

Maciej Major

Instytut Badań Czwartorzędu i Geoekologii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
Fredry 10, 61-701 Poznań

Wpływ opadów atmosferycznych na chemizm roztworów glebowych w zlewni zagłębienia bezodpływowego (Pomorze Zachodnie, górna Parsęta, rok hydrologiczny 2000)

The effect of precipitation on the chemism of soil solutions in the catchment of a closed basin (West Pomerania, upper Parsęta, hydrological year 2000)

Wprowadzenie

Zlewnia górnej Parsęty reprezentuje geoekosystem obszaru nizinnego, młodoglacjalnego położonego w umiarkowanej strefie klimatycznej i jest reprezentatywna dla obszaru Pomorza. Obszar badań leży na północnym skłonie środkowopomorskiego ciągu czołowomorenowego w obrębie tzw. lobu Parsęty. Rzeźba zlewni jest efektem złożonej deglacjacji podczas fazy pomorskiej oraz holocenijskiego cyklu morfotwórczego. Wśród dominujących form terenu należy wymienić wzgórza moreny czołowej, równinę moreny dennej, różnego rodzaju formy szczelinowe oraz lokalne sandry i zagłębienia wytopiskowe. Utwory powierzchniowe stanowią one przez gliny morenowe, piaski i żwiry oraz osady stokowe i mineralno - organiczne. Na analizowanym terenie dominuje rolniczo - leśne użytkowanie terenu. Na obszarze zlewni przeważają gleby brunatnoziemne z dodatkiem czarnych ziem, mad oraz gleb mineralno - organicznych i organicznych. Obszar zlewni górnej Parsęty zajmuje powierzchnię 74,0 km², a długość rzeki równa jest 13,26 km. Pod względem hydrologicznym Parsęta posiada wyrównany reżim hydrologiczny, charakteryzujący się zasilaniem gruntowo-deszczowo-śnieżnym i okresem wezbraniowym w czasie wiosny (Kostrzewski i inni 1994). Zagłębienia bezodpływowe zajmują szczególne miejsce we współczesnym systemie denudacyjnym zlewni górnej Parsęty – reprezentują formy o różnej wielkości, morfologii i położeniu (w stosunku do innych form), są one przedmiotem badań realizowanego programu badawczego.

Główne cechy rzeźby Pomorza Zachodniego zostały wykształcone w czasie ostatniego zlodowacenia kontynentalnego w wistulianie. Ustępowanie tego zlodowacenia na obszarze Pomorza Zachodniego było zróżnicowane i miało przede wszystkim charakter deglacjacji arealnej, której pozostałością są liczne zagłębienia bezodpływowe. Zagłębienia te o zróżnicowanej genezie i wielkości powstały w okresie późnoglacialnym, a większość z nich we współczesnym krajobrazie stanowi zbiorniki wodne. Zagłębienia bezodpływowe odgrywają istotną rolę w hydrologii i hydrogeologii obszarów młodoglacjalnych i zasługują na specjalne badania i ochronę.

Wybraną powierzchnią testową jest zlewnia oczka wodnego o powierzchni 3,5 ha, znajdującą się na terenie zlewni górnej Parsęty, w odległości ok. 1 km na północny wschód od Radomyśla, w zlewni cząstkowej Kłudy. Analizowane zagłębienie jest śródpolnym oczkiem wodnym o długości 105 metrów, szerokości 90 m i głębokości 5,9 m. Zlewnia wybranego zagłębienia, od zachodu w niewielkim stopniu jest porośnięta kilkuletnim lasem sosnowo-brzozowym.

Summary

A detailed study was performed of the catchment of a kettle pond 3.5 ha in the area situated in the upper Parsęta catchment, about 1 km north-east of the town of Radomyśl, in the subcatchment of the Kłuda river. The water body is a mid-field pond, 105 m in length, 90 m in width, and 5.9 m in depth. In the west its catchment features a small stretch of a few-years-old mixed wood of pines and birches.

The measuring system consisted of 8 throughfall catchers, 14 soil solution samplers, and precipitation monitoring at Storkowo.

In the hydrological year 2000 the weighted mean of rainfall was equal to 4.53, which denotes „precipitation with a much reduced pH”. Simultaneously, the mineralization of the rainfall water (at $2.19 \mu\text{S m}^{-1}$) is low in the upper Parsęta catchment, which makes it fall into the category of water with a slightly raised conductivity.

