

Bochenek Witold

Gil Eugeniusz

Stacja Naukowo-Badawcza
Szymbark 430, 38-311 Szymbark
tel./fax (0-18) 351 31 70
e-mail: igszymbark@poczta.onet.pl

Rola spływu śródglebowego w transporcie wody i substancji rozpuszczonych w profilu podłużnym fliszowego stoku

The role of subsurface runoff in the transport of water and dissolved matter in longitudinal profile of a flysch slope

Summary

The authors of this paper want to present the results of surface runoff measurements in their hydrological and chemical aspects. The investigation of this process has been performed in the experimental area on the foothill slope. The annual sums of subsurface runoff and precipitation amounted to 4-13%. Growth of annual sums in the hydrological year has been observed (during the occurrence of) extreme winter half-year subsurface runoff sums. The authors showed the process diversity during the year: monthly and seasonally. Changes of HCO_3 and SO_4 ion concentrations and changes of loads in 3 selected situations have been observed.

Wstęp

Badania spływu powierzchniowego i śródglebowego na stoku doświadczalnym Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku rozpoczęto w 1968 r., a prace z tego zakresu były pionierskimi w Polsce (Słupik 1973, 1978, 1981, Gil 1976, 1986, 1999, Starkel, Gil 1979, Welc 1985).

Proces spływu śródglebowego (podpowierzchniowego, śródpokrywowego) towarzyszy najczęściej okresom długotrwałych opadów lub roztopów. Objętość wody potrzebnej do wywołania procesu zależy w dużej mierze od wilgotności początkowej gruntu. Słupik (1978), powołując się na Figułę (1966), określił porowatość i maksymalną pojemność kapilarną gleb na stoku doświadczalnym IGiPZ PAN. Stwierdził, że całkowita objętość wolnych przestrzeni w 1-metrowej warstwie gleby może pomieścić 160 mm wody, zaś na wypełnienie przestrzeni kapilarnych potrzeba 100 mm wody. Zatem dostarczona do gleby w stosunkowo krótkim okresie czasu (kilka dni) warstwa wody powyżej 100 mm spowoduje wystąpienie spływu śródpokrywowego, zaś po przekroczeniu 160 mm i wypełnieniu przestrzeni niekapilarnych – wystąpi spływ powierzchniowy nasycony.

Teren i metody badań

Badania prowadzone są na stoku zbudowanym z warstw inoceramowych, pokrytych gliniasto-kamienistą pokrywą zwietrzelinową, z której wytworzyły się gleby brunatne właściwe i wylugowane (Adamczyk i in. 1973). Spływ śródglebowy badany jest na poletku o wymiarach 10 x 180 m, przy czym oś dłuższa przebiega zgodnie z jednostajnym nachyleniem stoku wynoszącym 10,5°. Poletko zakończone jest rynną zbierającą wodę, wkopaną na głębokości 1 metra i doprowadzającą ją do zbiornika z limnigrafem.

Zróżnicowanie spływu śródglebowego na tle warunków meteorologicznych.

W oparciu długą serię pomiarów (1972-92) obliczono sumy przeciętne wieloletnie: dla półroczy i lat hydrologicznych (Gil 1994), wartości ekstremalne, relacje spływu śródglebowego do opadu.

Tab.1. Podstawowe wieloletnie charakterystyki spływu śródglebowego za okres 1974-2000

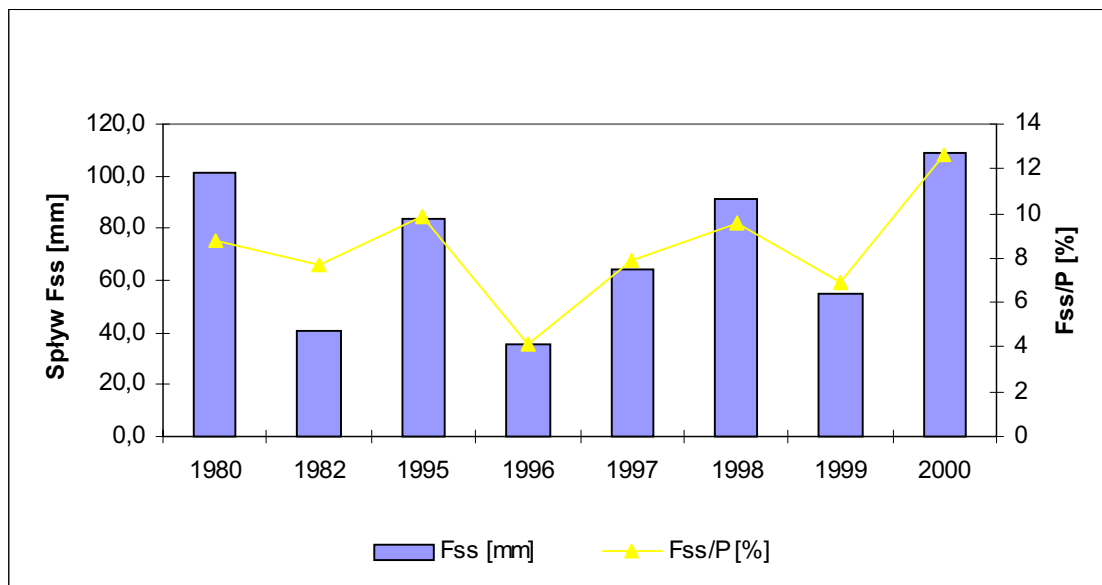
	Wysokość spływu śródglebowego [mm]	Max. wysokość [mm]	Min. wysokość [mm]	Relacja Fss/P [%]
Półrocze zimowe	26,	52,	1,6	10,
Półrocze letnie	26,	68,	0,0	4,8
Rok hydrologiczny	53,	100,9	7,2	6,6

