

ROLA WYBRANYCH CZYNNIKÓW METEOROLOGICZNYCH I HYDROLOGICZNYCH W KSZTAŁTOWANIU PRZEWODNOŚCI ELEKTROLITYCZNEJ WŁAŚCIWEJ I ODCZYNU WODY SPŁYWU ŚRÓDGLEBOWEGO W ZLEWNI BYSTRZANKI (LATA 1999-2005)

Witold Bochenek, Eugeniusz Gil

Bochenek W., Gil E., 2007: Rola wybranych czynników meteorologicznych i hydrologicznych w kształtowaniu przewodności elektrolitycznej właściwej i odczynu wody spływu śródglebowego w zlewni Bystrzanki (lata 1999-2005) (*Role of selected meteorological and hydrological factors in shaping of electric conductivity and pH-reaction of throughflow soil water in the Bystrzanka basin (1999-2005)*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego* nr 8, s. 43-50, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

Zarys treści: Artykuł przedstawia zagadnienie zmian przewodności elektrolitycznej właściwej [SEC] i pH wody spływającej śródglebowo w 1-metrowej warstwie gleby na pogórskim stoku fliszowym w zlewni Bystrzanki. Analizowano wpływ wymienionych właściwości w wodzie opadowej oraz intensywności spływu i okresu od zakończenia ostatniego incydentu na kształtowanie się przewodności elektrolitycznej i odczynu w wodach spływających śródpokrywowo.

Słowa kluczowe: spływ śródglebowy, przewodność elektrolityczna właściwa, odczyn, zlewnia Bystrzanki.

Keywords: *Throughflow, Electric conductivity, pH-reaction, the Bystrzanka basin.*

Witold Bochenek, Eugeniusz Gil, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN w Szymbarku, 38-311 Szymbark 430, e-mail: igsymbark@poczta.onet.pl

1. Wprowadzenie

Spływ śródpokrywowy (śródglebowy) ma istotne znaczenie w kształtowaniu obiegu wody w zlewni górskiej (Gil 1999). W literaturze naukowej poruszana jest problematyka spływu śródpokrywowego i właściwości hydrochemicznych wody, która bierze udział w tym procesie (Bochenek, Gil, 2001).

A. Welc (1981,1989) ukazuje rolę spływu powierzchniowego i śródglebowego w kształtowaniu odpływu ze zlewni i całkowitej denudacji w zlewni Bystrzanki, szacując udział tych procesów w całkowitej denudacji na poziomie 5-40% w zależności od budowy geologicznej i związanych z nią właściwości składu mechanicznymi pokryw stokowych. W młodoglacjalnej zlewni Parsęty udział ten szacowany jest na 6% (Stach 2003).

Charakter opadów (ich suma i natężenie) decyduje o kształtowaniu odpływu i jego podziale pomiędzy składową powierzchniową i podziemną (Welc 1980). Długość okresu infiltracji wody w pokrywy glebowo-zwietrzelinowe wpływa na dynamikę właściwości chemicznych wody. Ważną rolę w kształtowaniu właściwości chemicznych wody spływającej śródpokrywowo odgrywa odległość czasowa pomiędzy zakończeniem jednego incydentu spływu i rozpoczęciem następnego. Szczególnie okresy susz glebowych sprzyjają wietrzeniu zachodzącemu w ryzosferze (Froehlich, Słupik, 1980). Zjawiska susz glebowych sprzyjają „produkcji” substancji wypłukiwanych (*flush effect*) w czasie gwałtownych incydentów opadowych, kończących susze. I. D. L. Foster i D. E. Walling (1978) notują 3-4-krotny, a w przypadku NO_3^- – 50-krotny, przyrost stężeń jonów w wodach powierzchniowych,

w małej rolniczej zlewni w zachodniej Anglii. Przyczyny zróżnicowania przewodności elektrolitycznej w spływie śródpokrywowym w zlewni młodoglacjalnej przedstawia również A. Stach (2003), zwracając uwagę na efekt „wypłukiwania” po dłuższym okresie suszy.

Celem przeprowadzonej analizy jest wskazanie roli właściwości chemicznych opadów, długości okresów pomiędzy incydentami spływu oraz natężeniem tego procesu w kształtowaniu właściwości chemicznych wody spływu śródglebowego, których odzwierciedleniem jest przewodność elektrolityczna właściwa i odczyn (pH)

Badano również wpływ wysokości opadów oraz długości okresów pomiędzy rozpoczęciem procesu i ostatnim opadem a przewodnością elektrolityczną właściwą wody spływu powierzchniowego (Klein 1980). Stwierdzone zależności liniowe o wysokim współczynniku korelacji $r=0,85-0,90$. A. Welc (1981) wskazuje, iż największy przyrost odprowadzania jonów w wodach śródpokrywowych na jednostkę opadu następuje w czasie ulew.

