

# ZMIENNOŚĆ SKŁADU CHEMICZNEGO W SYSTEMIE OBIEGU WODY W ZLEWNI JEZIORA GARDNO NA WYSPIE WOLIN W OKRESIE 1997-2005

Robert Kolander

**Kolander R., 2007:** Zmienność składu chemicznego w systemie obiegu wody w zlewni jeziora Gardno na wyspie Wolin w okresie 1997-2005 (*The variability of chemical composition in water circulation in Lake Gardno catchment on the Wolin Island in 1997-2005*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego* nr 8, s. 57-63, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

**Zarys treści:** W pracy przedstawiono wyniki badań prowadzonych w okresie 1997-2005 w geosystemie zlewni eksperymentalnej jeziora Gardno na wyspie Wolin. Dane uzyskano w oparciu o system pomiarowy i metody laboratoryjne nawiązujące do standardów wypracowanych w Zintegrowanym Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Wyniki charakteryzują poszczególne etapy obiegu wody w oparciu o zmienność pH i wartości przewodności elektrolitycznej oraz w oparciu o udział poszczególnych jonów w składzie chemicznym krążącej w zlewni wody. Analizie poddano opad atmosferyczny, opad podkoronowy, spływ po pniach drzew, spływ śródpokrywowy, wody powierzchniowe oraz wody podziemne dwóch poziomów wodonośnych. Podsumowanie badań stanowi syntetyczny schemat przedstawiający zmienność mineralizacji i składu chemicznego w systemie obiegu wody w badanej zlewni.

**Słowa kluczowe:** monitoring, geosystem, obieg wody, opad atmosferyczny.

**Key words:** *geosystem, monitoring, water circulation, precipitation.*

Robert Kolander, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Instytut Paleogeografii i Geoekologii, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań, roko@amu.edu.pl

## 1. Wstęp

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zmienności mineralizacji i składu chemicznego w systemie obiegu wody w zlewni jeziora Gardno na wyspie Wolin w okresie 1997-2005. Przedstawione wyniki badań pochodzą z wytypowanych do badań reprezentatywnych powierzchni testowych i punktów pomiarowych. Stacja Monitoringu Środowiska Przyrodniczego prowadzi badania naukowe, których wyniki mają swoje miejsce w monitoringu regionalnym (Kostrzewski i in. 1999, 2001, 2002, 2004 i 2007) i przyczyniają się do ochrony środowiska przyrodniczego Wolińskiego Parku Narodowego i wyspy Wolin.

## 2. Obszar badań

Największa polska wyspa – Wolin – zajmuje obszar 265 km<sup>2</sup>. Znaczne zróżnicowanie krajobrazowe na jej

obszarze związane jest z występującymi tutaj różnymi typami rzeźby. Wartość przyrodnicza wyspy doceniona została poprzez powołanie w jej centralnej części w 1960 roku Wolińskiego Parku Narodowego. Ochroną prawną objęto wysoczyznę morenową, strefę wewnętrznych wód morskich Zalewu Szczecińskiego i wód morskich Zatoki Pomorskiej, a także obszar delty wstecznej Świny.

A. Kostrzewski (1978) zwraca uwagę na indywidualność przyrodniczą wyspy Wolin wyrażającą się w położeniu nadmorskim, w umiarkowanej strefie klimatycznej, wyspiarskim charakterze regionu, dużym zróżnicowaniu typów genetycznych rzeźby, interesujących formach występowania wód powierzchniowych, dużym zróżnicowaniu świata roślinnego i zwierzęcego, wysokich walorach krajobrazowych, zasługujących na różne formy ochrony i wyspecjalizowanych funkcjach związanych z nadmorskim położeniem.

Współczesna rzeźba wyspy Wolin jest efektem czwartorzędowego cyklu rzeźbotwórczego, na który

nakładają się elementy rzeźby cyklu holocenijskiego. Rzeźba wyspy Wolin powstała w wyniku recesji lobu Odry z fazy szczecińskiej (Wzgórza Bukowe, Wał Bobrownicki) do linii moren czołowych fazy wolińskogardzieńskiej, których wiek określany jest na najstarszy dryas. W tym czasie powstały podstawowe typy rzeźby wyspy Wolin. Wolińska morena czołowa stanowi trzon plejstocenijskich osadów. W strefie wybrzeża Bałtyku podcięta jest klasycznie wykształconym i najwyższym w Polsce klifem morskim (Kostrzewski, Zwoliński 1988, 1994).

Na obszarze wyspy można wyróżnić gleby brunatne kwaśne, bielcowo-rdzawe, bielice, arenosole oraz naspy przyklifowe. Zróżnicowanie typologiczne gleb wyspy Wolin (Borowiec 1994) jest ściśle powiązane z występowaniem różnych zespołów roślinnych oraz ze składem mineralogicznym podłoża i warunkami klimatycznymi wyspy.