Fss – spływ śródglebowy

P - opad

Przedstawione wyniki dotyczą rozmiarów spływu oraz chemizmu wody odprowadzanej tą drogą na tle warunków opadowych w okresie 1994-2000. Dla porównania podano wyniki z lat 1980 (najwyższa roczna suma opadów) i 1982 (najniższa roczna suma opadów).

Omawiane lata były zróżnicowane szczególnie pod względem termicznym: od anomalnie ciepłych (2000 – 9,2°C) do chłodnych (1996 – 6,6°C). W przypadku rocznych sum opadów lata omawianego okresu zaliczono do grupy lat normalnych o rocznej wysokości opadów 732,9-895,8 mm, z wyjątkiem roku 1998, zaliczonego do lat wilgotnych. Nieregularność sum rocznych opadu

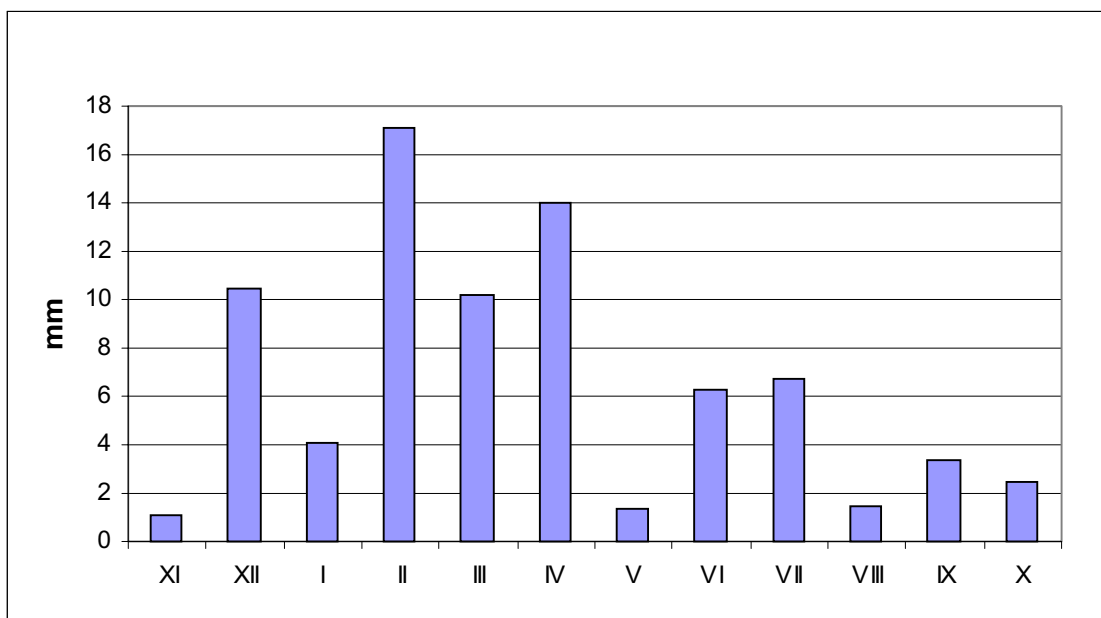


Ryc. 1. Spływ śródglebowy [Fss] i jego relacja do opadu [P]; 1995-2000

w okresie 1995-2000 (max. suma/min. suma) wyniosła 1,21, natomiast ten sam wskaźnik obliczony dla spływu wyniósł 3,10. Wynika stąd, że suma roczna opadów nie odgrywa decydującego znaczenia w kształtowaniu tą drogą odpływu wody ze stoku. Najwłaściwszym wydaje się analizowanie spływu na tle w półroczu hydrologicznych lub pół roku. Gil (1999) stwierdza, że w latach o rocznych sumach opadów poniżej średniej wieloletniej, spływ śródglebowy w półroczu zimowym jest wyższy niż w półroczu letnim, a jego roczna wysokość przewyższa sumę spływu powierzchniowego.

W okresie omawianych 6 lat roczny spływ śródglebowy kształtował się w szerokich granicach 35-109 mm a udział wody odprowadzonej spływem śródglebowym w stosunku do wysokości opadu zamknął się przedziale 4-13% (ryc. 1).