Duża zdolność buforowa gliniastych pokryw stokowych została stwierdzona podczas badań glebowych przeprowadzonych na obszarze zlewni Bystrzanki (Adamczyk i in. 1973). Stężenia H^+ w wodzie spływającej w 1-metrowej warstwie zmniejszają się średnio 28-krotnie w stosunku do stężeń mierzonych w wodzie opadowej. Takie zjawisko nie występuje w piaszczystych i mułkowych utworach fluwioglacjalnych (Szpikowski i in. 1998).

2. Metody badań

Rozmiary i intensywność spływu mierzone były na nie grodzonym poletku o powierzchni 1800 m^2 (10 m szerokości x 180 m długości), o przebiegu zgodnym z nachyleniem ($10,5^\circ$) pogórskiego stoku, w dolnej części zlewni Bystrzanki w Beskidzie Niskim. Poletko zakończone jest ekranem z folii, pod którym, na głębokości 1 m znajduje się rynna zbierająca i doprowadzająca wodę do zbiornika z trójkątnym przelewem Thomsona i limnigrafem. W czasie występowania spływu śródglebowego pobierane są próby wody dla określenia właściwości fizyko-chemicznych na wylocie rury doprowadzającej wodę do zbiornika. W pobieranych próbach mierzona jest temperatura, pH i przewodność elektrolityczna właściwa.

3. Wyniki badań

W omawianym okresie roczne wskaźniki spływu kształtowały się w granicach od 61,6 mm (1999r.) do

135,7 mm (2000 r.), stanowiąc od 7,8-15,7% rocznej sumy opadów (ryc.1). Rozmiary spływu śródpokrywowego w kolejnych latach w obydwu półroczach hydrologicznych wykazują dużą dynamikę, uwarunkowaną charakterem opadów. Wysokie wskaźniki uzależnione są od występowania śnieżnych zim lub opadów rozlewnych w półroczu letnim. W omawianym okresie zaobserwowano lata o dominacji spływu w półroczu zimowym: 2000 r. (88,4% rocznego wskaźnika), oraz lata o dominacji spływu w półroczu letnim: 2001 r. (73,5% rocznego wskaźnika)

Średnie roczne ważone przewodności wody odpływającej śródpokrywowo zamknęły się w granicach: od $4,28\text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ (2003 r.) do $75,3\text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ (1999 r.). W odniesieniu do przewodności elektrolitycznej wody opadowej, średnie roczne wartości były przeciętnie o 2,5-krotnie wyższe. W porównaniu z wynikami przewodności wód śródpokrywowych w zlewniach młodoglacjalnych (por. Stach 2003) obserwuje się niewielki przyrost świadczący o względnie dużym wyługowaniu pogórskich pokryw stokowych.

Średnie roczne wartości pH wody spływającej śródpokrywowo wyniosły: od 5,93 (2001r.) do 6,38 (2005 r.). Obserwuje się zatem alkalizację roztworów glebowych, zachodzącą we fliszowych pokrywach stokowych. Świadczy o tym różnica stężeń jonów wodorowych w wodzie opadowej i spływającej śródpokrywowo; stężenie jonów wodorowych H^+ w roztworach glebowych jest średnio 28-krotnie niższe niż w opadzie.

Przebieg średnich miesięcznych przewodności elektrolitycznej i odczynu w wodzie opadowej oraz spływającej śródpokrywowo przedstawiają ryc.2 a,b. Zależność funkcyjna między średnimi miesięcznymi wartościami przewodności elektrolitycznej w wodzie opadowej i spływającej śródpokrywowo ma charakter logarytmiczny, o współczynniku korelacji $r=0,43$ (ryc.3a). Związek funkcyjny o podobnym charakterze (logarytmicznym) zaobserwowano porównując stężenia jonów wodorowych H^+ w wodzie opadowej i spływającej śródglebowo (ryc.3b). W tym przypadku korelacja charakteryzuje się niższym współczynnikiem ($r=0,28$). Na niższą wartość współczynnika korelacji wpływa zróżnicowana prędkość infiltracji w 1-metrową warstwę gleby, wynikająca z intensywności dostawy wody (natężenie opadów lub roztopów) i możliwości buforowania roztworów przez gliniaste pokrywy stokowe.

