

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
im. Stanisława Leszczyckiego

ZESZYTY IGiPZ PAN nr 60

EUGENIUSZ GIL

**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)



WARSZAWA 1999

## **ZESZYTY IGiPZ PAN**

Redaguje zespół w składzie:

**Teresa Kozłowska-Szczęśna**  
(redaktor)

**Grzegorz Węclawowicz**  
(zastępca redaktora)

**Jerzy Grzeszczak**

**Marek Degórski**

**Barbara Jaworska**

(sekretarz)

**Wydawca:**  
**IGiPZ PAN**

**Adres redakcji:**  
00-818 Warszawa, ul. Twarda 51/55  
tel.(48-22) 69 78 851  
fax (48-22) 620 62 21

**PL - ISSN 0867-6836**  
**ISBN 83-87954-30-6**

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
im. Stanisława Leszczyckiego

ZESZYTY IGiPZ PAN nr 60

EUGENIUSZ GIL

**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)



WARSZAWA 1999

<http://rcin.org.pl>

Recenzent:  
Prof. dr hab. Leszek Starkel

**Praca dofinansowana z grantu KBN P 04 E 00713  
„Hydrologiczne aspekty antropopresji w zlewni górnej Wisły”**

**Abstract.** The paper presents results of investigation on water circulation and wash down on carpathian flysch slopes used for farming purposes, carried in 1980-1990 years, on experimental plots. Natural conditions and spatial organization together with type of land-use influenced on this processes. The greatest values of overland flow (15 % of mean precipitation) and soil erosion (34 tons ha<sup>-1</sup>) were observed on fields with low plant density. The significant role in the total outflow of the water from the slopes, plays subsurface runoff (above 6 % of precipitation), which in winter season is greater than the overland flow.

**Key words:** overland flow, subsurface runoff, wash down, soil erosion.

## **Od Redakcji**

*Redakcja „Zeszytów IGiPZ PAN” uprzejmie informuje, że numer 60 jest ostatnim zeszytem tej serii. Zeszyty ukazywały się od połowy 1991 do końca 1999 roku – w sumie opublikowano 60 zeszytów. Tematyka była bardzo zróżnicowana – 37 zeszytów dotyczyło geografii ekonomicznej (26 – geografia społeczno-ekonomiczna, 11 – geografia rolnictwa), 23 prace z geografii fizycznej (15 – klimatologia, 5 – geomorfologia, 3 – przyrodnicze). Dwie prace ukazały się w języku angielskim. Autorami są przede wszystkim pracownicy Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, ale także pracownicy naukowcy z Instytutu Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytetu Łódzkiego oraz geografowie z zagranicy.*

*Od 2000 roku kolejne prace będą ukazywały się w serii „Dokumentacja Geograficzna”, bowiem nastąpiło połączenie obu serii. Zachowujemy charakter i szatę graficzną „Zeszytów”, a numerację „Dokumentacji Geograficznej”.*

*„Dokumentacja Geograficzna” jest wydawnictwem Instytutu, które ukazuje się od 1955 roku. Początkowo wydawano 12, a następnie 6 zeszytów rocznie. Od 1995 roku jest to seria; dotychczas opublikowano w jej ramach 13 zeszytów. W przygotowaniu jest numer 14 „Dokumentacji Geograficznej”.*

*Na końcu niniejszego opracowania prezentujemy spis wszystkich prac opublikowanych w latach 1991 – 1999 w serii „Zeszyty IGiPZ PAN”, a także w serii „Dokumentacja Geograficzna” wydanych w latach 1995 – 1999.*

*Zespół redakcyjny nowej „Dokumentacji Geograficznej”, który ma nadzieję przejąć wszystkie dobre tradycje obu serii, pozostaje taki sam, jak w serii „Zeszyty IGiPZ PAN”.*

The first part of the paper is devoted to a general introduction of the subject. It is followed by a detailed description of the experimental apparatus and the method of measurement. The results of the measurements are then presented and discussed. The paper concludes with a summary of the findings and some suggestions for further work.

## Spis treści

Wstęp	7
Charakterystyka termiczno-opadowa lat 1980-1990	11
Obieg wody i erozja gleb na stokach użytkowanych rolniczo w latach hydrologicznych 1980-1990	14
Spływ powierzchniowy i spłukiwanie w zimowym półroczu hydrologicznym	38
Spływ powierzchniowy i spłukiwanie w letnim półroczu hydrologicznym	45
Rola spływu śródglebowego w obiegu na wody stoku	60
Relacje pomiędzy opadem a obiegiem wody i spłukiwaniem na stoku	65
Podsumowanie	74
Literatura	77
<i>Water circulation and wash down on the flysch slopes used for farming purposes in 1980-1990 years (results of investigation on experimental plots at Research Station of Institute of Geography and Spatial Organization Polish Academy of Sciences in Szymbark) – Summary</i>	78





## Wstęp

Teren badań Stacji Naukowej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk (IGiPZ PAN) w Szymbarku położony jest w północno-zachodniej części Beskidu Niskiego, graniczącego od północy z Pogórzem Karpackim. Brzeźną część Beskidu Niskiego budują utwory płaszczowiny magurskiej (Świdziński 1973), której najbardziej odporne fragmenty złożone z piaskowców magurskich, zachowane w formie elementów synklijalnych tworzą system niskich grzbietów górskich o wysokości od 630 do 750 m n.p.m., otoczonych garbami pogórkami o wysokości 450-550 m n.p.m., zbudowanymi z łupkowo-piaskowcowych warstw inoceramowych (Kotarba 1970; Gil 1979). Piaskowce magurskie podścielone są serią warstw eoceńskich, w których dominują łupki i łałupki pstre, które w formie wąskich synklin występują również w obrębie warstw inoceramowych.

Obszar badań odwadnia rzeka Ropa, odcinająca grzbiet Maślanej Góry (753 m n.p.m.) od pasma górskiego o wysokości 630-645 m n.p.m., ciągnącego się od Suchej Góry na zachodzie, przez Szeroki Wierch, Miejską Górę, po Bartnią Górę, a następnie aż po Magurę Małastowską (814 m n.p.m.) na wschodzie.

Dynamikę procesów obiegu wody i erozji gleb determinuje energia rzeźby. W części beskidzkiej deniwelacje wynoszą 300-400 m, a nachylenia stoków przekraczają 30°. Jednocześnie obszar ten, zajęty przeważnie przez lasy, charakteryzuje się dużą szkieletowością gleb, a zatem dużą przepuszczalnością, co zmniejsza powierzchniowy spływ wody i ogranicza spłukiwanie gleby (Słupik 1973; Gil 1976; 1986).

W części pogórskiej deniwelacje sięgają 150 m, a średnie nachylenie stoków 10°. Stoki garbów pogórkami użytkowane niemal w całości rolniczo, pokryte są gliniasto-kamienistymi pokrywami glebowymi (Adamczyk i in. 1973), co sprzyja procesom spływu powierzchniowego i spłukiwania gleby.

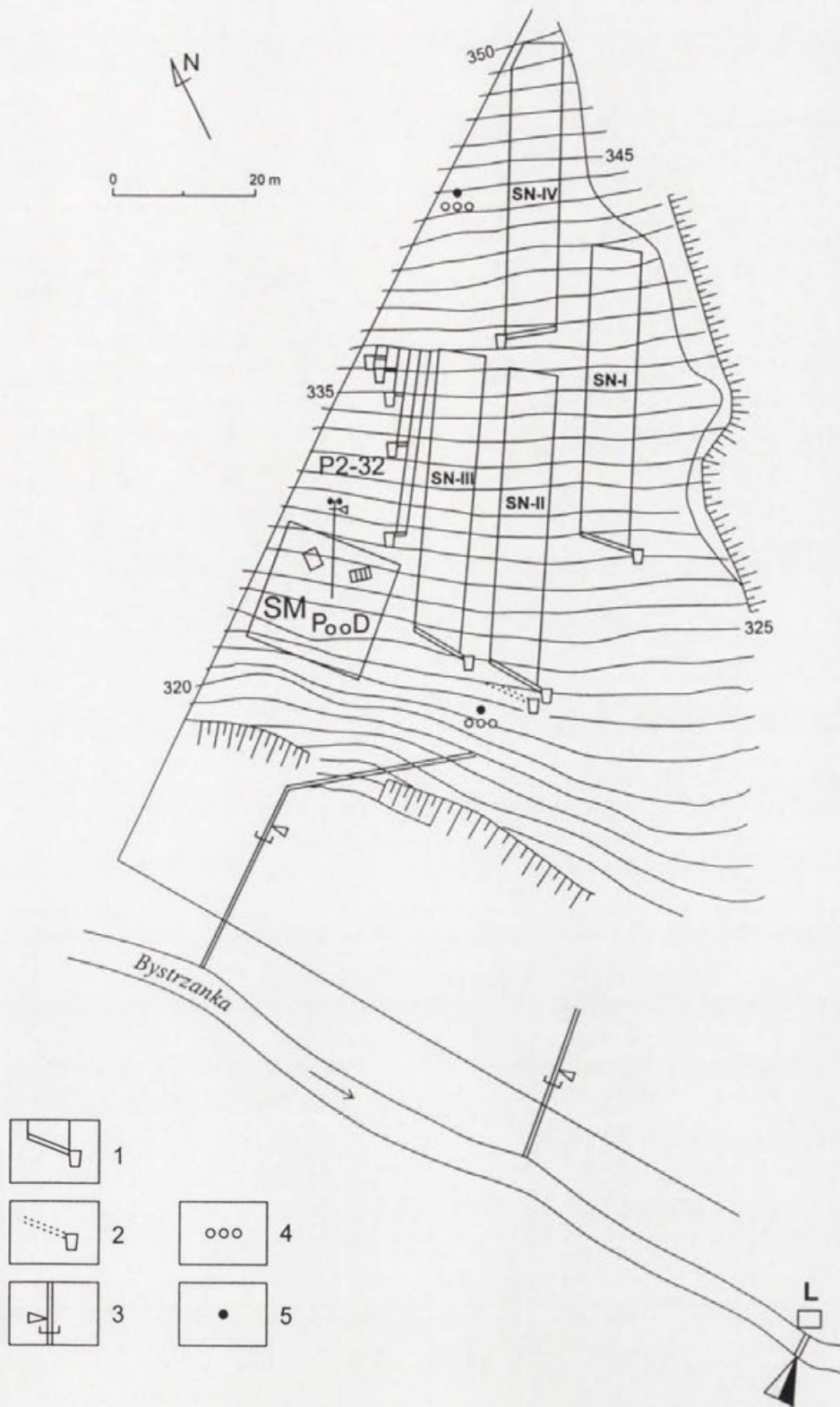
Badania spływu powierzchniowego i spłukiwania gleby na stokach fliszowych o różnym użytkowaniu na Stacji Naukowej IGiPZ PAN w Szymbarku prowadzone są od 1968 roku (Słupik 1973; Gil 1976, 1986; Starkel, Gil 1994; ryc. 1). Badania te zmierzają do poznania mechanizmu transformacji opadu w odpływ, w jego pierwszej i podstawowej fazie - w obiegu wody na stoku. W tej fazie transformacji główną rolę odgrywają dwa elementy obiegu wody: spływ powierzchniowy i śródglebowy (Słupik 1973; 1981; Gil, Starkel 1979), powiązane ze stopniem nasycenia podłoża wodą i położeniem zwierciadła wód gruntowych. Drugim istotnym problemem badawczym związanym ze spływem powierzchniowym wody jest proces spłukiwania, jako jeden z głównych czynników modelujących współcześnie stoki. Na przebieg tych procesów, obok naturalnych warunków środowiska przyrodniczego, bardzo duży wpływ ma szata roślinna, którą w warunkach karpaccich w przeważającej części reprezentują użytki rolne i sposób zagospodarowania terenu.

Dotychczasowe opracowania obejmowały okresy pomiarowe o różnej długości: pojedyncze zdarzenia (Gil, Słupik 1972a; 1972b; Gil 1998,) rok hydrologiczny (Słupik 1973; Gil 1976; Gil, Starkel 1979) oraz okresy kilkuletnie (Gil 1986; Starkel, Gil 1994). Badania prowadzone były na stokach o różnym użytkowaniu i wykorzystano dane stacjonarnych pomiarów dokonywanych na poletkach doświadczalnych. Prezentowane obecnie opracowanie obejmuje badania prowadzone w latach 1980-1990, na głównym stoku doświadczalnym Stacji Naukowej w Szymbarku, reprezentującym typowy, użytkowany rolniczo stok pogórski, z podstawowymi uprawami (zboża, ziemniaki, łąki). Przedstawiono w nim obieg wody na stoku (spływ powierzchniowy, śródglebowy, wahania stanów wód gruntowych) oraz spłukiwanie – podczas pojedynczych zdarzeń, w półroczach i latach hydrologicznych oraz w średnich całego okresu, na poszczególnych użytkach rolnych, a także w formie uśrednionych wartości obejmujących cały stok użytkowany rolniczo. Przeprowadzono również statystyczne obliczenia zależności wielkości spływu powierzchniowego od opadów oraz spłukiwania od opadów i spływu powierzchniowego.

Na tle ostatniego 30-lecia, w latach 1980-1990 występowały bardzo zróżnicowane warunki termiczne i opadowe (tab. 1, 2). W okresie tym, zwłaszcza w okresach letnich lat 1980, 1983 i 1985, występowały liczne opady burzowe i ulewy o dużej intensywności, o charakterze ekstremalnym oraz deszcze rozlewne, a także lata z minimalną ilością opadów (1982). Zimy analizowanego okresu charakteryzowały się, zarówno głębokim przemarzeniem podłoża i stabilnością pokrywy śnieżnej (np. 1985, 1987), jak również prawie zupełnym brakiem tych zjawisk (np. 1988-1990). Wyniki badań charakteryzowanego okresu można uważać za reprezentatywne dla przebiegu procesów obiegu wody i spłukiwania występujących w regionach karpackich o podobnych warunkach środowiska przyrodniczego.

Stok doświadczalny, o ekspozycji SW i nachyleniu  $11^\circ$  położony jest w ujściowej części zlewni Bystrzanki, na jej lewym zboczu, na wysokości 320-350 m n.p.m. Zbudowany jest z piaskowcowo-lupkowych warstw inoceramowych, pokrytych gliniasto-kamienistą pokrywą zwietrzelinową, o miąższości 1,5-2,5 m, w której udział części szkieletowych dochodzi do 40 %. Porowatość ogólna wynosi 40,7-51,2 %, pojemność infiltracyjna w warstwie powierzchniowej  $0,07-11,4 \text{ mm min}^{-1}$  i średnio 1,23 w warstwie podornej.

Pomiary spływu powierzchniowego i spłukiwania gleby prowadzone są na 4 poletkach doświadczalnych o powierzchni  $600 \text{ m}^2$  każde (długość 60 m, szerokość 10 m, ryc.1), z uprawami rolnymi i zmianowaniem typowym w regionie karpackim: zboża, ziemniaki, koniczyna. Jedno z poletek stanowi trwały użytek zielony (łąka). Poletka oddzielone są od otoczenia ekranem do głębokości około 20 cm. Ilość spływającej wody i spłukiwanej gleby mierzona jest w zbiornikach przelewowych z ciągłą rejestracją (ryc. 2)

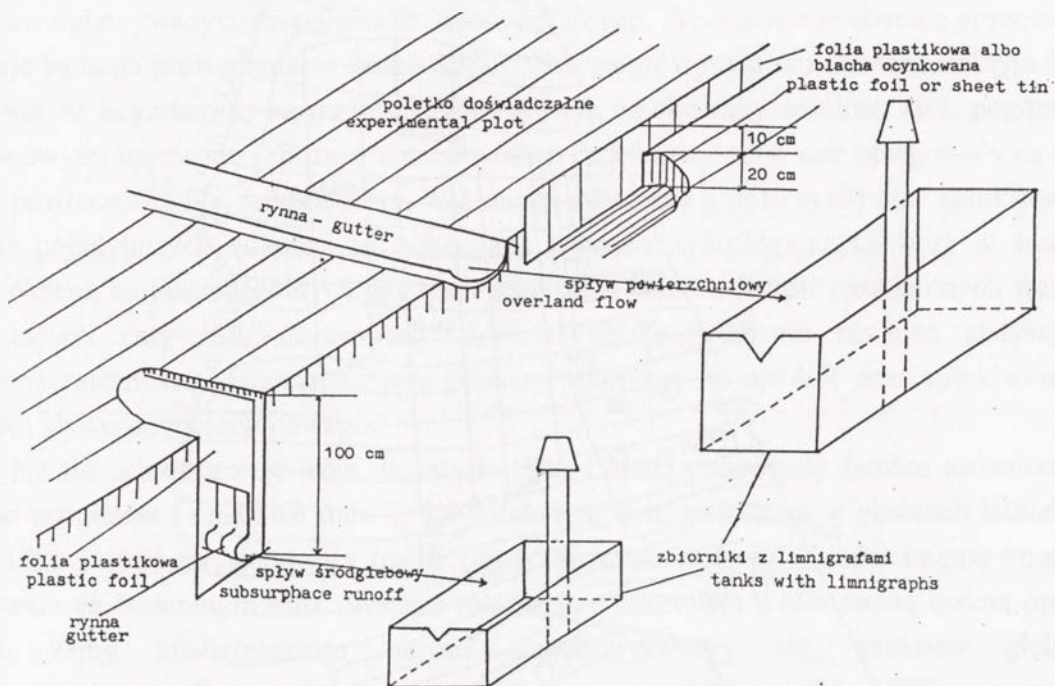


Ryc. 1. Stok doświadczalny Stacji Naukowej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk w Szymbarku.

Poletka doświadczalne: SN-I – SN-III – pola orne, SN-IV – łąka,  
 P2-32 – poletka eksperymentalne, SM – stacja meteorologiczna (P – pluwiograf, D – deszczomierz),  
 L – stacja hydrometryczna (z limnigrafem), 1 – spływ powierzchniowy, 2 – spływ śródglebowy,  
 3 – odpływ ze stoku (przelew z limnigrafem), 4 – tensjometry, 5 – piezometry

The experimental slope at Szymbark (Station of the Institute of Geography and Spatial Organization of the Polish Academy of Sciences).

Experimental plots: SN-I – SN-III arable land, SN-IV – meadow, P2-32 – experimental plots, SM – meteorological station (P – pluviograph, D – rain-gauge), L – hydrometric station (with limnigraph), 1 – overland flow, 2 – subsurface runoff, 3 – out-flow from slope (weir with limnigraph), 4 – tensiometers, 5 – piezometers



Ryc. 2. Schemat instalacji do pomiarów spływu powierzchniowego, śródglebowego i spłukiwania  
Scheme of installation for overland flow, subsurface runoff and wash down measurements

Spływ śródglebowy mierzony jest za pomocą rynny zainstalowanej na głębokości 100 cm, w dolnej części stoku, obejmującej teoretycznie pomiarem spływ podpowierzchniowy w pasie stoku o szerokości 10 m i długości 180 m (od wododziału do miejsca instalacji).

W górnej i dolnej części stoku mierzony jest stan wód w pokrywie zwietrzelinowej do głębokości 1,5 m, a na poletkach prowadzone są pomiary wilgotności gleby.

## Charakterystyka termiczno-opadowa lat 1980-1990

Warunki termiczne lat 1980-1990 były bardzo zróżnicowane (tab.1). Średnia temperatura okresu była równa średniej z 25-lecia 1968-1992 i wynosiła 7,6° C, ale wystąpiły zarówno lata o najniższej średniej rocznej temperaturze – 6,4 i 6,5 ° (odpowiednio 1980 i 1985), jak i lata o najwyższych notowanych średnich rocznych temperaturach – 8,6° C (1983, 1989, 1990).

Tabela 1. Średnie wartości miesięczne i roczne temperatury powietrza w latach 1980-1990 w Szymbarku  
Mean monthly and annual values of air temperature during the period of 1980-1990 at Szymbark

Rok Year	Miesiące - Months												Średnia Mean annual
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1980	-5,9	-0,5	0,6	5,2	9,2	14,9	16,4	16,3	12,3	8,9	1,0	1,4	<b>6,4</b>
1981	-5,3	-1,0	5,2	6,4	13,6	17,0	17,2	16,0	13,9	9,8	2,2	-1,6	<b>7,8</b>
1982	-4,6	-3,2	3,1	5,3	13,5	16,0	17,6	17,2	15,6	9,2	4,3	0,2	<b>7,8</b>
1983	2,3	-2,2	4,4	10,3	15,1	16,2	18,3	16,7	13,9	8,0	1,1	-0,6	<b>8,6</b>
1984	-0,6	-2,0	0,8	7,8	12,9	14,1	15,1	15,3	13,6	10,8	3,8	-1,1	<b>7,6</b>
1985	-8,4	-8,4	2,7	8,1	13,9	13,4	17,1	17,0	12,6	7,7	0,5	2,3	<b>6,5</b>
1986	-1,8	-8,0	2,1	10,4	14,3	15,7	16,5	17,4	12,0	8,0	4,9	-2,5	<b>7,4</b>
1987	-10,6	-1,1	-3,9	7,4	11,4	16,4	18,7	15,0	13,8	9,1	4,3	0,2	<b>6,7</b>
1988	2,0	0,6	0,9	6,9	13,7	15,6	19,0	17,1	13,4	8,0	-1,6	0,0	<b>8,0</b>
1989	-0,4	2,4	4,9	10,0	12,2	14,6	17,0	16,8	13,4	10,0	2,2	0,7	<b>8,6</b>
1990	-0,3	4,2	6,2	7,4	12,8	15,9	16,5	15,2	11,0	9,0	5,3	-1,3	<b>8,6</b>
<b>Średnia - Mean</b>	<b>-3,0</b>	<b>-1,7</b>	<b>2,4</b>	<b>7,7</b>	<b>13,0</b>	<b>15,4</b>	<b>17,2</b>	<b>16,5</b>	<b>13,2</b>	<b>8,9</b>	<b>2,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>7,6</b>

Charakterystykę opadów (tab. 2) przedstawiono dla lat hydrologicznych, których półrocza – zimowe z opadami śnieżnymi i przemarzeniem podłoża i letnie z opadami deszczu i rozwojem roślinności – lepiej nawiązują do sezonowości przebiegu procesów obiegu wody i jej działalności morfologicznej aniżeli lata kalendarzowe (Słupik 1973). Średnia roczna suma opadów w omawianym okresie wynosiła 799 mm i była nieco niższa od średniej z 25-lecia (1968-1992), wynoszącej 811 mm (Starkel, Gil 1994). Różnica w średniej sumie opadów w latach hydrologicznych i kalendarzowych w okresie 1980-1990 jest nieistotna, natomiast w poszczególnych latach jest znacząca (tab. 2).

Po dużych wahaniami rocznych sum w pierwszej połowie dekady, w drugiej jej części wystąpiła stabilizacja wysokości opadów na poziomie nieco niższym od średniej. Najwyższą sumę roczną opadu w latach 1980-1990 zanotowano w 1980 r. – 1148 mm (jeden z najwyższych z ostatniego 30-lecia), najniższą w 1982 r. – 530 mm (najniższa wartość w

ostatnim 30-leciu). Lata z bardzo wysokimi opadami były zarazem najchłodniejszymi w omawianym okresie (tab. 1, 2, ryc. 3, 4). O sumie rocznej opadów decydują głównie opady w miesiącach letnich. W całym okresie przeważały opady krótkotrwałe, o charakterze burzowym, a kilkudniowe deszcze, które można zakwalifikować do opadów rozlewnych nie przekraczały wysokości 150 mm.

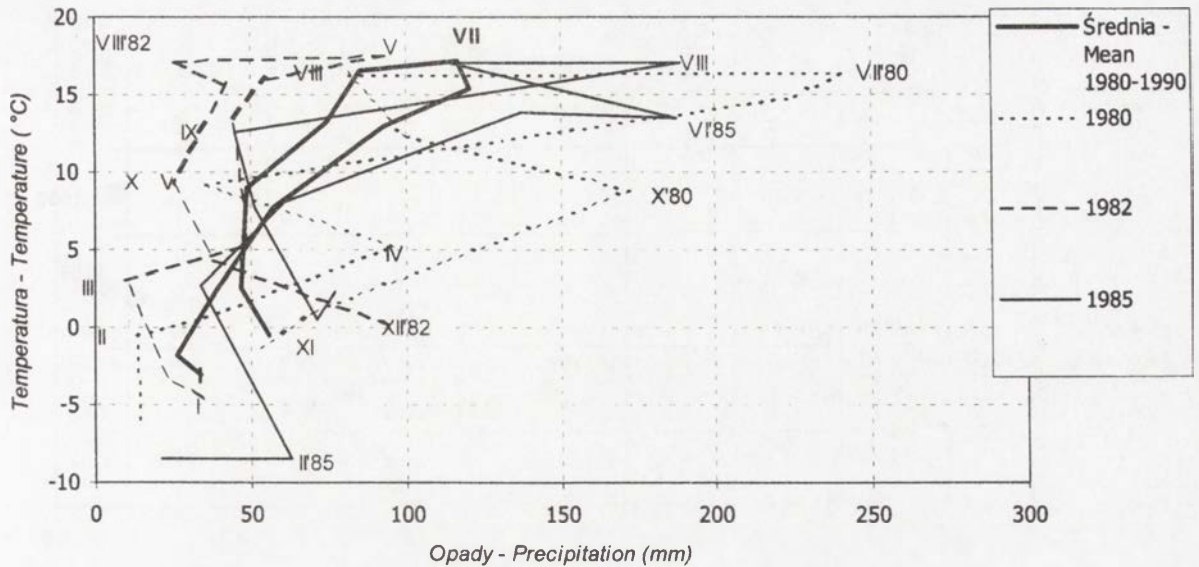
Tabela 2. Miesięczne i roczne sumy opadów w latach hydrologicznych 1980-1990 w Szymbarku  
Monthly and annual totals of precipitation during the hydrological years of 1980-1990 at Szymbark

Rok hydrologiczny Hydrological year	Miesiące - Months												Rpk hydrologiczny Hydrological year	Rok kalendarzowy Calendar year
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Suma Total	Suma Total
1980	87,5	43,8	13,9	13,8	35,5	96,4	35,5	225,9	241,2	81,5	100,0	173,1	1148,1	1139,9
1981	70,0	53,1	26,7	40,0	53,7	27,7	72,1	103,0	103,7	76,8	58,9	50,4	736,1	744,0
1982	73,8	53,6	34,8	23,0	9,5	48,6	44,6	55,2	94,1	25,4	42,6	25,1	530,3	535,0
1983	37,9	94,2	57,2	24,5	95,8	46,7	92,3	173,1	188,7	66,1	133,5	37,4	1047,4	948,4
1984	15,4	17,7	22,1	13,2	31,3	22,3	103,0	95,8	86,9	26,3	107,3	45,9	587,2	603,2
1985	17,6	31,5	21,4	63,0	34,0	60,9	137,6	187,5	114,3	188,8	44,9	51,1	952,6	1052,2
1986	71,4	77,3	62,7	13,6	17,4	24,1	116,6	106,4	106,0	92,4	14,2	32,9	735,0	666,9
1987	20,7	59,9	67,1	14,3	60,7	31,1	148,2	63,1	56,5	79,1	103,2	28,8	732,7	821,8
1988	66,1	103,6	20,3	26,2	41,4	22,9	47,8	89,2	117,4	76,9	75,7	23,5	711,0	662,7
1989	58,5	62,2	17,5	25,2	25,5	87,0	153,8	139,4	88,8	133,7	34,5	46,9	873,0	812,3
1990	45,1	14,9	31,7	30,5	28,3	160,1	75,0	89,5	85,3	91,2	105,7	19,0	776,3	801,2
Średnia Mean	51,3	55,6	34,1	26,1	39,4	57,1	93,3	120,7	116,6	85,3	74,6	48,5	802,7	798,9

Średnie opady zimowego półrocza hydrologicznego lat 1980-1990 stanowiły 33 % opadów rocznych i wynosiły 264 mm, a półrocza letniego 67 % i wynosiły 539 mm.

Najniższe średnie sumy opadów notowane były w miesiącach zimowych – luty 26 mm, a w styczniu i marcu 30-40 mm. Najwyższe w miesiącach wiosenno-letnich: czerwiec – 120 mm, lipiec 116 mm. Podczas tej dekady zaznaczył się wyraźny spadek wysokości opadów w sierpniu i wzrost w miesiącach jesiennych.

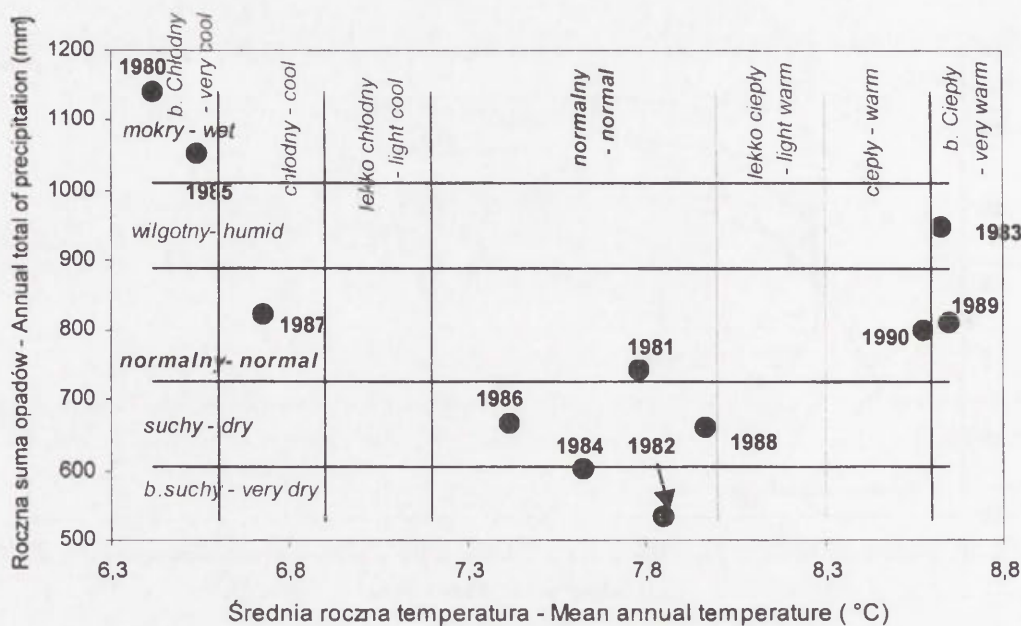
Bardzo duże zróżnicowanie notowano w miesięcznych sumach opadów, np. w marcu od 9,5 mm do 95 mm, w grudniu od 14 mm do 103 mm, a w najbardziej wilgotnych: czerwcu od 55 mm (1982) do 226 mm (1980) oraz lipcu od 56 mm (1987) do 241 mm (1980). Podobne różnice wystąpiły w październiku, w którym w 1980 r., suma opadów wynosiła 173 mm, a w 1990 r., tylko 19 mm. Na rycinie 3 przedstawiono zróżnicowanie termiczno-opadowe najbardziej skrajnych lat, na tle średnich wartości całego charakteryzowanego okresu.



