830 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (punkt 2) do $2703,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (punkt 1; ryc. 4, 5). Wyższe stężenie chlorków w jeziorze Ptasi Raj jest spowodowane bliższym położeniem w stosunku do linii brzegowej morza, łatwiejszą penetracją wody słonawej od strony Wisły Śmiałej poprzez przepusty na grobli, a także silnie postępującym wysładzaniem wód jeziora Karaś.



Ryc. 4. Skrajne i średnie stężenia chlorków w wodach jeziora Ptasi Raj w poszczególnych punktach 1, 2, 3, 4 – woda powierzchniowa; 1a, 2a, 3a, 4a – woda przydenna; 1b, 2b, 3b, 4b – woda interstycjalna

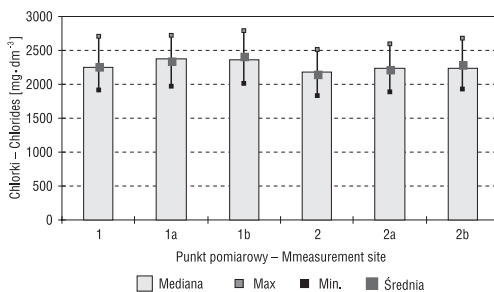
Fig. 4. Extreme and average chloride concentrations in the waters of Ptasi Raj lake at particular points 1, 2, 3, 4 – surface water; 1a, 2a, 3a, 4a – near-bottom water; 1b, 2b, 3b, 4b – interstitial water

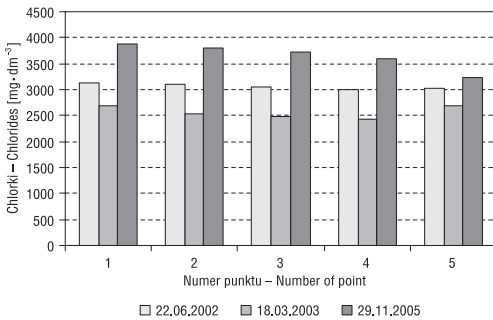
Ryc. 5. Skrajne i średnie stężenia chlorków w wodach jeziora Karaś w poszczególnych punktach

1, 2 – woda powierzchniowa; 1a, 2a – woda przydenna; 1b, 2b – woda interstycjalna

Fig. 5. Extreme and average chloride concentrations in the waters of Karaś lake at particular points

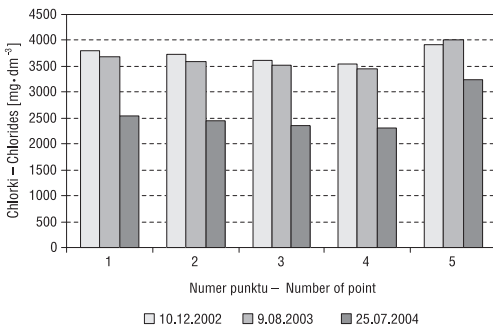
1, 2 – surface water; 1a, 2a – near-bottom water; 1b, 2b – interstitial water





Ryc. 6. Porównanie zasolenia w wodach jeziora Ptasi Raj (punkty 1–4) i Wisła Śmiałej (punkt 5) w sytuacjach nietypowych

Fig. 6. Comparison of salinity in the waters of Ptasi Raj lake (points 1–4) and the Wisła Śmiała (point 5) in untypical situations



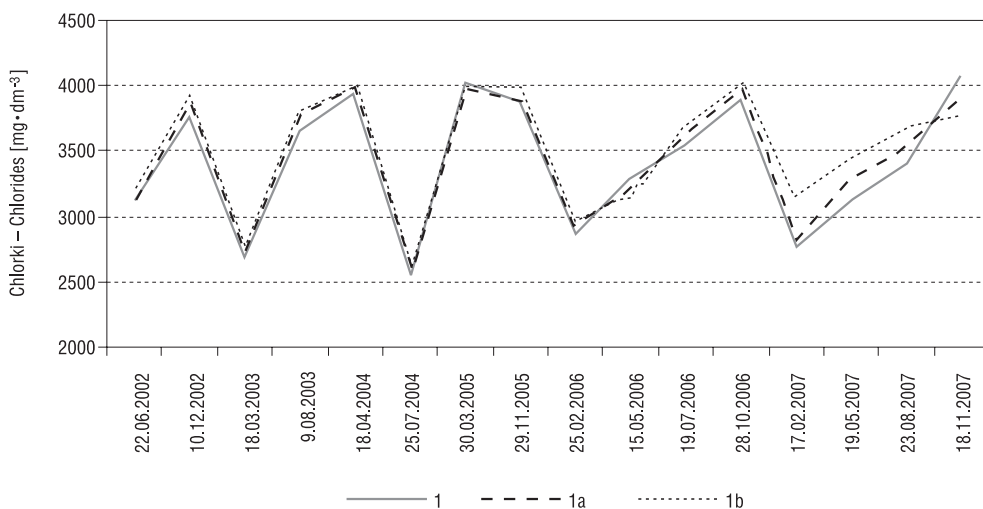
Ryc. 7. Porównanie zasolenia w wodach jeziora Ptasi Raj (punkty 1–4) i Wisła Śmiałej (punkt 5) w sytuacjach typowych