Obserwuje się statystycznie istotne różnice ($p=0,084$) pomiędzy średnią przewodnością wody spływu śródpokrywowego w półroczach zimowych i letnich omawianego okresu. Różnice są jednak mniejsze niż pomiędzy zbiorami wyników przewodności opadów atmosferycznych w obydwu półroczach

($p=0,217$). Pomiedzy stężeniami jonów wodorowych H^+ w wodzie opadowej w obydwu półroczach hydrologicznych nie obserwuje się istotnych różnic ($p=0,0468$), zaś w wodzie spływającej śródglebowo występują statystycznie istotne różnice stężeń H^+ w obydwu półroczach hydrologicznych ($p=0,121$).

Dla szczegółowej analizy postawionego problemu wybrano 42 incydenty spływu śródpokrywowego występujące w latach 1999-2005. 23 przypadki wystąpiły w półroczu zimowym, 19 – w półroczu letnim. W pobieranych próbach wody wykonywano pomiary przewodności elektrolitycznej.

Średnia dobowa intensywność spływu podczas wybranych incydentów wyniosła 1839 l (1,02 mm), średnia przewodność elektrolityczna - 5.64 $mS \cdot m^{-1}$, pH 6,13

Przebadano korelacje pomiędzy średnim przewodnictwem elektrolitycznym i stężeniem jonów H^+ w spływie śródpokrywowym podczas kolejnych incydentów jego występowania a: średnim dobowym spływem [$Q_{sr.}$], maksymalnym dobowym spływem [$Q_{max.}$], czasem trwania incydentu spływu oraz liczbą dni poprzedzających jego wystąpienie (od zakończenia poprzedniego incydentu) (tabela 1).

Przewodność elektrolityczna wykazuje statystycznie istotne związki z intensywnością spływu śródglebowego ($Q_{sr.}$ i $Q_{max.}$). Stężenie jonów wodorowych H^+ wykazuje statystycznie istotny związek z długością okresu poprzedzającego wystąpienie spływu. Zatem na wielkość przewodności elektrolitycznej i pH wód spływających śródglebowo oddziałują różne czynniki.

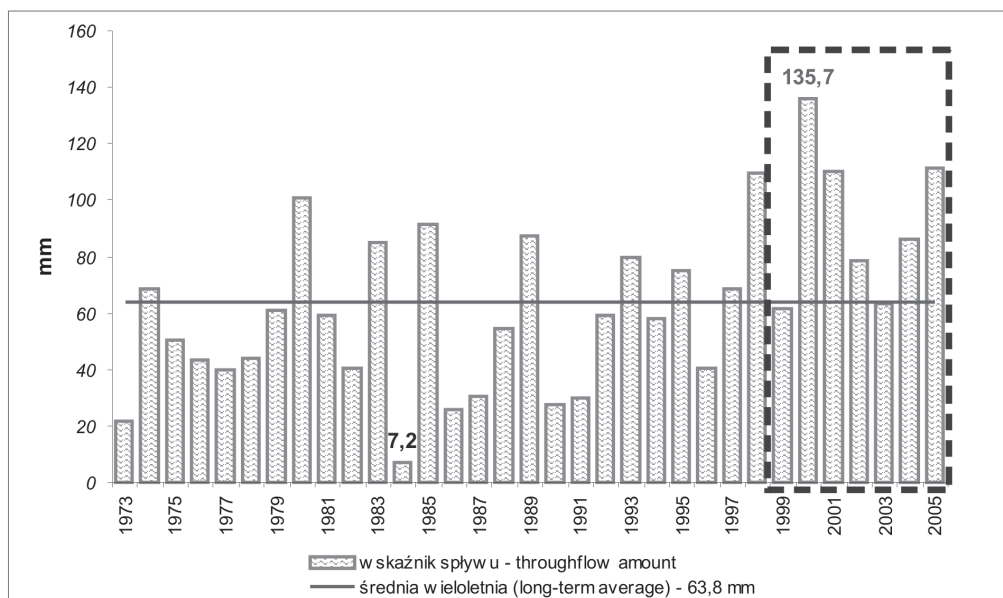
Na wybranych przykładach incydentów spływu śródpokrywowego przedstawiono dynamikę przewodności elektrolitycznej (SEC) i stężeń H^+ na tle sum opadów i intensywności spływu śródpokrywowego (ryc.4).