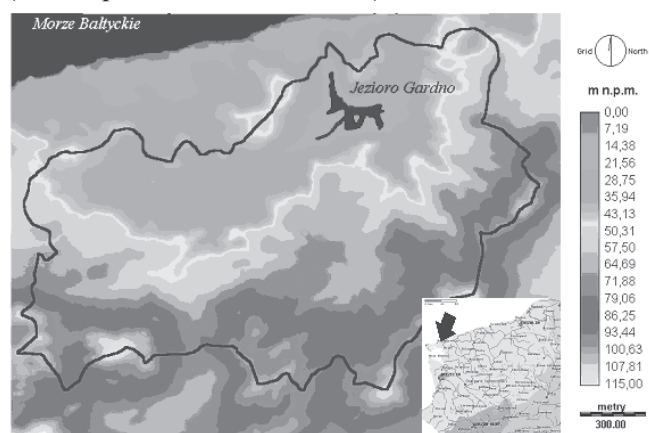
Autorzy opracowań klimatologicznych dotyczących wyspy Wolin podkreślają wpływ morskich mas powietrza na kształtowanie klimatu wyspy (Romer 1949, Prawdzic 1961, 1963, Okołowicz 1973, Woś 1993). Według podziału A. Wosia (1993) wyspa Wolin należy do Regionu Klimatycznego Zachodniomorskiego, cechującego się największą w Polsce częstością występowania dni z pogodą umiarkowaną ciepłą i jednocześnie pochmurną. Rzadko występuje tutaj typ pogody przymrozkowej i mroźnej.

Na obszarze wyspy sieć rzeczna jest słabo wykształcona. Lewińska struga łączy jeziora polodowcowe znajdujące się w północno-wschodniej części wyspy w jeden system (Pojezierze Wolińskie). Na obszarze Wolińskiego Parku Narodowego występują też jeziora leżące na obszarach bezodpływowych powierzchniowo – jezioro Turkusowe i Gardno. Ważną rolę w bilansie wyspy Wolin spełniają także rowy melioracyjne odwadniające wschodnią, równinną część wyspy (Choiński i wsp. 1978).

Położenie wyspy Wolin wpływa na specyficzny dwudzielny charakter jej zasobów roślinnych – nadmorski i śródlądowy (Piotrowska 1994). Sąsiedztwo Bałtyku i Zalewu Szczecińskiego stwarza warunki do wzbogacania i wzrostu różnorodności flory i zbiorowisk roślinnych. Obszary te porastają m.in. rzadkie gatunki kserotremiczne i zbiorowiska ciepłolubne z tzw. mezofilną buczyną storczykową (*Carici-Fagetum balticum*). Mniej zróżnicowane są zasoby śródlądowe wyspy porośnięte głównie acidofilnymi lasami bukowymi (*Luzulo pilosae Fagetum*) i mieszanymi oraz borami, rosnącymi na ubogim podłożu.

Dominującym typem rzeźby Parku i całej wyspy Wolin jest Pasma Wolińskie (Marsz 1967). W zasięgu Pasma Wolińskiego znajduje się kulminacja mikroregionu, będąca jednocześnie kulminacją całej wyspy – 115,4 m n.p.m. Po-

wierzchnię całego mikroregionu porastają fizjocenozy lasów liściastych (buk, grab, dąb) z domieszką sosny i rzadziej enklawy fizjocenozy pagórków gliniastych, zagłębień bezodpływowych i dolinnych. Wartości przyrodnicze i niewielki stopień przekształcenia środowiska w obrębie Pasma Wolińskiego zdecydował o wytypowaniu w jego obrębie zlewni eksperymentalnej (ryc. 1 – patrz kolorowa wkładka)). Obejmuje ona obszar 265 ha i jest zlewnią bezodpływową powierzchniowo. W północno-wschodniej części zlewni znajduje się jezioro Gardno o powierzchni 2,1 ha, głębokości 6,9 m, położone na wysokości 16,9 m n.p.m. (fot. 1 – patrz kolorowa wkładka).



Ryc. 1. Zlewnia jeziora Gardno na wyspie Wolin  
Fig. 1. The catchment of Lake Gardno on the Wolin Island

Deniwelacje w obrębie zlewni dochodzą do 98,5 m. Powierzchnia zlewni jeziora Gardno jest w całości porośnięta lasem. Występują tutaj lasy bukowe i mieszane (sosna, dąb, rzadziej świerk). Utwory powierzchniowe zlewni tworzą głównie dobrze przepuszczalne piaski drobne, na których wykształciły się przede wszystkim gleby bielcowe, lecz spotyka się także gleby bielcowo-rdzawe i brunatne kwaśne.