Fig. 7. Comparison of salinity in the waters of Ptasi Raj lake (points 1–4) and the Wisła Śmiała (point 5) in typical situations

Karś zanotowano natomiast zawsze niższe wartości stężeń chlorków w porównaniu do wód Wisły Śmiałej. Zmienność czasowa stężeń chlorków w wodach jezior Ptasi Raj i Karś charakteryzuje się znaczną dynamiką, która jest podobna w poszczególnych warstwach (ryc. 8, 9).

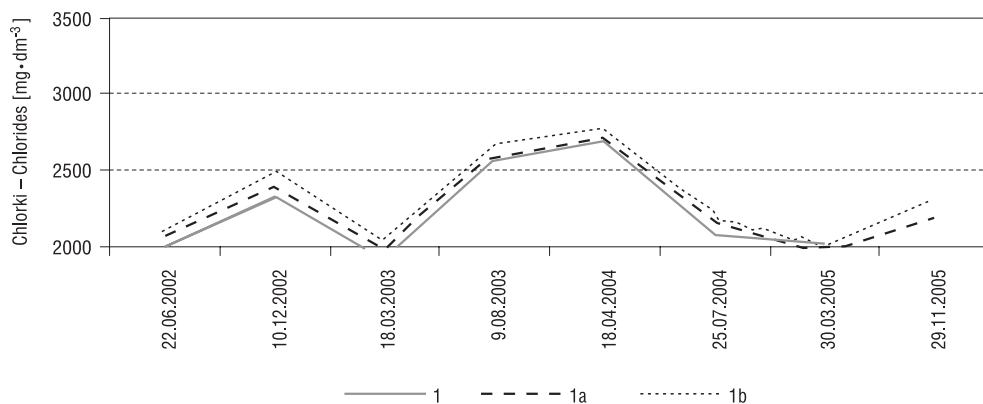
Koncentracja chlorków w jeziorze Ptasi Raj wykazuje wyraźną tendencję wzrostową w miarę zbliżania się do linii brzegowej Morza Bałtyckiego, zarówno w warstwie powierzchniowej, jak i warstwach przydennej i w osadach dennych. Najwyższe wartości osiąga w punkcie 1, zaś najniższe – w punkcie punkt 4. Drugi układ zmienności stężeń chlorków w przestrzeni (wschód – zachód) można tylko stwierdzić dla punktów 3 i 4, gdyż punkty 1, 2 i 3 ułożone są w jednej linii w stosunku do Wisły Śmiałej. W układzie tym wyższe wartości występują w każdej warstwie w punkcie 3. Stężenie chlorków w wodach jeziora Karś we wszystkich terminach pomiarowych we wszystkich warstwach było wyższe w punkcie 1 niż w punkcie 2. Jest to związane przede wszystkim z bliższą lokalizacją punktu 1 względem Morza Bałtyckiego oraz jeziora Ptasi Raj na północy, a także Wisłą Śmiałą na zachodzie.

Porównując koncentrację chlorków w wodach obu jezior w stosunku do wód Wisły Śmiałej, zauważyć można, iż w kilku przypadkach występowały wyższe wartości w wodach jeziornych niż w Wisła Śmiałej (np. 29 listopada 2005 r.; ryc. 6). Przyczyną takiego układu może być stagnacja wód słonawych w jeziorze przez długi czas. Z reguły jednak wyższe wartości są notowane na Wisła Śmiałej (ryc. 7). W wodach jeziora Karś



Ryc. 8. Zmienność stężeń chlorków w wodach jeziora Ptasi Raj w punkcie 1
1 – woda powierzchniowa, 1a – woda przydenna, 1b – woda interstycjalna

Fig. 8. Variability of chloride concentrations in Ptasi Raj lake at point 1
1 – surface water, 1a – subsurface water, 1b – interstitial water