Pierwsza sytuacja – opad rozlewny w dniach 26-30.07.2004 – charakteryzował się występowaniem opadu przez ponad 70 godzin. Maksymalna godzinowa suma wyniosła 10,5 mm, a natężenie spływu dochodziło do 35 $l \cdot min^{-1}$. Zakres zmian przewodności elektrolitycznej wody w mierzonych próbach zamknął się granicach 39,1- 64,6 $\mu S \cdot cm^{-1}$. Stężenie jonów wodorowych w ciągu 24 godzin od początku incydentu wzrosło 5-krotnie (pierwsza kulminacja spływu), po czym w ciągu następnych 24 godzin wyraźnie zmniejszyło się; następne kulminacje powodowały wyraźne zmniejszanie się stężenia H^+ .

Tab. 1. Zależności między średnią przewodnością elektrolityczną i stężeniem jonów H^+ a średnim natężeniem spływu [$Q_{sr.}$], maksymalnym chwilowym natężeniem spływu [$Q_{max.}$], czasem trwania incydentu spływu i liczbą dni od zakończenia ostatniego incydentu

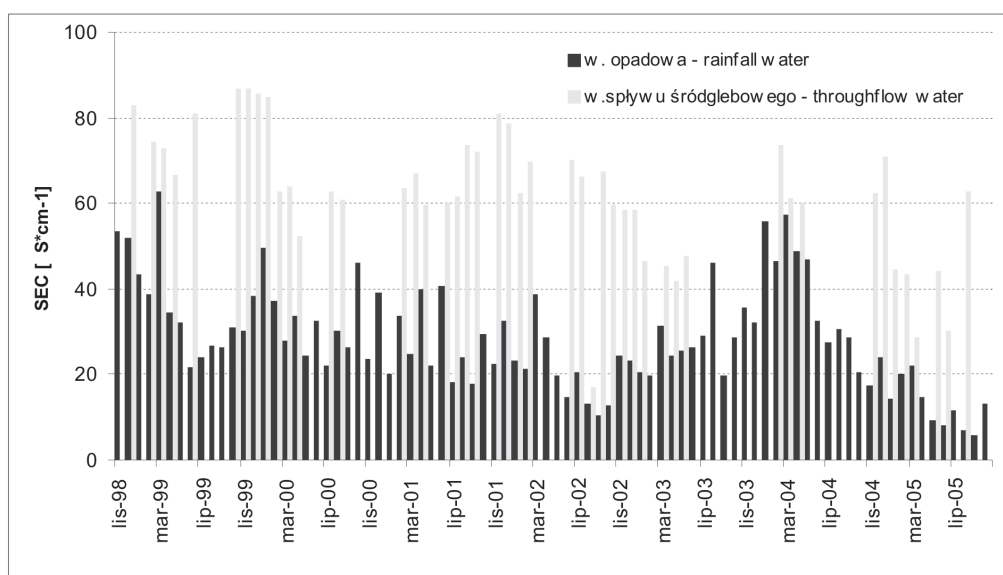
Tab. 1. Relationships between average electric conductivity and H^+ ion concentration and average throughflow intensity [$Q_{sr.}$], the highest throughflow intensity [$Q_{max.}$], duration of throughflow, number of days from end of last incident

	SEC			H^+		
	Charakter zależności <i>Character of dependences</i>	Współczynnik korelacji r <i>Correlation coefficient</i>	Poziom istotności wsp. korelacji <i>Level of the statistical gravity of the r coefficient</i>	Charakter zależności <i>Character of dependences</i>	Współczynnik korelacji r <i>Correlation coefficient r</i>	Poziom istotności wsp. korelacji <i>Level of the statistical gravity of the r coefficient</i>
Liczba dni poprzedzających wystąpienie spływu <i>No. of days from end of last incident</i>	Liniowa <i>linear</i>	0,18	0,248	Liniowa <i>linear</i>	0,50	0,0008
Q śr.	Potęgowa <i>power</i>	-0,43	0,0045	Logarytmiczna <i>logarithmic</i>	-0,25	0,110
Q max.	Wykładnicza <i>exponential</i>	-0,55	0,0002	Logarytmiczna <i>logarithmic</i>	-0,22	0,162
Czas trwania incydentu [dni] <i>Duration of incident [days]</i>	Potęgowa <i>power</i>	0,07	0,660	Logarytmiczna <i>logarithmic</i>	-0,08	0,615