Ryc. 3. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i sumy opadów w latach 1980, 1982, 1985 i w okresie 1980-1990  
Mean monthly values of air temperature and totals of precipitation during the years of 1980, 1982, 1985 and during the period of 1980-1990

Okresy zimowe charakteryzowały się łagodnym przebiegiem, o niezbyt głębokim (do 40 cm) i nie ciągłym przemarznięciem podłoża oraz niestałą pokrywą śnieżną. Charakterystyczną cechą zim w drugiej połowie dekady były dodatnie średnie temperatury miesięcy zimowych, a w roku hydrologicznym 1988, w ogóle nie notowano ujemnych średnich miesięcznych temperatur.

Według klasyfikacji termiczno-opadowej zaproponowanej przez H. Lorenc (1998), lata termicznie normalne znajdują się w przedziale od bardzo suchych do suchych, lata termicznie ciepłe i bardzo ciepłe są zarazem normalne i wilgotne, natomiast lata termicznie chłodne i bardzo chłodne są wilgotne i bardzo wilgotne (ryc. 4).



Ryc. 4. Klasyfikacja termiczno-opadowa lat hydrologicznych 1980-1990 wg H. Lorenc  
Thermic – precipitation classification of the hydrological years of 1980-1990 after H. Lorenc

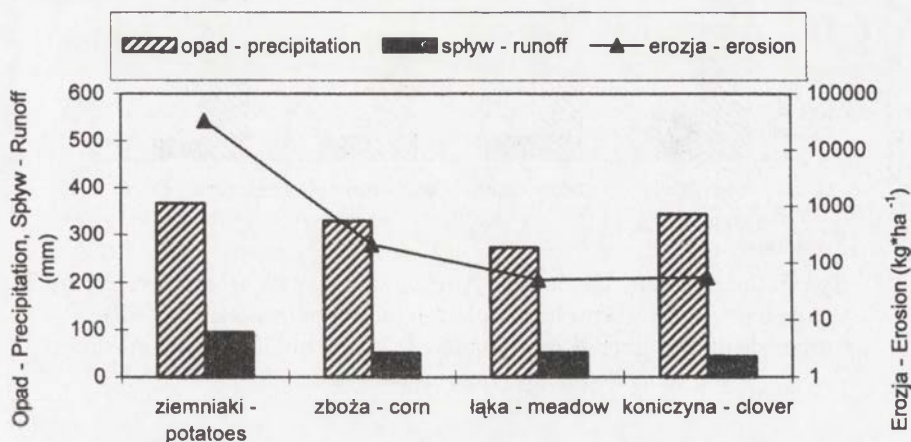
## Obieg wody i erozja gleb na stokach użytkowanych rolniczo w latach hydrologicznych 1980-1990

Rozmiary spływu powierzchniowego zależą od wysokości i intensywności opadów, ich częstotliwości, a w okresach zimowych od zapasu wody w pokrywie śnieżnej i szybkości jej tajania. Bardzo duże znaczenie ma również poziom wód gruntowych, od którego zależy nasycenie wodą powierzchniowej warstwy gleby, a zatem jej zdolnością wchłaniania i zatrzymywania wody w glebie. Rozmiary spływu powierzchniowego w sposób bardzo wyraźny nawiązują do użytkowania ziemi, związanego ze sposobem i rodzajem uprawy, od czego zależy struktura powierzchniowej warstwy gleby, warunkująca szybkość infiltracji (Słupik 1973). Te wzajemne powiązania kształtują obieg wody na stoku, wpływając na stosunki ilościowe w relacji: dostawa wody – spływ powierzchniowy – wsiąkanie/podsiąkanie – spływ śródglebowy – odpływ gruntowy, a proces ewapotranspiracji w znaczący sposób decyduje o ilości wody odprowadzanej przez odpływ podpowierzchniowy.

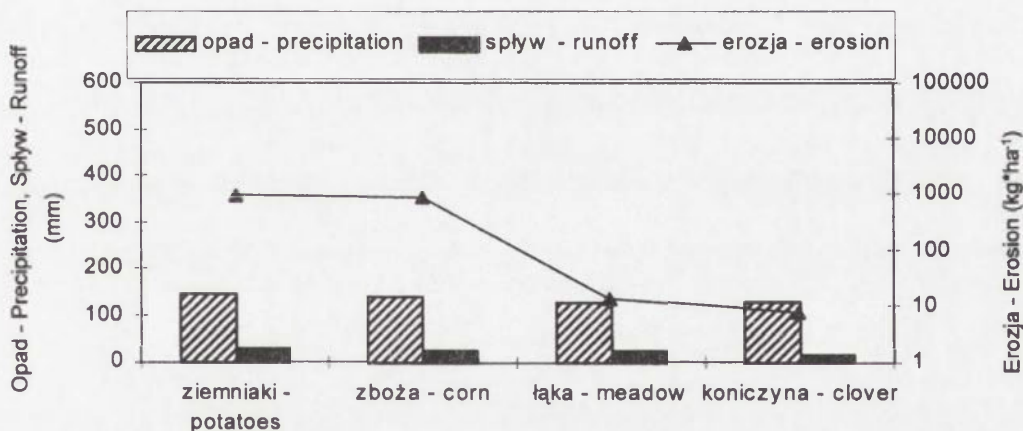
Spływ powierzchniowy ma miejsce wówczas, gdy intensywność dostawy wody (opad, tajanie śniegu) jest większa od zdolności wsiąkania w podłoże; występuje on, gdy natężenie opadu przekracza szybkość infiltracji, lub dostawa wody zachodzi przy pełnym nasyceniu podłoża wodą. Dlatego stosunek opadu efektywnego (tj. opadu, podczas którego notowany jest spływ powierzchniowy) do opadu całkowitego na poszczególnych użytkach kształtował się od 51 % na łące do 58-61 % na polach ornych (tab. 14), a spływ powierzchniowy w latach hydrologicznych 1980-1990, (tab. 3-13) na stokach o różnym użytkowaniu był bardzo zróżnicowany (tab. 15, ryc. 4 - 6). (Ze względu na zmienność, nie



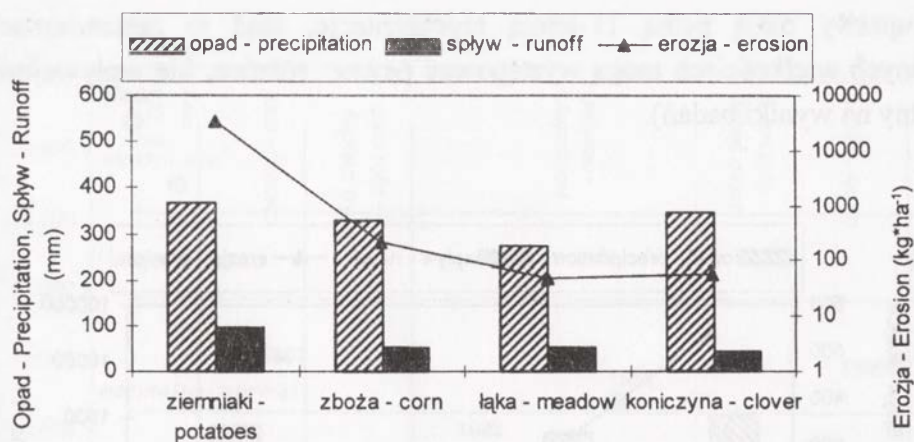
wszystkie uprawy mają pełną 11-letnią reprezentację, stąd w zestawieniach oraz w porównywanych wielkościach mogą występować pewne różnice, nie wpływające jednak w sposób istotny na wyniki badań).



Ryc. 5. Średnie sumy opadu efektywnego, spływu powierzchniowego i erozji gleb na poletkach użytkowanych rolniczo (wartości roczne 1980-1990)  
 Mean totals of the effective precipitation, overland runoff and soil erosion at the cultivated fields (annual values 1980-1990)



Ryc. 6. Średnie sumy opadu efektywnego, spływu powierzchniowego i erozji gleb na poletkach użytkowanych rolniczo (półrocze zimowe 1980-1990)  
 Mean totals of the effective precipitation, overland runoff and soil erosion at the cultivated fields (winter half-year 1980-1990)



Ryc. 7. Średnie sumy opadu efektywnego, spływu powierzchniowego i erozji gleb na polkach użytkowanych rolniczo (półrocze letnie 1980-1990)  
 Mean totals of the effective precipitation, overland runoff and soil erosion at the cultivated fields (summer half-year 1980-1990)

Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1980

Ziemniaki – Potatoes				Pszenica - Wheat				Łąka - Meadow				Koniczyna – Clover			
Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
10.11.79	25,1	0,57		10-15.11.79	25,1	15,56	75	13-15.11.79	33,6	8,86	5	10.11.79	25,1	0,57	0,1
13-15.11.79	33,6	10,08		24.11-21.12.79	47	0,6		01.12.79	9,4	0,22		13-15.11.79	33,6	1,57	0,2
01.12.79	9,4	0,16		(18-19.12.79)		0,12		01.02.80	9	2,58	0,2	01.12.79	9,4	0,24	
22.12.79	7,7	0,16	9,99	23.12.79	6,4	0,08		02.02.80	3,9	0,08		01.02.80	9,0	2,75	0,3
03.02.80	13,9	0,25		04.02.80	13,9	0,2	0,5	03.02.80	1,2	0,05		06.02.80	12,8	5,59	2,66
06-13.02.80	8,9	14,23	1243,00	06.02.80	8,9	1,14	2,9	06-08.02.80	7,7	13,93	1,4	07.02.80	3,9	0,16	
26.03.80	3,4	0,65	0,50	07.02.80	3,9	0,12		26.03.80	3,4	0,38		26.03.80	14,4	1,2	
04-05.04.80	11,7	1,44		08.02.80	3,9	0,07		03.04.80	11,7	0,40		04-07.04.80	35,0	2,39	
05.04.80	9,0	1,80	0,60	26.03.80	3,4	0,28		01.06.80	23,2	0,06		21.04.80	29,7	1,72	0,08
21-23.04.80	32,1	8,48	6,67	04.04.80	11,7	0,2	10,66	07.06.80	26,4	3,10	7,2	06.06.80	12,0	0,04	
01.06.80	23,2	0,07		04.04.80	9	0,09		11.06.80	31,7	2,05	34,5	07.06.80	26,4	1,92	3,4
04.06.80	17,0	0,52	687,00	05.04.80	10,5	0,38	0,67	18.06.80	23,4	0,02	0,1	11.06.80	31,7	3,37	34,5
07.06.80	26,4	13,11	8787,00	21-22.04.80	32,1	0,46	1	27-28.06.80	51,8	24,38	6,33	15.06.80	16,5	0,13	
11.06.80	28,5	18,58	14866,00	01.06.80	23,2	0,02		04-05.07.80	18	0,88	0,83	18.06.80	23,4	1,0	0,33
11.06.80	3,2	0,26		04.06.80	17	0,2		06.07.80	8,2	0,77	0,5	19.06.80	9,1	0,45	
15.06.80	16,5	6,11	10774,00	07.06.80	26,4	1,47	6,9	11-12.07.80	26,8	12,87	5	20.06.80	11,2	0,5	0,67
18.06.80	23,4	7,36	10689,00	11.06.80	31,7	2,52	35	16.07.80	22,1	7,66	6,5	27-29.06.80	51,8	7,43	6,9
19.06.80	9,1	0,21	618,60	18.06.80	23,4	0,26	3,6	21-28.07.80	126	106,80	13,8	04-05.07.80	17,8	0,71	0,6
20.06.80	7,8	4,32	3561,50	19.06.80	9,1	0,01		30.07.80	7,8	0,05		06.07.80	8,2	0,21	
20.06.80	3,4	0,10		20.06.80	11,2	0,22		31.07-01.08.80	12,9	2,79	0,17	11-12.07.80	26,8	8,41	102,67
21.06.80	3,1	0,04		27-28.06.80	51,8	32,7	4,8	13-14.08.80	31,2	0,86		16-17.07.80	22,1	2,53	8,83
23.06.80	5,0	0,18	6,87	06.07.80	8,2	0,02		14-15.08.80	16	8,16	4,17	22-25.07.80	99,2	47,04	5,5
27-28.06.80	51,8	19,69	675,17	11-12.07.80	26,8	11,81	14,03	10.09.80	17,1	0,1	1,49	26.07.80	7,6	1,66	
04-05.07.80	18,0	2,62	240,52	16.07.80	22,1	1,37	5,33	08.10.80	39,6	11,865		27.07.80	5,2	0,15	
06.07.80	8,2	2,64	274,89	22-24.07.80	78,9	61,08	13,5	09-10.10.80	52,8	37,69		30.07.80	7,8	0,2	
10.07.80	9,8	0,95	137,40	25.07.80	12,7	8,29		18-19.10.80	55,6	39,99	63,5	31.07.80	7,0	0,09	
11-12.07.80	26,8	12,21	2623,90	26.07.80	8,1	0,47						01.08.80	5,9	0,24	
16.07.80	22,1	3,37	206,16	26.07.80	7,1	0,33						08.08.80	13,0	0,15	
21.07.80	9,4	0,05		27.07.80	5,2	0,07						12.08.80	8,3	0,06	
22-24.07.80	80,4	69,41	1395,00	01.08.80	12,9	0,2						13-14.08.80	22,9	0,55	
25-27.07.80	33,1	28,51		12.08.80	8,3	0,03						14.08.80	16,0	1,31	1,0
28.07.80	1,0	0,07		13.08.80	10,3	0,06						01.09.80	12,0	0,08	
30.07.80	7,8	0,52	5,33	13-14.08.80	12,6	0,29						1-2.09.80	7,0	0,04	
31.07.80	7,0	0,07		14-15.08.80	16	3,45	6,83					07.09.80	22,6	0,28	0,3
01.08.80	5,9	1,70		07.09.80	22,6	0,29	0,52					10.09.80	17,1	0,37	0,2
13-15.08.80	47,2	7,41	68,66	10.09.80	14,5	0,03						8-9.10.80	46,8	2,27	0,9
01.09.80	16,2	0,20		30.09.80	19,3	0,12						10-11.10.80	45,6	11,48	6,9
10.09.80	17,1	0,11	0,33	08-09.10.80	39,6	16,5						19-20.10.80	55,6	48,18	20,6
30.09.80	13,9	0,22	1,20	10-11.10.80	52,8	48,72	68,5								
08.10.80	39,6	3,28		19-20.10.80	55,6	38,47	68,5								
09-10.10.80	52,8	24,83	20,50												
18-19.10.80	55,6	41,04	274,00												
31.10.80	3,2	1,10													
Półrocze zimowe Winter half-year	154,8	37,82	1260,76		175,8	19,3	90,73		79,9	26,49	6,6		172,9	16,19	3,34
Półrocze letnie Summer half-year	693,5	270,79	55913,03		627,4	229	227,51		590,6	260,10	144,09		656,6	140,9	193,3
Rok hydrologiczny Hydrological year	848,3	308,61	57173,79		803,2	248,3	318,24		670,5	286,59	150,69		829,5	157,09	196,64

Tabela 4. Spływ powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1981  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1981

Żyto-Rye				Żyto - Rye				Łąka – Meadow				Koniczyna – Clover			
Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
06.11.80	21,2	0,30	1,0	16.11.80	14,5	0,89	0,5	06.11.80	11,7	0,11		06.11.80	21,2	0,68	0,5
11-14.11.80	10,9	0,15	3,9	17.11.80	4,9	0,28	13,7	10.11.80	10,9	0,18		16.11.80	14,5	0,15	
15-16.11.80	8,5	0,15	6,0	12.12.80	39,5	5,40	0,5	12-13.12.80	39,5	33,67	4,2	17.11.80	4,9	0,12	
12.12.80	39,5	5,61	18,7	15-16.12.80	12,1	1,39	21,2	14-16.12.80	12,1	8,67	0,8	12-13.11.80	36,5	10,52	3,2
15.12.80	12,1	1,29		02-04.01.81	40,8	12,56	68,7	03-05.01.81	40,8	32,48	7,5	14.12.80	4,4	1,85	0,2
03-04.01.81	40,8	20,42	70,0	07-09.01.81	16,8	5,90	20,6	02.02.81	12,7	1,08	0,1	03-05.01.81	42,3	12,97	5,4
01.02.81	12,7	0,25		04.03.81	2,5	0,28		07-09.02.81	16,8	8,67	8,4	01-02.02.81	12,7	3,70	0,5
06-09.02.81	16,8	7,74	24,1	11-13.03.81	53,2	12,35	120,3	11-13.02.81	53,2	27,36	10,3	08-09.02.81	16,8	6,66	7,5
11-13.03.81	53,2	32,01	1207,0	01.05.81	7,3	0,05	0,3	18.05.81	23,2	0,04	0,1	23.02.81	4,2	0,18	
27.03.81	10,9	0,08		18.05.81	23,2	0,05	1,0	07.06.81	17,9	0,00		07.03.81	2,9	0,68	
28.03.81	7,4	0,05		28.05.81	26,0	0,07		10.06.81	14,1	0,04	0,1	09.03.81	0,4	0,11	
29.03.81	17,6	0,02		07.06.81	17,9	0,08	0,4	29.07.81	22,7	0,03	0,2	11-14.03.81	45,7	26,26	3,5
01.05.81	7,3	0,00		14.06.81	7,3	0,04		23.08.81	7,0	0,01		26.03.81	10,9	0,50	
18.05.81	23,2	0,03		18.06.81	14,1	0,07	0,5	24.10.81	25,2	0,14		29.04.81	5,1	0,18	
28.05.81	26,0	0,06		25.06.81	9,1	0,07	0,3					30.04.81	12,5	0,11	
07.06.81	17,9	0,06		13.07.81	5,5	0,01						01.05.81	7,3	0,10	
10.06.81	10,5	0,05		14.07.81	9,2	0,03						07.06.81	17,9	0,25	0,1
14.06.81	7,3	0,00		15.07.81	7,0	0,02						10.06.81	24,6	0,14	
18.06.81	14,1	0,07	0,5	19.07.81	13,4	0,06						14.07.81	9,2	0,05	
13.07.81	5,5	0,01		20.07.81	6,1	0,01						28-29.07.81	22,7	1,17	0,2
14.07.81	9,2	0,03		22.07.81	3,4	0,01						24.08.81	14,1	0,01	
15.07.81	7,0	0,01		27.07.81	6,5	0,02									
20.07.81	5,3	0,02		28-29.07.81	21,9	0,06									
25.07.81	9,1	0,04		11.08.81	11,4	0,03									
28-29.07.81	22,7	0,08	0,3	17.08.81	9,4	0,02									
17.08.81	9,4	0,04		24.08.81	11,7	0,02									
24.08.81	12,2	0,05		24.08.81	2,4	0,01									
01.09.81	6,9	0,01		10.09.81	15,7	0,08									
14.09.81	19,3	0,01		14.09.81	19,3	0,17	0,2								
15.09.81	7,6	0,02		15.09.81	7,6	0,01									
24.09.81	25,2	0,07	0,2												
Półrocze zimowe Winter half-year	251,6	68,05	1330,6		184,3	39,04	244,5		197,7	112,21	31,2		235,0	64,65	20,3
Półrocze letnie Summer half-year	245,7	0,64	1,0		255,4	0,98	2,7		110,1	0,25	0,4		95,8	1,73	0,3
Rok hydrologiczny Hydrological year	497,3	68,69	1331,6		439,7	40,02	247,2		307,8	112,46	31,6		330,8	66,38	20,6

Tabela 5. Splyw powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1982  
 Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1982

Ziemniaki - Potatoes				Pszenica - Wheat				Łąka - Meadow				Żyto - Rye			
Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
12.11.81	40,4	0,27	1,7	12-14.11.81	29,6	6,56	33,3	12.11.81	29,6	0,58	1,3	12-15.11.81	40,4	1,08	1,6
19.11.81	7,2	0,07		15.11.81	10,8	0,09		19.11.81	7,2	0,13		19.11.81	7,2	0,18	
31.12-01.01.82	36,9	3,20	25,0	19-20.11.81	7,2	0,55	0,1	09.12.81	16,7	0,11		21.11.81	5,5	0,11	
02-07.03.82	60,4	37,40	2070,0	21-22.11.81	5,5	0,18		30.12-01.01.82	36,9	0,99	1,7	31.12-01.01.82	36,9	3,03	16,7
26-28.04.82	26,0	0,01	25,0	30.11.81	15,7	0,15		02-05.03.82	60,4	19,63	34,5	02-05.03.82	60,4	34,56	206,7
07.05.82	15,5	0,06		07-08.12.81	16,7	0,10		26-28.04.82	26,0	0,08	4,7	26-28.04.82	26,0	0,22	11,7
25.05.82	6,1	0,02		31.12-01.01.82	36,9	17,73	16,6	04.07.82	36,2	0,05	1,8	04.07.82	36,2	0,13	6,1
04.07.82	36,2	0,70	1725,0	02-08.03.82	60,4	26,71	138,0	11.07.82	16,2	0,07		10.07.82	17,6	0,06	5,2
11.07.82	16,2	1,25	345,0	26-27.04.82	26,0	0,20	6,8	24.09.82	13,0	0,03		11.07.82	16,2	0,04	
09.09.82	21,4	0,10		04.07.82	36,2	0,03	6,2					09.09.82	21,4	0,04	
				11.07.82	17,6	0,01						23.09.82	13,0	0,02	
				11.07.82	16,2	0,01						24.09.82	6,1	0,02	
				09.09.82	21,4	0,04	0,2								
				24.09.82	13,0	0,02									
Półrocze zimowe Winter half-year	170,9	40,96	2121,7		208,8	52,27	194,8		176,8	21,43	42,2		176,4	39,18	236,7
Półrocze letnie Summer half-year	95,4	2,14	2070,0		104,4	0,10	6,3		65,4	0,15	1,8		110,5	0,30	11,3
Rok hydrologiczny Hydrological year	266,3	43,10	4191,7		313,2	52,37	201,1		242,2	21,58	44,0		286,9	39,48	248,0

Tabela 6. Splyw powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1983  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1983

Ziemniaki - Potatoes				Owies - Oats				Łąka - Meadow				Pszenvica - Wheat; od - from 9.08. Koniczyna - Clover			
Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
14-15.11.82	27,2	0,49		14-15.11.82	27,2	0,54		14-15.11.82	27,2	0,48	1,7	14-15.11.82	27,2	0,54	
22-23.12.82	15,7	0,20		05-06.01.83	15,3	0,89		17-18.01.83	17,2	0,08		05.01.83	15,3	1,21	3,3
05-08.01.83	15,3	1,27		17.01.83	6,2	0,20		06-08.03.83	41,3	21,87	3,8	06-08.03.83	41,3	44,96	378,3
18-19.01.83	17,7	0,83	1,7	18.01.83	11,0	0,53	8,3	29.03.83	38,8	0,73	6,8	29.03.83	38,8	11,24	435,0
06-07.03.83	34,4	10,07	230,0	06-09.03.83	41,3	46,17	2581,7	25.04.83	25,8	0,18	8,3	25.04.83	25,8	0,20	3,3
08.03.83	6,9	0,23	69,0	29.03.83	38,8	7,52	1098,3	02-03.05.83	30,6	0,09	1,7	02-03.05.83	30,6	0,02	
30.03.83	39,8	4,52	3550,0	25.04.83	25,8	2,65	6900,0	04.05.83	9,4	0,01		18-20.06.83	109,5	28,10	103,7
25.04.83	25,8	0,19		02-03.05.83	30,6	1,23	2,5	09-10.05.83	27,2	0,47	1,7	02.07.83	10,2	0,07	
02-03.05.83	30,6	0,35	3,3	04.05.83	9,4	0,04		18-19.06.83	121,0	33,33	66,7	11.07.83	26,0	0,05	
09-10.05.83	27,2	1,61	59,3	09-10.05.83	27,2	2,17	6,7	11-12.07.83	42,0	0,11	0,8	12.07.83	16,0	0,18	
18-19.06.83	122,4	90,50	59366,7	15-16.06.83	14,4	0,09		13-14.07.83	117,6	32,26	137,0	13-15.07.83	117,6	75,90	241,5
26.06.83	8,2	0,35		17-18.06.83	11,5	0,02		03-04.08.83	20,3	0,02		03-04.08.83	20,3	0,06	
27.06.83	6,7	2,34	3450,0	18-19.06.83	31,2	0,08		07-08.08.83	15,5	0,04		07.08.83	9,2	0,02	
02.07.83	10,2	0,97	413,3	19-20.06.83	79,7	19,51	69,0	09.08.83	8,1	0,03		09.08.83	8,1	0,02	
12.07.83	42,0	2,41	141,7	11.07.83	26,0	0,09	1,7	11.08.83	7,3	0,02		11.08.83	7,3	0,02	
13-14.07.83	117,6	93,54	27391,7	12-14.07.83	133,6	29,49	138,0	17-18.09.83	81,6	0,18	3,3	12.09.83	13,3	0,02	0,5
20.07.83	12,1	1,14	1035,0	03-04.08.83	20,3	0,16						13.09.83	9,3	0,02	
02.08.83	7,6	0,09	10,0	07.08.83	9,2	0,03						17-18.09.83	81,6	0,12	3,3
03-04.08.83	20,3	0,06	5,0	08.08.83	6,3	0,01									
07-08.08.83	15,5	0,04	3,3	09.08.83	8,1	0,02									
08-09.08.83	8,1	0,34	20,7	12.09.83	13,3	0,04									
11.08.83	7,3	0,43	13,7	13.09.83	9,3	0,01									
17-18.09.83	81,6	2,60	6,7	17-18.09.83	81,6	11,67	6,7								
				09.10.83	8,0	0,04									
Półrocze zimowe Winter half-year	182,8	17,80	3850,7		165,6	58,50	10588,3		150,3	23,34	20,7		148,4	58,14	820,0
Półrocze letnie Summer half-year	517,4	196,75	91920,3		519,7	64,69	224,5		480,6	66,54	211,2		459,0	104,59	349,0
Rok hydrologiczny Hydrological year	700,2	214,56	95771,0		685,3	123,19	10812,8		630,9	89,88	231,8		607,4	162,73	1169,0

Tabela 7. Splyw powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doœwiadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1984  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1984

Pszenica – Wheat				Pszenica – Wheat				Łąka – Meadow				Koniczyna – Clover			
Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
27-28.11.83	11,8	0,14		23-28.02.84	13,2	1,45	7,5	25.02.84	13,2	0,60	0,8	24-26.02.84	13,2	1,17	6,7
24-27.02.84	13,2	2,03	23,3	01-02.04.84	16,7	1,48	1,7	01.04.84	16,7	0,37	1,7	01.04.84	16,7	0,15	0,8
01-02.04.84	16,7	0,03	1,7	05.05.84	13,5	0,06		07-08.05.84	17,5	0,02		05.05.84	13,5	0,06	
05.05.84	13,5	0,03		11-14.05.84	31,8	0,75	6,7	12-14.05.84	25,5	0,05	5,0	11-14.05.84	31,8	0,32	6,7
12.05.84	13,1	0,05		09.06.84	10,2	0,03		23.05.84	10,5	0,02		07.06.84	13,8	0,05	
13.05.84	8,3	0,05		14.06.84	18,3	0,02		14.06.84	18,3	0,03		14.06.84	18,3	0,02	
14.05.84	4,1	0,05	6,7	22.06.84	15,2	0,12		04.07.84	42,4	0,79	0,3	15.06.84	8,6	0,01	
14.06.84	18,3	0,05		04.07.84	42,4	9,57	0,7	17.09.84	16,2	0,05	0,2	22.06.84	15,2	0,01	
22.06.84	15,2	0,04		25-26.09.84	32,5	1,00	0,3	25-26.09.84	32,5	0,05	0,2	04.07.84	42,4	2,59	3,3
04-05.07.84	42,4	5,36	1,7	07.10.84	11,7	0,02	0,3					06.08.84	10,2	0,03	
15.07.84	15,2	0,01		15-16.10.84	17,9	0,04						12.08.84	9,0	0,01	
17.09.84	16,2	0,09	0,8									06.09.84	11,7	0,13	0,8
25-26.09.84	32,5	2,67	0,5									25-26.09.84	32,5	0,06	0,5
Półrocze zimowe Winter half-year	41,7	2,19	25,0		29,9	2,93	9,2		29,9	0,97	2,5		29,9	1,32	7,5
Półrocze letnie Summer half-year	178,8	8,39	9,7		193,5	11,60	8,0		162,9	0,99	5,7		207,0	3,29	11,3
Rok hydrologiczny Hydrological year	220,5	10,58	34,7		223,4	14,52	17,2		192,8	1,97	8,2		236,9	4,61	18,8

Tabela 8. Spływ powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1985  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1985