In the studied year throughfall showed considerable temporal variations in the monthly weighted means of pH and electrolytic conductivity. The pH values oscillated between 4.34 and 7.63 with the mean of 5.33 near the pond, and between 4.33 and 7.51 in the wooded part. The highest pH values were recorded in November 1999 as well as in September and October 2000.

Equally great was the variability of electrolytic conductivity, which averaged 61.68 and ranged from 37.83 to $359 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ for catchers in the bottom of the pond, and from 20.65 to $243 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (with the mean of $35.81 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) for those in the wood. As in the case of the pH, the highest values were recorded at the start and close of the hydrological year.

The group of cations, which make up the bulk of the load, includes calcium, magnesium, potassium and ammonium ions, while that of anions, sulphates, phosphates and chlorides.

On the basis of the ionic balances calculated for 30 samples of soil water, it can be stated that calcium is the dominant cation in the soil water of the closed basin under study, while the biggest concentrations of anions are formed by bicarbonate, sulphate and chloride ions. They generally tend to grow down the soil profile.

A close relationship can be observed between the concentrations of chlorides in precipitation and in soil solutions. Their content in soil solutions is almost half of that in the throughfall.

In the case of HCO_3^- ions, they occur in exceptionally high concentrations in the throughfall. Their content equals from 27% to 60% of that in soil solutions in the bottom of the pond. Even bigger differences are recorded in the wood, where the amount of HCO_3^- ions in the throughfall is more than three times greater than that in the lysimeter at the depth of 30 cm.

Wstęp

Celem prowadzonych badań jest rozpoznanie prawidłowości dotyczących charakteru i funkcjonowania geosystemów zagłębień bezodpływowych strefy młodoglacjalnej na obszarze zlewni górnej Parsęty, na podstawie obiegu wody (Major 2000). Formy bezodpływowe, jako elementy rzeźby terenu, stanowiły od dawna przedmiot zainteresowań geomorfologów, ale nadal mało jest prac dotyczących funkcjonowania zagłębień bezodpływowych we współczesnym krajobrazie strefy młodoglacjalnej w ujęciu systemowym (geosystem). Systemowe podejście do postawione-

go problemu ma na celu poznanie relacji zachodzących w układzie pionowym: atmosfera - litologia - wody gruntowe obszarów bezodpływowych oraz poziomym: od lokalnych stref wododziałowych wokół obszarów nie posiadających odpływu powierzchniowego wód do dna zagłębienia bezodpływowych, poprzez poznanie etapów obiegu wody w poszczególnych subsystemach zlewni. Analiza zmian jakościowych i ilościowych opadu w obrębie obszarów bezodpływowych pozwoli określić mechanizmy funkcjonowania obiegu energii i materii w zagłębieniach bezodpływowych (dostawa wody, obieg wody i pierwiastków).

Charakterystyka obszaru badań

Zlewnia górnej Parsęty leży na północnym skłonie środkowopomorskiego ciągu czołowomorenowego w obrębie tzw. lobu Parsęty. Rzeźba zlewni została wykształcona w czasie ostatniego zlodowacenia kontynentalnego w vistulianie. Ustępowanie tego zlodowacenia na obszarze Pomorza Zachodniego było zróżnicowane i miało przede wszystkim charakter deglacjacji arealnej, której pozostałością są liczne zagłębienia bezodpływowe. Zagłębienia te o zróżnicowanej genezie i wielkości powstały w okresie późnoglacialnym, a większość z nich we współczesnym krajobrazie stanowi zbiorniki wodne (Kostrzewski i inni 1994).

Jedno z takich zagłębień, charakterystyczne dla obszaru młodoglacjalnego, zostało zaadoptowane do szczegółowych badań terenowych. Jest nim zlewnia oczka wodnego o powierzchni 3,5 ha, znajdującą się na terenie zlewni górnej Parsęty, w odległości ok. 1 km na północny wschód od Radomyśla, w zlewni cząstkowej Kłudy. Analizowane zagłębienie jest śródpolnym oczkiem wodnym o długości 105 metrów, szerokości 90 m i głębokości 5,9 m. Zlewnia wybranego zagłębienia, od zachodu w niewielkim stopniu jest porośnięta kilkuletnim lasem mieszanym sosnowo – brzo-zowym (Major 2000).