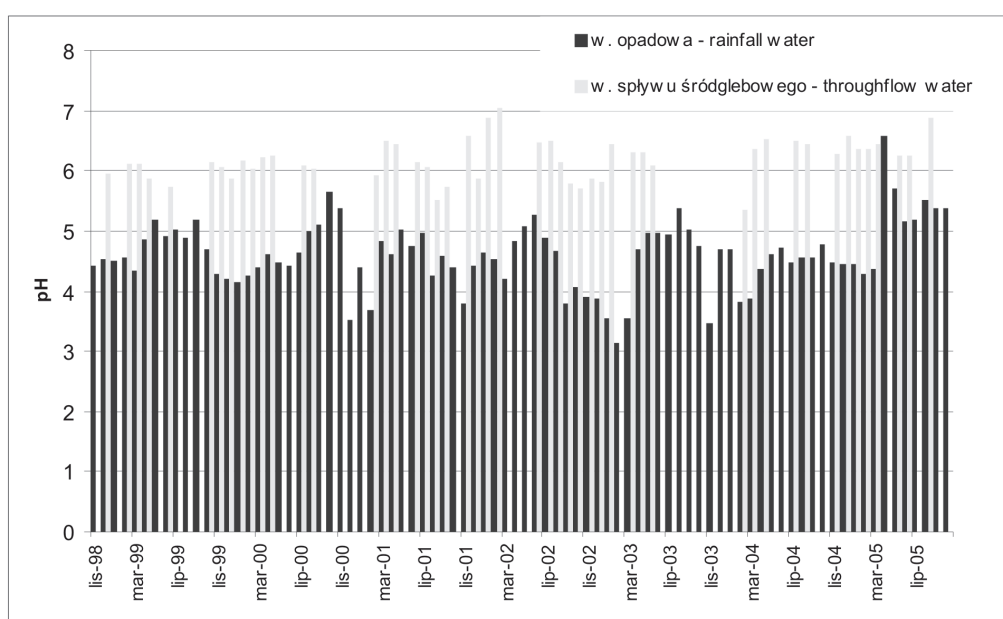
Ryc. 1. Roczne wskaźniki splotu śródglebowego na poletku; IGiPZ PAN Szymbark; 1973-2005

Fig.1. Annual totals of soil throughflow on plot; IGSO PAS Szymbark; 1973-2005



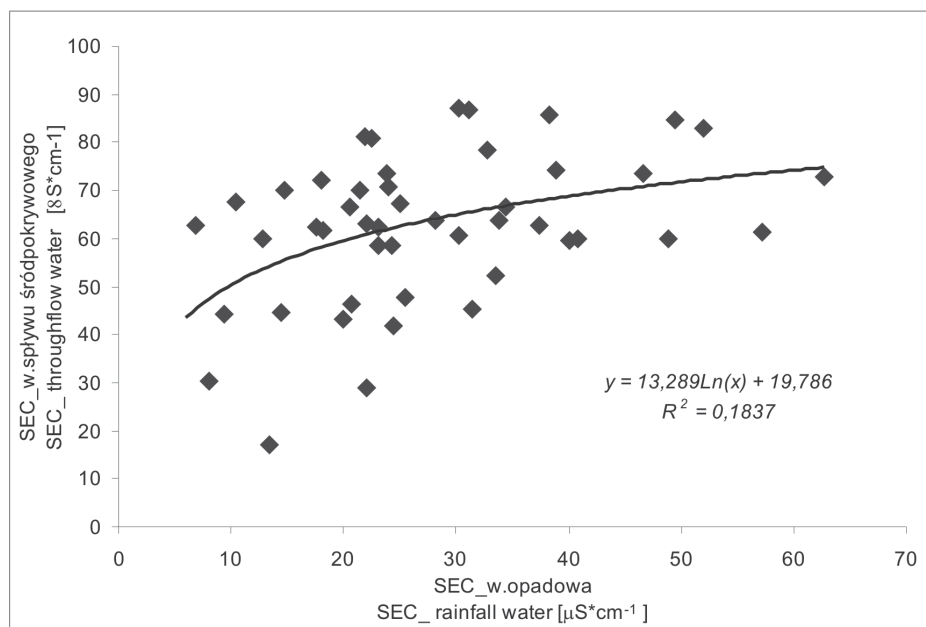
Ryc.2a. Miesięczne średnie ważone przewodności elektrolitycznej właściwej w wodzie opadowej i splotującej śródglebowo; IGiPZ PAN Szymbark; 1999-2005

Fig. 2a. Monthly weigh average electric conductivity of rainfall water and soil throughflow water; IGSO PAS Szymbark; 1999-2005