Jęczmień - Barley				Pszenica - Wheat				Łąka - Meadow				Koniczyna - Clover			
Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
01-02.02.85	30,1	14,09	0	02-03.02.85	30,1	14,77	0	02-03.02.85	30,1	7,30	0	01-02.02.85	30,1	5,80	
04-12.03.85	52,9	40,71	95,0	04-12.03.85	52,9	21,39	7600,0	04-10.03.85	52,9	7,09	7,0	04-12.03.85	52,9	16,93	9,0
01.05.85	15,3	0,03		17-18.05.85	81,2	33,85	100,0	16.05.85	15,6	0,05		17-19.05.85	81,2	21,99	3,3
18-19.05.85	81,2	45,14	4036,7	07.06.85	67,7	41,41	310,0	17-19.05.85	81,2	30,96	6,7	07.06.85	67,7	41,99	20,7
30.05.85	14,1	0,01		09.06.85	8,8	0,11		07.06.85	67,7	47,00	6,8	18.06.85	25,2	1,31	0,2
07.06.85	67,7	45,24	5276,7	15.06.85	12,4	0,04		18.06.85	25,2	0,04	0,5	28.06.85	13,2	0,15	
09.06.85	8,8	0,77		17-18.06.85	25,2	5,80	1,7	24.06.85	22,2	0,12	2,7	01.07.85	36,6	4,57	11,0
11.06.85	2,6	0,10		25.06.85	22,2	0,38		01.07.85	36,6	14,34	20,7	02.07.85	7,0	0,56	6,7
17-18.06.85	25,2	6,68	27,5	28.06.85	13,2	0,16		02.07.85	7,0	0,72		21.07.85	16,5	0,35	0,7
25.06.85	22,2	2,59		01-02.07.85	43,6	10,00	75,3	21.07.85	26,4	0,58		07-09.08.85	69,2	14,13	6,2
28.05.85	13,2	1,19		17.07.85	9,4	0,16		30.07.85	14,7	0,01		26-28.08.85	57,7	4,30	0,7
01.07.85	36,6	15,49	17,2	20-21.07.85	26,4	0,37	0,7	02.08.85	10,4	0,07	0,5	14-15.10.85	25,4	0,05	
02-03.07.85	7,1	4,21	69,0	30.07.85	14,7	0,06		07-08.08.85	69,2	13,82	3,3				
17.07.85	9,4	0,04		02.08.85	10,4	0,07		18.08.85	22,5	0,02					
21.07.85	9,9	0,13		04.08.85	9,6	0,06		20.08.85	10,1	0,03					
30.07.85	14,7	0,01		07-09.08.85	69,3	18,20	66,7	26.08.85	41,7	0,13					
02.08.85	10,4	0,02		18-20.08.85	34,7	0,61		27.08.85	15,8	0,83	0,3				
07-09.08.85	69,3	26,39	34,5	26-28.08.85	57,7	18,26	0,8	15.10.85	25,4	0,08					
18.08.85	22,5	0,04		03.09.85	12,7	0,05									
20.08.85	10,1	0,13		08-11.10.85	18,9	0,02									
26-28.08.85	57,7	13,33	0,8	13-15.10.85	25,4	0,08									
14.10.85	25,4	1,46	0,5												
Półrocze zimowe Winter half-year	83,0	54,81	95,0		83,0	36,15	7600,0		83,0	14,39	7,0		83,0	22,73	9,0
Półrocze letnie Summer half-year	523,4	163,01	9462,8		563,5	129,69	555,2		491,7	108,79	41,5		399,7	89,40	49,3
Rok hydrologiczny Hydrological year	606,4	217,81	9557,8		646,5	165,84	8155,2		574,7	123,17	48,5		482,7	112,13	58,3



Tabela 9. Spływ powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1986  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1986

Ziemniaki – Potatoes				Pszenica - Wheat				Łąka – Meadow				Ziemniaki – Potatoes			
Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
21-22.11.85	52,4	2,69	0	2.12.85	69,1	0,46		2-3.12.85	52,4	2,22	0	22.11.85	52,4	0,25	0
02.12.85		1,97		3.12.85		6,51		15-18.12.85	45,2	20,16		02.12.85		0,67	
03.12.85		2,42		15.12.85	45,2	3,69		21.01.86	20,6	1,25		03.12.85		17,71	
15.12.85	45,2	12,10		16.12.85		2,93		24.01.86		0,85		04.12.85		0,01	
16.12.85		11,75		17.12.85		0,85		25.01.86		0,15		15.12.85	49,3	8,20	
18.12.85		3,29		24.01.86	20,6	1,89		08.03.86	52,7	3,20		17.12.85		1,10	
21.12.85		0,55		7.03.86	52,7	1,97		10.03.86		0,35		20-23.12.85		0,55	
22.12.85		1,82		8.03.86		0,50		28.03.86	4,9	0,20		23-29.12.85		1,50	
23.12.85		1,88		9.03.86		1,55		19.03.86	16,1	1,80	4,2	21.01.86	20,6	0,87	
29.12.85	4,1	2,74		10.03.86		0,59	10,0	2.06.86	55,3	0,30	1,3	22.01.86		0,10	
20-21.01.86	20,6	1,55		11.05.86	25,0	0,02		17.06.86	20,5	0,30		24.01.86		0,89	
24-25.01.86		1,76		22.05.86	14,6	0,03		30.06.86	42,7	1,00	24,7	26.01.86		1,19	
6-10.03.86	52,7	10,28		24.05.86	18,6	0,01		8.07.86	53,6	0,79	1,7	7-11.03.86	52,7	1,92	
10.03.86		2,25		29.05.86	11,2	0,03		17-18.08.87	33,5	0,65	1,0	25.03.86	4,9	0,03	6,7
11.03.86		3,07		30.05.86	26,3	0,03						29.05.86	11,2	0,10	
12.03.88		0,92	3,3	1-2.06.86	17,1	0,02	0,3					30.05.86	26,3	0,20	
9.05.86	25,0	0,02		13.06.86	8,4	0,02						1-2.06.86	17,1	0,08	33,3
22.05.86	14,6	0,04		21.06.86	20,5	0,01						28-29.06.86	42,7	3,34	3795,0
24.05.86	18,6	0,01		28.06.86	9,0	0,01						7-8.07.86	62,3	1,29	508,3
30.05.86	26,3	0,88		29.06.86	33,7	0,24	103,5					24.07.86	16,5	0,01	
1-2.06.86	17,1	1,19	6,7	7-8.07.86	62,3	1,27	140,0					1.08.86	13,2	0,02	
21.06.86	20,5	0,24		24.07.86	16,5	0,02						12.08.86	9,7	0,04	
29.06.86	33,7	3,22	4473,3	1.08.86	13,2	0,01						17.08.86	11,2	0,01	
7-8.07.86	62,3	2,91	525,0	17-18.08.86	43,5	3,59	412,0					18.08.86	32,3	0,61	175,0
1.08.86	13,2	0,03													
17-18.08.86	43,5	2,50	172,5												
Półrocze zimowe Winter half-year	175,0	61,06	3,3		187,6	20,94	10,0		191,9	30,18	4,2		179,9	34,99	6,7
Półrocze letnie Summer half-year	274,8	11,04	5177,5		319,9	5,31	655,8		205,6	3,04	28,7		242,5	5,70	4511,6
Rok hydrologiczny Hydrological year	449,8	72,10	5180,8		507,5	26,25	665,8		397,5	33,22	32,8		422,4	40,69	4518,3

Tabela 10. Spływ powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1987  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1987

Ziemniaki – Potatoes				Pszenica - Wheat				Łąka – Meadow				Pszenica – Wheat			
Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
13-22.02.87	73,5	4,52	5,0	13-22.02.87	73,5	2,95	5,0	13-22.02.87	73,5	3,00	5,0	15-22.02.87	73,5	4,40	41,7
29.03-01.04.87	45,7	1,91	13,8	29.03-1.04.87	45,7	2,95	33,3	29.03-1.04.87	5,0	1,30		14.05.87	22,8	0,02	
14.05.87	22,8	0,01	5,0	19.05.87	9,8	0,06	1,7	6.04.87	45,7	0,20		19.05.87	9,8	0,07	1,7
16-17.87	27,0	1,47	1,7	20.05.87	19,1	0,21		10-12.04.87	21,7	1,05	3,3	20.05.87	19,1	0,02	
20-21.05.87	28,9	9,51		22-23.05.87	50,4	24,75	343,3	15.05.87	22,8	0,50		21.05.87	5,9	0,07	
22-23.05.87	50,4	30,03	30650,0	14.06.87	21,4	0,19	8,3	19.05.87	9,8	0,10		22-23.05.87	44,7	33,23	230,0
2.06.87	7,8	0,06						22-23.05.87	50,4	21,29	8,3	12.06.87	11,5	0,42	11,7
4.06.87	4,6	0,06						14.06.87	21,4	0,75	5,0	14.06.87	21,4	0,16	
12.06.87	11,5	0,06										9.07.87	12,7	0,13	
14.06.87	21,4	0,43	20,0									12-13.07.87	7,8	0,07	
9.07.87	12,7	0,04										31.07.87	7,1	0,05	
12.07.87	7,8	0,03										15-16.08.87	32,5	0,24	
15-16.08.87	26,5	0,09	5,0									6-7.09.87	18,5	0,09	
												18.09.87	11,9	0,03	
												25.09.87	37,7	0,21	
												13-14.10.87	10,3	0,19	
Półrocze zimowe Winter half-year	119,2	6,43	13,8		119,2	5,90	33,3		140,9	5,55	3,3		73,5	4,40	41,7
Półrocze letnie Summer half-year	221,4	41,79	30681,7		100,7	25,21	353,3		104,4	22,64	15,3		273,7	34,98	243,4
Rok hydrologiczny Hydrological year	340,6	48,22	30695,5		219,9	31,11	386,6		245,3	28,19	18,6		347,2	39,38	285,1

Tabela 11. Spływ powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1988  
 Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1988

Jęczmień – Barley				Pszenica - Wheat				Łąka – Meadow				Koniczyna - Clover			
Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
18-21.11.87	30,8	3,48	☼	18-20.11.87	30,8	1,75		18-21.11.87	30,8	1,20	0,3	07-28.12.87	103,6	2,05	1,7
7.12.87	☼	1,65		19.12.87	84,2	0,00		19-29.12.87	103,6	2,10	1,7	26-28.02.88	16,0	0,91	☼
19-22.12.87	66,0	9,29		20.12.87		0,45		27-28.02.88	16,8	0,20		16-17.03.88	25,8	0,60	0,3
22-29.12.87	37,6	2,99	138,0	21.12.87		0,42	3,3	21.05.88	24,5	0,38	2,5	21.05.88	24,5	0,30	1,2
27.02.88	16,0	0,90	☼	23.12.87		0,77		11.06.88	30,1	0,13	1,0	1.06.88	7,4	0,05	
28.02-17.03.88	25,8	1,45		26.12.87	5,7	0,03		25.06.88	18,7	0,04		7.06.88	6,0	0,03	
17-26.03.88	7,7	0,03		27.12.87	6,5	0,13		2.07.88.	49,0	0,51	1,7	11.06.88	30,1	0,16	5,0
27-30.03.88	8,3	0,10	33,3	28.12.87	7,2	0,10	23,0	6.07.88	31,7	0,19	4,0	25.06.88	18,7	0,21	0,8
11.06.88	30,1	0,13	25,0	27.02.88	17,0	0,74	☼	29-30.07.88	18,2	0,02		2.07.88	49,0	0,35	5,8
25.06.88	18,7	0,05		1.03.88		0,68	16,7	23.08.88	47,9	0,09	0,2	6.07.88	31,7	0,14	0,8
2.07.88	49,0	0,54	10,0	21.05.88	24,5	0,37	3,3	30.09.88	32,3	0,04	0,8	29-30.07.88	18,2	0,04	
6.07.88	31,1	1,01	5,8	1.06.88	7,4	0,00						23.08.88	47,9	0,13	0,3
29-30.07.88	18,2	0,19	0,5	7.06.88	6,0	0,01						4.09.88	7,6	0,03	
23.08.88	47,9	0,26		11.06.88	30,1	0,00						6.09.88	8,2	0,03	
30.09.88	32,3	0,03		13.06.88	6,3	0,01						30.09.88	32,3	0,21	1,7
				25.06.88	18,7	0,07									
				2.07.88	49,0	4,65	20,7								
				6.07.88	31,1	2,31	10,3								
				28-29.07.88	18,2	0,26	1,7								
				23.08.88	47,9	1,20	6,7								
				30.09.88	32,3	0,05									
Półrocze zimowe Winter half-year	192,2	19,89	171,3		151,4	5,07	43,0		151,2	3,50	2,0		145,4	3,56	2,0
Półrocze letnie Summer half-year	227,3	2,21	41,3		271,5	8,94	42,7		252,4	1,40	10,2		281,6	1,68	15,6
Rok hydrologiczny Hydrological year	419,5	22,10	212,6		422,9	14,01	85,7		403,6	4,90	12,2		427,0	5,24	17,6

Tabela 12. Splyw powierzchniowy i erozja gleb na poletkach dowiadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1989  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1989

Ziemniaki - Potatoes				Pszenvica - Wheat				Koniczyna - Clover			
Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Splyw Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
XI.88-24.01.89	54,7	1,90		XI.88-24.01.89	54,7	2,50	0	3.02.89	54,7	2,50	0
4.02.89		0,25		3.02.89		3,50		29.04.89	34,2	0,50	3,3
12.03.89	4,9	0,25		12.03.89	4,9	0,25		30.04-2.05.89	80,6	15,20	0
21-23.03.89	10,5	0,05		21-23.03.89	10,5	0,25		2-3.05.89	11,5	0,81	13,3
29.03.89	2,5	0,10		29.03.89	2,5	0,15		6.05.89	6,0	0,11	
24.04.89	16,3	0,15	66,7	28.04.89	16,3	0,35	13,3	7.05.89	18,5	0,13	
30.04-2.05.89	80,6	13,72		30.04-2.05.89	80,6	19,70	0	13.05.89	16,1	0,16	
2.05.89	11,5	0,85	1620,0	2.05.89	11,5	0,35	7,3	14.05.89	16,6	2,24	12,5
7.05.89	18,5	0,60		7.05.89	18,5	0,20		6-7.06.89	37,6	1,14	1,2
11.05.89	9,1	0,91		11.05.89	9,1	0,02		13.06.89	18,5	0,19	0,2
13.05.89	16,1	0,69		13.05.89	16,1	0,16		17.06.89	26,6	0,04	
14.05.89	16,6	2,53		14.05.89	16,6	1,87	3,8	11-12.07.89	55,4	0,41	28,3
6-7.06.89	37,6	3,31		6-7.06.89	37,6	3,73	96,7	31.07.89	14,4	0,02	
13.06.89	18,5	0,42		13.06.89	18,5	0,04		12.08.89	43,0	1,21	5,0
17-18.06.89	26,6	1,89		17.06-18.06.89	26,6	1,04	6,8	13.08.89	8,2	0,02	
29.06.89	12,6	0,01	3913,3	11-12.07.89	55,4	1,20	2,5	30.08.89	40,4	1,80	3,3
11-12.07.89	55,4	7,36		12.08.89	43,0	4,47	69,0	5-6.09.89	18,5	0,01	
12.08.89	43,0	7,69	7356,7	13.08.89	8,2			15-16.09.89	9,2	0,02	
13.08.89	8,2			30.08.89	40,4	3,17	15,0				
28-30.08.89	40,4	3,30	6,7	5-6.09.89	18,5	0,33	1,0				
5-6.09.89	18,5	0,03									
Półrocze zimowe Winter half-year	88,9	2,70	66,7		88,9	7,00	13,3		88,9	3,00	3,3
Półrocze letnie Summer half-year	413,2	43,31	12896,7		400,6	36,28	202,1		421,1	23,55	67,1
Rok hydrologiczny Hydrological year	502,1	46,01	12963,4		489,5	43,28	215,4		510,0	26,55	70,4

Tabela 13. Spływ powierzchniowy i erozja gleb na poletkach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1990  
Overland flow and soil erosion at the experimental fields in Szymbark during the hydrological year of 1990

Żyto – Rye				Pszenica - Wheat				Pszenica – Wheat			
Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion	Data Date	Opad Precipitation	Spływ Runoff	Erozja Erosion
	mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>		mm	mm	kg*ha <sup>-1</sup>
15-17.11.89	13,2	1,25		15.11.89	13,2	0,49	1,7	21-22.01.90	27,6	6,51	5,8
21.01.90	27,6	3,00		16.12.89	12,1	0,10		9-10.04.90	74,8	2,83	
22.01.90		3,00		20-21.90	27,6	0,18		25.04.90	20,4	0,35	
23.01.90		3,00	10,0	7.04.90	9,2	0,09		28.04.90	23,1	3,10	10,0
9-11-12.04	74,8	0,75		9.04.90	29,6	0,20		30.04.90	14,4	2,40	5,8
28-30.04	37,5	2,50	16,7	10.04.90	36,0	1,67	5,0	24-25.05.90	45,9	0,10	3,3
24.05.-25.05	45,9	0,38	3,3	28,30.04	37,5	2,07	10,0	20.06.90	42,1	2,17	8,3
20.06.90	42,1	2,50	13,3	24-25.05.90	45,9	0,20	1,7	1.07.90	17,0	0,04	
16.06.90	38,7	0,50		20.06.90	42,1	0,84	41,7	6.07.90	21,7	0,61	3,3
6.07.90	21,7	0,55	1,7	6.07.90	21,7	0,08		7.08.90	24,5	0,07	1,7
7.08.90	24,5	0,03	4,2	7-8.08	24,5	0,14	1,7	17.08.90	16,1	0,01	
1-3.09.90	36,1	0,56	3,3	17.08.90	16,1	0,04		1.09.90	36,1	0,34	1,7
8-12.09.90	25,0	2,39	3,3	1-3.09.90	36,1	0,20	1,7	8-12.09.90	25,0	0,17	1,7
16-24.09.90	31,1	0,75	1,7	8-12.09	25,0	0,15		16-24.09.90	31,1	0,01	
Półrocze zimowe Winter half-year	153,1	13,50	26,7		165,2	4,80	16,7		160,3	15,19	15,8
Półrocze letnie Summer half-year	265,1	7,66	30,8		211,4	1,65	46,8		259,5	3,52	20,0
Rok hydrologiczny Hydrological year	418,2	21,16	57,5		376,6	6,45	63,5		419,8	18,71	35,8

Największe rozmiary spływu powierzchniowego zanotowano w latach o najwyższych opadach, zwłaszcza w okresie letnim – 1980, 1983, 1985, bądź też w latach z dużą i dość stabilną pokrywą śnieżną i jej intensywnym tajaniem w warunkach przemarzniętego podłoża. Dlatego w 1980 r., zanotowano najwyższy spływ powierzchniowy, który na poletku z ziemniakami (zimną oranina) przekroczył 300 mm, stanowiąc prawie 27% opadów całkowitych, a na pozostałych poletkach wynosił: 286 mm na łące, 248 mm na zbożu i 157 mm na koniczynie, a opad efektywny stanowił od 50 do 70% opadu całkowitego. Spływ powierzchniowy w tych latach związany był z wysokimi lub częstymi opadami o dużej intensywności, jak również z dużym nasyceniem podłoża wodą, czego przykładem są rozmiary pływu śródglebowego na głębokości 1 m, sięgające 80-100 mm, jak i wysoki poziom wód gruntowych, utrzymujący się w dłuższych okresach czasu na głębokości do 100 cm (tab. 14, ryc.10-15).

Tabela 14. Udział opadu efektywnego w opadzie całkowitym na poszczególnych uprawach, w latach 1980-1990  
Ratio of the effective rainfall in the total rainfalls at the particular fields during the years of 1980-1990.

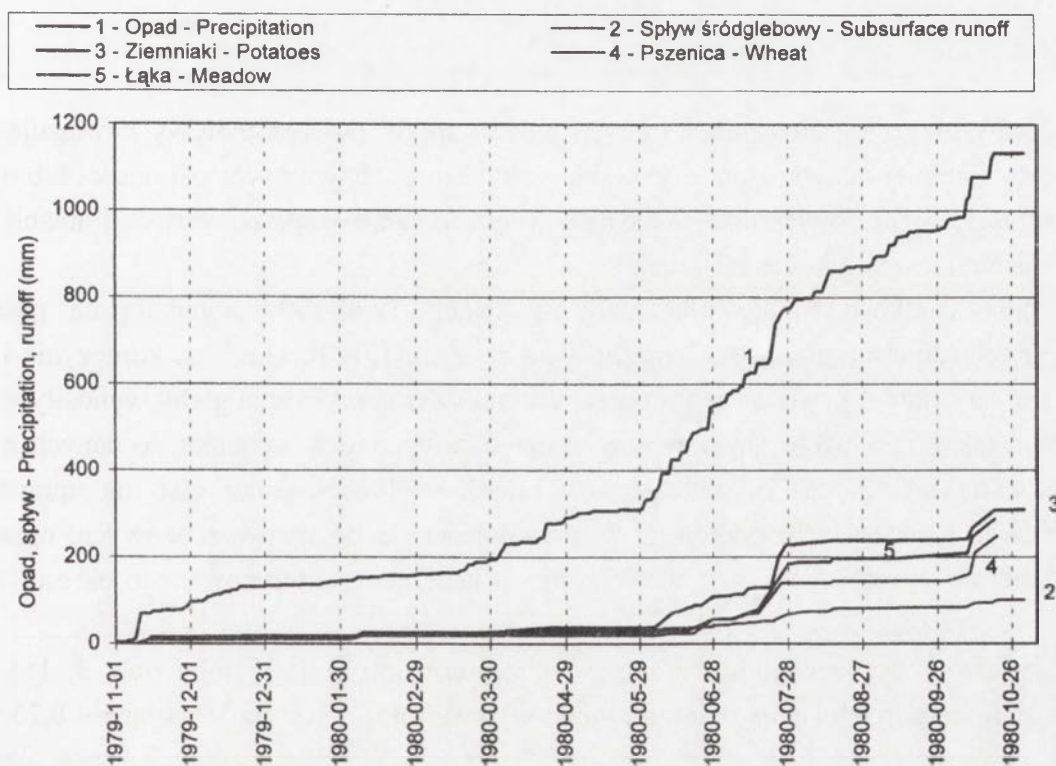
Rok Year	Opad całkowity Total rainfall	Ziemniaki Potatoes		Zboża Corn		Koniczyna Clover		Łąka Meadow	
		Opad efektywny Effective rainfall	%	Opad efektywny Effective rainfall	%	Opad efektywny Effective rainfall	%	Opad efektywny Effective rainfall	%
	mm	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
1980	1148,1	848,3	73	803,2	70	829,5	72	670,5	58
1981	736,1	-	-	468,4	64	348,8	47	307,8	42
1982	530,3	266,3	50	300,0	56	-	-	242,2	46
1983	1047,4	700,2	50	607,4	58	-	-	630,9	60
1984	587,2	-	-	216,0	37	236,9	40	192,8	33
1985	952,6	-	-	646,5	68	482,7	51	574,7	60
1986	735,0	436,0	59	507,5	69	-	-	397,5	54
1987	732,7	340,6	46	283,5	39	-	-	245,3	33
1988	711,0	-	-	422,9	59	427,1	60	403,6	57
1989	873,0	502,1	57	489,5	56	510,0	58	-	-
1990	776,3	-	-	404,8	52	-	-	-	-
Średnia - Mean	802,7	515,6	61	468,1	58	472,5	57	407,2	51

Średnio w ciągu wielolecia największe rozmiary spływu powierzchniowego zanotowano na uprawach ziemniaczanych (zimną oranina), gdzie wynosił 119,48 mm, tj. średnio 14,1% opadu całkowitego i ponad 23% opadu efektywnego, następnie na łące – 78 mm, tj. 19,1 i 9,8% opadu całkowitego i efektywnego, 74,9 mm na uprawach zbożowych – odpowiednio 16 i 9,3 % opadu, a najmniej na koniczynie – 61,99 mm, co stanowi 12,2 i 7,4% opadu. Spływ powierzchniowy na stoku z uprawami zbożowymi wynosił średnio 62%, na łące 65%, a na koniczynie 52% spływu powierzchniowego notowanego na uprawach ziemniaków.

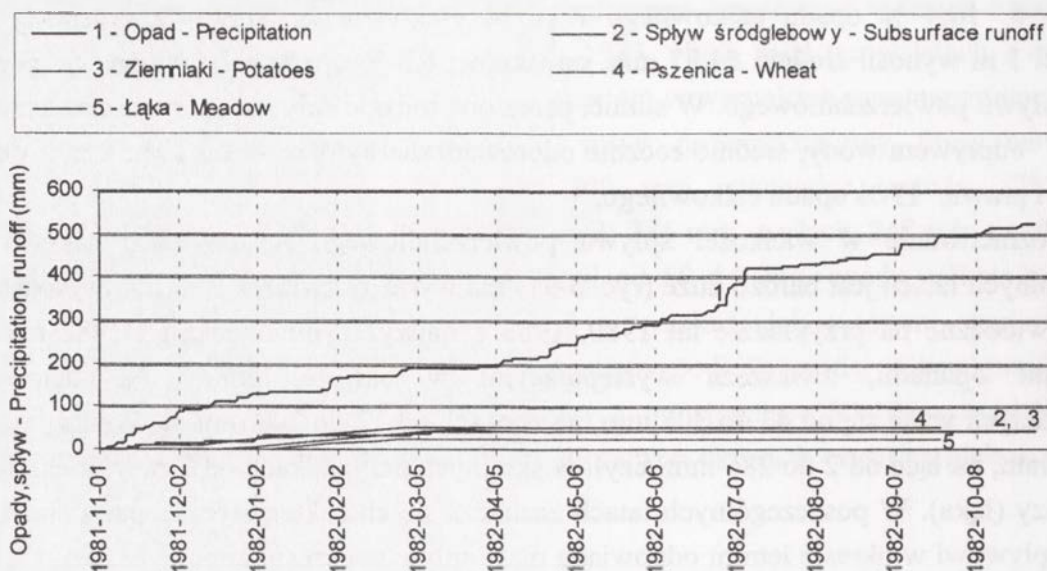
Biorąc pod uwagę fakt, że poletka doświadczalne w prezentowanej konfiguracji reprezentują proporcje w sposobie użytkowania ziemi w regionie, można przyjąć, że średnia roczna wielkość spływu powierzchniowego ze stoków użytkowanych rolniczo wynosi

83,59mm, tj. 10,4 % opadu całkowitego i 18 % efektywnego. Spływ śródglebowy na głębokości 1 m wynosił średnio 54,97 mm, co stanowi 6,8 % opadu całkowitego, tj., ponad połowę spływu powierzchniowego. W sumie, przez oba rodzaje spływu, który można nazwać „szybkim” odpływem wody, średnio rocznie odprowadzane było ze stoku 138,56 mm wody co stanowi prawie 19 % opadu całkowitego.

Zróznicowanie w wielkości spływu powierzchniowego na użytkach rolnych w poszczególnych latach jest bardzo duże (ryc. 5-9) i ma wyraźny związek z roczną wysokością opadów, widoczne na przykładzie lat 1980, 1983 z najwyższymi opadami i 1982 roku z najniższymi opadami, zwłaszcza występującymi w okresie letnim. Na uprawach ziemniaczanych waha się od 43 do 308 mm, na zbożach od 12 do 248 mm, na koniczynie od 4 do 157 mm, na łące od 2 do 286 mm, czyli w skrajnych przypadkach od 7 razy (ziemniaki) do 150 razy (łąka). W poszczególnych latach zaznacza się charakterystyczna prawidłowość: dużemu spływowi w okresie letnim odpowiada mały spływ w okresie zimowym (tab. 14, 15, 16). W spływie śródglebowym zróznicowanie jest nieco mniejsze, chociaż w skrajnym przypadku minimalny roczny spływ był 12 razy mniejszy w stosunku do maksymalnego. (tab. 14).



Ryc. 8. Krzywe kumulatorywne opadów, spływu powierzchniowego i spływu śródglebowego w roku hydrologicznym 1980  
Cumulative curves of precipitation, overland flow and subsurface runoff at the hydrological year of 1980



Ryc. 9. Krzywe kumulatywne opadów, spływu powierzchniowego i spływu śródglebowego w roku hydrologicznym 1982  
Cumulative curves of precipitation, overland flow and subsurface runoff at the hydrological year of 1982

Spłukiwanie gleby znacznie wyraźniej aniżeli spływ powierzchniowy nawiązuje do rodzaju szaty roślinnej i użytkowania ziemi. Na poletkach pozbawionych roślinności lub o jej małej zwartości erozja powierzchniowa osiąga zdecydowanie większe wartości, aniżeli na powierzchniach o zwartej szacie roślinnej.

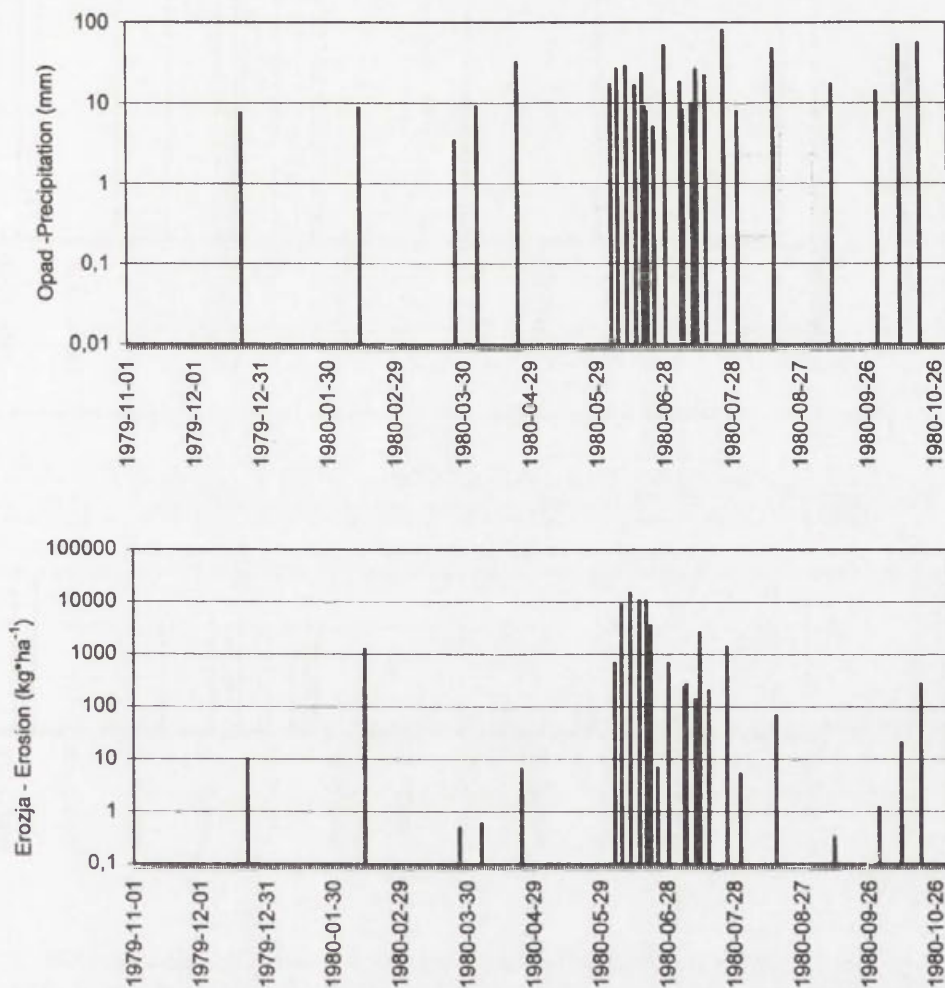
Średnia wielkość spłukiwania gleby w latach 1980-1990 wynosiła na polach ziemniaczanych (zimną oranina)  $34,27 \text{ ton ha}^{-1}$ , na zbożach  $1,09 \text{ ton ha}^{-1}$ , na koniczynie i na łące  $0,06 \text{ ton ha}^{-1}$  (tab. 15, ryc. 5-7). Proporcje w wielkości spłukiwania gleby wynosiły więc odpowiednio jak 1 : 31 : 570. Proporcje te są nieco zawyżone w stosunku do danych z lat 1968-1992 (Starkel, Gil 1994), zwłaszcza w relacji wielkości erozji gleb na uprawach ziemniaczanych i zbożowych, ponieważ, w przeciwieństwie do upraw zbożowych, uprawy ziemniaczane nie są reprezentowane we wszystkich latach charakteryzowanego okresu (tab. 15).