Metodyka badań

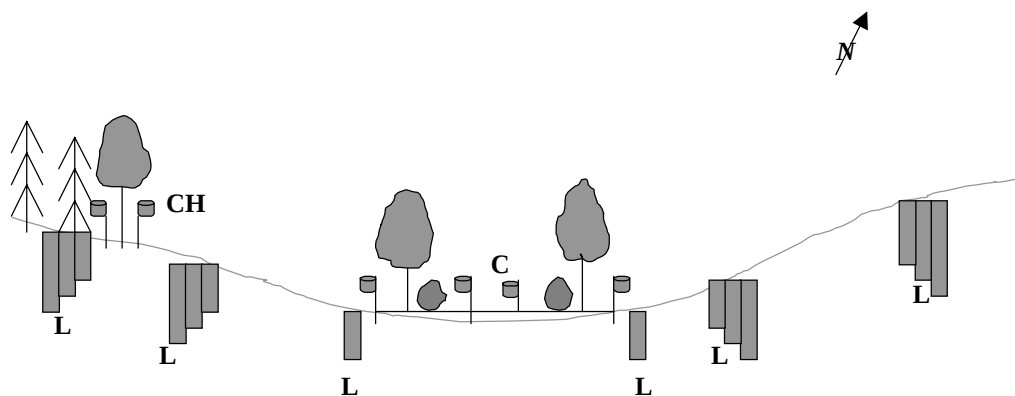
Metodyka badań nawiązuje do ogólnie stosowanych rozwiązań i standardów pomiarowych w badaniu współczesnych geoeosystemów (m. in. w zlewni górnej Parsęty).

Opad atmosferyczny na otwartej przestrzeni zbierany jest przez dwa kolektory o dużej powierzchni wlotowej w Stacji Geoekologicznej w Storkowie. Próbkę z jednego z nich poddawane są tylko pomiarom odczynu i przewodności elektrolitycznej właściwej, a woda z drugiego jest w całości zlewana po każdym dniu z opadem do polietylenowego zbiornika przechowywanego w lodówce (Michalska 2000).

System pobierania opadu podokapowego obejmował 8 chwytaczy, 4 w obniżeniu wokół południowej krawędzi oczka i 4 w zachodniej (zalesionej) części zlewni w siatce kwadratu o boku długości 10 m. Wszystkie chwytacze zabezpieczone były folią aluminiową przed rozwojem flory glonów wewnątrz chwytaczy. Powierzchnię wlotową chwytacza stanowił lejek o średnicy 18 cm, zabezpieczony siatką uniemożliwiającą przedostanie się do wnętrza pojemnika zanieczyszczeń takich jak liście, igliwie itp.

W zlewni wybranego zagłębienia zainstalowano sześć stanowisk lizymetrycznych wzdłuż osi SW-NE. Na przeciwnych stokach zlokalizowano po trzy stanowiska, dwa na wierzchołkach stoków (lizymetry na głębokościach 30, 60, 120 cm), dwa w połowie stoków (30, 60, 120 cm) i dwa po przeciwnych stronach misy oczka tylko na głębokościach 30 cm ze względu na płytko zalegający poziom wód gruntowych. Rozmieszczenie chwytaczy opadu podokapowego i próbników roztworów glebowych przedstawia rycina 1.

Wszystkie pomiary wykonywane były z częstotliwością 1 raz w miesiącu, zarówno pod względem ilościowym jak i składu fizyko-chemicznego wód.



L – lizymetry

CH – chwytacze opadu atmosferycznego

Ryc.1 Schemat rozmieszczenia chwytaczy opadów podokapowych i próbników roztworów glebowych w zlewni zagłębienia bezodpływowego

Fig. 1. Diagram of the distribution of throughfall catchers and soil solution samplers in the catchment of the closed basin

Wyniki badań

Opad atmosferyczny

W roku hydrologicznym 2000 zmierzono przewodność elektrolityczną i odczyn w 150 dobowych próbkach opadu oraz w 33 próbkach zlewanym. Szczegółowe badania składu chemicznego wykonywano wyłącznie w próbkach zlewanym.