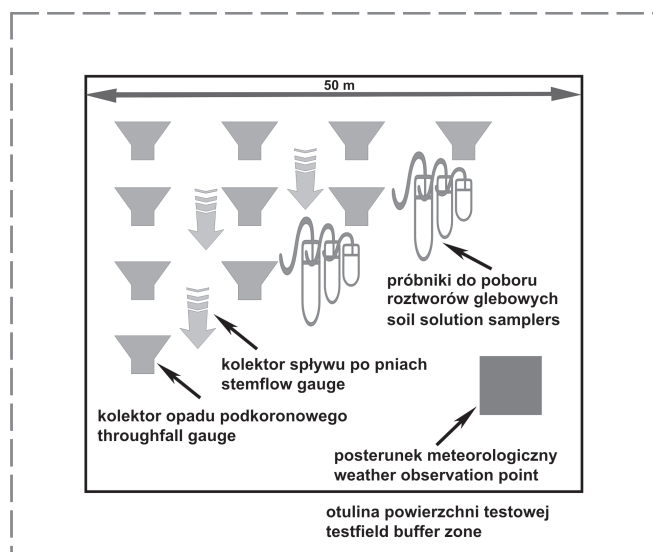


Fot. 1. Jezioro Gardno na wyspie Wolin  
Phot. 1. Lake Gardno on the Wolin Island

### 3. Monitoring środowiska przyrodniczego

System pomiarowy eksperymentalnej zlewni jeziora Gardno obejmuje wybrane elementy poszczególnych sfer środowiska przyrodniczego w układzie pionowym: atmosfera - biosfera - litosfera - pedosfera - hydrosfera i poziomym: pokrywy stokowe (Kolander 1997). Poznanie etapów obiegu wody (droga do dna lasu oraz w pokrywach stokowych) ma na celu poznanie zróżnicowania czasowego i przestrzennego krążącej i modyfikowanej fizykochemicznie wody. Zastosowana metodyka badań nawiązuje do ogólnie stosowanych rozwiązań i standardów pomiarowych stosowanych w badaniu współczesnych geoekosystemów (m.in. w zlewni górnej Parsęty w – Kostrzewski 1994).

We wschodniej części Pasma Wolińskiego znajduje się stacja meteorologiczna Wolińskiego Parku Narodowego. Stacja prowadzi monitoring warunków pogodowych od 1986 roku. Pomiaru wykonywane są zgodnie ze standardami IMGW. Dane te są uzupełniane w oparciu o nowopowstały system automatycznych pomiarów meteorologicznych w obrębie zlewni jeziora Gardno (ryc. 2.) oraz na wybrzeżu klifowym w Białej Górze (4 km na zachód od zlewni eksperymentalnej). Najbliższa stacja synoptyczna IMGW znajduje się w Świnoujściu – 20 km na zachód od zlewni eksperymentalnej.



Ryc. 2. Powierzchnia testowa opadu na dnie lasu. Zlewnia jeziora Gardno

Fig. 2. Testfield of precipitation delivery to the forest floor. Catchment of Lake Gardno

Powierzchnię testową opadu na dnie lasu zlokalizowano na reprezentatywnej powierzchni zbiorowiska leśnego *Luzulo pilosae Fagetum*, położonej w północno-wschodniej części zlewni (ryc. 2.). Na 250 m<sup>2</sup> powierzchni testowej monitoringem objęto

opad podkoronowy, spływ po pniach i roztwory glebowe. Opad podkoronowy zbierano do kolektorów o powierzchni wlotowej 200 cm<sup>2</sup> i osłoniętych siatką z obojętnego chemicznie tworzywa. Kolektory spływu po pniach zainstalowano przy trzech bukach. Spływ koncentruje się na opaskach spiralnych odprowadzających wodę do kolektorów zamontowanych u podstawy pni.

W celu dalszego szczegółowego poznania obiegu wody wytypowano stok testowy, który bezpośrednio sąsiaduje z powierzchnią testową. Profil podłużny stoku o długości 120 m biegnie w kierunku jeziora Gardno. W dolnej części stoku zlokalizowano stanowisko pomiarowe spływu śródpokrywowego. Ekranowane czterometrowe rynny zbierające spływ śródpokrywowy, zostały zainstalowane poprzecznie do profilu podłużnego stoku na trzech głębokościach – 30, 60, 210 cm.