Największą roczną wielkość erozji gleby zanotowano w 1983 roku (tab. 3, 15), na uprawach ziemniaczanych (zimną oranina), gdzie wynosiła  $95,77 \text{ ton ha}^{-1}$  i na łące –  $0,23 \text{ ton ha}^{-1}$ , a na uprawach zbożowych w 1985 r., –  $8,15 \text{ ton ha}^{-1}$ . W poszczególnych latach okresu 1980-1990 roczna wielkość spłukiwania gleby jest bardzo zróżnicowana, wynosząc: na uprawach ziemniaczanych  $4,1 - 95,7 \text{ ton ha}^{-1}$ , na uprawach zbożowych  $0,025 - 8,15 \text{ ton ha}^{-1}$ , na łące  $0,008 - 0,23 \text{ ton ha}^{-1}$  i na koniczynie  $0,017 - 0,19 \text{ ton ha}^{-1}$ . Średnio, z typowego stoku użytkowanego rolniczo, a więc z uprawami: zbóż, okopowych, koniczyny i trwałym użytkiem zielonym (łąka), w latach 1980-1990 odprowadzane było  $8,87 \text{ ton ha}^{-1}$ . Przyjmując, że ciężar objętościowy powierzchniowej warstwy gleby wynosi  $2,0 \text{ ton m}^{-3}$ , wskaźnik denudacji dla

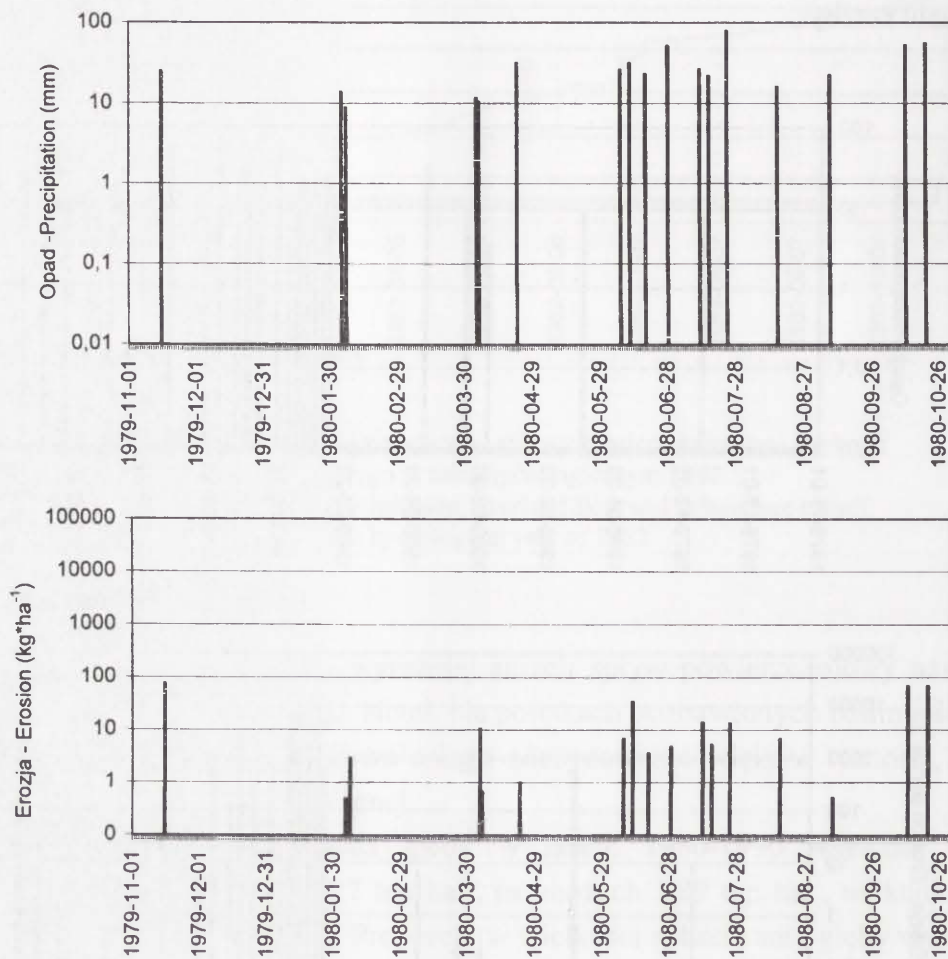


stoków użytkowanych rolniczo wynosi  $0,4437 \text{ mm rok}^{-1}$  ( $1,7137 \text{ mm}$  na uprawach ziemniaczanych,  $0,0547 \text{ mm}$  na uprawach zbożowych i  $0,0031 \text{ mm}$  na koniczynie i łąkach).

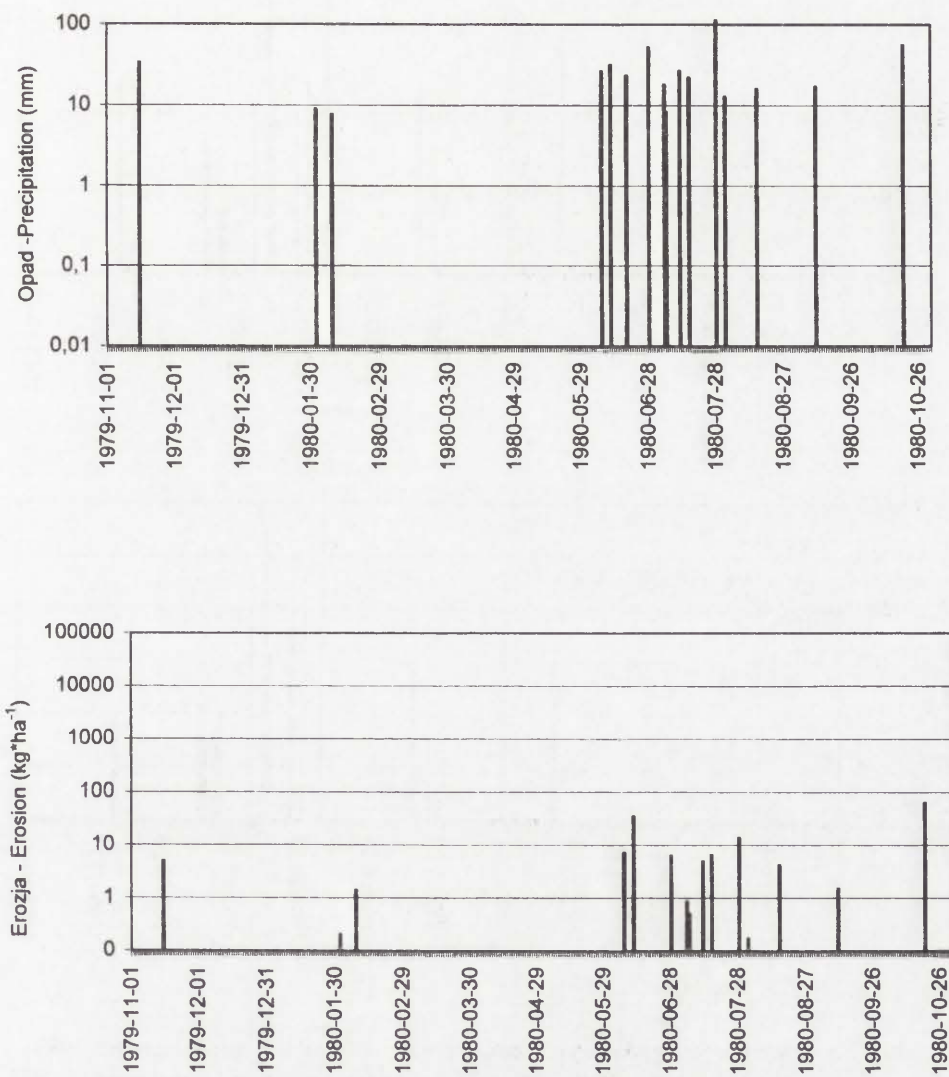
Maksymalny roczny wskaźnik denudacji zanotowany w 1983 r. na uprawach ziemniaczanych wynosił  $4,778 \text{ mm}$  i był rezultatem głównie dwóch ulew (tab. 15, ryc. 13-15), które wystąpiły w czerwcu i lipcu, i jest przykładem roli ekstremalnych zjawisk w przeobrażaniu rzeźby.



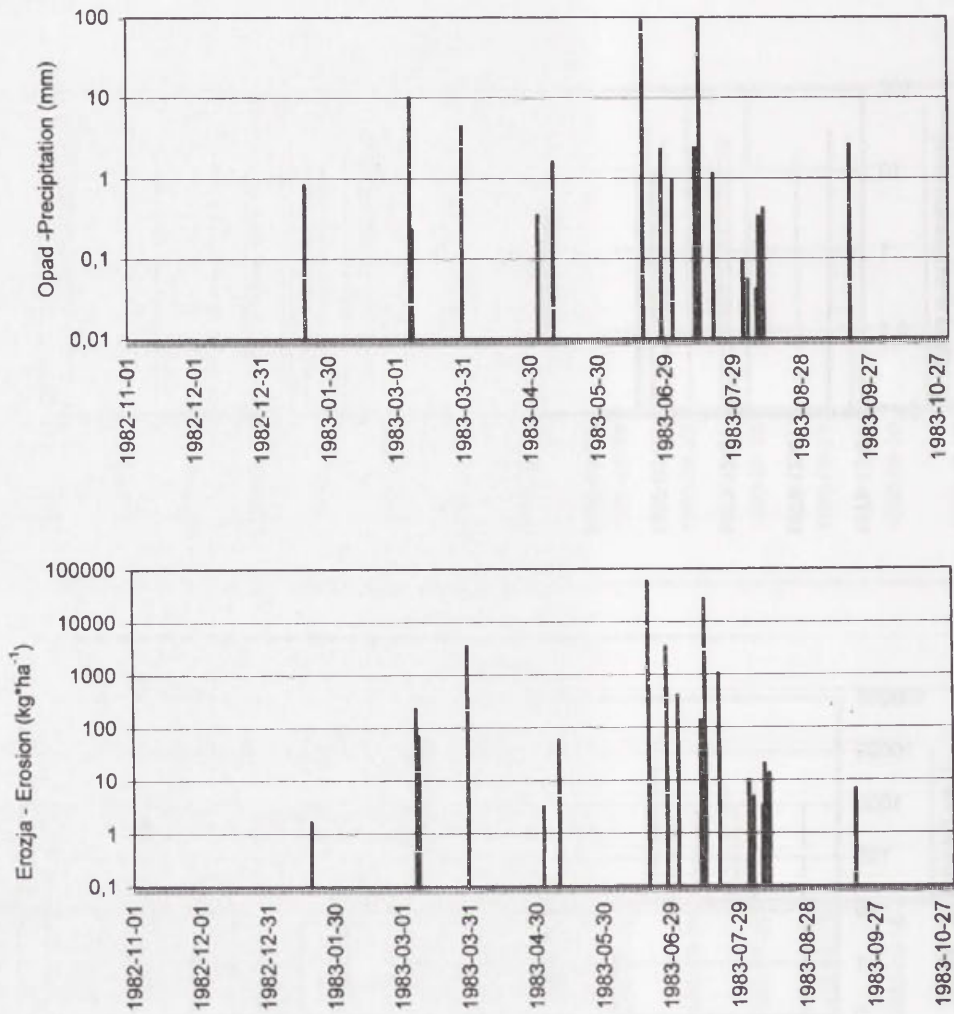
Ryc. 10. Opad i erozja gleb na poletku ziemniaków w roku hydrologicznym 1980  
Precipitation and soil erosion on the potatoes field during the hydrological year of 1980



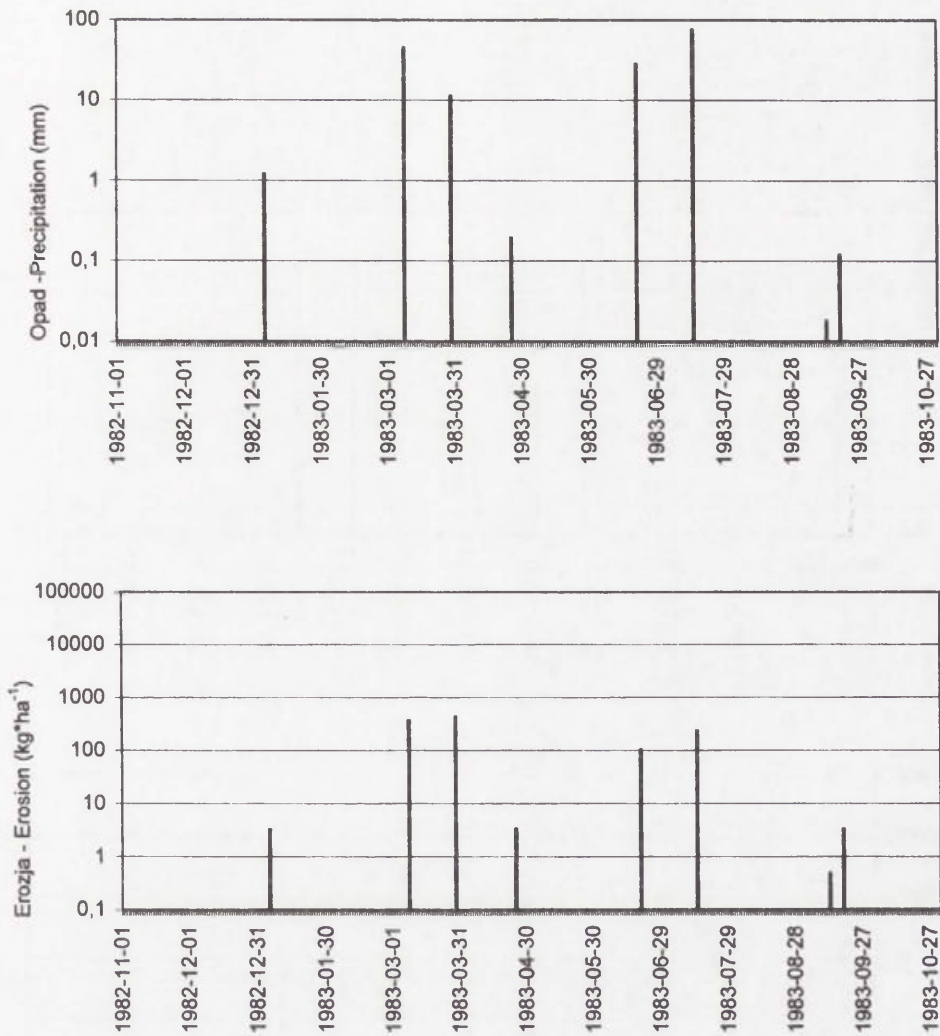
Ryc. 11. Opad i erozja gleb na poletku pszenicy w roku hydrologicznym 1980  
Precipitation and soil erosion on the wheat field during the hydrological year of 1980



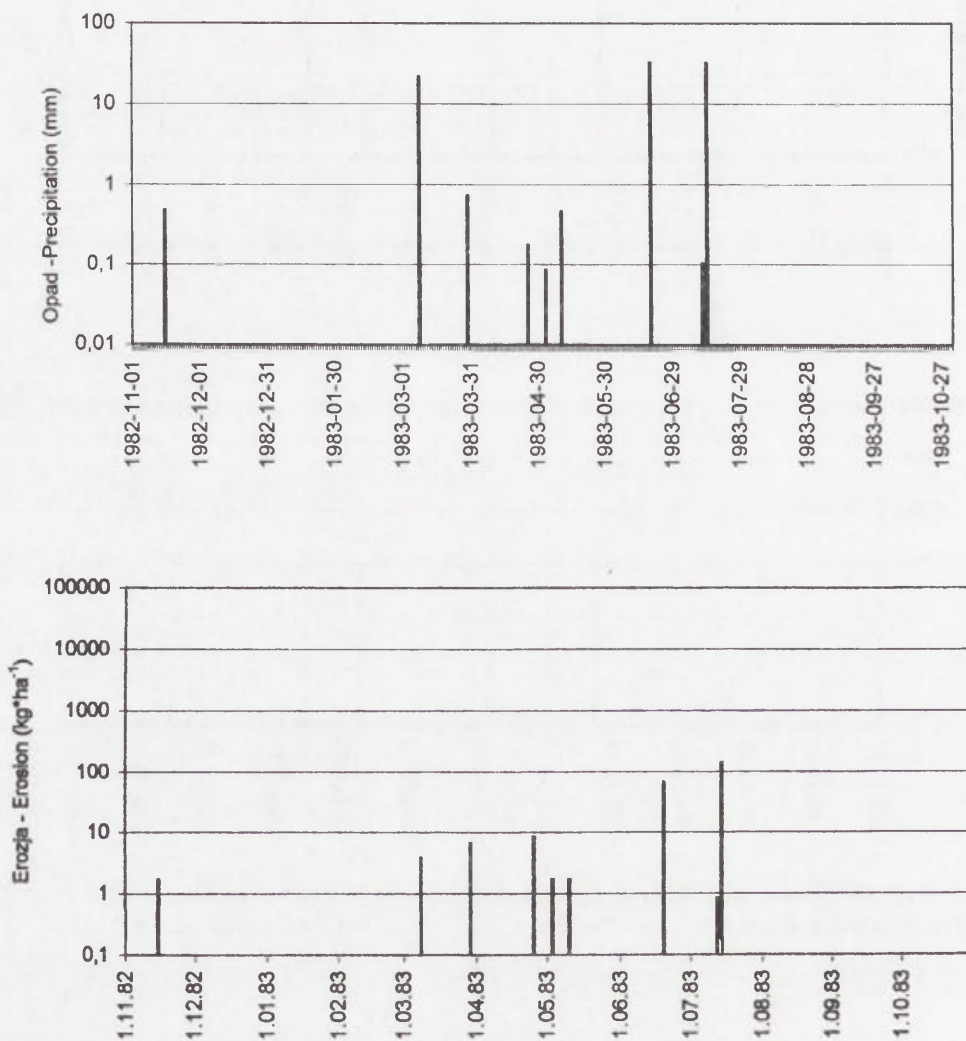
Ryc. 12. Opad i erozja gleb na łące w roku hydrologicznym 1980  
Precipitation and soil erosion on the meadow during the hydrological year of 1980



Ryc. 13. Opad i erozja gleb na poletku ziemniaków w roku hydrologicznym 1983  
Precipitation and soil erosion on the potatoes field during the hydrological year of 1983



Ryc. 14. Opad i erozja gleb na poletku pszenicy w roku hydrologicznym 1983  
Precipitation and soil erosion on the wheat field during the hydrological year of 1983



Ryc. 15. Opad i erozja gleb na łące w roku hydrologicznym 1983  
Precipitation and soil erosion on the meadow during the hydrological year of 1983

Tabela 15. Splyw powierzchniowy, śródglebowy i erozja gleb na stoku użytkowanym rolniczo (rok hydrologiczny 1980-1990)  
 Overland flow, subsurface runoff and soil erosion on ten cultivated slope (hydrological year 1980-1990)

Rok	Opad roczny	Oranina/Ziemniaki			Zboża			Łąka			Koniczyna			Splyw śródglebowy
Year	Annual precipitation	Ploughed field/Potatoes			Corn			Meadow			Clover			Subsurface runoff
	Mm	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Splyw – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Splyw – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Splyw – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Splyw – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Mm
1980	1148,1	848,3	308,61	57173,8	803,2	248,30	318,2	670,5	286,59	150,7	829,5	157,04	196,6	100,97
1981	736,1	-	-	-	468,4	54,34	789,4	307,8	112,46	31,6	348,8	66,38	20,6	58,96
1982	530,3	266,3	43,10	4191,7	300,0	45,93	224,6	242,2	21,67	44,0	-	-	-	40,57
1983	1047,4	700,2	214,56	95771,0	607,4	162,73	1169,0	630,9	89,88	231,8	-	-	-	84,58
1984	587,2	-	-	-	216,0	12,55	25,9	192,8	1,97	8,2	236,9	4,61	18,8	8,00
1985	952,6	-	-	-	646,5	165,84	8155,2	574,7	123,17	48,5	482,7	112,13	58,3	92,64
1986	735,0	436,0	56,40	4849,6	507,5	26,25	665,5	397,5	33,22	32,8	-	-	-	25,68
1987	732,7	340,6	48,22	30695,5	283,5	35,25	335,9	245,3	28,19	18,6	-	-	-	27,92
1988	711,0	-	-	-	422,9	14,01	85,7	403,6	4,90	12,2	427,1	5,24	17,6	54,50
1989	873,0	502,1	46,01	12963,4	489,5	43,28	215,4	-	-	-	510,0	26,55	70,4	87,04
1990	776,3	-	-	-	404,8	15,44	52,3	-	-	-	-	-	-	23,90
Średnia Mean 1980-1990	<b>802,7</b>	<b>515,6</b>	<b>119,48</b>	<b>34274,2</b>	<b>468,1</b>	<b>74,90</b>	<b>1094,3</b>	<b>407,2</b>	<b>78,00</b>	<b>64,3</b>	<b>472,5</b>	<b>61,99</b>	<b>63,7</b>	<b>54,97</b>

W tabelach i na rycinach widoczna jest wprawdzie zależność zarówno spływu powierzchniowego, jak i spłukiwania od wysokości opadów, jednak zależność ta nie jest proporcjonalna; w latach o podobnej sumie opadów, zarówno spływ powierzchniowy, jak i spłukiwanie na poszczególnych użytkach mają różne wartości, czego przykładem mogą być lata 1980 i 1983. Relacje te odnoszą się raczej do pojedynczych opadów i są uzależnione od całego zespołu warunków aktualnie kształtujących środowisko przyrodnicze. Jedną z głównych przyczyn tego zróżnicowania jest szata roślinna, kształtowana współcześnie przez użytkowanie ziemi i związane z nią zabiegi agrotechniczne, wyznaczające wyraźnie sezonowość zmian w stanie podłoża.

W rocznym przebiegu procesów klimatycznych i hydrologicznych wyróżniają się dwa zasadnicze okresy o odmiennych warunkach: półrocze hydrologiczne zimowe (XI-IV) i letnie (V-X).

### **Spływ powierzchniowy i spłukiwanie w zimowym półroczu hydrologicznym**

Półrocza zimowe charakteryzują ujemne temperatury powietrza, przemarznięcie podłoża oraz przewaga opadów w postaci śniegu. W warunkach rolniczego zagospodarowania, duże powierzchnie pozbawione są roślinności lub okryte słabo rozwiniętymi oziminami, stanowią łącznie około 30-40 % stoków. Brak zwartej roślinności wpływa w sposób znaczący na przebieg procesów spływu powierzchniowego i spłukiwania. Wielkość i natężenie spływu wody uzależnione jest od zapasu wody w pokrywie śnieżnej, szybkości jej tajania podczas odwilży śródzimowych i roztopów wiosennych oraz głębokości przemarznięcia gruntu i tempa jego rozmarzania (Gil, Słupik 1972b). Przemarznięcia podłoża, mające istotny wpływ na obieg wody na stoku, ma bardzo duży związek z pokrywą śnieżną; przy dużej jej miąższości i trwałości, przemarznięcie podłoża nie jest głębokie, a nawet dochodzi do jego zmniejszania się wskutek dopływu ciepła z głębszych warstw podłoża i efektu izolacyjnego śniegu. Największą aktywność procesów spływu wody i spłukiwania obserwuje się podczas roztopów typu adwekcyjnego, połączonego często z opadami deszczu.

Średnie rozmiary spływu powierzchniowego w półroczu zimowym, (tab. 16), w stosunku do średniego spływu w latach hydrologicznych 1980-1990, wynosiły: na oraniu – 23 %, na zbożach ozimych – 32 %, na łące – 31 %, na koniczynie – 30 %. Najmniejszy spływ powierzchniowy notowany na oraniu jest typowy dla półroczy zimowych (w stosunku do półroczy letnich), z uwagi na bogaty mikrorelief pola zaoranego, z dużą intercepcją powierzchniową oraz stosunkowo małym natężeniem dostawy wody. Dłuższy czas przebywania wody na stoku umożliwia wsiąkanie wody w podłoże, ograniczając rozmiary spływu powierzchniowego.



Tabela 16. Spływ powierzchniowy, śródglebowy i erozja gleb na stoku użytkowanym rolniczo (półrocze zimowe XI-IV 1980-1990)  
Overland flow, subsurface runoff and soil erosion on ten cultivated slope (winter half-year November-April 1980-1990)

Rok	Opad półroczny	Oranina/Ziemniaki			Zboża			Łąka			Koniczyna			Spływ śródglebowy
Year	Half-year precipitation	Ploughed field/Potatoes			Corn			Meadow			Clover			Subsurface runoff
	mm	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	mm
1980	290,9	154,8	37,82	1260,8	175,8	19,30	90,7	79,9	26,49	6,6	172,9	16,19	3,3	32,81
1981	271,2	-	-	-	217,9	53,54	787,5	197,7	112,21	31,2	235	64,65	20,3	52,53
1982	243,3	170,9	40,96	2121,7	192,6	45,72	215,75	176,8	21,52	42,2	-	-	-	40,33
1983	356,3	182,8	17,80	3850,7	148,4	58,14	820,0	150,3	23,34	20,7	-	-	-	44,39
1984	122,0	-	-	-	29,9	2,56	17,1	29,9	0,97	2,5	29,9	1,32	7,5	1,61
1985	228,4	83,0	54,81	95,0	83,0	36,15	7600,0	83,0	14,39	7,0	83,0	22,73	9,0	18,68
1986	266,5	177,4	48,02	5,0	187,6	20,94	10,0	191,9	30,18	4,2	-	-	-	19,16
1987	253,8	119,2	6,43	13,8	96,3	5,15	37,5	140,9	5,55	3,3	-	-	-	12,88
1988	280,5	192,2	19,89	171,3	151,4	5,07	43,0	151,2	3,5	2,0	145,5	3,56	2,0	52,55
1989	275,9	88,9	2,70	66,7	88,9	7,00	13,3	-	-	-	88,9	3,0	3,3	22,74
1990	310,6	-	-	-	159,5	11,16	19,7	-	-	-	-	-	-	14,28
Srednia Mean 1980-1990	263,6	146,2	28,6	948,1	139,2	24,1	877,7	133,5	26,5	13,3	125,9	18,6	7,6	28,36

Natomiast w stosunku do opadów zimowego półrocza hydrologicznego spływ powierzchniowy był bardzo podobny na wszystkich użytkach rolnych i stanowił: na oraniu (latem ziemniaki lub zboża jare) – 10,4 %, na zbożach ozimych – 9,1 %, na łące 10,2 %, na koniczynie – 9,3 %. Udział spływu śródglebowego półrocza zimowego, w stosunku do całego roku hydrologicznego, wynosił 51,6 %, natomiast w stosunku do opadów tego okresu 10,7 %. Jednak dokładne określenie relacji spływu powierzchniowego w czasie kolejnych odwilży śródzimowych do wielkości wywołujących ją opadów, czy wody zmagazynowanej w pokrywie śnieżnej, nie jest możliwe, ponieważ pewna ilość wody z pokrywy śnieżnej, pozostaje w glebie w postaci lodu „przechwycona” przez kolejną fazę mrozów. Dlatego też notowane są przypadki spływu powierzchniowego lub śródglebowego znacznie większego, aniżeli wynikałoby to z przebiegu aktualnych opadów, lub stanu pokrywy śnieżnej.

W latach 1980-1990, średni spływ powierzchniowy w zimowym półroczu hydrologicznym na stokach o różnym użytkowaniu wynosił: 28,6 mm na oraniu, 24,1 mm na zbożach ozimych 26,5 mm na łące oraz 18,6 mm na koniczynie. Te ilościowe różnice mogą częściowo wynikać z różnych lat, dla których obliczane były średnie wartości. Bardziej miarodajne są podane wyżej procentowe relacje spływu powierzchniowego do wysokości opadów.

Rozmiary spływu w półroczach zimowych uwarunkowane są z jednej strony przez wysokość opadów, a tym samym przez ilość wody zmagazynowanej w pokrywie śnieżnej, a z drugiej przez głębokość przemarznięcia podłoża. W zależności od tych czynników oraz od przebiegu roztopów i ilości odwilży śródzimowych, szybkości tajania pokrywy śnieżnej i stanu rozmarznięcia podłoża, przeważa spływ powierzchniowy, lub wsiąkanie i odpływ spływem podpowierzchniowym. Dlatego też rozmiary spływu powierzchniowego w poszczególnych latach są bardzo zróżnicowane i tylko częściowo nawiązują do wysokości opadów okresu zimowego (tab. 17), stanowiąc: od 0,7 do 31 % na oraniu, od 0,02 do 18 % na zbożach, od 0,05 do 15 % na łące, od 0,3 do 12 % na koniczynie.