W roku hydrologicznym 2000 średnie ważone odczynu opadów atmosferycznych wynosi 4,53 i jest nieznacznie wyższe w porównaniu z rokiem poprzednim (4,51). Taka wartość zgodnie z klasyfikacją niemiecką (Turzański, Godzik 1996 za: Jansen, Block, Knaack 1988) wskazuje na kategorię „opady o odczynie znacznie obniżonym”. Jednocześnie mineralizacja wód opadowych (przewodność równa $2,19 \mu\text{S m}^{-1}$) w zlewni górnej Parsęty utrzymuje się na niskim poziomie, pozwalając zaliczyć je do wód o przewodności lekko podwyższonej (klasyfikacja niemiecka i austriacka - Leśniok, Opołka-Gądek 1993).

Wartości przewodności elektrolitycznej w próbkach dobowych mieściły się w przedziale $0,58-22,1 \mu\text{S m}^{-1}$, zaś odczyn wahał się od 3,50 do 7,69.

W żadnym miesiącu średnia wartość pH nie osiąga klasy wód o odczynie normalnym. Dla czterech miesięcy pH opadów było lekko obniżone, dla pozostałych – znacznie obniżone.

Jakkolwiek opady należą do wód naturalnych o bardzo niskiej mineralizacji, można w nich znaleźć całe spektrum związków chemicznych. Procentowe udziały poszczególnych jonów w ogólnym składzie zależą od wielu czynników, głównie jednak od dominującego typu emisji zarówno antropogenicznej jak i naturalnej.

Na obszarze zlewni górnej Parsęty słabo zmineralizowane wody opadowe są zwykle wieloskładnikowe. W roku hydrologicznym 2000, zgodnie z klasyfikacją wód naturalnych Szczukariewa (Macioszczyk 1987), opady na naszym terenie należy zaliczyć do typu wód sześćcjojonowych: SO_4^{2-} - NO_3^- - Cl^- - NH_4^+ - Na^+ - H^+ . Szczegółowo skład wyrażony w $\mu\text{eq dm}^{-3}$ przedstawiają szeregi:

aniony: SO_4^{2-} (45) > NO_3^- (43) > Cl^- (24) > PO_4^{3-} (2)

kationy: NH_4^+ (51) > Na (29) > H^+ (27) > Ca (16) > Mg (8) > K (3) > Zn (1) > Mn (0,3).

Dla podanego wyżej składu różnica pomiędzy sumą anionów i kationów wynosi 25 meq dm⁻³, co stanowi 9,8% sumy wszystkich składników (Michalska 2000).

Opad podokapowy

Pomiary opadu podokapowego i wód glebowych prowadzono w zlewni zagłębienia bezodpływowego od listopada 1999 r.

Chwytacze o numerach porządkowych 1-4 zlokalizowane były wokół południowej krawędzi oczka, a chwytacze o numerach 5-8 w zalesionej części zlewni. Pomiary odczynu i przewodności elektrolitycznej właściwej dokonywano po każdym poborze próbek dla każdego chwytacza i na tej podstawie obliczano średnie ważone dla czterech chwytaczy z obu stanowisk. Z kolei szczegółowe badania składu chemicznego wykonywano w comiesięcznych próbkach zlewanych z chwytaczy 1-4 i 5-8, czyli każdorazowo analizie poddawano 2 próbki.

W roku hydrologicznym 2000 opad podokapowy charakteryzował się znaczną zmiennością czasową średnich ważonych miesięcznych odczynu i przewodności właściwej. Wartości pH mieszczą się w przedziale od 4,34 do 7,63 jednostki przy wartości średniej 5,33 w pobliżu oczka wodnego oraz od 4,33 do 7,51 w części zalesionej. Najwyższe wartości odczynu zanotowano w listopadzie 1999 r. oraz we wrześniu i w październiku 2000 r., czyli na początku i na końcu roku hydrologicznego.

Równie dużą zmienność czasową wykazuje przewodność właściwa, która kształtuje na poziomie 61,68 przy wartościach skrajnych się od 37,83 do 359 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ dla chwytaczy 1-4 oraz od 20,65 do 243 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ przy wartości średniej 35,81 dla chwytaczy 5-8. Analogicznie jak w przypadku pH najwyższe wartości przewodności przypadają na początek i koniec roku hydrologicznego przy czym nieco wyższe wartości przewodności zawsze występowały w opadzie podokapowym w dniu oczka.

Wskaźnikiem wielkości rozpuszczonych związków chemicznych w opadzie podokapowym jest przewodność elektrolityczna. Podobnie jak krzywe obrazujące zmienność czasową SEC, tak zmienia się stężenie jonów, które w dużej mierze tworzą ładunek elektryczny. Do grupy kationów należą: wapń, magnez, potas i amonowy, natomiast do anionów – siarczany, fosforany i również chlor.