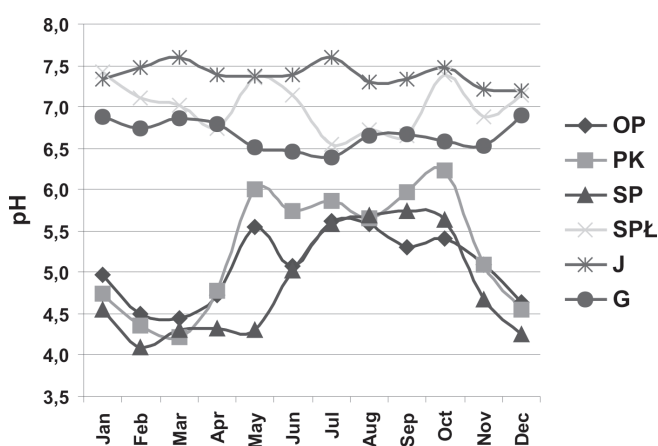
Kolejne etapy obiegu wody badano raz w tygodniu w oparciu o stanowisko pomiaru stanu i jakości wód jeziora Gardno. Pobór próbek wód powierzchniowych w stałym punkcie jeziora z głębokości 0,5 m poniżej zwierciadła wody pozwolił na poznanie oddziaływania zasilania wodami podziemnymi i glebowymi oraz opadami atmosferycznymi na wody jeziora Gardno. Badanie wód podziemnych oparto na 2 punktach piezometrycznych położonych na wysokości 4 m nad poziomem zwierciadła jeziora i w odległości 40 m od linii brzegowej oraz na uzupełniającym punkcie piezometrycznym położonym w odległości 20 m od jeziora i powyżej 2,5 m od jego zwierciadła. Piezometry pozwalają na badania wahań poziomu zwierciadła wód podziemnych dwóch poziomów wodonośnych i korelowanie tych wyników z wahaniami poziomu jeziora Gardno. Od 2006 funkcjonuje rozbudowany i zautomatyzowany system pomiarowy (wykonawca O.T.J. POLON – Wrocław). Rozszerzenie i modernizacja systemu pomiarowego pozwoliła na zwiększenie liczby uzyskiwanych danych i na ciągłą rejestrację parametrów pomiarowych.

Próbki wody do analiz chemicznych pobierano w cyklach maksymalnie jednomiesięcznych. Analizy pH i przewodności elektrolitycznej wykonywano na miejscu w Stacji Monitoringu Środowiska Przyrodniczego UAM w Grodnie. Próbki następnie przewożono do laboratorium hydrochemicznego Stacji Geoekologicznej UAM w Storkowie. Analizy wykonywał chemik – pani dr Grażyna Szpikowska. Zakres analiz obejmował oznaczenia jonów HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Mn<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>. Oznaczano także SiO<sub>2</sub>.

Ilościowe i jakościowe poznanie poszczególnych etapów obiegu wody pozwala m. in. na określenie zmienności składu chemicznego w systemie obiegu wody w zlewni jeziora Gardno na wyspie Wolin.

#### 4. Wyniki badań

Przedstawione wyniki badań oparto na dziewięciu latach kalendarzowych obejmujących okres 1997-2005. Porównanie średnich miesięcznych wartości pH na poszczególnych etapach obiegu wody w tym okresie pozwala na ustalenie określonych prawidłowości (ryc. 3.). Zmienność pH opadu atmosferycznego, podkoronowego i spływu po pniach drzew uwarunkowana jest sezonem wegetacyjnym oraz dostawą zanieczyszczeń w okresie zimowym. Najwyższe wartości pH notuje się w okresie wegetacyjnym, kiedy zachodzi proces wymywania składników z organów asymilacyjnych (ryc. 4.). pH opadu podkoronowego jest wyższe w tym okresie do ok. 0,8 jednostki pH od opadu atmosferycznego.

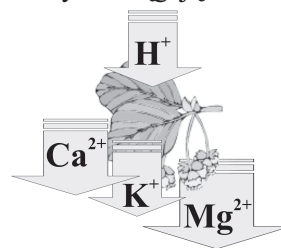


Ryc. 3. Zmienność pH w systemie obiegu wody w zlewni jeziora Gardno. Średnie miesięczne z okresu 1997-2005. OP – opad atmosferyczny, PK – opad podkoronowy, SP – spływ po pniach drzew, SPL – spływ śródpokrywowy, J – wody powierzchniowe, G – wody podziemne

Fig. 3. Variability of pH in water circulation in Lake Gardno catchment. Monthly average from the 1997-2005 period. OP – precipitation, PK – throughfall, SP – stemflow, SPL – inflow, J – surface waters, G – groundwaters I level

W okresie sezonu wegetacyjnego w lasach bukowych występuje więc proces neutralizacji „kwaśnych deszczy”, polegający na zwiększaniu wartości pH opadów atmosferycznych docierających do dna lasu nawet do wartości pH 6,2. W okresie pozawegetacyjnym decydujący wpływ na wartość pH opadu atmosferycznego i podkoronowego oraz spływu po pniach drzew ma rozpuszczanie zanieczyszczeń gazowych w opadach atmosferycznych oraz depozycja zanieczyszczeń na powierzchni drzew. Jest to efekt charakterystyczny dla naszej szerokości geograficznej emitowania do atmosfery gazowych produktów spalania paliw kopalnych ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) podczas okresu grzewczego.