Analiza rocznych wysokości spływu śródglebowego i jego rozdziału między półroczu hydrologiczne zimowe i letnie wskazuje, że szczególnie wysokie wartości roczne występowały w latach z dominacją spływu w półroczu zimowym. W ostatnim okresie zauważalny jest wzrost natężenia tego procesu w latach o wysokich sumach spływu w półroczu zimowym. Związane to jest z wysokimi sumami opadu w półroczu zimowym, szczególnie w postaci śniegu (1995 – 196 mm, 1999 – 186 mm). Na podstawie miesięcznych sum spływu w okresie 1995-2000 i odrzuceniu wartości



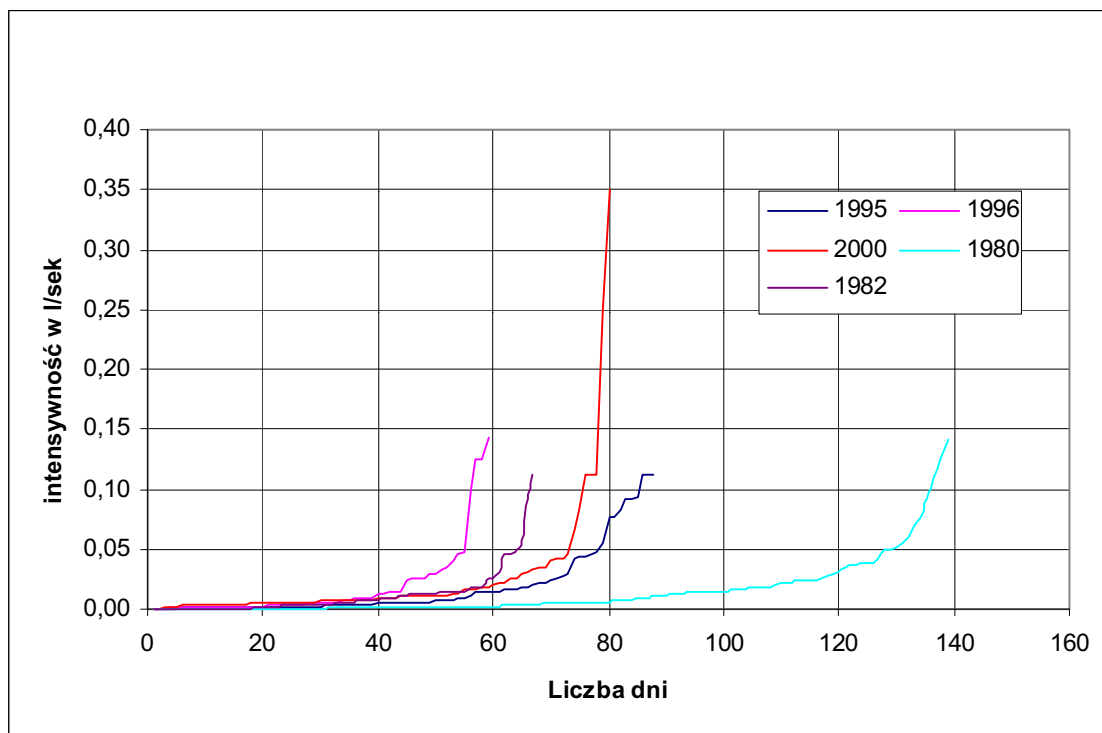
Ryc. 2. Średnie miesięczne wysokości spływu śródglebowego; 1995-2000

skrajnych (minimum i maksimum) otrzymano uśredniony obraz przebiegu spływu w ciągu roku z maksymalną miesięczną wysokością w lutym – 17,1 mm (ryc. 2).

Interesująco wyglądają krzywe kumulatywne intensywności spływu w latach hydrologicznych 1995, 1996 i 2000 na podstawie 1 pomiaru na dobę (przeważnie w godzinach 7-8:00) (ryc. 3). Największą intensywność spływ śródglebowy osiągnął podczas kilku pomiarów, podczas roztopów i towarzyszących im opadów deszczowych w okresie wczesnowiosennym 2000 r. Rok hydrologiczny 1980 (najwyższa w wieloleciu 1968-2000 roczna suma opadów) cechował się wyjątkowo długim okresem występowania omawianego procesu (ok. 140 dni). Był to rok, w którym wystąpiło kilka opadów burzowych, które sprawiły, że spływ powierzchniowy w półroczu letnim prawie 4-krotnie przewyższył wysokość spływu śródglebowego. Zatem spływ śródglebowy w odprowadzaniu wody ze stoku odgrywał wówczas rolę drugorzędną.

Właściwości fizyko-chemiczne wody uzależnione są od czasu trwania okresu, w którym spływ nie występował, intensywności procesu (a zatem pośrednio wysokości i rozkładu opadu w czasie),

długości okresu występowania spływu oraz zabiegów agrotechnicznych na stoku. Poniżej przedstawiono roczne charakterystyki spływu śródglebowego na stoku doświadczalnym IGiPZ PAN w Szymbarku (tab. 2).