Tabela 17. Średni spływ wody (w mm i w procentach) oraz erozja gleb w stosunku do opadów, na użytkowanych rolniczo stokach fliszowych, w półroczu zimowym, w latach 1980-1990  
Mean runoff (in mm and in percents) and soil erosion in comparison with precipitation on the cultivated slopes of flysh area, during the winter half-year, during the period of 1980-1990

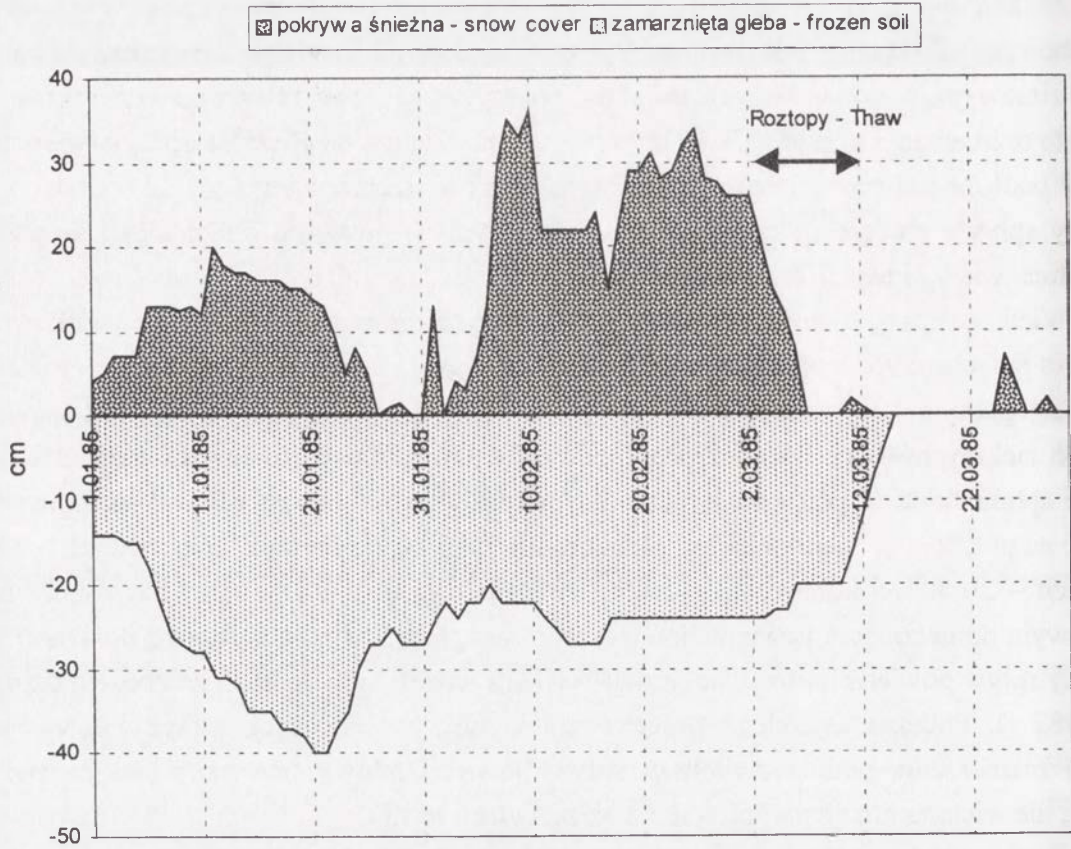
Proces - Process	Oranina Ploughed field	Zboża ozime Winter corn	Łąka Meadow	Koniczyna Clover	Spływ śródglebowy Subsurface runoff
Opad roczny - Annual rainfall mm	844,4	802,7	797,8	834,6	802,7
Opad półrocza zimowego - Winter half-year rainfall mm	274,4	263,6	258,9	198,8	263,6
% opadu rocznego - % of annual total	32,4	32,8	32,4	23,8	32,8
Spływ wody - Runoff mm	28,6	24,1	26,5	18,6	28,36
% opadu zimowego - % of winter rainfall	10,4	9,1	10,2	9,3	10,7
Erozja gleb - Soil erosion kg ha <sup>-1</sup>	948,1	877,7	13,3	7,6	-

Zwraca uwagę bardzo duża ilość wody odprowadzana w okresie zimowym spływem śródglebowym. Związane jest to niewątpliwie z częstymi odwilżami występującymi w okresie zimowym, w czasie których, zanikaniu pokrywy śnieżnej towarzyszy częściowe lub całkowite rozmarzanie podłoża. Powolny na ogół przebieg tych procesów sprzyja wsiąkaniu wody w podłoże i odprowadzanie jej spływem podpowierzchniowym (ryc. 18). Dlatego też rozmiary spływu śródglebowego w okresie zimowym, w stosunku do opadów, są prawie dwukrotnie większe aniżeli w okresie letnim.

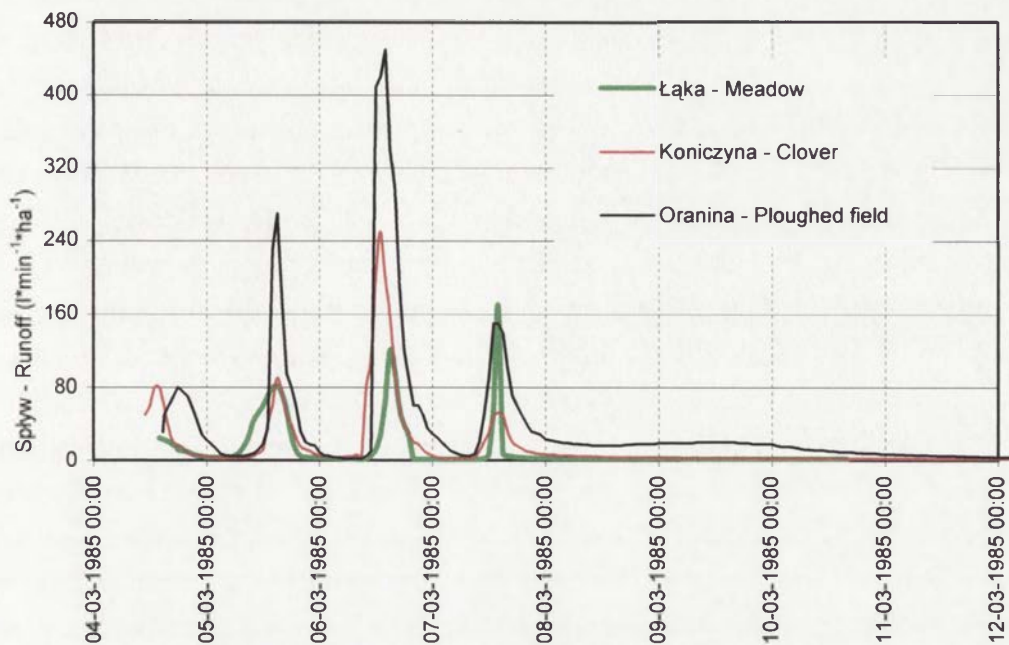
Wielkość erozji gleby w okresie zimowym wyraźnie nawiązuje do typu użytkowania ziemi. Na polach ze zbożem ozimym oraz na oraninie, w latach 1980-1990, średnia wielkość erozji jest podobna, wynosząc około  $0,9 \text{ ton ha}^{-1}$  (tab. 16). Na trwałych i nietrwałych użytkach zielonych – łące i koniczynie, około  $0,01 \text{ ton ha}^{-1}$ , czyli około 100 razy mniejsze. Średnie spłukiwanie w półroczu zimowym, w stosunku do całego roku hydrologicznego wynosi: na poletkach z ziemniakami (zimą oranina) – 3 %, na uprawach zbożowych – 80 % na łąkach – 20 %, na koniczynie – 12 %. Podczas niegłębokich odwilży zimowych, przy częściowym odmarznięciu powierzchniowej warstwy gleby, na polu z oraniną notowany jest mniejszy spływ powierzchniowy, ale erozja większa aniżeli na poletkach ze zbożem ozimym (np. 1983 r.). Podczas szybkiego procesu tajania pokrywy śnieżnej, któremu towarzyszy szybkie rozmarzanie podłoża, większy spływ powierzchniowy notowany jest na polu z oraniną, ale większą erozję na poletkach z oziminą (np. 1985 r.).

Powierzchnie użytków zielonych, trwałych i nietrwałych, dzięki zwartemu systemowi korzeniowemu i dość zwartej roślinności, są bardzo dobrze chronione przed procesami erozyjnymi. Z przedstawionych relacji wynika, że na stokach z uprawami zbożowymi, głównym okresem rozwoju spłukiwania jest zimowe półrocze hydrologiczne.

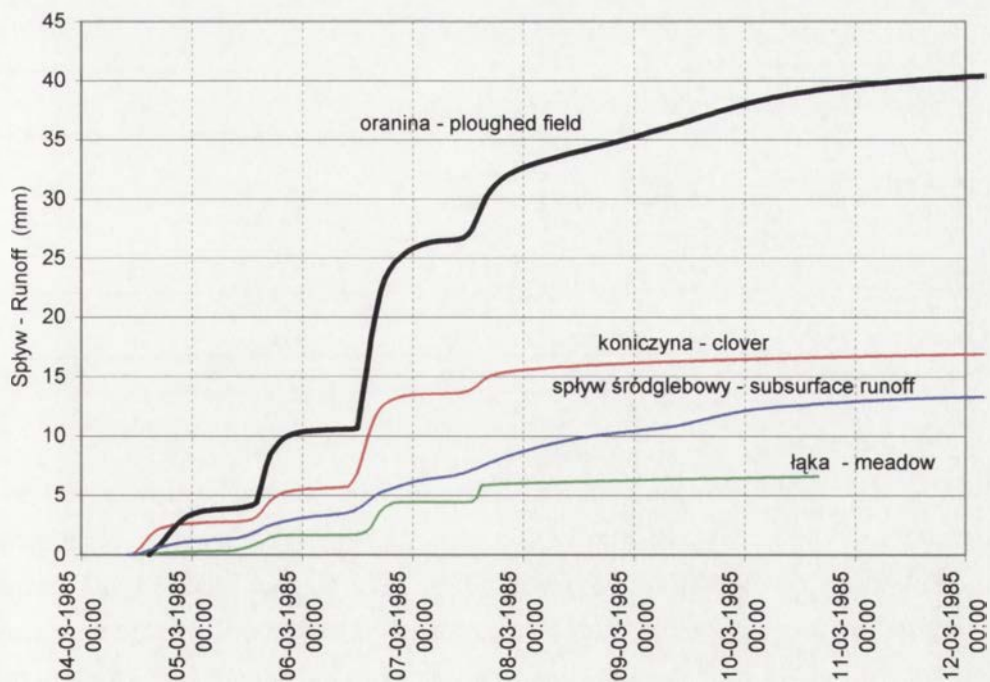
Przebieg procesów obiegu wody i erozji gleb w warunkach przemarzniętego podłoża i dość trwałej pokrywy śnieżnej reprezentuje okres zimowy 1985 r., który był jednym z najchłodniejszych okresów ostatniego 30-lecia, z średnimi wartościami temperatury stycznia i lutego wynoszącymi  $-8,4^{\circ} \text{C}$ . W okresie tym stopniowe zamarzanie podłoża rozpoczęło się pod koniec pierwszej dekady grudnia, a trwała pokrywa śnieżna ukształtowała się w jego ostatnich dniach. Okres zimowy charakteryzował się dość stabilnym trwaniem pokrywy śnieżnej, której miąższość w lutym osiągnęła 35 cm (ryc. 16), a zapas wody pod koniec miesiąca wynosił 63 mm. Jej zniknięcie zanotowano podczas odwilży śródzimowej na przełomie stycznia i lutego, czego efektem był spływ powierzchniowy (tab. 8), o wysokości 5,8–7,0 mm na koniczynie i łące, do ponad 14 mm na oraninie i pszenicy ozimej i śródglebowy o wysokości 3,1 mm. Procesy te zachodziły w warunkach zamarzniętego podłoża, utrzymującego się przez cały okres zimowy, osiągającego głębokość 40 cm w drugiej dekadzie stycznia. W okresie odwilżowym przemarznięcie podłoża zmniejszyło się do około 20-25 cm i na tym poziomie utrzymywało się do czasu wiosennych roztopów, między innymi dzięki stabilnej pokrywie śnieżnej, jaka pojawiła się z powrotem w pierwszych dniach lutego i utrzymywała się do pierwszych dni marca.



Ryc. 16. Wysokość pokrywy śnieżnej i głębokość przemarznięcia gleby  
 w okresie 1.01 - 31.03.1985 r.  
 Depth of snow cover and depth of frozen soil during the period of 1.01 - 31.03.1985



Ryc. 17. Natężenie splywu powierzchniowego podczas roztopów 4-12 marca 1985 r.  
Intensity of the overland flow during the thawing period of March 4-12, 1985



Ryc. 18. Krzywe kumulatywne splywu powierzchniowego i śródglebowego podczas roztopów 4-12 marca 1985r.

Cumulative curves of the overland and subsurface runoff during the thawing period of March 4-12, 1985

Na rycinach 17, 18 przedstawiono przebieg spływu powierzchniowego podczas roztopów wiosennych, w dniach 4 - 13 marca, na tle przemarnięcia podłoża i stanu pokrywy śnieżnej (ryc. 16) oraz spływu śródglebowego i stanów wód gruntowych w okresie zimowym (ryc. 28) w 1985 r. Roztopy te były związane z adwekcją ciepłych mas powietrza, a od 8 do 10 marca z opadami deszczu i deszczu ze śniegiem. Natężenie spływu powierzchniowego nawiązywało wyraźnie do przebiegu dobowych temperatur powietrza, osiągając maksymalne wartości w godzinach popołudniowych, a prawie zanikając w godzinach nocnych (Słupik 1973). Najwyższe wartości spływu jednostkowego wystąpiły w końcowej fazie zanikania pokrywy śnieżnej. W zależności od użytkowania maksimum natężenia na oraniu i koniczynie wystąpiło w dniu 6 marca, osiągając odpowiednio 450 i 240 l min<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, a na łące 7 marca, w wysokości 170 l min<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>. Takie zróżnicowanie natężenia spływu powierzchniowego jest charakterystyczne dla różnie użytkowanych powierzchni stoków, kiedy przy malejącej miąższości pokrywy śnieżnej, na tempo jej tajania ma wpływ nagrzewające się podłoże. Dlatego na ciemnej powierzchni oraniny, przyjmującej więcej ciepła w porównaniu z powierzchnią zadarnioną (łąka, koniczyna) notowane jest największe natężenie spływu. Jednocześnie, szybciej rozmarzające podłoże, z bogatym mikroruliefem, umożliwia wsiąkanie wody w podłoże. Bilans spływu i erozji przedstawiony w tabeli 17, podczas roztopów w warunkach zamrożonego podłoża ukazuje bardzo silne zróżnicowanie tych procesów.

Tabela 18. Spływ wody na stoku użytkowanym rolniczo podczas roztopów w dniach 4-13.03.1985 r.  
Water runoff on the cultivated slope during the thawing period of March 4-13, 1985

Proces - Process	Oranina Ploughed field	Pszenica Wheat	Łąka Meadow	Koniczyna Clover	Spływ śródglebowy Subsurface runoff
Opad mm Precipitation	52,9				
Spływ powierzchniowy Overland flow mm max. l min <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	40,71 450	21,39 360	7,09 170	19,03 250	13,28 55
Erozja - Erosion kg ha <sup>-1</sup>	95,0	7600,0*	7,0	9,0	-

\* łącznie z erozją w dniach 1-2.02.1985 r.

- together with erosion during the February of 1-2, 1985.

Największy spływ powierzchniowy wystąpił na oraniu, stanowiąc 77 % opadów formujących pokrywę śnieżną. Na uprawach pszenicy ozimej i koniczynie rozmiary spływu w stosunku do opadów były mniejsze i wynosiły 40-35 %, a na łące tylko 13 %. Zwraca uwagę bardzo mały spływ na łące, gdzie tajanie śniegu przebiegało z opóźnieniem w stosunku do pozostałych użytków rolnych, chociaż pokrywa śnieżna miała na tym poletku największą miąższość. Prawdopodobnie, efekt ekranizującego oddziaływania pokrywy śnieżnej wpłynął na małe przemarnięcie podłoża, a duże wsiąkanie wody w podłoże ułatwione było dodatkowo przez nory gryzoni licznie występujące na powierzchniach zadarnionych. Na taki

przebieg procesu wskazuje bardzo wysoki spływ śródglebowy, który rozpoczął się równocześnie ze spływem powierzchniowym i stanowił 24 % opadów.

Bardzo duże zróżnicowanie wystąpiło w erozji gleb (Gil, Słupik 1972b; Gil 1976). Największe jej rozmiary zanotowano na poletku z pszenicą ozimą, co jest charakterystyczne dla okresów zimowych. Wyrównana powierzchnia pola obsianego zbożem ozimym i zazwyczaj niezbyt rozkrzewione rośliny, ułatwiają organizowanie się spływu powierzchniowego i jego przechodzenie w spływ liniowy, a rozmarzająca gleba umożliwia rozwój spłukiwania bruzdowego. Na poletku z oranicą spłukiwanie było znacznie mniejsze, z uwagi na bogaty mikrorelief, utrudniający spływ wody, a przemieszczanie gleby odbywało się na niewielkie odległości. Na powierzchniach z trwałą roślinnością - łąka, koniczyna, spłukiwanie jest minimalne. Największe natężenie spłukiwania występuje w ostatniej fazie roztopów, kiedy spod śniegu odstaniają się duże fragmenty powierzchni gleby, a jej powierzchnia zaczyna rozmarzać. W pierwszej fazie roztopów spłukiwanie jest ograniczone przez zamrożone podłoże i pokrywą śnieżną, odgrywającą rolę „filtru” przechwytyującego cząsteczki gleby.

W półroczach zimowych, z niegłębokim przemarzeniem gleby, z dużą ilością odwilży śródzimowych, powodujących zarówno zanikanie pokrywy śnieżnej, jak i rozmarzanie podłoża, spływ powierzchniowy przebiega podobnie jak w okresach letnich (Słupik 1973), nawiązując do zależności pomiędzy natężeniem dostawy wody i własnościami infiltracyjnymi podłoża, a spłukiwanie zależy od rodzaju roślinności i jej gęstości. Nie obserwuje się wówczas spływu powierzchniowego lub jest on minimalny, a woda odprowadzana jest ze stoków spływem śródglebowym, czego efektem są małe wezbrania w korytach rzecznych (Gil, Soja 1976).

## **Spływ powierzchniowy i spłukiwanie w letnim półroczu hydrologicznym**

W letnim półroczu hydrologicznym procesy spływu powierzchniowego i spłukiwania gleby zachodzą podczas deszczów o zróżnicowanej wysokości, czasu trwania i natężenia. Procesy te trwają przy ciągle zmieniającym się stanie podłoża, związanym z różnymi fazami wegetacji roślin i stosowanymi zabiegami agrotechnicznymi. Wszystkie te czynniki decydują o przebiegu i natężeniu zachodzących procesów.

W latach 1980-1990 procesy spływu powierzchniowego i spłukiwania gleby bardzo wyraźnie nawiązują do rodzaju szaty roślinnej i użytkowania ziemi (tab. 19).

Największe ich rozmiary i natężenie notowane są na uprawach, których roślinność nie jest dostatecznie zwarta i nie chroni powierzchni gleby przed bezpośrednimi działaniami kropli deszczu i energią spływającej wody, a przez małą szorstkość nie stanowi przeszkody dla szybkiej organizacji i koncentracji spływu powierzchniowego. Wielkość spływu powierzchniowego wynosiła 93,8 mm na uprawach ziemniaczanych i była około 2 razy większa aniżeli na uprawach zbożowych, łąkach i na koniczynie. W stosunku do opadów okresu letniego, spływ powierzchniowy na uprawach ziemniaczanych stanowił 16,7 %, na uprawach zbożowych i na łące 9,4 - 9,5 %, a na koniczynie 7,4 % (tab. 20).

Tabela 19. Spływ powierzchniowy, śródglebowy i erozja gleb na stoku użytkowanym rolniczo (półrocze letnie V-X 1980-1990)  
 Overland flow, subsurface runoff and soil erosion on ten cultivated slope (summer half-year May-October 1980-1990)

Rok	Opad półroczny	Oranina/Ziemniaki			Zboża			Łąka			Koniczyna			Spływ śródglebowy
Year	Half-year precipitation	Ploughed field/Potatoes			Corn			Meadow			Clover			Subsurface runoff
	mm	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	Opad efektywny – Effective precipitation, mm	Spływ – Runoff, mm	Erozja – Erosion, kg*ha <sup>-1</sup>	mm
1980	857,2	693,5	270,79	55913,0	627,4	229,00	227,5	590,6	260,10	144,1	656,6	140,85	193,3	68,17
1981	464,9	-	-	-	250,5	0,79	1,8	110,1	0,25	0,4	95,8	1,73	0,3	6,43
1982	287,0	95,4	2,14	2070,0	107,4	0,20	8,8	65,4	0,15	1,8	-	-	-	0,24
1983	691,1	517,4	196,75	91920,3	459,0	104,59	349,0	480,6	66,54	211,2	-	-	-	40,19
1984	465,2	-	-	-	186,1	10,00	8,8	162,9	0,99	5,7	207,0	3,29	11,3	6,38
1985	724,2	-	-	-	563,5	129,69	555,2	491,7	108,79	41,5	399,7	89,40	49,3	73,96
1986	468,5	258,6	8,37	4844,5	319,9	5,31	655,5	205,6	3,04	28,7	-	-	-	6,51
1987	478,9	221,4	41,79	30681,7	187,2	30,09	298,3	104,4	22,64	15,3	-	-	-	15,05
1988	430,5	-	-	-	271,5	8,94	42,7	252,4	1,40	10,2	281,6	1,68	15,6	1,95
1989	597,1	413,2	43,31	12896,7	400,6	36,28	202,1	-	-	-	421,1	23,55	67,1	64,31
1990	465,7	-	-	-	245,3	4,28	32,5	-	-	-	-	-	-	9,62
Średnia Mean 1980-1990	<b>539,1</b>	<b>366,6</b>	<b>93,86</b>	<b>33054,4</b>	<b>328,9</b>	<b>50,83</b>	<b>216,6</b>	<b>273,7</b>	<b>51,54</b>	<b>51,0</b>	<b>343,6</b>	<b>43,42</b>	<b>56,2</b>	<b>26,62</b>



Tabela 20. Średni spływ wody (w mm i w procentach) oraz erozja gleb w stosunku do opadów, na użytkowanych rolniczo stokach fliszowych, w półroczu letnim, w latach 1980-1990  
 Mean runoff (in mm and in percents) and soil erosion in comparison with precipitation on the cultivated slopes of flysh area, during the summer half-year, during the period of 1980-1990

Proces - Process	Ziemniaki Potatoes	Zboża Corn	Łąka Meadow	Koniczyna Clover	Spływ śródglebowy Subsurface runoff
Opad roczny - Annual rainfall mm	844,4	802,7	797,8	834,6	802,7
Opad półrocza letniego - Summer half-year rainfall mm	563,3	539,1	540,8	589,8	439,1
% opadu rocznego - % of annual total	66,7	67,2	67,7	70,7	67,2
Spływ wody - Runoff mm	93,86	50,83	51,54	43,42	26,62
% opadu letniego - % of summer rainfall	16,7	9,4	9,5	7,4	4,9
Erozja gleby - Soil erosion kg ha <sup>-1</sup>	33054,4	216,6	51,0	56,1	-

W relacji do opadów, spływ powierzchniowy w półroczu letnim, w porównaniu z półroczem zimowym, jest znacznie większy na uprawach ziemniaczanych (o ponad 6 %) oraz na poletku z koniczyną (o 2 %). Na zbożach i na łąkach ma podobną wysokość. W wartościach bezwzględnych, z uwagi na wyższe opady, jest 2-3 razy większy. Spływ śródglebowy do głębokości 1 m w półroczu letnim, procentowo w stosunku do opadów jest dwukrotnie mniejszy aniżeli zimą, chociaż w wartościach bezwzględnych w obu okresach jest prawie identyczny. Ma to niewątpliwie związek z procesem ewapotranspiracji, który w okresie wegetacyjnym jest bardzo intensywny.

W stosunku do roku hydrologicznego, spływ powierzchniowy półrocza letniego wynosił 78 % na uprawach ziemniaczanych, 70 % na koniczynie oraz odpowiednio 68 i 66 % na zbożach i łąkach. Z relacji tych wynika, że na większości powierzchni spływ powierzchniowy jest proporcjonalny do wysokości opadów okresu letniego, a jedynie na uprawach ziemniaczanych jest znacznie większy (tab. 19). W wartościach bezwzględnych, spływ powierzchniowy na uprawach ziemniaczanych okresu letniego jest około 2 razy większy, aniżeli na pozostałych użytkach, co wyraźnie odzwierciedla hydrologiczną rolę sposobu użytkowania ziemi.

Zróżnicowanie wielkości spływu powierzchniowego zarówno w poszczególnych latach na tych samych uprawach, jak i pomiędzy różnymi poletkami jest bardzo duże od dziesiątych części mm na uprawach zbożowych, łąkach i koniczynie w latach suchych (1981, 1982), do 220-270 mm w wilgotnych (1980), (tab. 15). Na taki przebieg spływu powierzchniowego ma wpływ nie tylko wysokość opadów, ale również ich natężenie i częstotliwość.

Ekstremalny był 1980 rok, w którym notowano dużą częstotliwość opadów o wysokości rzędu 20-30 mm i wyższych, o dużych intensywnościach oraz opady o charakterze deszczów rozlewnych (tab. 3, ryc. 8, 10 - 13). Utrzymująca się, dzięki dużej częstotliwości opadów, wysoka wilgotność podłoża sprzyjała formowaniu się spływu powierzchniowego nasyconego, który był notowany nawet przy opadzie rzędu 2 mm (3 dekada lipca). Wysoki

stan wód gruntowych był przyczyną bardzo dużego spływu śródglebowego (ryc. 8, 26), wynoszącego ponad 68 mm, jednego z najwyższych w okresie 1980-1990.

Procesy spływu powierzchniowego i erozji gleby osiągają największe natężenie w letnim półroczu hydrologicznym, z uwagi na wysokość opadów tego okresu oraz intensywność ich przebiegu. Można wyróżnić dwa zasadnicze typy sytuacji opadowych, które wpływają odmiennie na kształtowanie się procesów spływu wody i spłukiwania: krótkotrwałe burzowe, opady ulewne i deszcze rozlewne (tab. 20, ryc. 19, 12), (Gil, Starkel 1979). Występuje wówczas największe zróżnicowanie zarówno w wielkości spływu powierzchniowego wody, jak i jego natężeniu, a szczególnie w rozmiarach erozji gleby, w zależności od roślinności, czyli sposobu użytkowaniu ziemi.

W czasie krótkotrwałych ulew, rzędu 20 - 50 mm, różnice spływu powierzchniowego i spłukiwania na poszczególnych użytkach rolnych są największe i głównie zależą od natężenia opadów (tab. 21, ryc. 25).

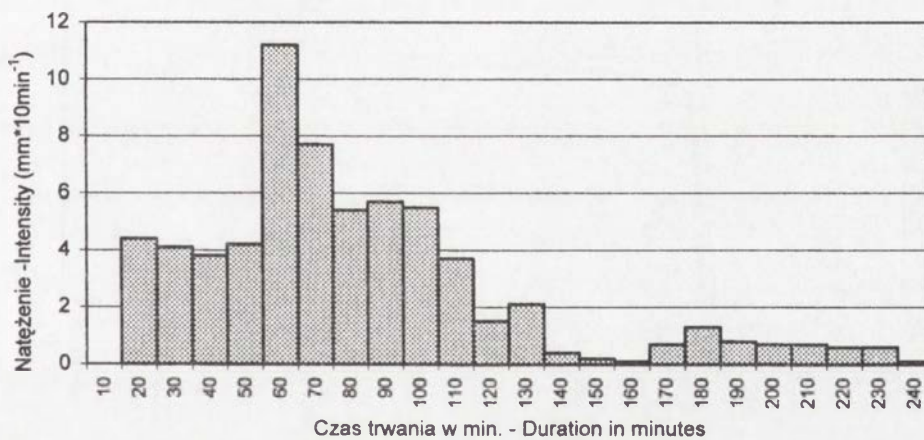
Tabela 21. Rozmiary spływu powierzchniowego i spłukiwania podczas różnego typu opadów na stokach doświadczalnych  
Intensity of the overland flow and soil erosion during different kinds of rainfalls on the experimental slopes

Data	Opad mm Natężenie mm min <sup>-1</sup>	Ziemniaki Potatoes		Zboża Corn		Łąka Meadow	
Date	Rainfall mm Intensity mm min <sup>-1</sup>	Spływ mm Natężenie Runoff mm Intensity max. l min <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	Erozja Erosion kg ha <sup>-1</sup>	Spływ mm Natężenie Runoff mm Intensity max. l min <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	Erozja Erosion kg ha <sup>-1</sup>	Spływ mm Natężenie Runoff mm Intensity max. l min <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	Erozja Erosion kg ha <sup>-1</sup>
11.06.1980	<u>31.7</u> 2,5	<u>18.58</u> 5886	14866	<u>2.52</u> 864	35	<u>2.05</u> 462	34,5
22-28.07.1980	<u>126.0</u> 0,5	<u>97.99</u> 4248	1359	<u>70.24</u> 3933	13,5	<u>106.8</u> 4026	13,8
7.06.1985	<u>67.2</u> 3,4			<u>45.25</u> 13716 (owies - oats)	5276	<u>46.99</u> 10068	6,8
				<u>41.4</u> 10980 (pszenica - wheat)	310,0		

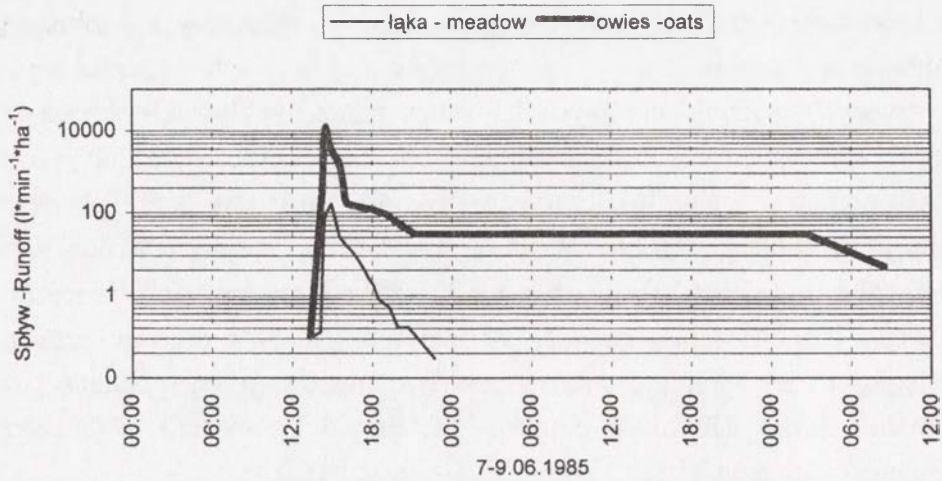
Opady tego typu występują od maja do sierpnia, najczęściej w czerwcu i lipcu. Największy spływ powierzchniowy i erozja gleb notowana jest wówczas na poletkach o mało zwartej szacie roślinnej, jakimi są tradycyjnie w regionie uprawy ziemniaczane lub buraczane, jak również słabo rozkrzewione zboża jare (tab. 21, zboża), gdzie na słabo rozkrzewionym owsie spłukiwanie osiągnęło bardzo duże rozmiary. Na uprawach zbóż ozimych, zwykle dobrze rozkrzewionych, trwałych (łąki) i nietrwałych (koniczyna) użytkach zielonych spływ powierzchniowy jest bardzo mały, a erozja gleb minimalna. Duży spływ powierzchniowy i spłukiwanie notowane na uprawach ziemniaczanych związane są z jednej strony z małym rozkrzewieniem roślin, z drugiej, z zabiegami agrotechnicznymi, naruszającymi wierzchnią warstwę gleby (Gil, Słupik 1972a). Duże natężenie opadu przekracza zdolności infiltracyjne podłoża a jednocześnie jest przyczyną silnego rozbryzgu. Ułatwia to organizację spływu powierzchniowego w brzdach ziemniaczanych i spłukiwanie dużych ilości materiału glebowego, połączone czasem z upłynnianiem wierzchniej,

spulchnionej przez zabiegi pielęgnacyjne warstwy gleby (Figuła 1960; Gerlach 1976). Gęsta roślinność na pozostałych użytkach, przez swoją szorstkość i opór stawiany płynącej wodzie wpływa na późniejszą organizację spływu powierzchniowego i znacznie krótsze jego trwanie, co przy krótkotrwałych opadach burzowych ma istotne znaczenie dla wielkości spływu wody. Podczas opadów tego typu, zwykle nie notuje się spływu śródglebowego, lub jego wielkość jest minimalna, ponieważ cała ilość wody zretencjonowana jest przez powierzchniową warstwę gleby (Gil, Słupik 1972a). W dniu 11.06.1980, spływem śródglebowym do głębokości 1 m spłynęło 0,5 mm wody, czyli 1,6 % opadu. Krótkotrwałość procesów spływu powierzchniowego i spłukiwania sprawia, że materiał glebowy przemieszczany jest na niewielkie odległości i jest akumulowany na powierzchniach o gęstej roślinności w obrębie stoków lub w dnie doliny. Do koryta potoków dociera jedynie materiał wynoszony z dróg polnych lub poletek położonych bezpośrednio w ich sąsiedztwie.