W okresie tym, do dna lasu pozbawionego organów asymilacyjnych, dociera wyraźnie zakwaszony opad podkoronowy i spływ po pniach drzew. Wartości mierzone w okresie zimowym osiągają nawet pH 4,1.

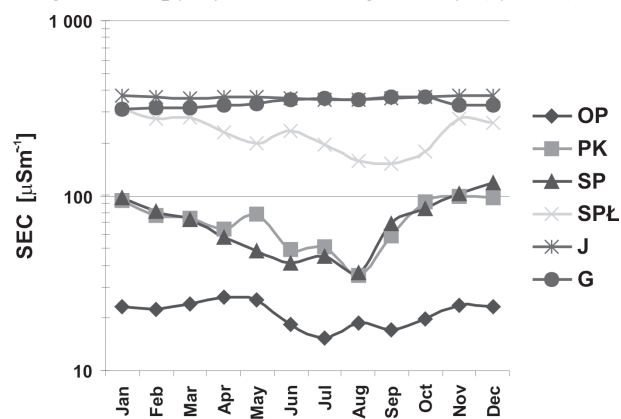


Ryc. 4. Reakcje jonowymienne w strefie kontaktu opadu atmosferycznego i organów asymilacyjnych

Fig. 4. Chemical replaceable reaction between precipitation and assimilation organs

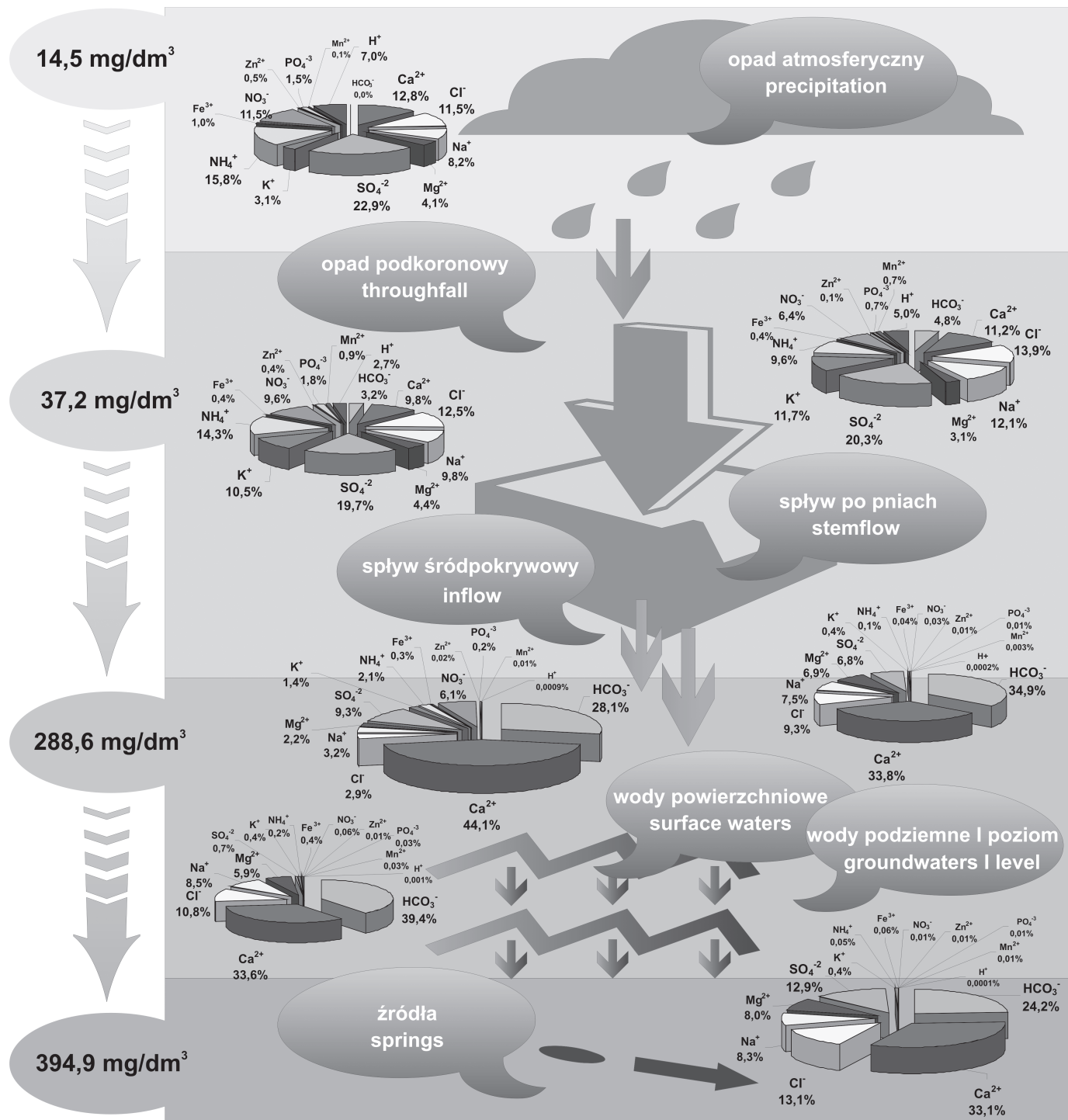
Mniejsze zróżnicowanie sezonowe oraz wyższe wartości pH notowane są w wodach powierzchniowych, podziemnych oraz spływie śródpokrywowym. Wartości pH wód jeziora Gardno wahają się w zakresie pH 7,2-7,6, co świadczy o dobrej odporności jeziora na zanieczyszczenia gazowe z atmosfery. Podobny przebieg krzywych wód podziemnych oraz wód spływu śródpokrywowego, które z kolei mają minimalnie niższe wartościach pH niż wody jeziorne, świadczy o ścisłym powiązaniu tych trzech elementów systemu obiegu wody w zlewni. Każda zmiana wartości pH w jednym z elementów znajduje odzwierciedlenie w pozostałych.