Ryc. 3. Czas trwania spływu o określonej intensywności

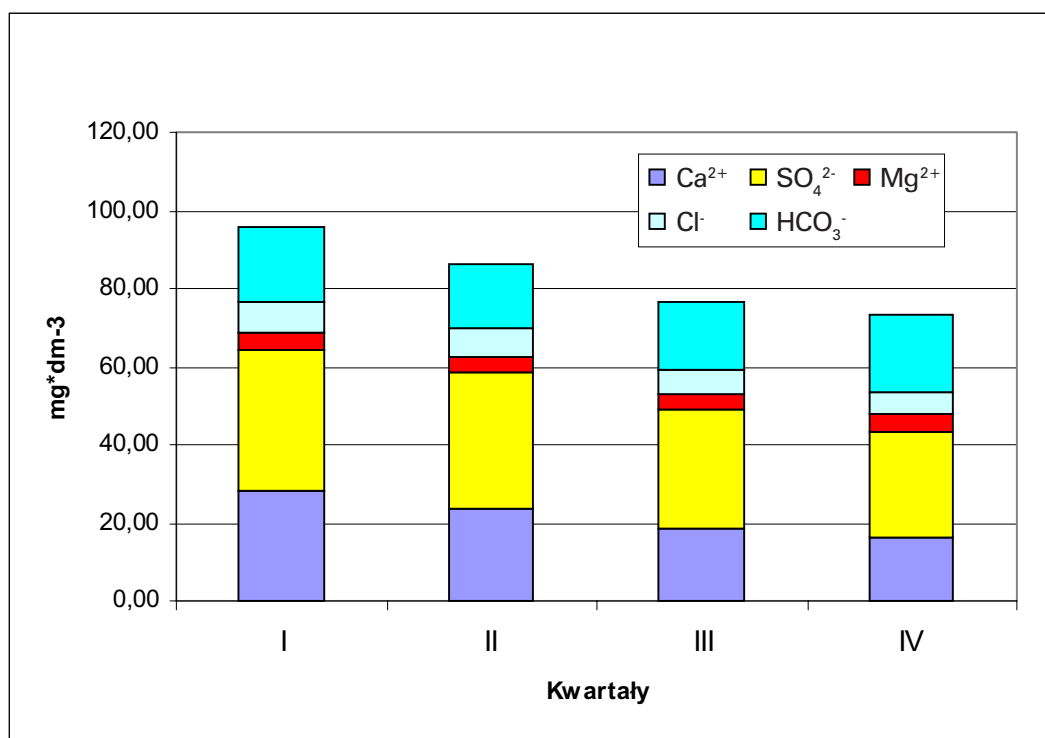
Tab. 2. Roczne parametry spływu śródglebowego w okresie 1995-2000

	Wysokość [mm]			Mineralizacja ogólna [mg*dm-3]	Ładunki subst. rozpuszczonych [kg*ha]
	Rok hydrologiczny	Półrocze zimowe	Półrocze letnie		
1995	83,	52,	30,	152,9	127,5
1996	35,	12,	22,	122,9	43,
1997	63,	21,	42,	101,5	64,
1998	91,	63,	28,	78,	71,
1999	54,	39,	15,	75,	41,
2000	109,3	97,	12,	67,	74,

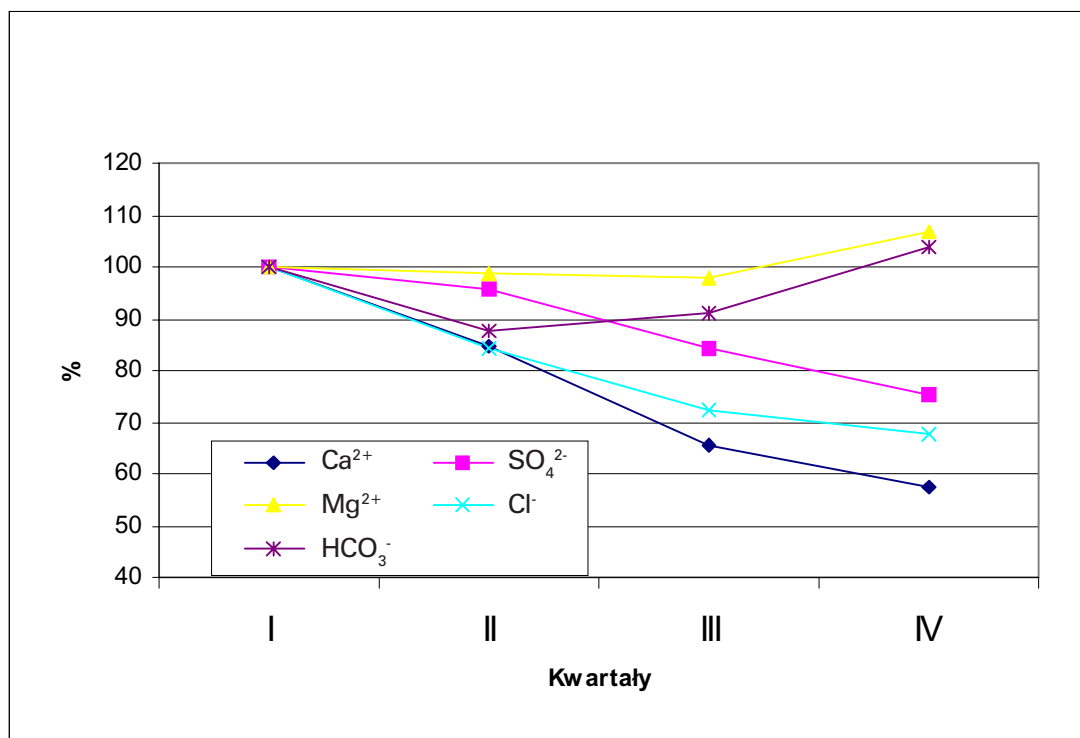
Zauważalna jest tendencja spadkowa mineralizacji ogólnej, niezależna od wysokości spływu śródglebowego. Analiza dynamiki procesu wymaga zatem podejścia szczegółowego, indywidualnego dla każdego przypadku jego wystąpienia, z uwzględnieniem warunków meteorologicznych (parowanie, wysokość i czas trwania opadu oraz jego intensywności) i warunków glebowych.