Podczas opadów ulewnych, rzędu 50-100 mm, mających charakter zjawisk ekstremalnych (o prawdopodobieństwie 3-10 % (Gerlach 1976; Gil 1998), trwających zwykle około 2 godzin i więcej, o natężeniach maksymalnych 3 - 5 mm min<sup>-1</sup> spływ powierzchniowy w początkowej fazie ma charakter spływu „hortonowskiego”, a następnie spływu nasyconego. Takie opady zanotowano np. 7.06.1985 (tab. 21, ryc. 19 - 21) oraz 19 czerwca i 13 lipca 1983r. (tab. 6, ryc.13-15).

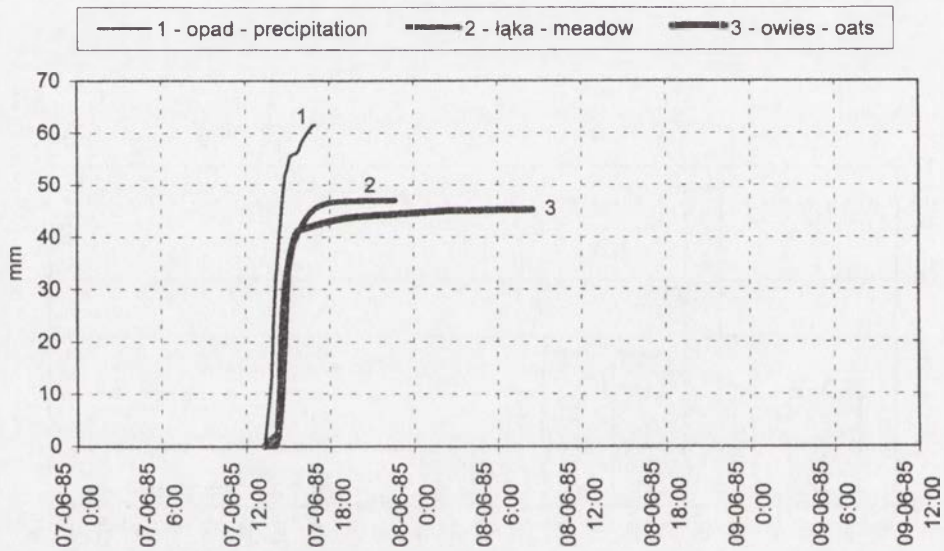


Ryc. 19. Przebieg opadu w dniu 7 czerwca 1985 r. (13<sup>05</sup> - 17<sup>10</sup>)  
Course of rainfall of June 7, 1985 (13<sup>05</sup> - 17<sup>10</sup>)



Ryc. 20. Natężenie splywu powierzchniowego na łące i poletku z owsem podczas opadu ulewnego w dniu 7.06.1985 r.

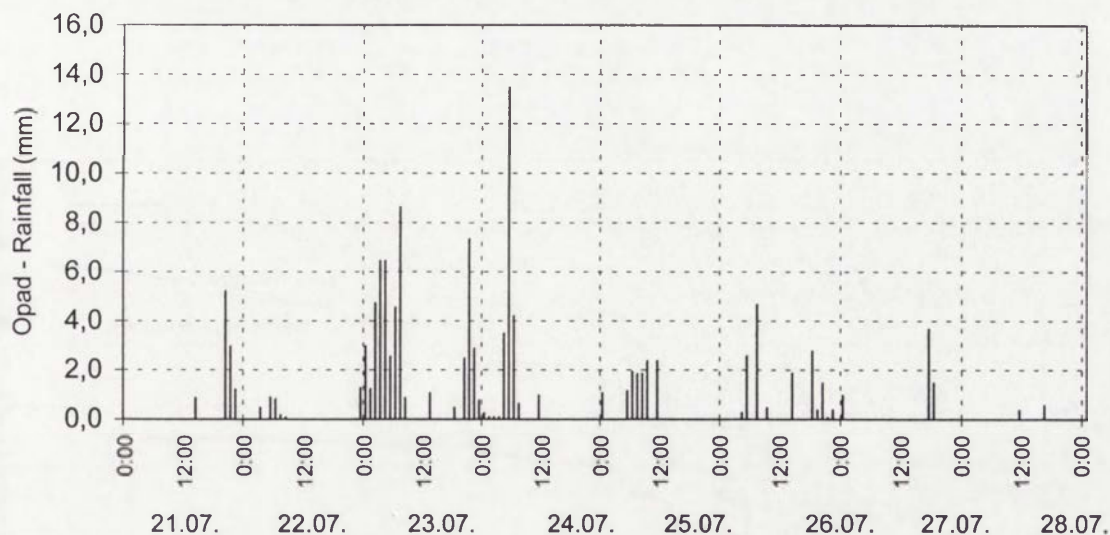
Intensity of the overland flow on the meadow and oats field during the downpour at June 7, 1985



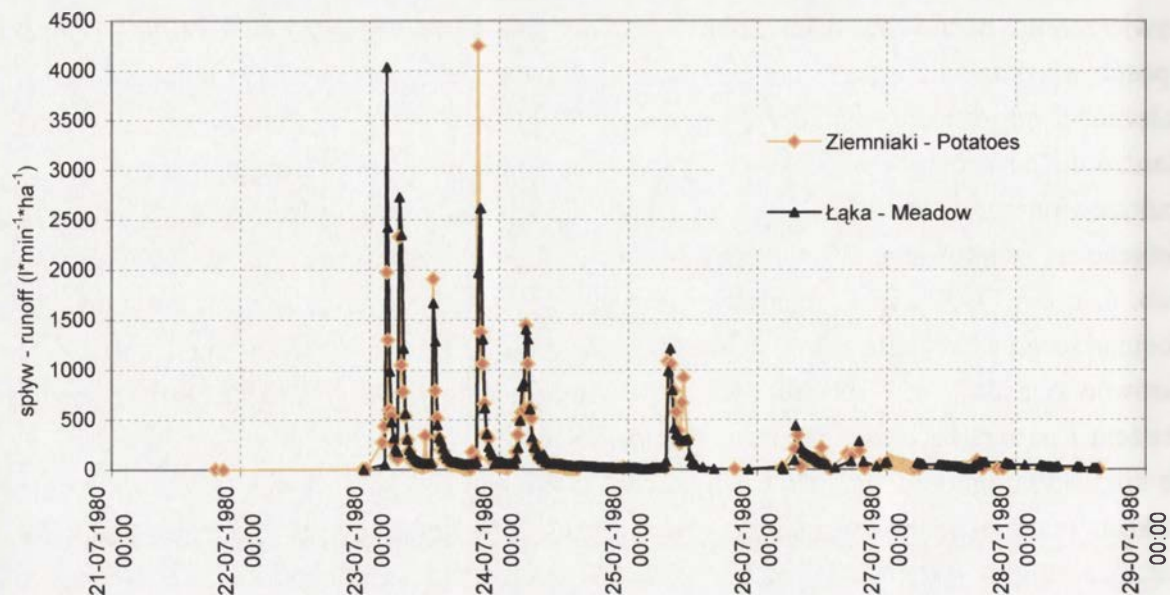
Ryc. 21. Krzywe kumulatywne opadu i splywu powierzchniowego podczas opadu ulewnego w dniu 7.06.1985

Cumulative curves of the precipitation and the overland flow during the downpour at June 7, 1985

W czasie tego typu ulew, po przekroczeniu pojemności wodnej gleby, spływ powierzchniowy na wszystkich użytkach ma podobne rozmiary, stanowiąc 60-70 % opadów. Sposób użytkowania ziemi zaznacza się w natężeniu spływu powierzchniowego, który w zależności od gęstości roślinności wynosi od 7200 do 13800 l min<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> (tab. 20, ryc. 20). Bardzo duże rozmiary osiąga wówczas spłukiwanie gleby. W 1985 r. na polu z owsem, słabo rozkrzewionym, wynosiło 5,27 ton ha<sup>-1</sup>, a w 1983 r. na uprawach ziemniaczanych najwyższą dotychczas zanotowaną na polstkach doświadczalnych w Szymbarku wartość 59,33 ton ha<sup>-1</sup> (tab. 6, ryc. 25). W czasie opadów tego typu dochodzi do katastrofalnych zmywów gleby, obejmującego nawet całą warstwę orną (Figuła 1960; Gerlach 1976). Mimo dużego natężenia zarówno opadów jak i spływu powierzchniowego, na polstkach z dobrze rozkrzewionym zbożem i na użytkach zielonych nie notowano wysokiego spłukiwania – od kilkudziesięciu do kilkuset kilogramów na hektar. Długi czas trwania procesów sprawia, że wyerodowany na stokach materiał glebowy dociera w dużej części do koryt potoków, lub składany jest u podnóża stoków (Gerlach 1976, Gil 1998). W czasie tego typu opadów notowano również znaczny spływ śródglebowy, który w dniu 7.06.85 na głębokości 1 m wynosił 4,17 mm, czyli ponad 6 % opadów, a jego maksymalne natężenie przekraczało 240 l min<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>.

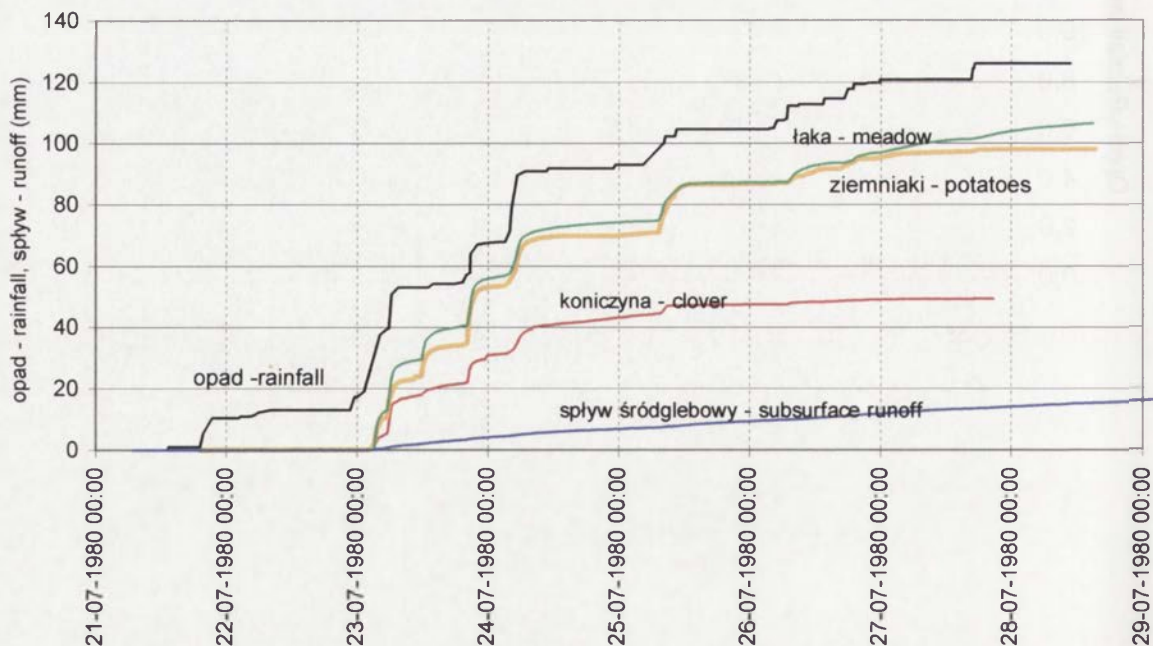


Ryc. 22. Godzinne sumy opadu w dniach 21-28.07.1980 r.  
Hourly totals of rainfall on July 21-28, 1980



Ryc.23. Natężenie splywu powierzchniowego podczas opadów w dniach 23-28.07.1980 r.

Intensity of the overland flow during the rainfalls of July 23-28, 1980



Ryc. 24. Krzywe kumulatywne splywu powierzchniowego i śródglebowego podczas opadów w dniach 23-28.07.1980 r.

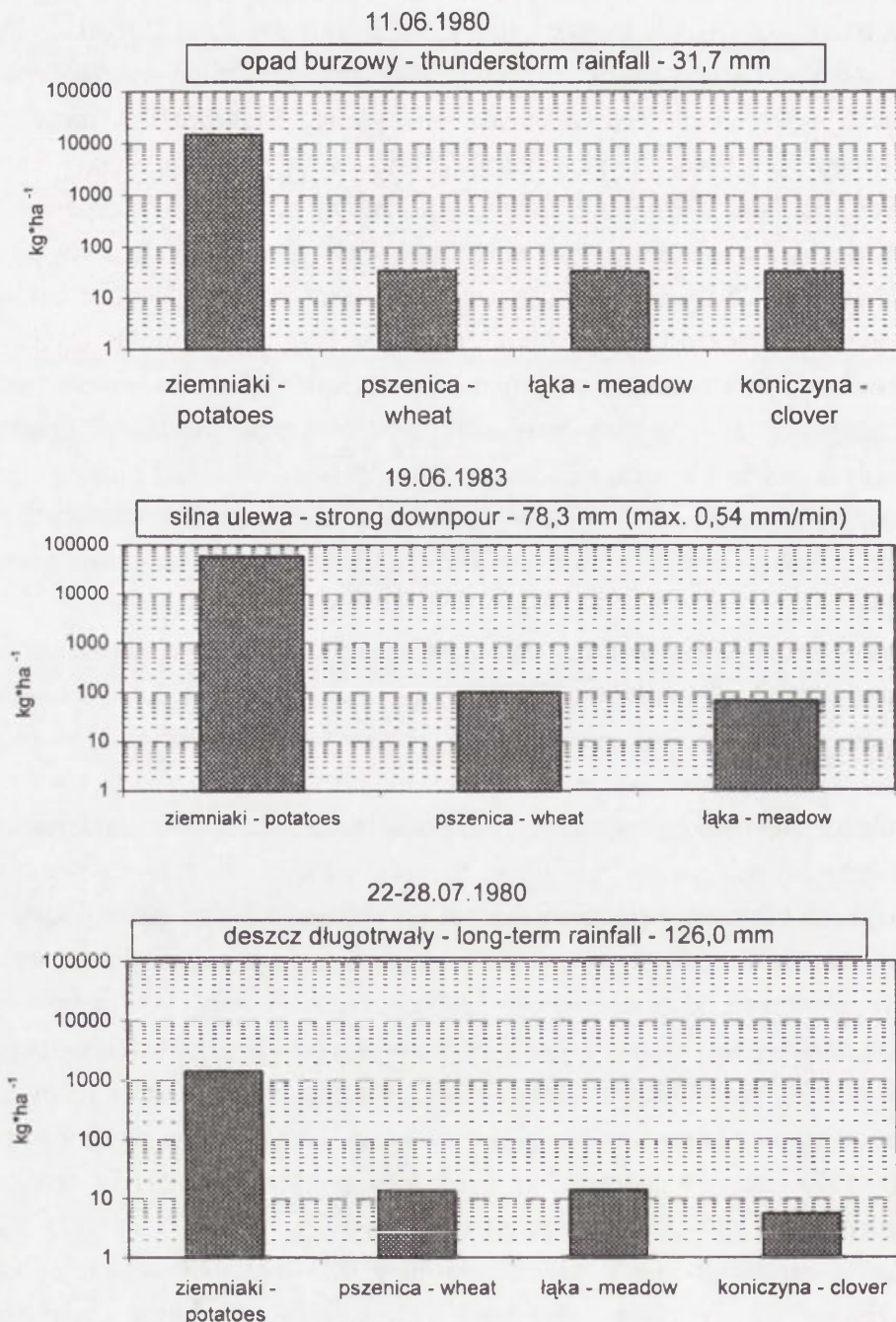
Cumulative curves of the overland and subsurface runoff during the rainfalls of July 23-28, 1980

Podczas drugiego typu opadów, o charakterze deszczów rozlewnych, procesy hydrologiczne i geomorfologiczne przebiegają w nieco odmienny sposób. Kilkudniowe opady o wysokości ponad 100 mm i natężeniu do 10 mm na godzinę (ryc. 22), w początkowej fazie powodują nasycenie podłoża, a spływ powierzchniowy rozpoczyna się po przekroczeniu pojemności infiltracyjnej gleby, lub podczas chwilowego wzrostu natężenia opadów. Wielkość spływu powierzchniowego jest podobna na wszystkich użytkach rolnych, tak pod względem objętości, jak i natężenia (ryc. 23, 24), a jego przebieg w czasie jest nieznacznie opóźniony w stosunku do przebiegu opadów (ryc. 24). O rozmiarach spływu powierzchniowego decydują wówczas cechy litologiczne podłoża i pojemność wodna pokryw glebowych, a zmniejsza się rola użytkowania ziemi i szaty roślinnej (Słupik 1973). Toteż w dniu 28 lipca notowano spływ powierzchniowy nawet przy opadzie o wysokości 1 mm, który mógł zachodzić tylko przy pełnym nasyceniu gleby. Maksymalne natężenie spływu powierzchniowego w lipcu 1980r. przekraczało  $4000 \text{ l min}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  na uprawach ziemniaczanych i na łące, a tylko nieznacznie niższe było na uprawach zbożowych (tab. 21, ryc. 23), a więc było znacznie niższe aniżeli podczas gwałtownych ulew. Opady, które wystąpiły w dniach 21-28 lipca 1980 r., tak ze względu na przebieg, jak i wysokość (ryc. 22) nie były typowymi deszczami rozlewnymi. Jednak ze względu na duże nasycenie podłoża wodą podczas okresu poprzedzającego, procesy obiegu wody na stokach i wezbrania w dnach dolin przebiegały jak w typowych okresach deszczów rozlewnych. W sytuacji pełnego nasycenia podłoża wodą ma miejsce proces tzw. spływu powierzchniowego powrotnego, kiedy następuje, zwłaszcza w dolnych częściach stoku, wypływ wód gruntowych z powrotem na powierzchnię. Spływ taki notowany jest jeszcze przez długi okres czasu po zakończeniu opadu (ryc. 21).

Rozmiary spłukiwania podczas tego typu opadów rozlewnych są znacznie mniejsze, aniżeli podczas ulew i wynosiły w dniach 22-28 lipca 1980 r:  $1,3 \text{ ton ha}^{-1}$  na uprawach ziemniaczanych i  $0,013 \text{ ton ha}^{-1}$  na uprawach zbożowych i łące (ryc. 25). Na mniejszych rozmiarach spłukiwania zaważyły wcześniejsze, częste w 1980 r. opady burzowe, podczas których z poletka ziemniaków wyniesiona została bardzo duża ilość materiału glebowego (tab. 3), a stopniowo odsłaniana była coraz bardziej odporna na erozję warstw podłoża. W takich przypadkach obserwuje się zmniejszanie się natężenia erozji gleby podczas kolejnych opadów, jeśli ich wysokość i intensywność nie przekracza poprzednich, co obserwowane jest zwłaszcza na uprawach ziemniaczanych. Jednocześnie podczas kolejnych opadów, na uprawach okopowych obserwowany jest wzrost spływu powierzchniowego, czego przyczyną jest brak wierzchniej, spulchnionej zabiegami agrotechnicznymi warstwy gleby, a odsłonięta została, mniej przepuszczalna warstwa podorna. Przykładem takiego przebiegu procesów są dwie ulewy w 1983 roku: 19 czerwca i 13 lipca. Przy podobnej wysokości opadów, podczas pierwszej z nich erozja była ponad dwukrotnie większa ( $59,3 \text{ ton ha}^{-1}$ ) aniżeli podczas drugiej ( $27,3 \text{ ton ha}^{-1}$ ), natomiast spływ powierzchniowy 13 lipca był większy. Natomiast na uprawach zbożowych i łące obserwuje się zarówno zwiększanie się spływu powierzchniowego, jak i spłukiwania (tab. 6). Ma to niewątpliwie związek z fazami wegetacji roślin (dojrzewanie), zabiegami agrotechnicznymi (spulchnianie gleby, koszenie traw) oraz

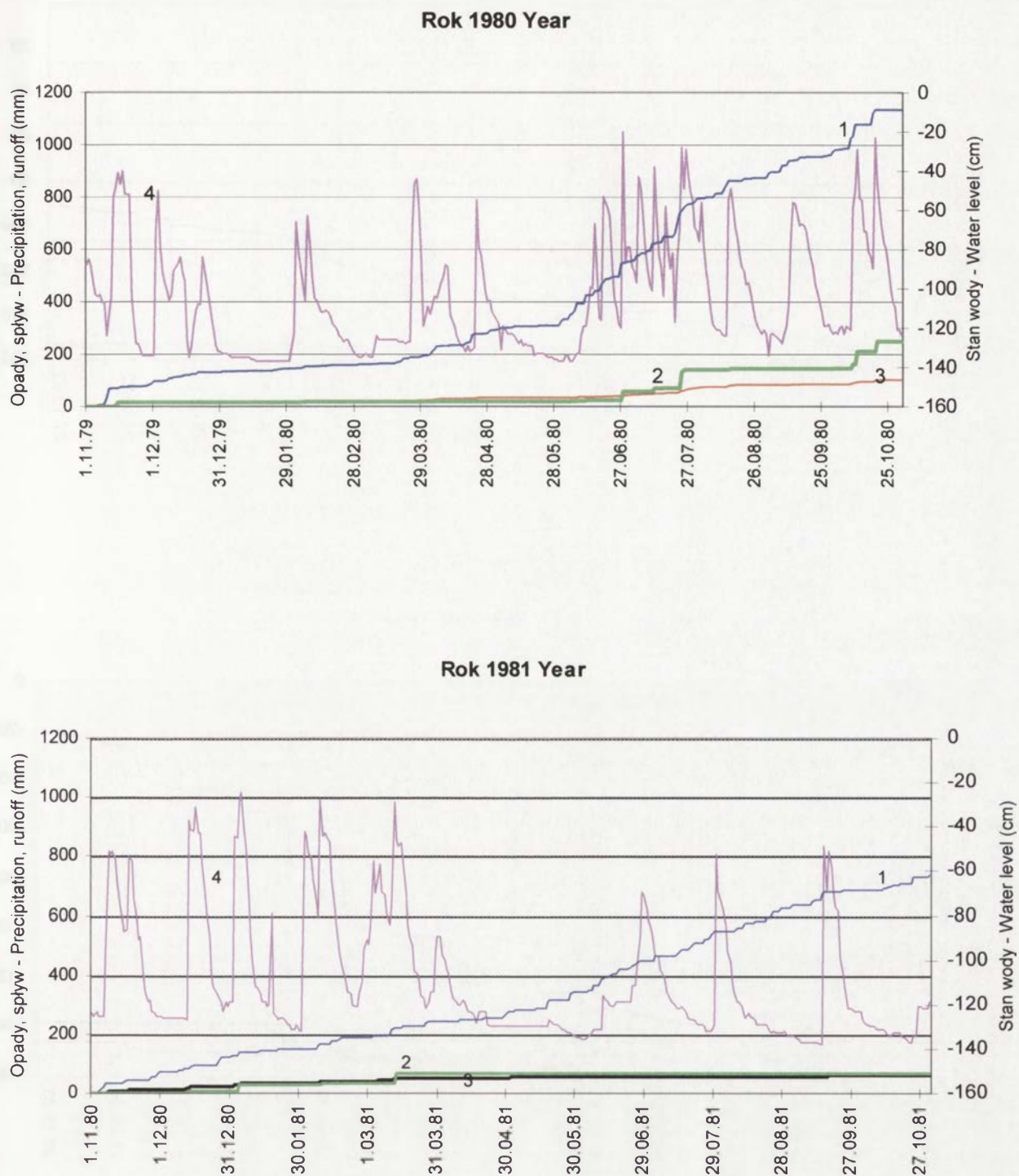
zmianami stanu powierzchniowej warstwy gleby zachodzącymi pod wpływem kolejnych opadów i procesów wsiąkania i podsiąkania wody, wpływających na zmiany odporności podłoża, różne dla poszczególnych upraw.

Podczas opadów rozlewnych notowany jest duży spływ śródglebowy, który w sumie na głębokości 1 m w okresie 22 - 28.07.1980 r. wynosił 15,85 mm, tj. 12,5 % opadów, a maksymalne jego natężenie wynosiło  $65,5 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  (ryc. 24), a więc jest objętościowo dwukrotnie większy aniżeli podczas opadów ekstremalnych, ale jego maksymalne natężenie jest prawie 4 razy mniejsze.