Zmienność przewodności elektrolitycznej, podobnie jak pH, wykazuje prawidłowości opisujące poszczególne etapy systemu obiegu wody (ryc. 5.).



Ryc. 5. Zmienność przewodności elektrolitycznej w systemie obiegu wody w zlewni jeziora Gardno. Średnie miesięczne z okresu 1997-2005. OP – opad atmosferyczny, PK – opad podkoronowy, SP – spływ po pniach drzew, SPL – spływ śródpokrywowy, J – wody powierzchniowe, G – wody podziemne

Fig. 5. Variability of electrical conductivity in water circulation in Lake Gardno catchment. Monthly average from the 1997-2005 period. OP – precipitation, PK – throughfall, SP – stemflow, SPL – inflow, J – surface waters, G – groundwaters I level



Ryc. 6. System obiegu wody w zlewni jeziora Gardno. Mineralizacja i skład chemiczny w latach 1997-2005

Fig. 6. The system of water circulation in Lake Gardno catchment. Mineralization and chemical composition of waters in the 1997-2005 years

Najniższe wartości przewodności elektrolitycznej mierzone są w opadzie atmosferycznym, podkoronowym i splływie po pniach drzew. Wartości te wynoszą kilkanaście do kilkudziesięciu  $\mu\text{Sm}^{-1}$  a jedynie w okresie zimowym (depozycja zanieczyszczeń na powierzchni drzew) opad docierający do dna lasu prze-

kracza nawet  $100 \mu\text{Sm}^{-1}$ . Stężenia substancji rozpuszczonych w wodach powierzchniowych i podziemnych nie są wyraźnie zróżnicowane w ciągu roku i wahają się w przedziale  $310-370 \mu\text{Sm}^{-1}$ . Stężenia substancji rozpuszczonych w wodach splływu śródpokrywowego wykazują największe zróżnicowanie ( $150-320 \mu\text{Sm}^{-1}$ ). Tak znaczna zmienność uwarunkowana jest wysokością

i natężeniem opadów atmosferycznych, a tym samym objętością wody, w której zachodzi rozpuszczanie substancji, podczas kontaktu infiltrującej wody z podłożem. Najniższe stężenia w wodach spływających śród-pokrywowo notuje się w okresie od sierpnia do października, a najwyższe stężenia w styczniu.

Prowadzony w latach 1997-2005 monitoring ekosystemu zlewni jeziora Gardno na wyspie Wolin daje podstawy do jakościowej charakterystyki systemu obiegu wody (ryc. 6).

Opad atmosferyczny stanowi najmniej zmineralizowany etap obiegu wody ( $14,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). W jego składzie chemicznym istotną rolę odgrywają morskiego pochodzenia chlor i sól. Stanowią one ok. 20% ogółu substancji rozpuszczonych w opadzie atmosferycznym. Siarczany i azotany, na które przypada łącznie ok. 45% udziału w składzie chemicznym opadów atmosferycznych, są pochodzenia antropogenicznego, choć siarczany mogą być także pochodzenia morskiego (Kolander 2007). Na szczególną uwagę zasługują jony wodorowe, których 7% udziału w opadzie o niskiej mineralizacji nie wpływa na dostawę bardzo wysokich ładunków protonów do dna lasu w postaci tzw. „kwaśnych deszczy”. Najwyższe wartości pH osiągnęte są w okresie wegetacyjnym, kiedy zachodzi proces wymywania składników z organów asymilacyjnych (ryc. 4.).