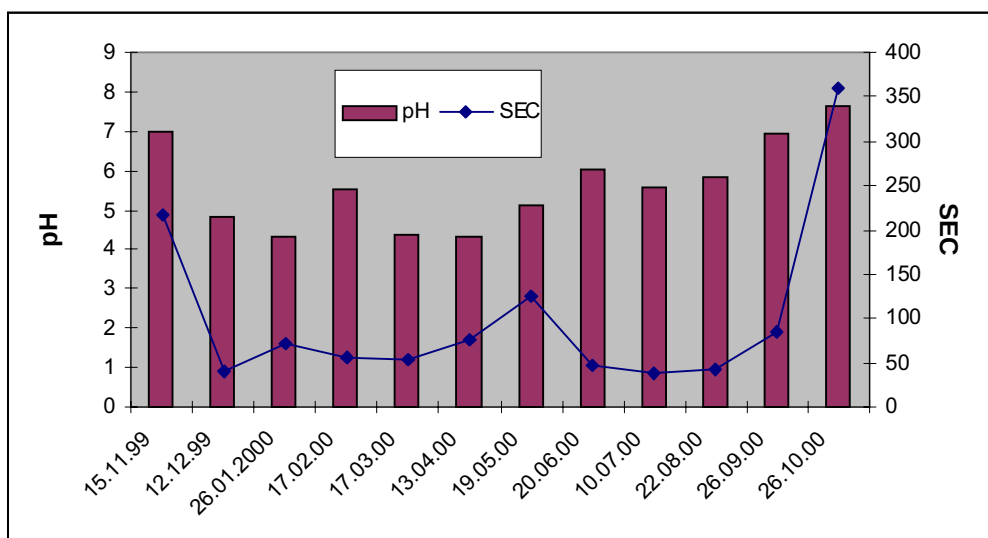
W zlewni zagłębienia bezodpływowego opad podokapowy jest średnio zmineralizowany i podobnie jak czysty opad atmosferyczny–wieloskładnikowy. Jednocześnie szeregi przedstawiające szczegółowy skład wyrażony $\mu\text{eq dm}^{-3}$ charakteryzują się bardzo dużym zróżnicowaniem i w każdym kolejnym miesiącu dla obu stanowisk pomiarowych przedstawiają się odmiennie.

Roztwory glebowe

Uwzględniając specyfikę prowadzonych pomiarów w zlewni zagłębienia bezodpływowego, należy szczególną uwagę zwrócić na zmienność przestrzenną parametrów fizyko-chemicznych roztworów glebowych.

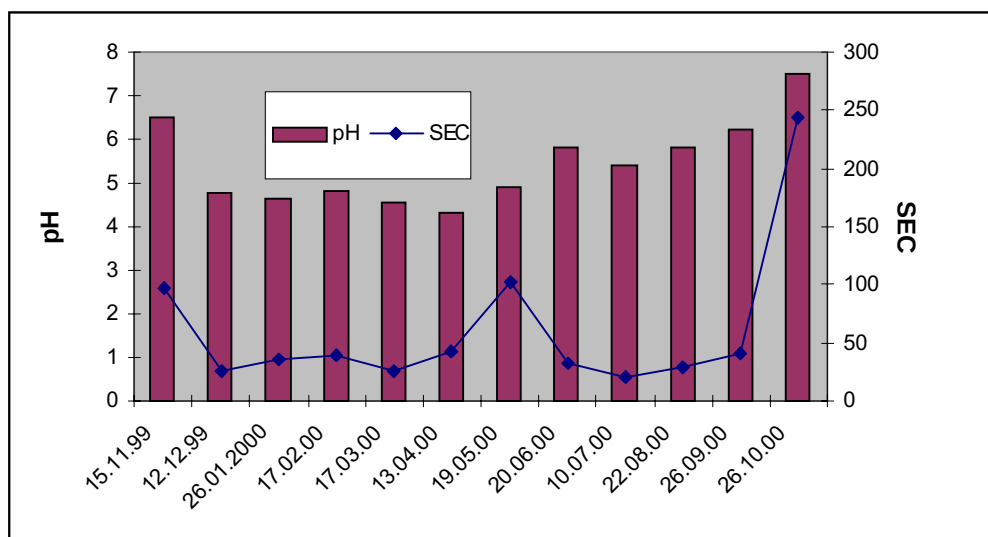
Rozkład roczny odczynu wykazuje zmiany w profilach pionowych (próbki na głębokościach 30, 60 i 120 cm). W punktach pomiarowych w zalesionej części zlewni następuje wzrost pH wraz z głębokością. Z kolei sytuacja odwrotna występuje na stanowiskach pomiarowych zlokalizowanych na stoku, w ubiegłym roku będącym odłogiem, we wschodniej części zlewni. W tym przypadku odczyn staje się kwaśniejszy wraz z głębokością. Cechą charakterystyczną jest znacznie kwaśniejszy odczyn (pH 5,2) w pojedynczym lizymetrze zlokalizowanym w dnie zagłębienia po stronie zachodniej. W tym przypadku podobnie jak w zainstalowanym obok piezometrze wody są znacznie bardziej zakwaszone ze względu na występujące osady organiczne i następujący rozkład materii organicznej w warunkach beztlenowych.