Ze względu na nieregularność spływu w kolejnych latach, analiza zmian jakościowych w układzie miesięcznym nie pokaże ich sezonowości, związanej szczególnie z intensywnością procesu. Przedstawiono zatem dynamikę zmian parametrów fizyko-chemicznych w układzie 3-miesięcznym

(kwartalnym), gdzie pierwszy kwartał rozpoczyna się 1 listopada (początek roku hydrologicznego) (ryc. 3, 4).

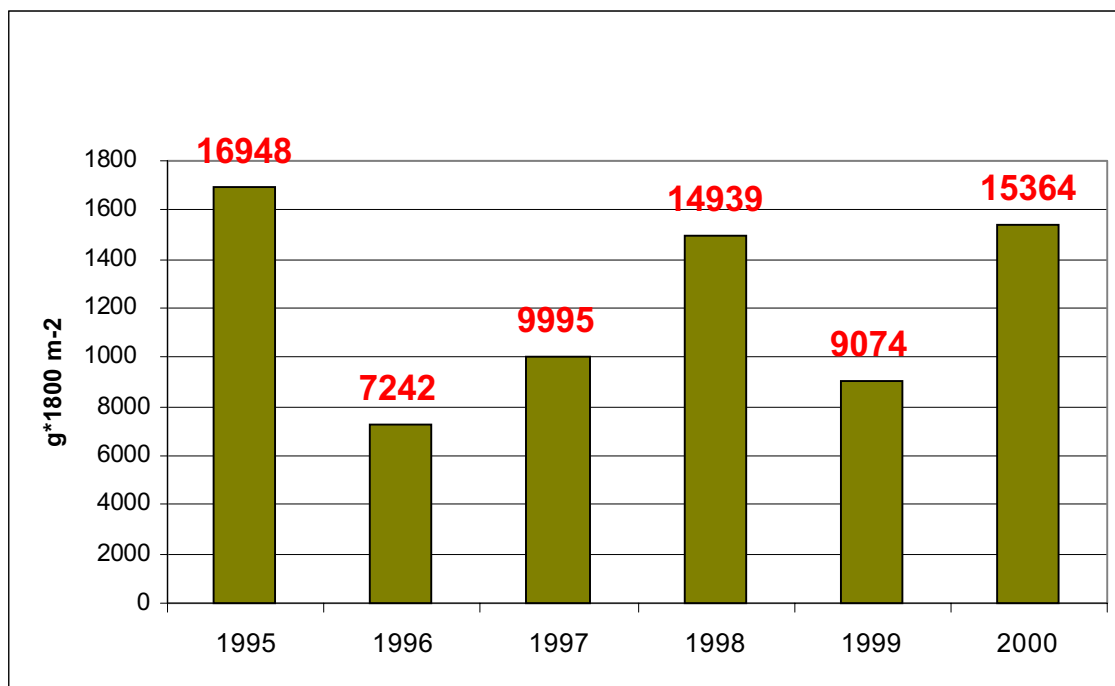


Ryc. 4. Sezonowe zmiany sum składników rozpuszczonych



Ryc. 5. Sezonowe zmiany stężeń poszczególnych jonów rozpuszczonych w wodzie spływu śródglebowego

Ze względu na ograniczony zakres wykonywania analiz w laboratorium Stacji IGiPZ PAN w Szymbarku, dla określenia ilości substancji rozpuszczonych w wodzie użyto określenia „suma składników rozpuszczonych” zamiast „mineralizacja ogólna”. Najwyższą średnią kwartalną sumę składników stwierdzono w I kwartale (XI-I). W pozostałych kwartałach utrzymywała się tendencja spadkowa z minimum w IV kwartale (VIII-X) (ryc. 4).