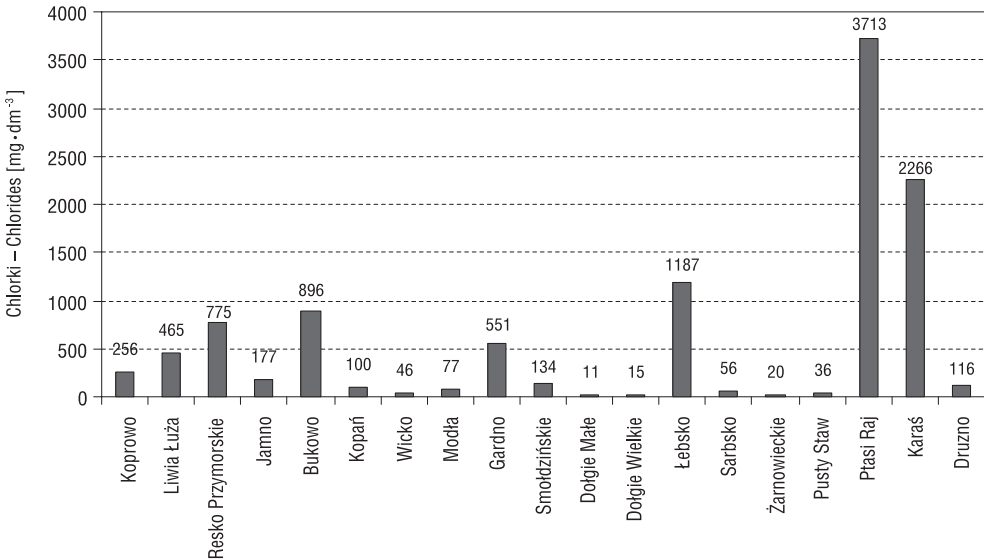


Ryc. 9. Zmienność stężeń chlorków w wodach jeziora Karaś w punkcie 1
1 – woda powierzchniowa, 1a – woda przydenna, 1b – woda interstycjalna

Fig. 9. Variability of chloride concentrations in Karaś lake at point 1
1 – surface water, 1a – subsurface water, 1b – interstitial water

Porównanie zasolenia z innymi jeziorami przybrzeżnymi

Uzyskane wyniki stężeń chlorków w wodach jezior Ptasi Raj i Karaś wskazują na bardzo silne oddziaływanie wód morskich. Wpływ ten można określić jako stały, a zmienność uzyskanych wyników wywołwana jest zmiennością intensywności oddziaływania akwenu morskiego (okresy sztormowe, typowe warunki pogodowe). Średnie wartości chlorków w wodach jeziora Ptasi Raj i Karaś są znacznie wyższe niż w innych jeziorach przybrzeżnych, takich jak: Resko Przymorskie, Łebsko, Gardno, Bukowo (Drwał i in. 2007, Heese i in. 1996, Świdzka-Bróz 1996, Tórz i in. 2000, Trojanowski 2003). Znacznym średnim stężeniem chlorków odznacza się Łebsko, w którym wartość ta osiąga $1187 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, co przy wartościach dla jeziora Ptasi Raj ($3713 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i jeziora Karaś ($2266 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) jest wartością niską. W porównaniu do pozostałych jezior, różnice te są jeszcze większe i sięgają często do 60-krotności uzyskanych wartości (ryc. 10). Również w przypadku wartości ekstremalnych różnice te są znaczne.



Ryc. 10. Średnie zasolenie w wodach wybranych jezior przybrzeżnych w Polsce

Fig. 10. Mean salinity in selected coastal lakes in Poland

Wnioski

Zlewnie jezior Ptasi Raj i Karaś leżących w obrębie rezerwatu „Ptasi Raj” posiadają niezwykle ciekawy i skomplikowany obieg wody. Ich powierzchnie są niewielkie, co wpływa istotnie na ograniczenie wpływu powierzchni zlewni na jakość wód tych jezior. Natomiast duża bliskość jezior w stosunku do morza, łatwość penetracji wód słonawych do mis jeziornych drogą powierzchniową i podziemną oraz intensywna działalność człowieka, chcącego regulować w sposób sztuczny wymianę wody w zbiorniku Ptasi Raj (grobla, przepusty) wpłynęła istotnie na dominację czynnika morskiego. Szczególnie

dobrze widoczne to jest przy określaniu wielkości zasolenia. Zasolenie wód badanych jezior należy do najwyższych spośród wszystkich jezior w obrębie polskiego wybrzeża Bałtyku – jest ono zbliżone do zasolenia wody morskiej, mimo, iż Ptasi Raj i Karaś nie są położone w strefie otwartego morza, lecz nad Zatoką Gdańską, która powinna je osłaniać przed zbyt dynamicznymi wpływami wód morskich. Mimo tych cech, są one często pomijane przy klasyfikacji jezior przybrzeżnych. Może to być podyktowane zbyt małą powierzchnią oraz brakiem szczegółowych danych odnoszących się do tych jezior. Zmienność zasolenia w obu jeziorach jest duża i zależy przede wszystkim od wpływów Morza Bałtyckiego. Wysokie wartości zasolenia w wodach jeziora Ptasi Raj utrzymują się, natomiast zasolenie wód jeziora Karaś spada, co świadczy o procesie wysładzania.