Zmienność przestrzenna przewodności elektrolitycznej roztworów glebowych jest odzwierciedleniem zróżnicowania przestrzennego stężeń poszczególnych jonów. Na szczególną uwagę zasługuje lizymetr zainstalowany na wierzcholinie stoku we wschodniej części zlewni na głębokości 120 cm ze względu na największe objętości pobieranych próbek wielokrotnie przekraczające 1 dm³. Jednocześnie wody z tego próbnika charakteryzują się najniższymi wartościami przewodności



Ryc. 2. Odczyn i przewodność elektrolityczna opadu podokapowego w dnie zagłębienia bezodpływowego

Fig. 2. Reaction and electrolytic conductivity of the throughfall in the bottom of the closed basin



Ryc. 3. Odczyn i przewodność elektrolityczna opadu podokapowego w zalesionej części zlewni

Fig. 3. Reaction and electrolytic conductivity of the throughfall in the wooded part of the catchment

ści właściwej oraz najmniejszymi wartościami stężeń oznaczanych jonów. Wpływ na taką sytuację mają występujące osady żwirowe.

W roku hydrologicznym 2000 było możliwych do otrzymania 154 próbek roztworów glebowych, a w rzeczywistości pobrano ich 98. Jednocześnie obliczenie bilansu jonowego było możliwe jedynie dla 30 przypadków ze względu na bardzo małe objętości próbek, wielokrotnie nie przekraczające kilkunastu cm³, co było zbyt mało do wykonania niezbędnych analiz. Ilość wykonanych oznaczeń przedstawia tabela 2.

Tabela 2

	Wszystkie	pH	SEC	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺
Możliwości	154	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rzecz. il. śc próbek	98	95	95	45	51	45	53	39	45	57	48	48	45
%	64	97	97	46	52	46	54	40	46	58	49	49	46

Na podstawie obliczonych bilansów jonowych dla wspomnianych już 30 próbek stwierdza się, że dominującym kationem w wodach glebowych badanego zagłębienia bezodpływowego jest wapń, a wśród anionów w największych stężeniach występują jony wodorowęglanowe, siarczany i chlor. W przypadku wymienionych jonów obserwuje się generalnie tendencję wzrostową w głąb profilu glebowego. Wyjątek stanowi tutaj wspomniany już próbnik na wierzcholinie stoku na głębokości 120 cm. Natomiast spośród dwóch płytkich lizymetrów zainstalowanych w dnie zagłębienia większą mineralizacją charakteryzują się wody pobrane z lizymetru w części wschodniej.

Zauważa się dużą zależność pomiędzy stężeniem chlorku w opadach i roztworach glebowych. Chlor jest najaktywniejszym migrantem wodnym, głównym źródłem jest opad atmosferyczny. Średnie stężenie chlorku w opadzie podokapowym stanowi od ok. 30 do ponad 50% zawartości tych jonów w wodach glebowych.

W przypadku jonów HCO₃ wyjątkowo duże stężenie występuje w opadzie podokapowym, co stanowi od 27-60% ich zawartości w roztworach glebowych w dnie zagłębienia. Jeszcze większe dysproporcje występują w lesie, gdzie ilość jonów HCO₃ w opadzie podokapowym ponad trzykrotnie przewyższa zawartość w lizymetrze na głębokości 30 cm.