Ryc. 6. Roczne ładunki substancji wnoszonych spływem śródglebowym z poletka

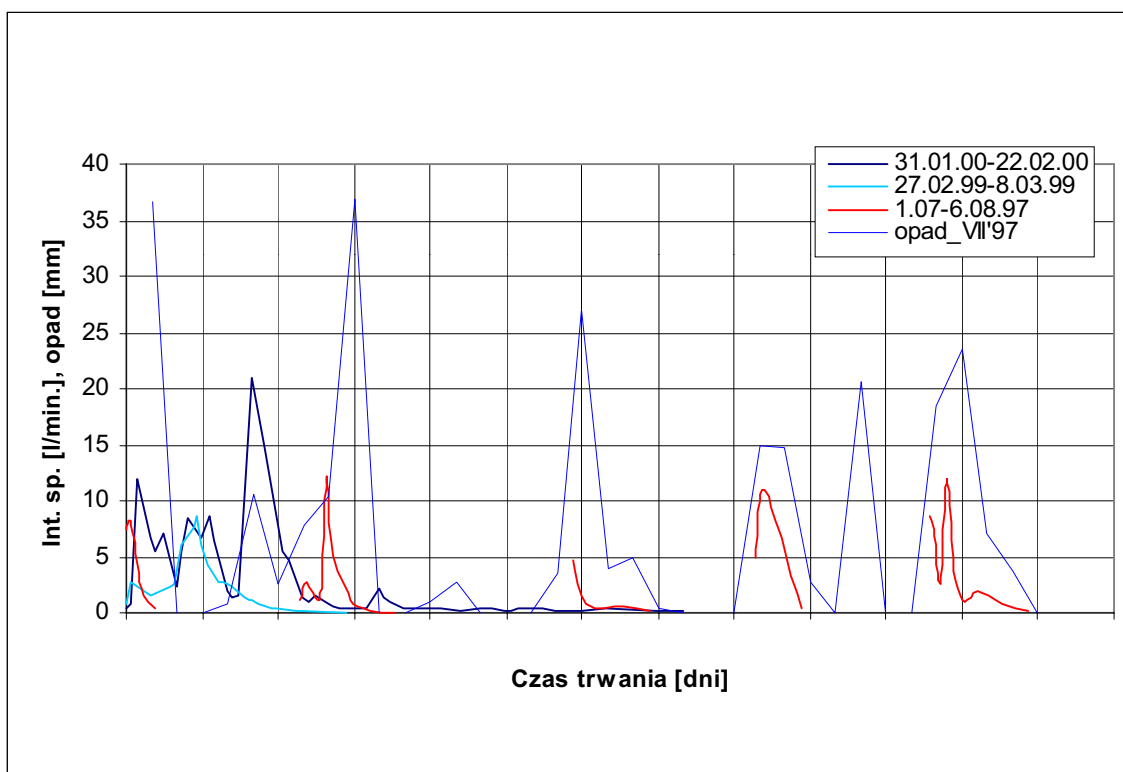
Podobną tendencję zachowywały jony wapnia, siarczanowe i chloru, zaś anion wodorowęglanowy i kation magnezowy w IV kwartale osiągnęły maksimum (ryc. 5).

W ciągu omawianych 6 lat rozmiary rozpuszczania i odprowadzania substancji w postaci roztworów przekroczyły 61 kg/1800 m². Obliczono roczne ładunki substancji odprowadzanych z poletka o powierzchni 1800 m². W trzech z omawianych lat (1996, 1997, 1999) roczne ładunki kształtowały się w granicach 7-10 kg/1800 m² a w trzech pozostałych (1995, 1998, 2000) w granicach 15-17 kg/1800 m². Sezonowo największy transport występował w II kwartale, stanowiąc blisko połowę rocznej sumy ładunków (ryc. 6).

Szczegółowo omówiono 3 wybrane sytuacje hydrometeorologiczne (ryc. 7), podczas których na stoku wystąpił spływ śródglebowy, a woda krążąca w warstwie glebowo-zwietrzelinowej wykazywała określone cechy. Dwie z omawianych sytuacji dotyczą roztopów w roku 1999 i 2000, zaś jedna opadów rozlewnych w lipcu 1997 r. Podczas kolejnych pomiarów wybrane jony HCO_3^- i SO_4^{2-} wykazywały duże wahania stężeń (por. Welc 1985). We wszystkich sytuacjach stwierdzono, że ze wzrostem czasu trwania wezbrania wzrastają stężenia HCO_3^- (jon powszechnie występujący w podłożu skalno-zwietrzelinowym) a maleją SO_4^{2-} (pochodzenie „z powierzchni”) (ryc. 8)

27.02.-8.03.1999

Spływ śródglebowy wywołały wody roztopowe infiltrujące w nie przemarznięte podłoże. W lutym 1999 występował opad wyłącznie w postaci śniegu, wytwarzając pokrywą śnieżną o maksymalnej miąższości 52 cm. Miesięcznie spadło 73,6 mm opadu, ponad 2-krotnie więcej niż przeciętnie w wieloleciu. Roztopy o charakterze adwekcyjnym wywołały spływ o maksymalnej



Ryc. 7. Intensywność spływu śródglebowego podczas wybranych sytuacji hydrometeorologicznych

intensywności 8,6 l/min. (ryc. 7), trwający stosunkowo krótko w porównaniu z pozostałymi dwoma okresami. Odprowadzanie HCO_3^- w tym czasie wyniosło 27 g/1800 m², zaś SO_4^{2-} - 6 g/1800 m² (ryc. 9).