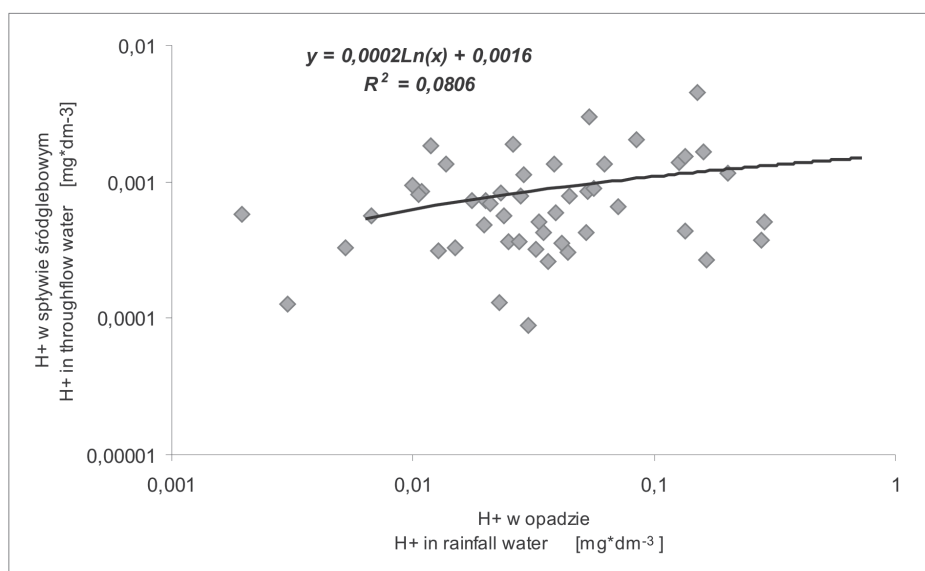
Ryc.2b. Miesięczne średnie ważone pH w wodzie opadowej i splotującej śródglebowo; IGiPZ PAN Szymbark; 1999-2005

Fig. 2b. Monthly weigh-average pH-reaction of rainfall water and soil throughflow water; IGSO PAS Szymbark; 1999-2005



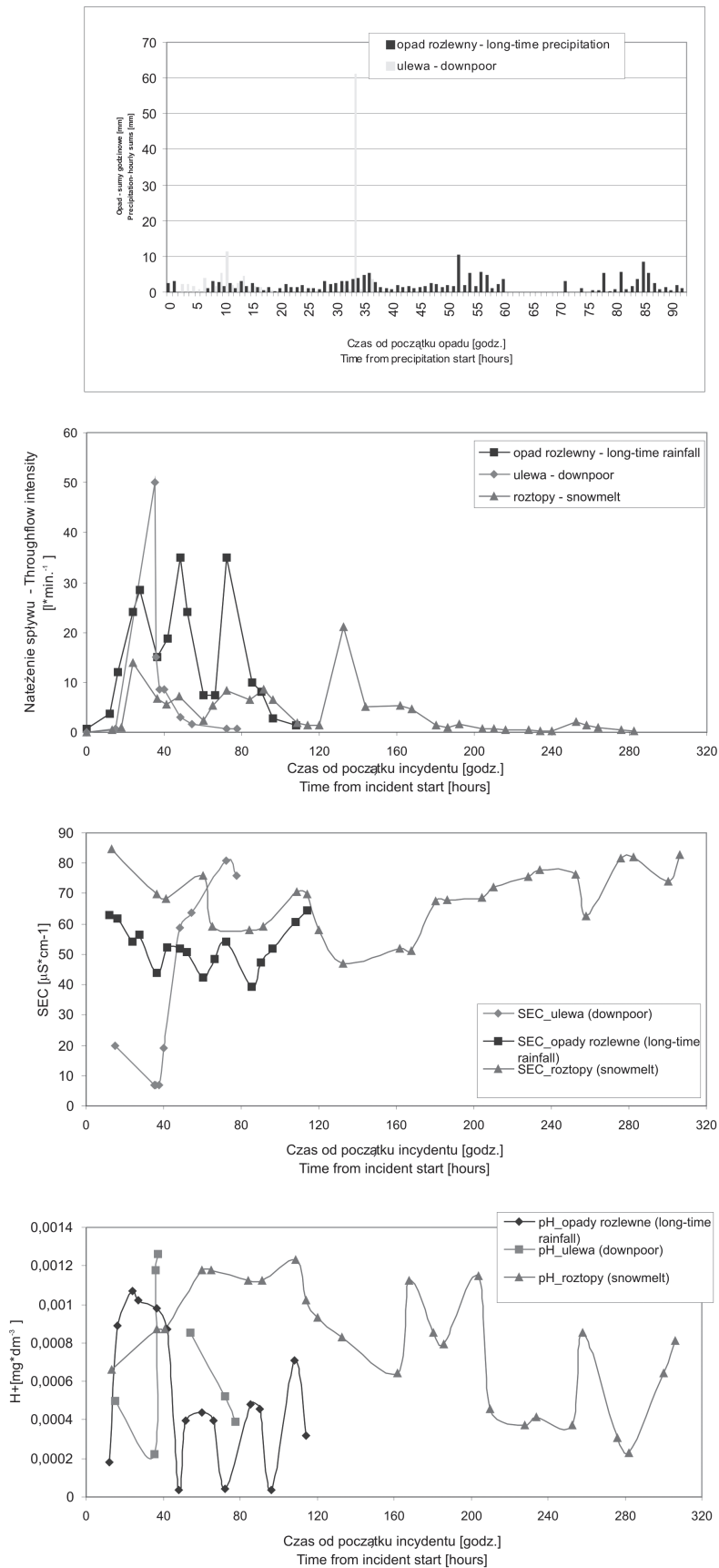
Ryc.3a. Zależność między średnią miesięczną ważoną przewodnością wody opadowej i spływającej śródołęboko; IGiPZ PAN Szymbark; 1999-2005