Źródłem siarczanów w profilu glebowym są przede wszystkim procesy wietrzenia chemicznego i rozkładu materii organicznej (Szpikowski, Michalska, Kruszyk 1998).

Wapń w mniejszym stopniu dostarczany jest z opadem niż wymienione aniony, a jego wzrost w głąb profilu glebowego w znacznej mierze wynika z procesów wietrzenia chemicznego najintensywniej zachodzących w wyższych poziomach profili glebowych, a także z reakcji jonowymiennych po dotarciu opadu do powierzchni roślin.

Podsumowanie

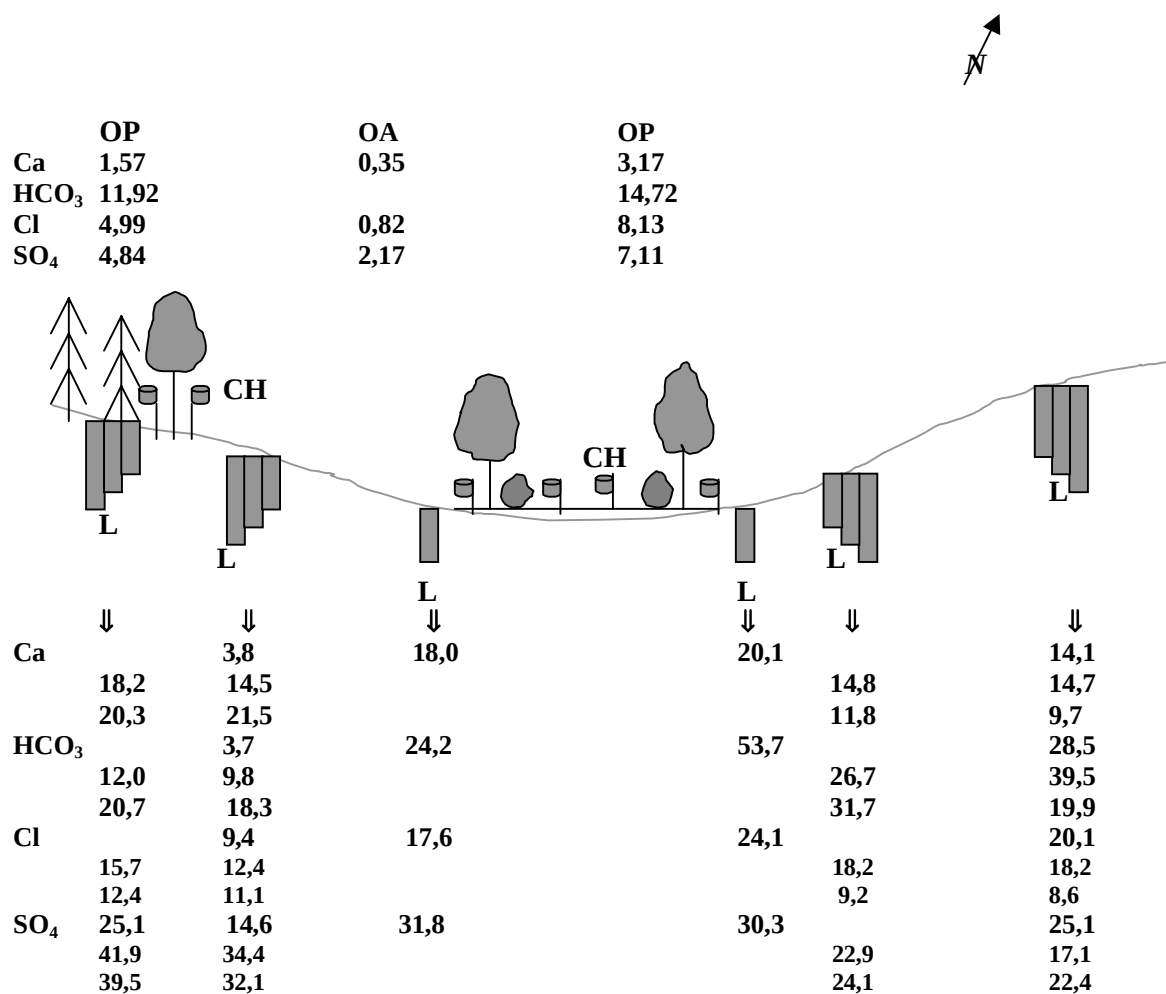
Na podstawie uzyskanych wyników parametrów fizyko-chemicznych opadów podokapowych i roztworów glebowych stwierdza się, że opad atmosferyczny ulega transformacji ilościowej i jakościowej. Opad podokapowy zanim dotrze do powierzchni ulega znacznemu wzbogaceniu w związki chemiczne, zwłaszcza po przejściu przez strefę koron drzew.