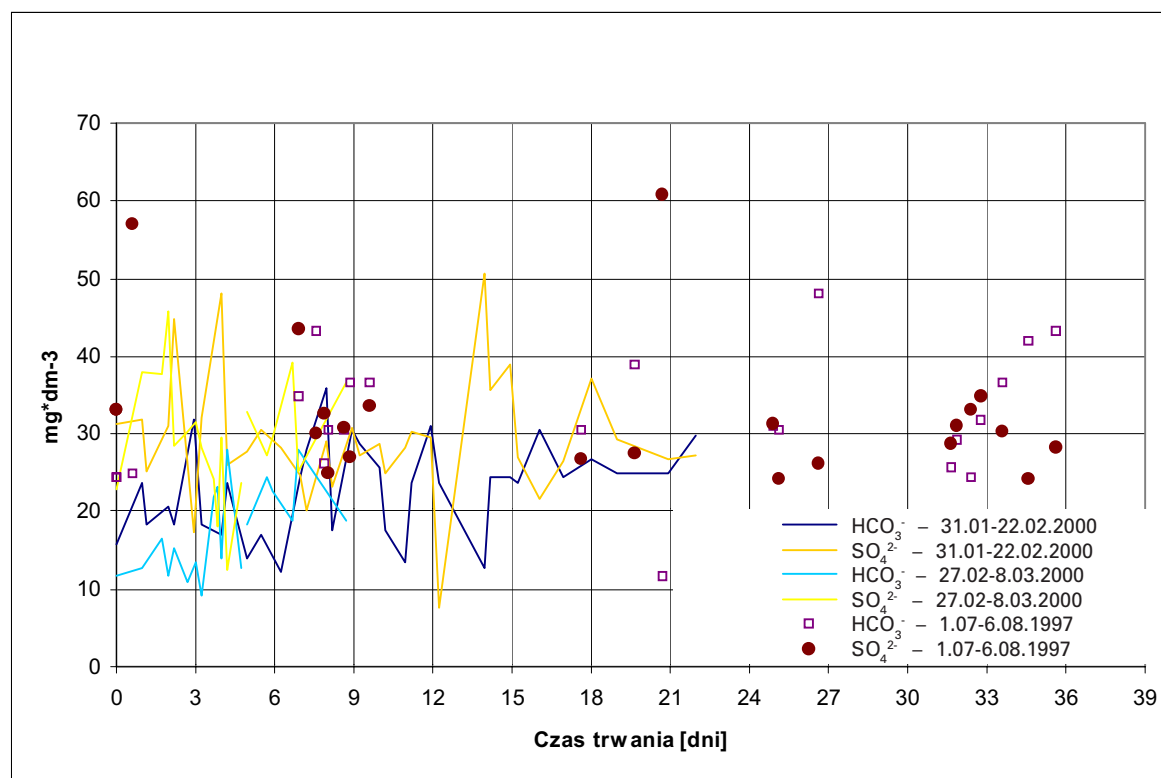
31.01.-22.02.2000.

W roku 2000 maksimum opadu śnieżnego wystąpiło w styczniu, kiedy spadło 42,6 mm opadu. Maksimum miąższości pokrywy śnieżnej wystąpiło w 3 dekadzie i wyniosło 50 cm. Przyczyną roztopów był wzrost temperatur związany z napływem ciepłego powietrza z kierunku południowego i wzrostem natężenia promieniowania słonecznego (roztopy adwekcyjno-solarne). Podczas tej sytuacji szczególnie wyraźny jest wpływ dobowych wahań temperatury na intensywność spływu, która największa jest w godzinach popołudniowych (15:00-18:00). Najwyższa z kulminacji osiągnęła 21 l/min. (ryc. 7)

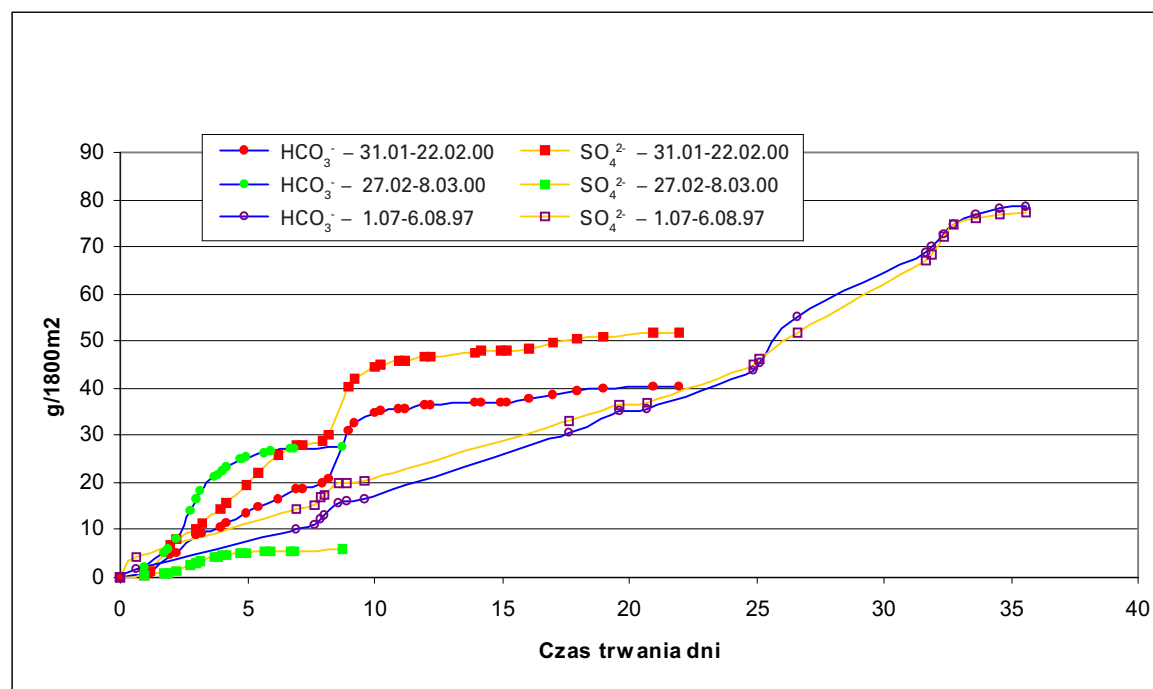
W tym okresie z poletka zostało wyniesione 58 g SO_4^{2-} i 40,5 g HCO_3^- (ryc. 9), przy czym wzrost odprowadzania SO_4^{2-} w stosunku do HCO_3^- występował przez pierwszych 7 dni, potem zaś odprowadzanie kształtowało się na zbliżonym poziomie (krzywe kumulatywne równoległe).