Fig. 3a. Relationship between monthly weigh-average electric conductivity measured in rainfall water and soil throughflow water; IGSO PAS Szymbark; 1999-2005



Ryc.3b. Zależność między średnim miesięcznym ważonym stężeniem jonów H⁺ w wodzie opadowej i spływającej śródołęboko; IGiPZ PAN Szymbark; 1999-2005

Fig. 3b. Relationship between monthly weigh-average H⁺ ion measured in rainfall water and soil throughflow water; IGSO PAS Szymbark; 1999-2005



Ryc. 4. Przebieg zmian przewodności elektrolitycznej i stężenia H⁺ na tle natężenia splywu i godzinowych sum opadu w czasie wybranych sytuacji hydrometeorologicznych.

Fig. 4. The course of changes of electric conductivity and H⁺ ion concentration on the background of a throughflow intensity and hourly precipitation sums during selected hydro-climatic situations

Druga sytuacja – opad ulewny w dniu 15 sierpnia 2002 r. – charakteryzował się maksymalną godzinową sumą opadu 61,1 mm. Podczas kulminacji spływu, która wyniosła ok. 50 l*s⁻¹, zaobserwowano najniższą wartość przewodności elektrolitycznej. Gwałtowny przepływ wody w pokrywach stokowych uruchomił zwietrzałe glinokrzemiany i w dalszej części incydentu spływu następował systematyczny wzrost rozpuszczania, mineralizacji wody i jej przewodności elektrolitycznej. Wzrost wydajności spływu wpłynął na wzrost stężenia H⁺, które zaobserwowano podczas maksymalnego natężenia spływu śródpokrywowego.

Trzecia sytuacja – roztopty na początku lutego 2000 r., podczas których wydajność spływu nawiązywała do dobowego przebiegu temperatury. Maksymalne natężenie spływu wystąpiło 9 marca i wyniosło 21 l*min⁻¹. Przewodność elektrolityczna była względnie wysoka w stosunku do pozostałych sytuacji, wykazując wahania w granicach 47-85 μS*cm⁻¹. Taki stan spowodowany jest nagromadzeniem substancji organicznych, ulegających mineralizacji po okresie wegetacyjnym, zakwaszających środowisko glebowe, o czym świadczy również względnie wysokie stężenie H⁺ w wodzie spływającej śródpokrywowo. Wyrazny wzrost stężenia jonów wodorowych zaobserwowano 40 godzin po wystąpieniu pierwszej kulminacji spływu i około 36 godzin po drugiej, wyższej kulminacji.

Przedstawiona analiza trzech różnych sytuacji hydrometeorologicznych, typowych dla umiarkowanej strefy klimatycznej, pokazuje zróżnicowanie natężenia procesów hydrologicznych (spływ śródpokrywowy) i hydrochemicznych (rozpuszczanie i ługowanie substancji) zachodzących w karpackich pokrywach stokowych. Zaobserwowane zmiany w czasie wartości przewodności elektrolitycznej i stężeń H⁺, potwierdzają ogólne prawidłowości przedstawione wcześniej: SEC wykazuje wysoką korelację z intensywnością spływu, natomiast stężenie H⁺ - z długością okresu poprzedzającego jego wystąpienie.