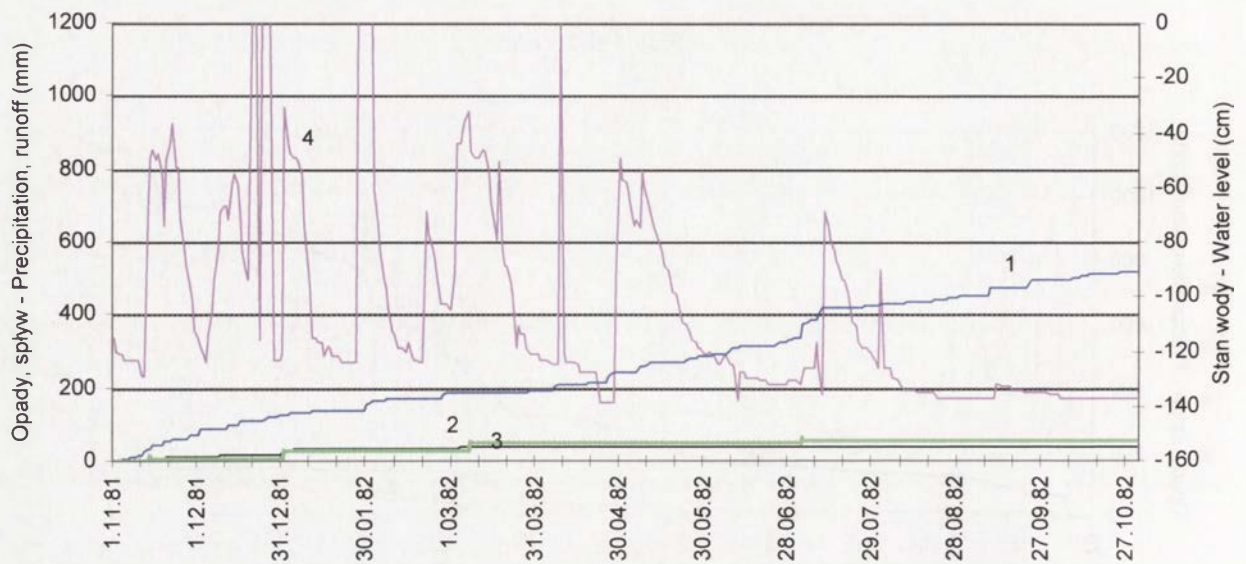
Ryc. 25. Wielkość spłukiwania gleby podczas różnych typów opadów  
Amount of soil erosion during different types of rainfall



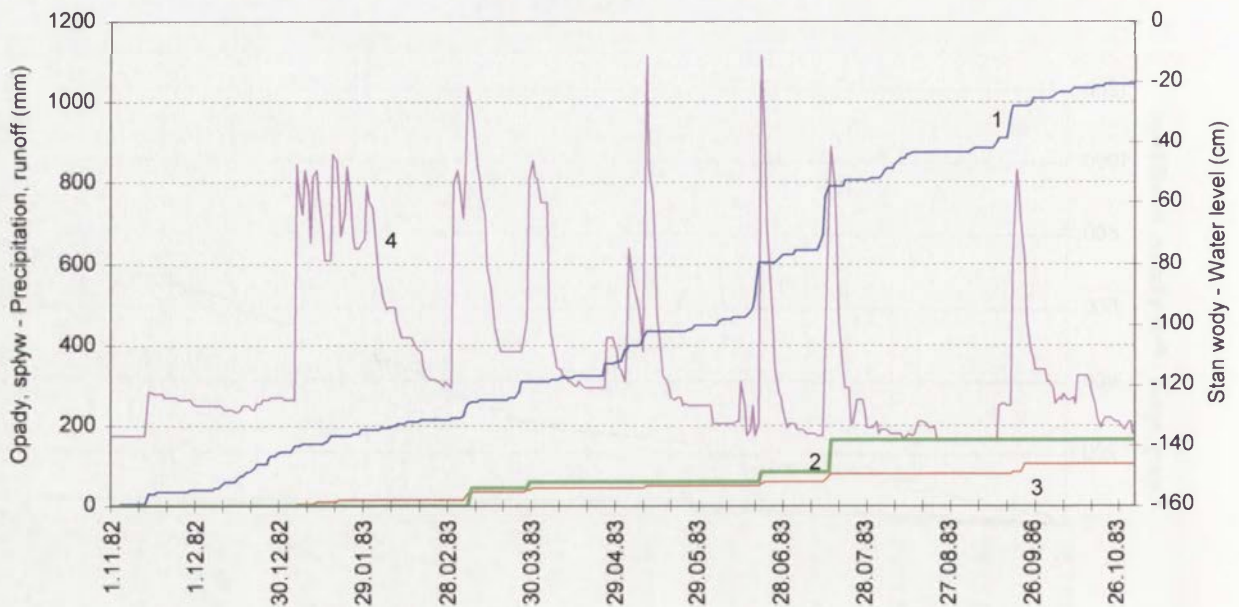


Ryc. 26. Krzywe kumulatoryne opadu (1), spływu powierzchniowego z pola ze zbożem (2), spływu śródglebowego (3) oraz stanu wód gruntowych (4) w latach hydrologicznych 1980 i 1981  
Cumulative curves of precipitation (1), overland flow from the corn field (2), subsurface runoff (3) and ground water level (4) during the hydrological years of 1980 and 1981

## Rok 1982 Year

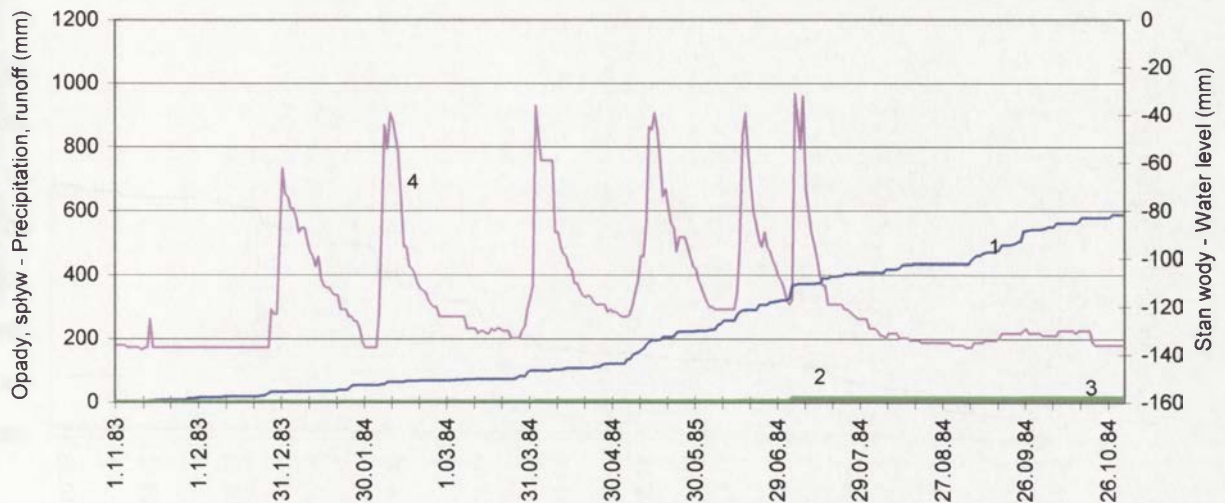


## Rok 1983 Year

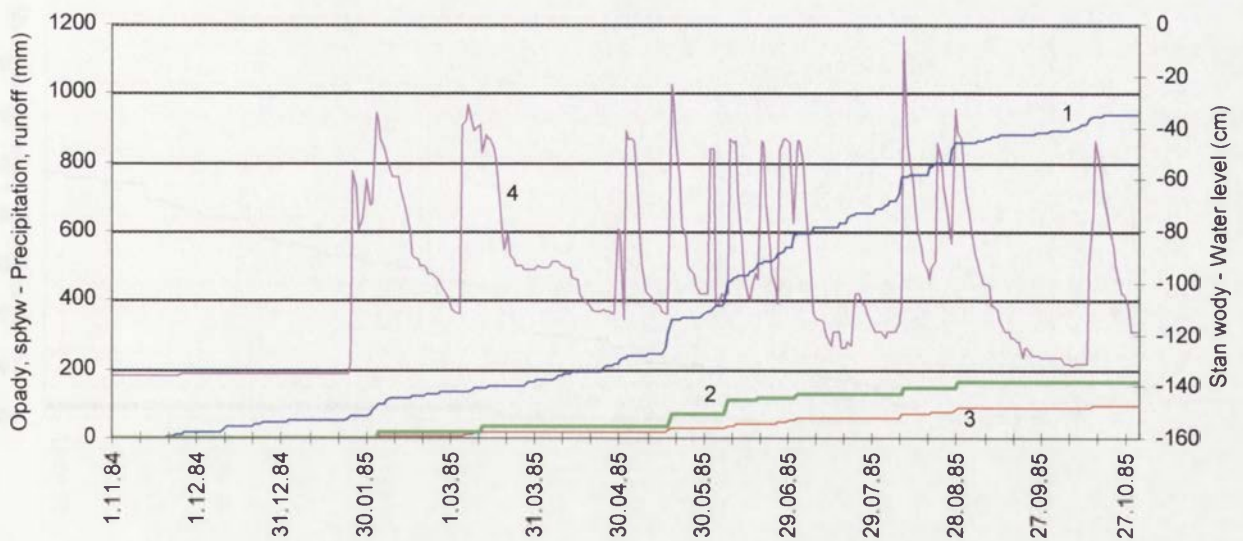


Ryc. 27. Krzywe kumulatoryne opadu (1), spływu powierzchniowego z pola ze zbożem (2), spływu śródglebowego (3) oraz stanu wód gruntowych (4) w latach hydrologicznych 1982 i 1983  
 Cumulative curves of precipitation (1), overland flow from the corn field (2), subsurface runoff (3) and ground water level (4) during the hydrological years of 1982 and 1983

## Rok 1984 Year

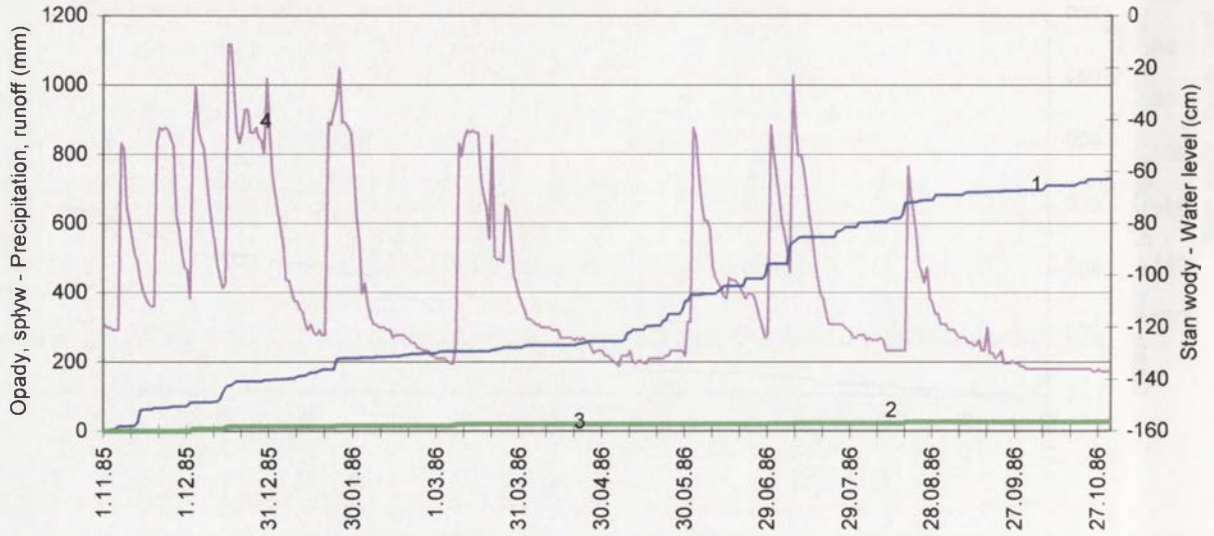


## Rok 1985 Year

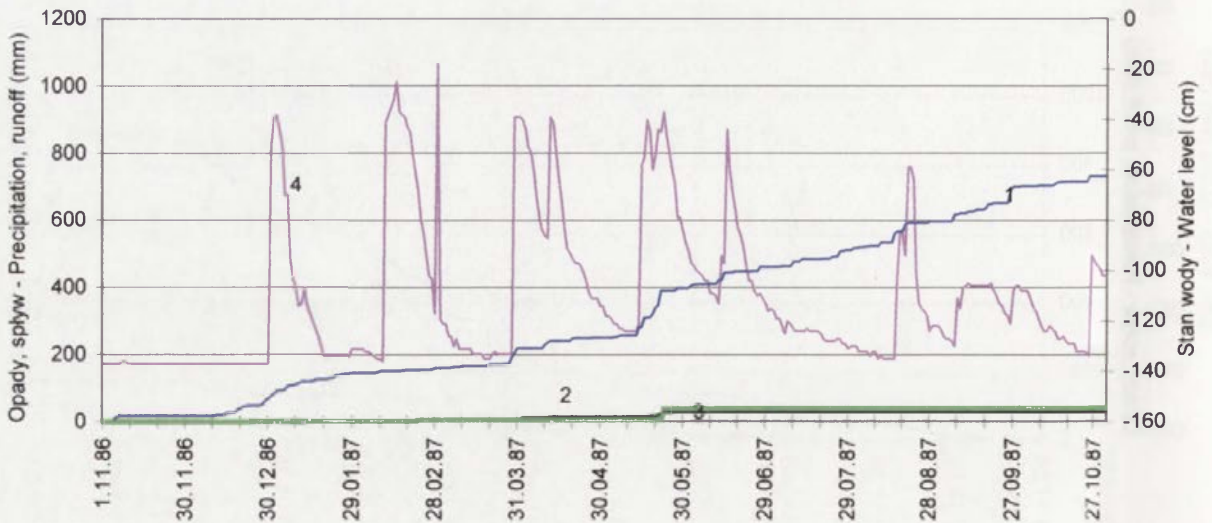


Ryc. 28. Krzywe kumulatorywne opadu (1), splywu powierzchniowego z pola ze zbozem (2), splywu sródlębowego (3) oraz stanu wód gruntowych (4) w latach hydrologicznych 1984 i 1985  
Cumulative curves of precipitation (1), overland flow from the corn field (2), subsurface runoff (3) and ground water level (4) during the hydrological years of 1984 and 1985

## Rok 1986 Year



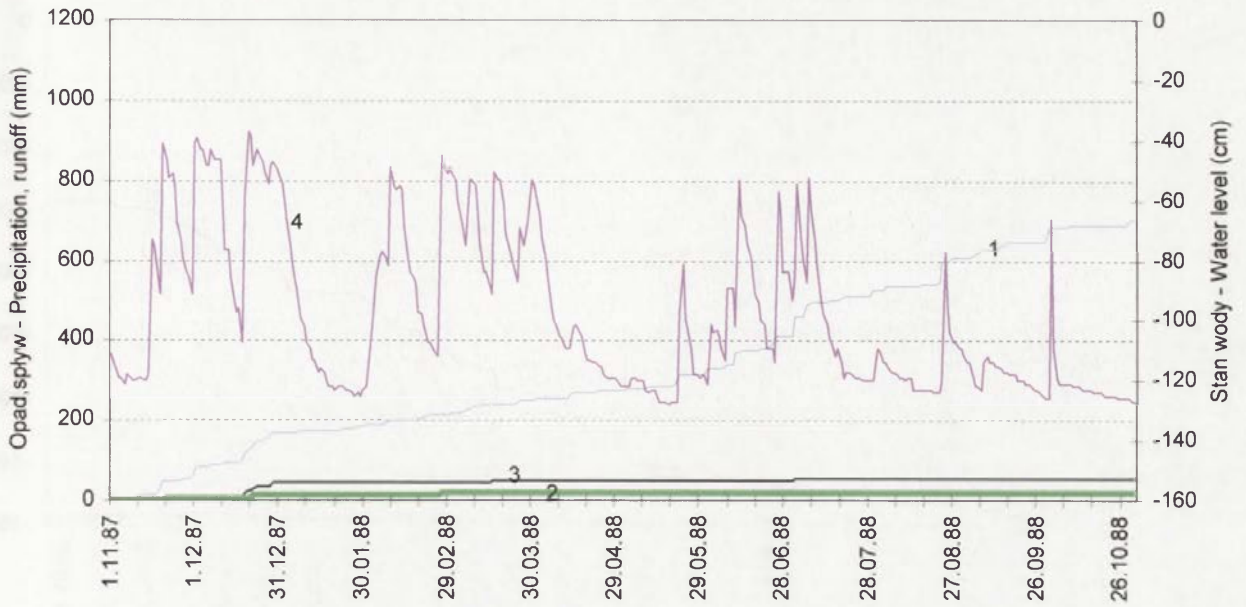
## Rok 1987 Year



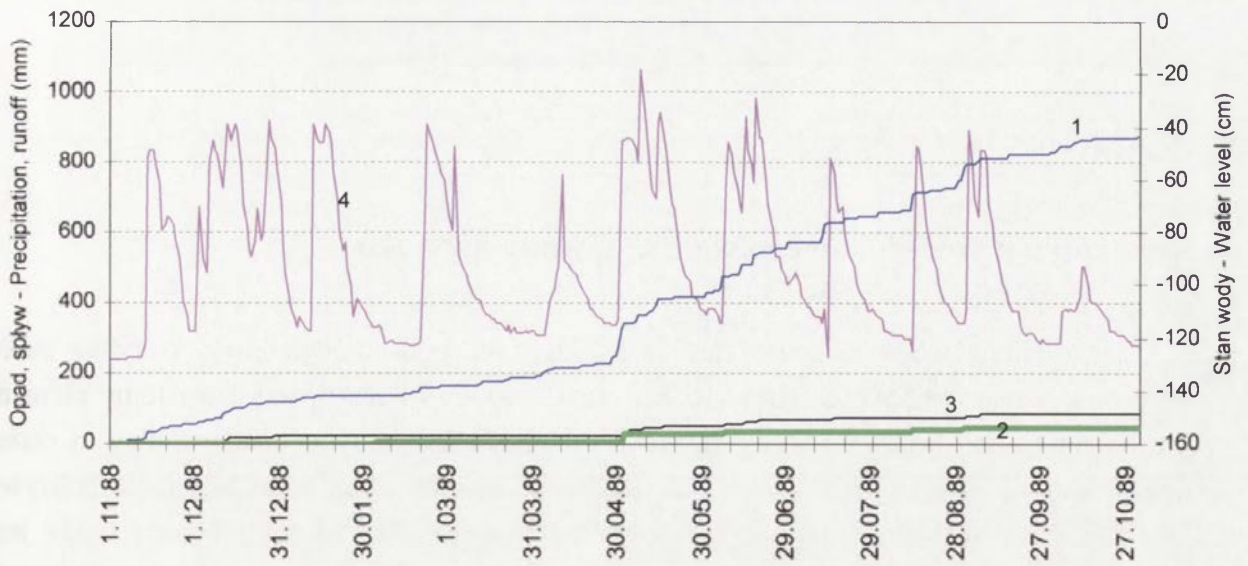
Ryc. 29. Krzywe kumulatywne opadu (1), spływu powierzchniowego z pola ze zbożem (2), spływu śródglebowego (3) oraz stanu wód gruntowych (4) w latach hydrologicznych 1986 i 1987

Cumulative curves of precipitation (1), overland flow from the corn field (2), subsurface runoff (3) and ground water level (4) during the hydrological years of 1986 and 1987

## Rok 1988 Year

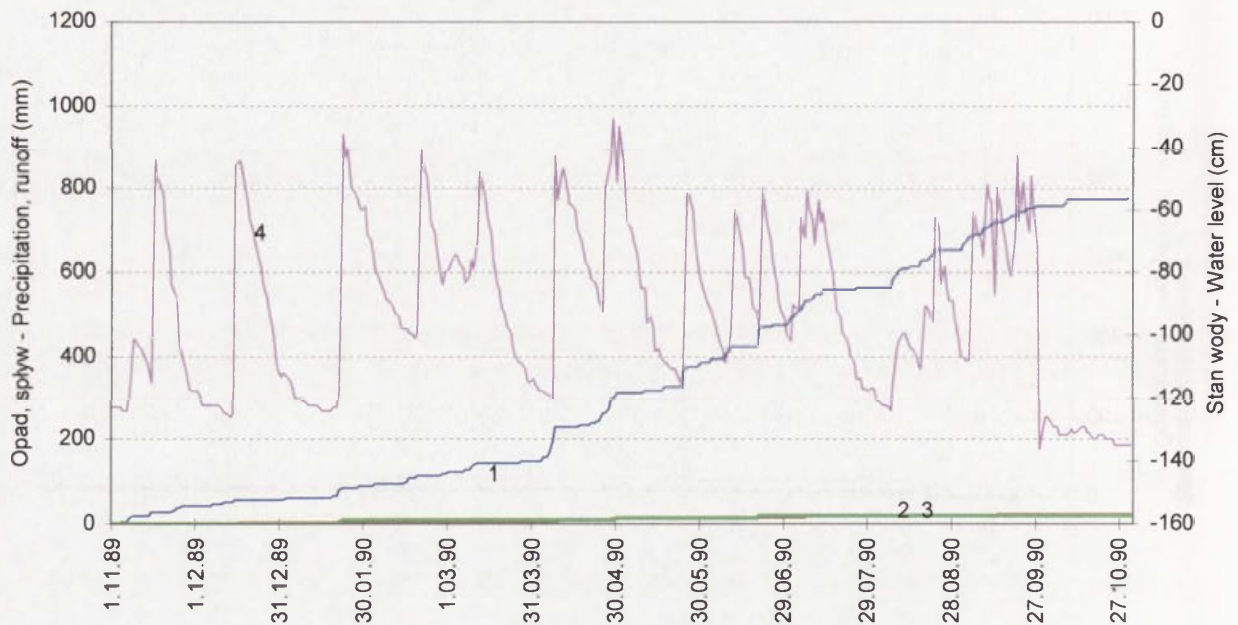


## Rok 1989 Year



Ryc. 30. Krzywe kumulatywne opadu (1), spływu powierzchniowego z pola ze zbożem (2), spływu śródglebowego (3) oraz stanu wód gruntowych (4) w latach hydrologicznych 1988 i 1989  
 Cumulative curves of precipitation (1), overland flow from the corn field (2), subsurface runoff (3) and ground water level (4) during the hydrological years of 1988 and 1989

## Rok 1990 Year



Ryc. 31. Krzywe kumulatywne opadu (1), spływu powierzchniowego z pola ze zbożem (2), spływu śródglebowego (3) oraz stanu wód gruntowych (4) w roku hydrologicznym 1990.

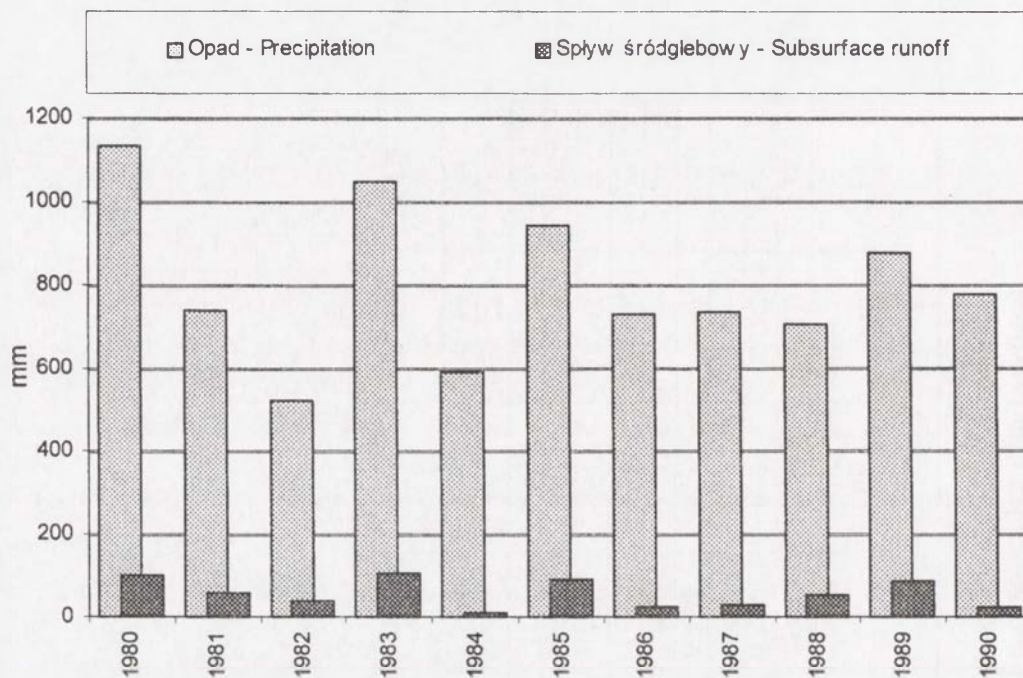
Cumulative curves of precipitation (1), overland flow from the corn field (2), subsurface runoff (3) and ground water level (4) during the hydrological year of 1990.

## Rola spływu śródglebowego w obiegu wody na stoku

W obiegu wody na stoku dużą rolę odgrywa spływ śródglebowy, który na stoku mierzony jest do głębokości 1m (tab. 22, ryc. 2, 26 - 34). Jest to bardzo istotny element „szybkiego” odprowadzania wody ze stoku podczas różnego typu opadów: ulew o dużej intensywności, opadów rozlewnych, jak i podczas opadów oraz podczas tajania pokrywy śnieżnej, które nie wywołują spływu powierzchniowego. Ten element obiegu wody jest najczęściej niemożliwy do oddzielenia przy analizie hydrogramu przepływu w korytach rzecznych, ze względu na jednoczesność występowania z wezbraniem wywołanym spływem powierzchniowym, a który w szczególnych przypadkach może stanowić główną składową fali wezbraniowej (Gil, Soja 1976). W latach 1980-1990 roczne sumy spływu śródglebowego wahały się od 8 do 100 mm (tab. 22).

Tabela 22. Miesięczne i roczne sumy spływu śródglebowego w latach hydrologicznych 1980-1990 (mm)  
 Monthly and annual totals of the subsurface runoff at the (hydrological years of 1980-1990) (mm)

Year	Miesiące - Months												Suma roczna
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Annual total
1980	13,859	4,497	0,014	0,882	3,579	9,527	0,094	9,964	27,493	11,531	1,868	17,218	100,975
1981	10,257	13,408	7,645	9,853	11,251	0,117	0,092	0,333	0,624	0,093	5,053	0,233	58,959
1982	12,572	6,933	13,362	-	7,440	0,021	0,090	-	0,157	-	-	-	40,554
1983	-	-	15,021	0,316	28,055	0,996	7,363	6,321	20,234	0,067	6,085	0,122	84,578
1984	0,061	0,555	0,104	0,239	0,009	0,648	0,879	1,192	3,518	-	0,587	0,208	7,999
1985	-	0,003	-	3,116	15,099	0,465	12,793	18,157	8,119	31,604	0,751	2,535	92,641
1986	3,000	11,737	1,757	0,008	2,656	0,07	1,355	2,350	2,563	0,247	-	-	25,679
1987	0,002	-	-	-	6,736	6,142	14,676	0,228	0,010	-	0,108	0,024	27,925
1988	4,607	39,891	0,422	0,793	6,729	0,106	0,003	-	1,755	0,009	0,014	0,173	54,503
1989	-	20,268	0,720	1,637	0,086	0,029	31,362	13,474	4,479	8,528	6,466	-	87,049
1990	0,534	2,742	2,274	0,158	0,489	8,077	0,069	2,255	1,653	0,156	5,445	0,041	23,895
<b>Srednia Mean</b>	<b>5,611</b>	<b>11,165</b>	<b>4,591</b>	<b>1,889</b>	<b>7,466</b>	<b>2,611</b>	<b>6,252</b>	<b>6,030</b>	<b>6,419</b>	<b>6,529</b>	<b>2,931</b>	<b>2,569</b>	<b>54,978</b>



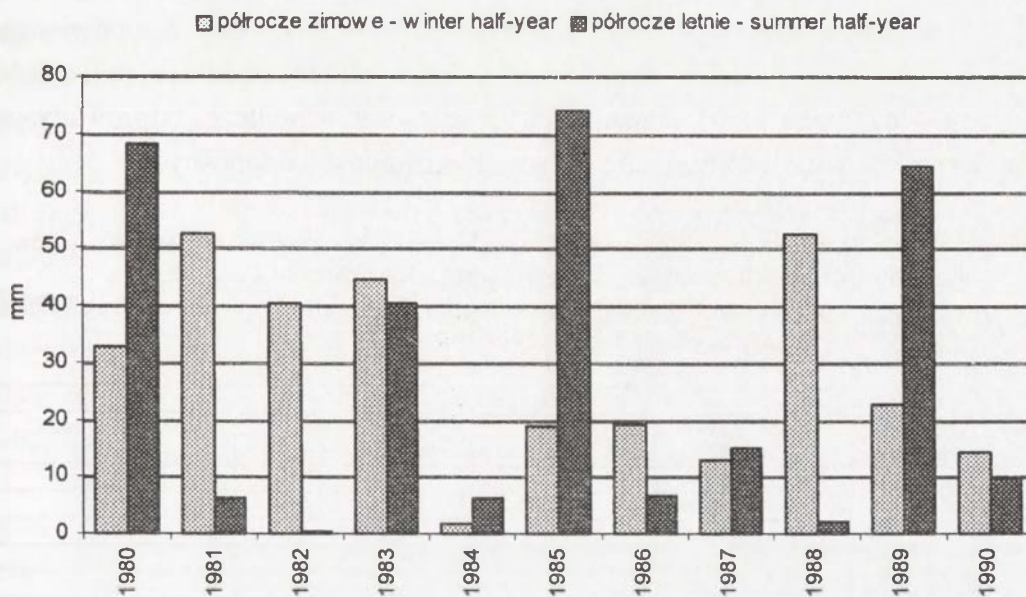
Ryc. 32. Roczne sumy opadów i spływu śródglebowego w latach hydrologicznych 1980-1990

Annual totals of precipitation and subsurface runoff during the hydrological years of 1980-1990

Najwyższy średni miesięczny spływ śródglebowy w latach 1980-1990 wynoszący 11,1 mm notowany jest w grudniu, (tab. 22), oraz następnie w marcu (7,4 mm), a więc w miesiącach zimowych i jest związany z odwilżami śródzimowymi i roztopami. Duży spływ śródglebowy, średnio miesięcznie powyżej 6 mm, notowany jest od maja do sierpnia. Znaczny jest również w listopadzie i styczniu (4 - 5 mm). W pozostałych miesiącach wynosi około 2 mm, z minimum w lutym. Jego średni udział w odprowadzaniu wody ze stoku wynoszący 54,97 mm w latach 1980-1990, w stosunku do opadów stanowił 6,8 %, a udział w uśrednionej wielkości spływu powierzchniowego - dla wszystkich użytków rolnych - wynoszącej 73,78 mm, aż 74 % (ryc. 34).

Na ryc. 32, 33, przedstawiono przebieg spływu śródglebowego w stosunku do opadów w poszczególnych latach okresu 1980-1990 oraz jego wzajemne relacje w półroczach zimowych i letnich. Wielkość spływu śródglebowego nawiązuje wyraźnie do wysokości opadów, wrastając wyraźnie z ich wysokością. Jednocześnie w latach o mniejszych opadach rocznych (poniżej średniej z wielolecia), spływ śródglebowy w półroczach zimowych jest większy aniżeli w półroczach letnich.





Ryc. 33. Sumy spływu śródglebowego w półroczu letnim i zimowym w okresie 1980-1990  
Totals of the subsurface runoff during the summer and winter half-years of 1980-1990

Wielkość spływu śródglebowego w niektórych latach przewyższa rozmiary spływu powierzchniowego. Dotyczy to zwłaszcza lat o niższej od średniej sumy opadów i z dużym udziałem opadów półrocza zimowego (tab. 23). Średnia wysokość spływu powierzchniowego w niżej prezentowanych tabelach różni się od średniej podanej przy omawianiu spływu powierzchniowego, z uwagi na brak w niektórych latach poletek z ziemniakami.

Tabela 23. Opad, spływ powierzchniowy, śródglebowy i erozja gleb; średnie wartości z wszystkich użytków rolnych, w latach hydrologicznych 1980-1990  
Precipitation, overland flow, subsurface runoff and soil erosion; mean values for the particular cultivated fields, during the hydrological years of 1980-1990

Rok Year	Proces - Process			
	Opad - Precipitation mm	Spływ powierzchniowy Overland flow mm	Spływ śródglebowy Subsurface runoff mm	Erozja - Erosion kg ha <sup>-1</sup>
1980	1148,1	250,13	100,97	14459,8
1981*	736,1	77,72	58,96	280,5
1982	530,3	36,90	40,57	1486,7
1983	1047,4	155,72	84,58	32390,6
1984*	587,2	7,99	8,00	17,6
1985*	952,6	141,31	92,64	2143,0
1986	735,0	38,62	25,68	1849,3
1987	732,7	37,22	27,92	10350,0
1988*	711,0	12,0	54,50	77,4
1989	873,0	38,61	87,04	4416,4
1990*	776,3	15,44	23,90	52,3
Średnia - Mean	802,7	73,78	54,97	6111,2

\* - bez poletka z ziemniakami - zimą z oranicą - without the potatoes field - in winter with ploughed field

W półroczach zimowych średnio ze stoku odprowadzane jest więcej wody spływem śródglebowym aniżeli spływem powierzchniowym (tab. 24). Takie proporcje odpływu wody wynikają z niegłębokiego na ogół przemarznięcia podłoża, częstych odwilży śródzimowych, prowadzących do zanikania zmarzliny, a także z powolnej dostawy wody z topniejącego śniegu lub opadów deszczu o małej intensywności, które nie przekraczają pojemności infiltracyjnej gleby. Umożliwia to wsiąkanie dużej ilości wody w podłoże, odprowadzanej spływem podpowierzchniowym oraz zasilanie głębszych poziomów wodonośnych.