Opad atmosferyczny na powierzchni otwartej charakteryzuje się znacznie niższą przewodnością elektrolityczną, a co za tym idzie znacznie mniejszymi stężeniami poszczególnych jonów aniżeli opad podokapowy. Cechą charakterystyczną opadów zarówno na otwartej przestrzeni jak i podokapowej są niższe wartości w okresie zimowym.

Dominującymi jonami zarówno wśród opadów podokapowych jak i roztworów glebowych są w grupie anionów siarczany i chlor, a wśród kationów wapń.

W składzie chemicznym analizowanych wód z dopływem atmosferycznym wiązać należy obecność jonów siarczanowych, chlorowych, sodowych, amonowych oraz wapniowych. W przypadku niektórych składników tej grupy wpływ na obserwowany poziom stężeń mają także procesy zachodzące na kontakcie: roztwór – powierzchnia czynna roślin (np. jony wapniowe). W przeciwieństwie do powyższej grupy stężenia jonów fosforanowych oraz potasowych determinowane są przede wszystkim przez czynniki biotyczne (Kruszyk 1998).

Przedstawione wyniki dotyczą tylko pierwszego roku prowadzonych pomiarów opadów podokapowych i roztworów glebowych w zlewni zagłębienia bezodpływowego. Jednocześnie uzyska-



Ryc. 4. Średnie roczne wartości stężeń wybranych jonów na poszczególnych stanowiskach pomiarowych

Fig. 4. Annual means of selected ion concentrations at the particular measuring sites

ne do tej pory wyniki potwierdzają słuszność wyboru zainstalowanych przyrządów pomiarowych, a badania prowadzone w kolejnych latach powinny w większym stopniu przyczynić się do lepszego poznania mechanizmów obiegu energii i materii w zagłębieniach bezodpływowych oraz ich zróżnicowania czasowego i przestrzennego.

Literatura

- Kostrzewski, A.**, (red.) 1994: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stacja bazowa Storkowo. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Kruszyk, R.**, 1998: Chemizm opadu podokapowego i spływu po pniach w drzewostanie sosnowo-świerkowym (zlewnia Jeziora Czarnego, Pomorze Zachodnie). [W:] A. Kostrzewski (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski, Biblioteka Monitoringu. Środowiska, Warszawa.
- Leśniak, M., Opołka-Gądek J.**, 1993: Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych w strefie transgranicznego przepływu zanieczyszczeń Polski południowej, Materiały konferencyjne: VI Konferencja naukowa. Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych, Łódź, 16-18 IX 1993, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Macioszczyk, A.**, 1987: Hydrogeochemia, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Major M.**, 2000: Funkcjonowanie zagłębień bezodpływowych w krajobrazie strefy młodoglacjalnej (górna Parsęta, Pomorze Zachodnie). [W:] Andrzejewski L., Molewski P., Wysota W., (red.). Dorobek i pozycja Polskiej Geomorfologii u progu XXI wieku. V Zjazd Geomorfologów Polskich 11-14 września 2000. Wyd. Uniwersytetu Toruńskiego, Toruń.
- Michalska, G.**, 2000: Chemizm opadów atmosferycznych. [W:] A. Kostrzewski (red.) Raport Stacji Bazowej ZMŚP w Storkowie za rok 2000, Storkowo – Poznań 2000.
- Turzański, K.**, Godzik, B., 1996: Mokra depozycja zanieczyszczeń w rejonie krakowskim, [w]: Chemizm i oddziaływanie kwaśnych deszczy na środowisko przyrodnicze, sesja naukowa Jezioro 10,06,96., Walna, B, (Red.), Poznań.
- Szpikowski, J.**, Michalska, G., Kruszyk, R., 1998: Raport Stacji Bazowej ZMŚP UAM w Storkowie za lata hydrologiczne 1994-1997. [W:] A. Kostrzewski (red.) Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Stan geosystemów Polski w latach 1994-1997, Warszawa.