4. Podsumowanie i wnioski

Przedstawiona analiza dotyczy podstawowych parametrów fizykochemicznych wody - przewodności elektrolitycznej i pH, których liczba pomiarów była największa, ze względu na łatwość ich wykonywania. Na jej podstawie można wysnuć następujące wnioski:

1. Obserwuje się względnie duże wyługowanie fliszowych pokryw stokowych: przyrost średni przewodności elektrolitycznej wód śródglebowych jest 2,5-krotny w stosunku do opadów.

W porównaniu z innymi obszarami (por. Stach 2003) wpływa na to duża częstotliwość zjawiska, jego natężenie i prędkość transmisji wody od wierzchołku w dół stoku

2. Fliszowe pokrywy stokowe charakteryzują się dobrymi zdolnościami buforowymi wobec jonów H⁺, których stężenie w roztworach spływających w 1-metrowej warstwie gleby jest 28-krotnie niższe aniżeli w wodzie opadowej
3. Występują interakcje pomiędzy właściwościami fizykochemicznymi wód opadowych i śródglebowych, które przejawiają się występowaniem statystycznie istotnych zależności funkcyjnych o charakterze logarytmicznym
4. Analiza zależności z wybranymi czynnikami i hydrometeorologicznymi wskazuje, że wielkość przewodności elektrolitycznej zależy od intensywności spływu, zaś pH – od długości okresu poprzedzającego jego wystąpienie (okres od zakończenia ostatniego incydentu)

5. Literatura

- Adamczyk B., Maciaszek W., Januszek K., 1973:** *Gleby gromady Szymbark i jej wartość użytkowa*. [w:] L. Starkeł (red.) *Gleby i zbiorowiska leśne okolic Szymbarku*, Dokumentacja Geograficzna nr 1, s. 15-66.
- Bochenek W., Gil E., 2001:** *Rola spływu śródglebowego w transporcie wody i substancji rozpuszczonych w profilu podłużnym fliszowego stoku*. [w:] M. Józwiak, A. Kowalkowski (red.) *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego – Funkcjonowanie i Monitoring Geoeosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza*. Biblioteka Monitoringu Środowiska 2001, s. 327-336.
- Foster I.D.L., Walling D.E. 1978:** *The effects of the 1976 drought and autumn rainfall on stream solute levels*. *Earth Surface Processes*, vol. 3, nr 4, s. 393-406.
- Froehlich W., Słupik J., 1980:** *The pattern of the areal variability of the runoff and dissolved material during the summer drought in flysch drainage basins*. *Questiones Geogr.*, 6, s. 11-34.
- Gil E., 1999:** *Obieg wody i splukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980-1990 (wyniki badań przeprowadzonych na poletkach doświadczalnych na Stacji naukowej IGiPZ PAN w Szymbarku)*. *Zeszyty IGiPZ PAN* nr 60, ss.78.
- Klein M. 1980:** *Dissolved material transport – the flushing effect in surface and subsurface flow*. *Earth Surface Processes*, vol. 6, s. 173-178.
- Stach A., 2003:** *Uwarunkowania i funkcjonowanie procesów denudacji chemicznej w mikrozelewni na*

obszarze młodoglacjalnym. Wydawnictwo Naukowe UAM Poznań.

Szpikowski J., Michalska G., Kruszyk R., 1998: *Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Storkowie za lata hydrologiczne 1994-1997.*[w:] A. Kostrzewski (red.) Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geoekosystemów Polski w latach 1994-1997. Biblioteka Monitoringu Środowiska.

Welc A., 1980: *Wpływ opadów na wielkość denudacji chemicznej w obszarze górskim na przykładzie badań w zlewni Bystrzanki.* Zeszyty Prob. Postępów Nauk Roln., z. 235, s. 307-318.

Welc A., 1989: *Variability of dynamics of leaching of the Flysch Carpathians slope.* CATENA, vol. 16, p. 425-435.

ROLE OF SELECTED METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL FACTORS IN SHAPING OF ELECTRIC CONDUCTIVITY AND PH-REACTION OF THROUGHFLOW SOIL WATER IN THE BYSTRZANKA BASIN (1999-2005)

Summary

This paper shows the issue of electric conductivity [SEC] and pH-reaction changes in throughflow-water to 1meter deep on foothill flysch slope in the Bystrzanka basin. An influence of exchanged properties was being analysed in rain water and intensity of the flow and the period from finishing the last incident for developing of the electric conductivity and the pH-reaction in throughflow-waters.