Zwiększenie mineralizacji opadu atmosferycznego do  $37,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  następuje w wyniku kontaktu opadu atmosferycznego z powierzchnią roślinną (las bukowy) oraz z 40% ubytkiem wody w wyniku ewapotranspiracji. Dochodzi wtedy przede wszystkim do splukiwania materii zdeponowanej na powierzchni liści, jak też do ługowania niektórych jonów z wnętrza tkanek. Znacznie rzadziej występuje odwrotny proces, tj. depozycja materii na powierzchni liści i adsorpcja do wnętrza tkanek. Woda na tym etapie obiegu cechuje się większym zróżnicowaniem składu chemicznego. W składzie chemicznym nadal istotną rolę odgrywają jony pochodzenia morskiego ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  i częściowo  $\text{Mn}^{2+}$ ), ale także rośnie znaczenie jonów biogennych –  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  oraz częściowo  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{Mn}^{2+}$ . Kontakt z podłożem prowadzi do procesów wietrzenia chemicznego, których intensywność ma podstawowe znaczenie w kształtowaniu składu chemicznego wód krążących w pedo- i litosferze. Mineralizacja na tych etapach obiegu wody wzrasta średnio do niemal  $300 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , głównie za sprawą występującego w osadach łatwo rozpuszczanego  $\text{CaCO}_3$ . Jony wapnia stanowią 34-44% składu chemicznego wody krążącej w tej sferze, a jony wodorowęglanowe 28-40%. Filtracja do głębszych osadów związana jest z dalším wzrostem mineralizacji wód. W składzie chemicznym większy udział osiągają jony łatwo migrują-

ce w podłożu –  $\text{Cl}^-$  i  $\text{Na}^+$ . Wysoki udział siarczanów na tym etapie obiegu jest z kolei związany z występującymi na tym obszarze porwakami kredowo-gipsowymi.

## 5. Podsumowanie

Monitoring zmienności mineralizacji i składu chemicznego w systemie obiegu wody w zlewni jeziora Gardno, poprzez ciągłe wzbogacanie i uaktualnianie informacji dotyczących badanego geosystemu, pozwala na stałą kontrolę tendencji do zmian w środowisku przyrodniczym w tym regionie Polski. Obserwuje się wyraźną tendencję do zróżnicowania czasowego i przestrzennego krążącej i modyfikowanej fizykochemicznie wody. Wyniki badań wskazują, iż najistotniejsze dla jakości środowiska są czynniki ponadregionalne. Wielkości emitowanych do atmosfery gazowych produktów spalania paliw kopalnych ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) decydują o jakości środowiska na wyspie Wolin. W okresie zimowym do dna lasu pozbawionego organów asymilacyjnych, dociera wyraźnie zakwaszony i o zwiększonej mineralizacji opad podkoronowy i spływ po pniach drzew.

## 6. Literatura

- Borowiec S., 1994:** *Wyniki i perspektywy badań gleboznawczych na obszarze Wolińskiego Parku Narodowego*. W: A. Kostrzewski, (red.), Stan i perspektywy badań naukowych na obszarze Wolińskiego Parku Narodowego. WPN, t. I, Międzyzdroje.
- Choński A., Kowalski, G., Świrko, A., 1978:** *Stosunki wodne wyspy Wolin*. W: A. Kostrzewski, (red.), Studia z geografii fizycznej i ekonomicznej wyspy Wolin. SKNG, UAM, Poznań.
- Kolander R., 1997:** *Współczesny system denudacyjny zlewni jeziora Gardno - założenia realizacji programu pomiarowego*. Seminarium: Ochrona Środowiska Przyrodniczego Wolińskiego Parku Narodowego. Funkcje i Zadania - Plan Ochrony Parku. Grodno 16-17.10.97, Wyd. Arch. Państw. „Dokument”, Szczecin: 57-58.
- Kolander R., 2007:** *Wpływ ponadprzeciętnych warunków anemometrycznych na kształtowanie się składu chemicznego opadu podkoronowego w zlewni jeziora Gardno na wyspie Wolin*. W: A. Kostrzewski, J. Szpikowski, (red.), Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych. Procesy ekstremalne w środowisku geograficznym. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, s. 309-315.
- Kostrzewski A. (red.), 1978:** *Studia z geografii fizycznej i ekonomicznej wyspy Wolin*. SKNG UAM, Poznań.
- Kostrzewski A., (red.), 1994:** *Stacja Bazowa Storkowo*. Bib. Monit. Środ., Warszawa.