Zasięg linii brzegowej obu jezior zmniejsza się: w przypadku jeziora Ptasi Raj – wskutek zasypywania od strony Mierzei Messyńskiej, natomiast w przypadku jeziora Karaś – wskutek procesu łądowienia.

Literatura

- Drwal J., Cieśliński R., Chlost I., 2007, *Obieg wody w jeziorze przybrzeżnym na przykładzie jeziora Łebsko*, [w:] Z. Michalczyk (red.), *Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym. Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska*, 8, Wyd. UMCS, Lublin, 185–193.
- Heese T., Modzelewski T., Lamparska-Kałuźniacka M., 1996, *Stan sanitarny dorzecza Parsęty i jezior przymorskich Jamna i Bukowna*, Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, 11, 33–66.
- Kerekes J., 1977, *The index of lake basin permanence*, International Revue ges Hydrobiology, 62, 1070–1081.
- Lange W., Maślanka W., 1996, *Warunki hydrologiczne*, [w:] M. Przewoźniak (red.), *Monografia rezerwatu przyrody „Ptasi Raj”*, Materiały do Monografii Przyrodniczej Regionu Gdańskiego, tom I, Wyd. Gdańskie, 190–199.
- Szadziewski R., 1983, *Flies (Diptera) of the saline habitat of Poland*, Polskie Pismo Entomologiczne, 53, 31–76.
- Świdarska – Bróz M., 1996, *Jakość i zmienność składu wody rzeki Parsęty i Radwi oraz jeziora Jamno i Bukowo*, Zeszyty Naukowe Politechniki Koszalińskiej, 10, 155–173.
- Trojanowski J., 2003, *Charakterystyka hydrochemiczna*, [w:] Z. Mudryk (red.), *Jezioro Gardno*, Wyd. Państwowej Akademii Pedagogicznej, Słupsk, 53–63.
- Tórz A., Kubiak J., Nędzarek A., 2000, *Naturalna podatność na degradację jezior Koprowo, Liwia Łuża i Resko Przymorskie*, [w:] K. Lossow, H. Gawrońska (red.), *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior*, Wyd. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 161–171.

Roman Cieśliński, Piotr Ogonowski

The level and variability of surface water salinity within the “Ptasi Raj” nature reserve

Summary

The aim of the present study was to determine the level and temporal and spatial variability of salinity in waters of selected hydrographic objects in the “Ptasi Raj” reserve. The main conditions affecting the variability were also assessed.

In the years 2002–2007, water samples from two largest lakes of the reserve, “Ptasi Raj” and Karaś, were collected. In the course of field research, the inventory of the hydrographic network was also performed. The present paper discusses the results of the chloride concentration determination obtained during the analysis

These results indicate that at all the analysed measurement sites for the waters of “Ptasi Raj” and Karaś lakes very high chloride concentrations of wide ranges can be observed. They are at a level of about 70–80% of the values for the waters of the Gulf of Gdańsk. For surface waters of “Ptasi Raj” lake the recorded values ranged from 2311 to 4090 mg·dm⁻³, for above-bottom waters from 2318 to 3988 mg·dm⁻³, and interstitial waters showed chloride concentrations at a level of 2355 to 4019 mg·dm⁻³. These values are similar to those determined in 1996 by Lange and Maślanka (3500–4050 mg·dm⁻³). In the waters of Lake Karaś high chloride concentrations were recorded during the whole research period, though in comparison with the waters of “Ptasi Raj” they are lower. For surface waters, values ranging from 1830 to 2703 mg·dm⁻³ were obtained. In above-bottom waters the values ranged from 1890 to 2716 mg·dm⁻³, while the interstitial waters were characterised by chloride concentration from 1935 to 2796 mg·dm⁻³.

The obtained results of chloride concentrations in the waters of both analysed lakes point to a very strong impact of sea waters on their waters. This impact can be described as constant, and the variability of the findings resulted from intensity of sea water influence (storm periods, typical weather conditions). The mean chloride values in the waters of “Ptasi Raj” and Karaś lakes are much higher than in other coastal lakes. Such high salinity values are, above all, the consequence of both lakes’ proximity to the sea shoreline, which makes the penetration of brackish waters into their basins on the surface and under the ground easier, as well as the intense human activity aimed at the artificial regulation of the water exchange in the “Ptasi Raj” nature reserve (weir, culverts).