1.07.-6.08.1997.

Lipiec 1997 przejdzie do historii jako miesiąc powodzi w dorzeczu Odry i górnej Wisły. Okolice Szymbarku ominęły ulew, które w zlewniach górskich potoków w zlewni górnej Wisły wywołały katastrofalne skutki geomorfologiczne i gospodarcze. W miesiącu tym wystąpiły jednak opady rozlewne, długotrwałe, podczas których zdarzały się opady o dobowych sumach przekraczających 30 mm. W warunkach bardzo dużego nasycenia gruntu wodą (w pobliżu granicy całkowitej pojemności wodnej), padający opad powodował zachwianie równowagi w gruncie i nagłe pojawienie się



Ryc. 8. Zmiany stężeń HCO_3^- i SO_4^{2-} w wodzie spływu śródglebowego



Ryc. 9. Przyrost ładunków substancji odprowadznych z poletka w wybranych sytuacjach

procesu spływu i szybkie jego zakończenie. W lipcu i na początku sierpnia 97 kilkakrotnie pojawiał się spływ osiągając kulminację w granicach 8-12 l/min. z poletka (ryc. 7). Analizując przyrost ładunków zauważa się równomierny i zbliżony do siebie przebieg krzywych kumulatywnych SO_4^{2-} i HCO_3^- (ryc. 9). W tym okresie odprowadzone zostało po ok. 77-78 g/1800 m² tych dwóch jonów.

Podsumowanie

Przedstawione wyniki świadczą o roli spływu śródglebowego w kształtowaniu odpływu wody i modelowaniu stoków. Proces ten odbywa się w pedosferze - szczególnie aktywnej strefie ściernia się wpływów atmosfery, litosfery i biosfery. Denudacyjny charakter tej strefy powoduje, że jej wpływ w szeroko rozumianym obiegu materii i energii w obrębie zlewni jest istotny, choć zróżnicowany w skali czasu i na pewno zmieniający się w skali przestrzennej ze względu na zróżnicowanie bardzo wielu elementów środowiska w obszarze beskidzko-pogórskim.

Literatura

- Adamczyk B., Maciaszek W., Januszek K.**, 1973: Gleby gromady Szymbark i jej wartość użytkowa. w: Gleby i zbiorowiska leśne okolic Szymbarku. Pr. zb. pod red. L. Starkła, Dokumentacja Geograficzna nr 1: 15-66
- Gil E.**, 1976: Spłukiwanie gleby na stokach fliszowych okolic Szymbarku. Dokumentacja Geograficzna nr 2, ss.60
- Gil E.**, 1986: Rola użytkowania ziemi w przebiegu spływu powierzchniowego i spłukiwania na stokach fliszowych. Przegl. Geogr, 58: 51-65,
- Gil E.**, 1999: Obieg wody i spłukiwanie 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.
- Słupik J.**, 1973: Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich, Dokumentacja Geogr., z.2.
- Słupik J.**, 1978: Obieg wody w glebie na stokach a rolnicze użytkowanie ziemi w: Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej. Pr. zb. pod red. L. Starkła, Prace Geograficzne nr 125: 93-108
- Słupik J.**, 1981: Rola stoku w kształtowaniu odpływu, Pr. Geogr. IGiPZ PAN, 142, ss. 98
- Starkel L., Gil E.** (red.), 1994, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stacja Bazowa Szymbark (Karpaty Fliszowe), Biblioteka Monitoringu Środowiska
- Welc A.**, 1985: Zmienność denudacji chemicznej w Karpatach fliszowych (na przykładzie zlewni potoku Bystrzanka), Dokumentacja Geogr. Z. 5.