- Kostrzewski, A., Kolander R., Szpikowski J., 1999:** *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego*. W: M. Landsberg-Uczciwek, Raport o stanie środowiska w województwie Zachodniopomorskim w latach 1997-1998. IOŚ, WIOŚ Szczecin, Biblioteka Monitoringu, Szczecin:177-190.
- Kostrzewski A., Kolander R., Szpikowski J., 2001:** *Realizacja programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na terenie województwa zachodniopomorskiego w latach 1999-2000*. W: Raport o stanie środowiska w Województwie Zachodniopomorskim w roku 2000. Insp. Ochr. Środ., Bibl. Monit. Środ., Szczecin: 135-148.
- Kostrzewski A., Kolander R., Szpikowski J., 2002:** *Realizacja programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na terenie województwa zachodniopomorskiego w roku 2001*. W: Raport o stanie środowiska w Województwie Zachodniopomorskim w roku 2001. Insp. Ochr. Środ., Bibl. Monit. Środ., Szczecin: 151-166.
- Kostrzewski A., Kolander R., Szpikowski J., 2004:** *Realizacja programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na terenie województwa zachodniopomorskiego w latach 2002-2003*. W: Raport o stanie środowiska w Województwie Zachodniopomorskim w latach 2002-2003. Insp. Ochr. Środ., Bibl. Monit. Środ., Szczecin: 280-288.
- Kostrzewski A., Kolander R., Szpikowski J., 2007:** *Realizacja programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na terenie województwa zachodniopomorskiego w latach 2004-2005*. W: Raport o stanie środowiska w Województwie Zachodniopomorskim w latach 2004-2005. Insp. Ochr. Środ., Bibl. Monit. Środ., Szczecin: 243-262.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z., 1988:** *Morphodynamics of the cliffed coast, Wolin Island*. Geogr. Polon., 55: 69-81.
- Kostrzewski, A., Zwoliński, Z., 1994:** *Baltyckie wybrzeże klifowe wyspy Wolin - stan aktualny, tendencje rozwoju*. W: A. Kostrzewski, B. Jakuczun, (red.), Klify, t. I, Międzyzdroje.
- Marsz A., 1967:** *Próba regionalizacji fizyczno-geograficznej wyspy Wolin*. Bad. Fiz. nad Pol. Zach., 17.
- Okołowicz W., 1973:** *Regiony klimatyczne*. W: Narodowy Atlas Polski, Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk.
- Piotrowska H., 1994.** *Aktywna ochrona zasobów roślinnych Wolińskiego Parku Narodowego w świetle naturalnej i antropogenicznej historii lasów wyspy Wolin*. W: A. Kostrzewski, (red.), Klify, t. I, Międzyzdroje.
- Prawdź K., 1961:** *Klimat województwa szczecińskiego w świetle potrzeb rolnictwa*. 64, Szczecin.

**Prawdź K., 1963:** *Klimat Basenu Szczecińskiego*. Bad. Fizjogr. n. Pol. Zach., 9: 61-131.

**Romer E., 1949:** *Regiony klimatyczne Polski*. Prace Wrocł. Tow. Nauk., Ser. B, 16: 28, Wrocław.

**Woś A., 1993:** *Regiony klimatyczne Polski w świetle częstości występowania różnych typów pogody*. Zesz. Inst. Geogr. i Przestrz. Zagospod. PAN, 19, Warszawa.

#### THE VARIABILITY OF CHEMICAL COMPOSITION IN WATER CIRCULATION IN LAKE GARDNO CATCHMENT ON THE WOLIN ISLAND IN 1997-2005

##### Summary

The variability of chemical composition in water circulation in Lake Gardno catchment on the Wolin Island in 1997-2005 years shows that the result of a physico-chemical transformation of precipitation in the canopy of beech trees, the rainfall is enriched in most of the ions. The loads of hydrogen ions reaching the forest floor show variability correlated with the vegetation season. With the start of the beech growing season in April, the adsorption of hydrogen ions can be observed. The buffering ability of assimilation organs persists throughout the entire season, reducing the number of protons reaching the forest floor even by 99%. The effect is a substantial enrichment of water solutions getting to this part of the forest in potassium, calcium and magnesium loads. The volume of proton loads delivered to the forest floor in the non-growing season is more than 16 times greater. The Mineralization of water circulation in Lake Gardno catchment is lowest in the precipitation (14,5 g •dm<sup>-3</sup>). In biosphere reaches 37,2 mg •dm<sup>-3</sup> (throughfall and stemflow). In lithosphere reaches over 300 mg •dm<sup>-3</sup> (inflow, surface waters, and groundwaters on the two levels).