Tabela 24. Opad, spływ powierzchniowy, śródglebowy, erozja gleb; średnie wartości z wszystkich użytków rolnych w półroczach zimowych, w latach hydrologicznych 1980-1990  
Precipitation, overland flow, subsurface runoff and soil erosion; mean values for the particular cultivated fields, during the winter half- years of 1980-1990

Rok Year	Proces - Process			
	Opad - Precipitation mm	Spływ powierzchniowy Overland flow mm	Spływ śródglebowy Subsurface runoff mm	Erozja - Erosion kg ha <sup>-1</sup>
1980	290,9	24,95	32,81	340,3
1981*	271,2	76,80	52,53	279,7
1982	243,3	36,07	40,33	793,2
1983	356,3	33,09	44,39	1563,8
1984*	122,0	1,62	1,61	9,0
1985	228,4	32,02	18,68	1927,7
1986	266,5	33,04	19,16	6,4
1987	253,8	5,71	12,88	18,2
1988	280,5	8,00	52,55	54,6
1989	275,9	4,23	22,74	27,8
1990*	310,6	11,16	14,28	19,7
<b>Średnia - Mean</b>	<b>253,6</b>	<b>24,24</b>	<b>28,36</b>	<b>458,2</b>

\* - brak poletka z oranicą - without the ploughed field

W letnich półroczach hydrologicznych spływ śródglebowy jest prawie dwukrotnie mniejszy od powierzchniowego (tab. 25).

Tabela 25. Opad, spływ powierzchniowy, śródglebowy i erozja gleb; średnie wartości z wszystkich użytków rolnych, w półroczach letnich, w latach hydrologicznych 1980-1990  
Precipitation, overland flow, subsurface runoff and soil erosion; mean values for the particular cultivated fields, during the summer half- years of 1980-1990

Rok Year	Proces - Process			
	Opad - Precipitation mm	Spływ powierzchniowy Overland flow mm	Spływ śródglebowy Subsurface runoff mm	Erozja - Erosion kg ha <sup>-1</sup>
1980	857,2	225,18	68,17	14119,5
1981*	287,0	0,92	6,43	0,8
1982	287,0	0,83	0,24	693,5
1983	691,1	122,62	40,19	30826,8
1984*	465,2	6,37	6,38	8,6
1985*	724,2	109,29	73,96	215,3
1986	468,5	5,57	6,51	1842,9
1987	478,9	31,50	15,05	10331,8
1988*	430,5	4,0	1,95	22,8
1989	597,1	34,38	64,31	4388,6
1990*	465,7	4,28	9,62	32,5
<b>Średnia - Mean</b>	<b>359,1</b>	<b>49,54</b>	<b>26,62</b>	<b>5680,3</b>

\* - bez poletka z ziemniakami - without the potatoes field

Największe różnice pomiędzy spływem powierzchniowym i śródglebowym w tym okresie występują w latach o przewadze opadów burzowych, o dużej intensywności, np. 1980, 1983, kiedy natężenie opadu jest wyższe od szybkości wsiąkania i nadmiar wody odprowadzany jest głównie spływem powierzchniowym. Jednocześnie, w czasie ulew o dużej wysokości, notowane jest największe natężenie spływu śródglebowego. W latach o małej intensywności opadów, spływ śródglebowy dominuje w odprowadzaniu wody ze stoków. Przykładem takiego kształtowania się obiegu wody na stoku użytkowanym rolniczo był 1974 rok (Gil, Starkel 1979), kiedy ogólna wysokość spływu śródglebowego wynosiła 85 mm, co stanowiło 63 % spływu powierzchniowego, czyli na poziomie lat wilgotnych (tab. 23). W 1974 r., opady od maja do października, osiągnęły wysokość 893 mm (czyli były wyższe od średniej rocznej); natomiast niska ich intensywność, przy długim czasie trwania, ułatwiała wsiąkanie wody w podłoże, co było przyczyną silnego rozwoju procesów grawitacyjnych w Karpatach.

Spływ śródglebowy jest więc elementem pośrednim pomiędzy spływem powierzchniowym, a odpływem gruntowym. Podczas opadów o dużej wysokości i natężeniu jest „składową” spływu powierzchniowego, odprowadzając część wody infiltrującej w podłoże. Natomiast podczas opadów o niskiej intensywności lub w czasie powolnego tajania pokrywy śnieżnej, jest „składową” odpływu gruntowego, odprowadzając wodę z podnoszącego się poziomu wód gruntowych. W sytuacjach szczególnych funkcjonują jednocześnie wszystkie elementy odprowadzania wody ze stoku. Podczas, gdy spływ powierzchniowy, w zależności od użytkowania, notowany był około 20 - 80 razy w ciągu roku, spływ śródglebowy trwa od około 170 do ponad 300 dni (tab. 3 - 13, ryc. 26 - 31).

Relacje pomiędzy opadami, spływem powierzchniowym, śródglebowym i stanami wód w pokrywach glebowych dla kolejnych lat od 1980 do 1990 przedstawiono na ryc. 26-31, gdzie dla spływu powierzchniowego przyjęto wielkość spływu na uprawach zbożowych, który reprezentuje wartości najbardziej zbliżone do średniego odpływu z całego stoku użytkowanego rolniczo.

## **Relacje pomiędzy opadem a obiegiem wody i spłukiwaniem na stoku**

Transformacja opadu w odpływ następuje w zależności od wielkości i natężenia dostawy wody. Może zaznaczyć się tylko w jednym z elementów transformacji: spływie powierzchniowym, spływie śródglebowym, odpływie gruntowym, lub we wszystkich tych elementach.

W okresie zimowym (śnieżnym) odpływ wody nie występuje bezpośrednio po opadzie, ale dopiero w czasie odwilży śródzimowych i roztopów wiosennych oraz zależy od stopnia przemarnięcia podłoża. W przypadku częstych i głębokich odwilży oraz niezamarzniętej gleby, co jest charakterystyczne dla pogórza karpackiego, reakcja w odpływie i w stanach wód gruntowych jest bardzo szybka.

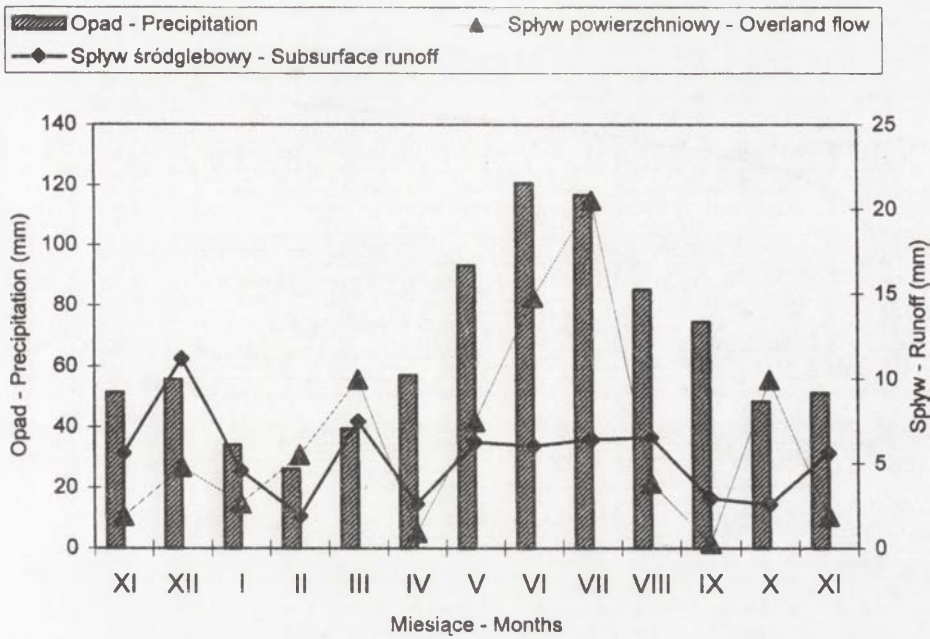
W okresie letnim (deszczowym), reakcja na opad w elementach transformacji w odpływ, następuje bardzo szybko. Nasycenie wodą pokryw glebowych jest stosunkowo szybkie, co jest wynikiem dość dużej wilgotności naturalnej gleb karpackich (duża zawartość frakcji ilastej) i ich niewielkiej miąższości. Zwierciadło wód gruntowych podnosi się najczęściej do głębokości około 40 cm, a okresowo nawet do powierzchni terenu. Podczas gdy spływ powierzchniowy kończy się w zasadzie z ustaniem opadów, spływ śródglebowy z malejącym natężeniem trwa znacznie dłużej.

Z podanych w tabelach wielkości spływu powierzchniowego i erozji gleb, uśrednionych dla wszystkich upraw na stokach użytkowanych rolniczo wynika, że głównym okresem zachodzenia procesów spływu powierzchniowego i spłukiwania są letnie półrocza hydrologiczne. Spływ powierzchniowy w półroczu letnim na stokach fliszowych użytkowanych rolniczo stanowi 74 % spływu rocznego, a spłukiwanie 93 %. Średnia wielkość wskaźnika denudacji w latach 1980-1990, dla wszystkich upraw wynosiła 0,3 mm w roku. Na tak stosunkowo wysoki współczynnik denudacji główny wpływ ma spłukiwanie na uprawach okopowych latem i na zbożach ozimych w okresie zimowym. Spłukiwanie w okresie letnim związane jest przede wszystkim z opadami ulewnymi, podczas których rozmiary erozji stanowią 95 - 99 % ogólnej erozji rocznej. Na takie rozmiary spłukiwania ma wpływ zarówno energia kropel deszczu, jak i natężenie spływu powierzchniowego (Gil, 1985). Szczególnym przypadkiem były rozmiary spłukiwania 19.06.1983 r., na uprawach ziemniaczanych, wynoszące 59 ton ha<sup>-1</sup>, (wskaźnik denudacji - 2,95 mm), które prawie dwa razy przewyższają średnie spłukiwanie w całym 10-leciu na uprawach okopowych. Te pojedyncze przypadki, o prawdopodobieństwie rzędu 3-5 %, decydują o współczesnym przeobrażaniu stoków. Był to najwyższy wskaźnik spłukiwania zanotowany od rozpoczęcia w 1968 r. pomiarów w Szymbarku (Gil 1985; 1986; Starkel, Gil 1994).

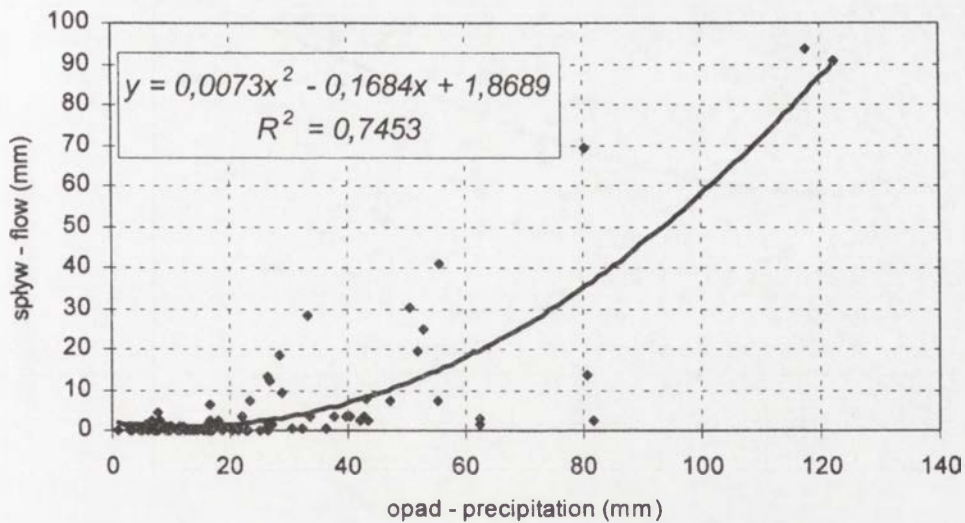
Funkcje opisujące zależności: opad - spływ powierzchniowy, opad - erozja, spływ - erozja, dla wszystkich zarejestrowanych procesów w latach 1980-1990, na poletkach o różnym użytkowaniu, w letnich półroczach hydrologicznych, przedstawiają ryc. 35 - 46. Równania regresji i współczynniki korelacji obliczone zostały dla zbiorów zawierających od 50 do 200 obserwacji, dlatego też dla większości funkcji stopień istotności wynosi poniżej 0,1%, z wyjątkiem relacji opad - erozja na poletku z koniczyną, gdzie kształtuje się w zakresie 1-5 %.

Relację pomiędzy opadem, a spływem powierzchniowym najlepiej opisuje równanie stopnia drugiego. Współczynniki korelacji są wysokie, a najwyższy,  $r = 0,86$  występuje na uprawach ziemniaczanych. Na wszystkich pozostałych użytkach jest prawie jednakowy i wynosi,  $r = 0,77$ .

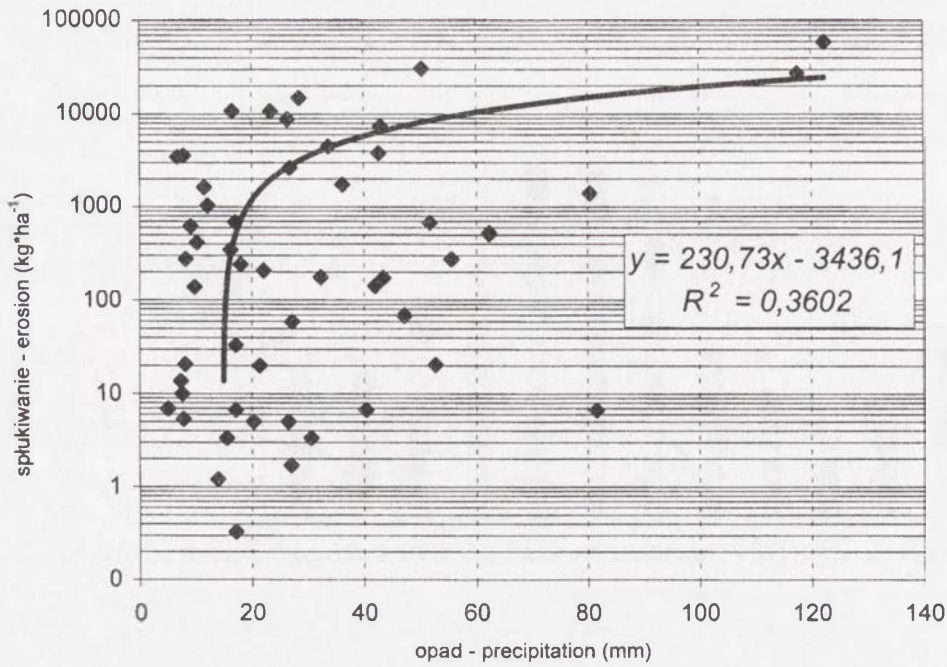
Zależność pomiędzy opadem, a erozją gleby jest bardziej zróżnicowana i na różnie użytkowanych powierzchniach opisują ją równania innego typu. Na uprawach ziemniaczanych jest to równanie typu  $y = ax + b$ , na uprawach zbożowych i koniczynie funkcja potęgowa o podstawie „e”, na łące funkcja stopnia drugiego. Współczynniki korelacji jednak są nieco niższe, aniżeli w relacji opad - spływ i wynoszą od  $r = 0,60$  na zbożu i ziemniakach, do  $r = 0,7$  na łące. Najniższy współczynnik,  $r = 0,34$  dotyczy koniczyny.



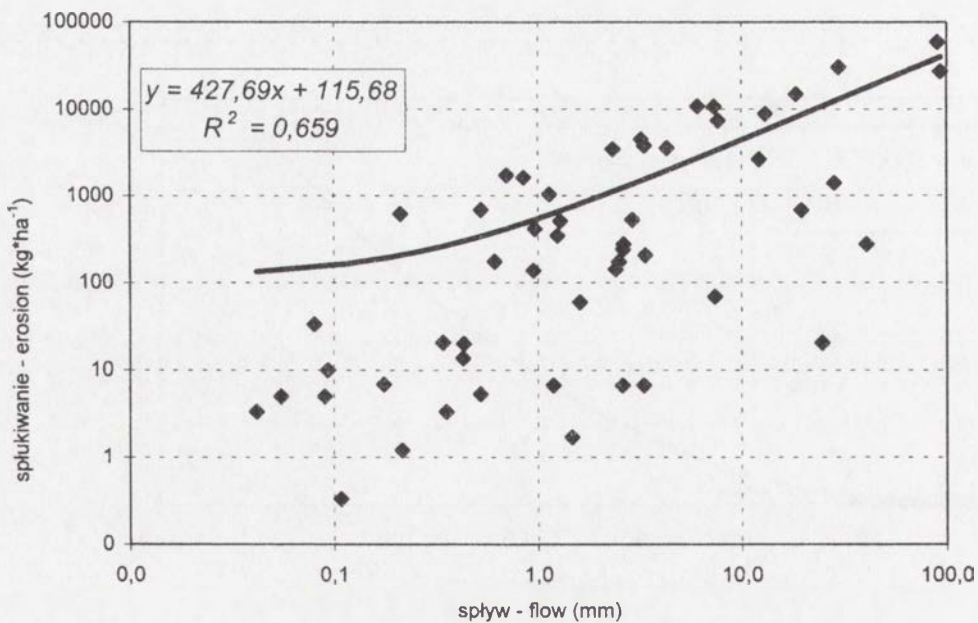
Ryc. 34. Średnie miesięczne sumy opadów, splywu powierzchniowego i śródglebowego na stoku użytkowanym rolniczo w latach hydrologicznych 1980-1990 (w mm)  
 Mean monthly total of precipitation, surface and subsurface runoff on the cultivated slope at the particular hydrological years of 1980-1990 (in mm)



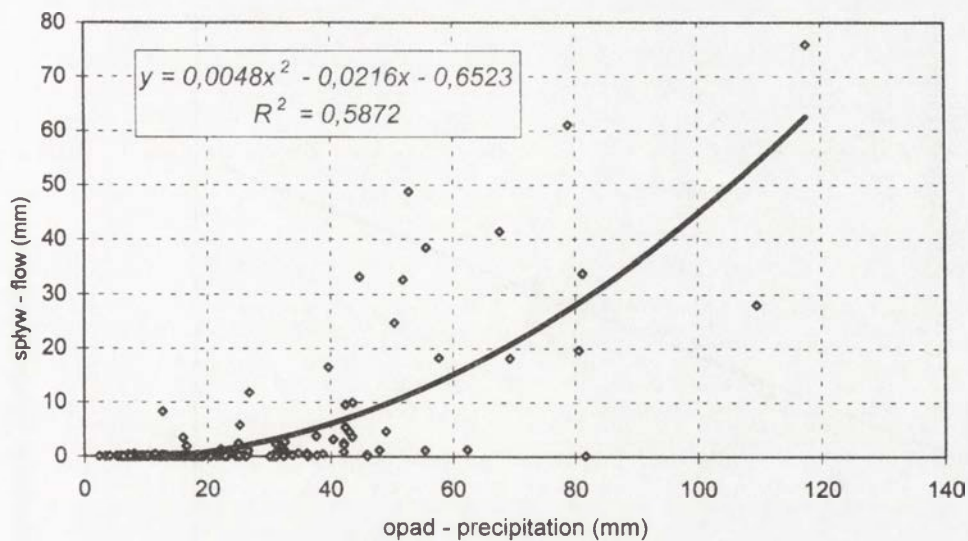
Ryc. 35. Zależność splywu powierzchniowego od opadu na polu ziemniaków (1980-1990)  
 Dependence of the overland flow from the precipitation on the potatoes field (1980-1990)



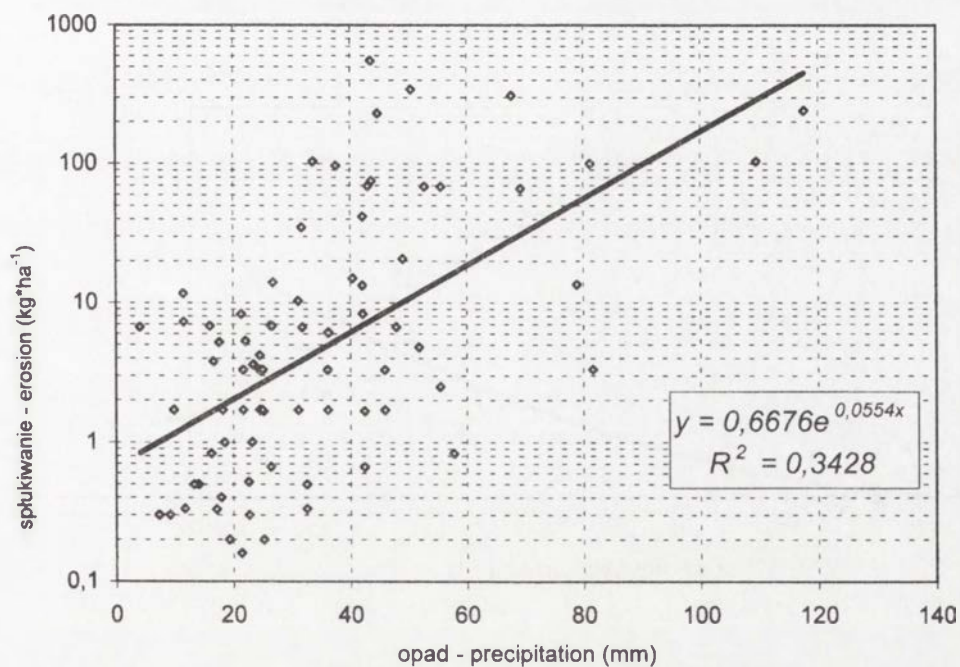
Ryc. 36. Zależność splukiwania od opadu na polu ziemniaków (1980-1990)  
Dependence of the soil erosion from the precipitation on the potatoes field (1980-1990)



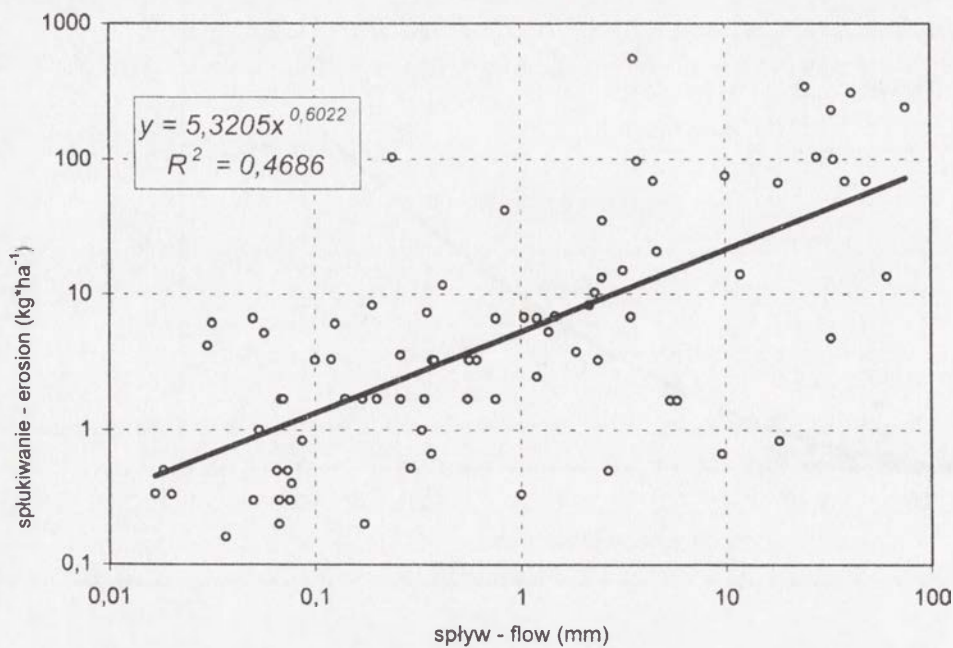
Ryc. 37. Zależność splukiwania od spływu powierzchniowego na polu ziemniaków (1980-1990)  
Dependence of the soil erosion from the overland flow on the potatoes field (1980-1990)



Ryc. 38. Zależność spływu powierzchniowego od opadu na uprawach zbożowych (1980-1990)  
Dependence of the overland flow from the precipitation on the corn field (1980-1990)

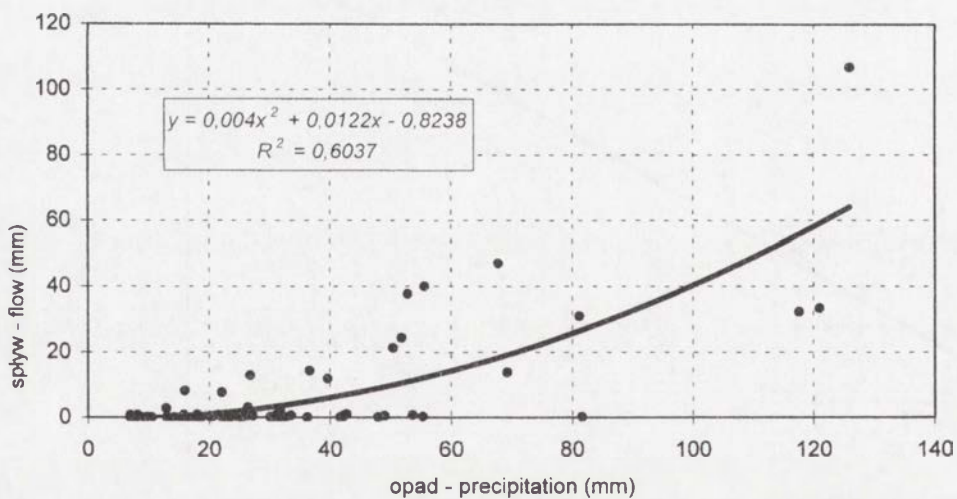


Ryc. 39. Zależność spłukiwania od opadu na uprawach zbożowych (1980-1990)  
Dependence of the soil erosion from the precipitation on the corn field (1980-1990)



Ryc. 40. Zależność spłukiwania od spływu powierzchniowego na uprawach zbożowych (1980-1990)

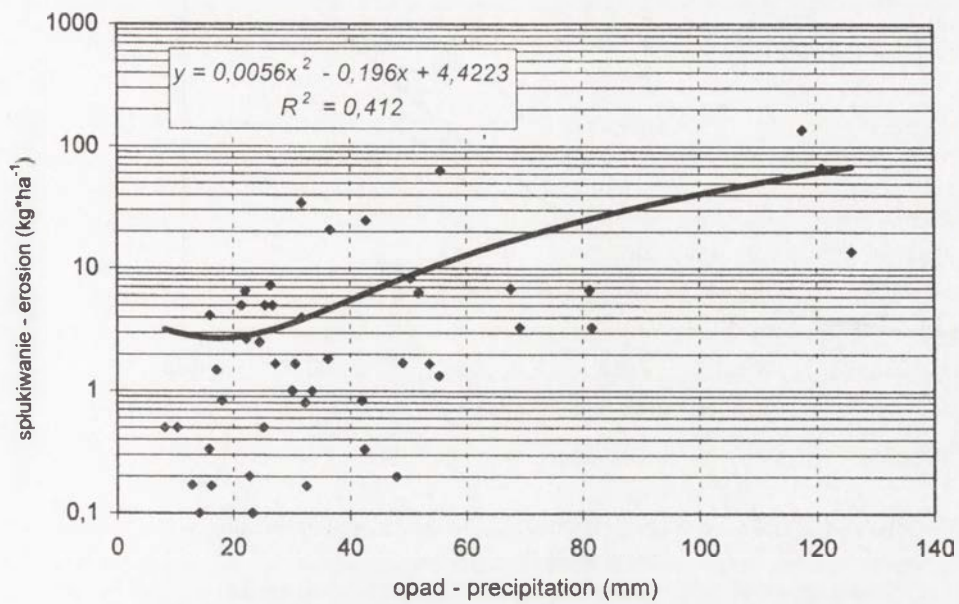
Dependence of the soil erosion from the overland flow on the corn field (1980-1990)



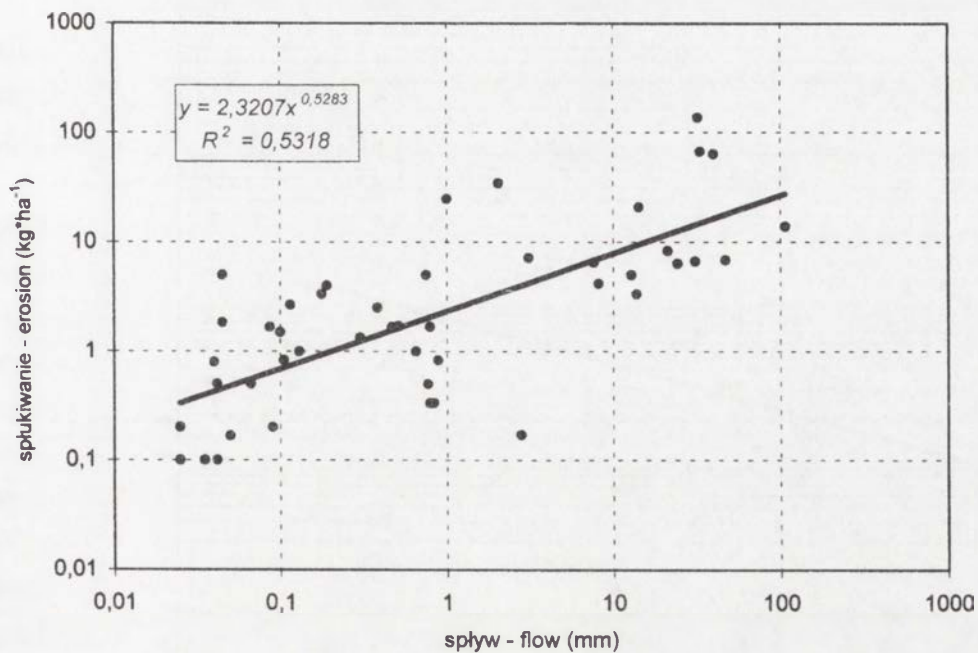
Ryc. 41. Zależność spływu powierzchniowego od opadu na łące (1980-1990)

Dependence of the overland flow from the precipitation on the meadow (1980-1990)

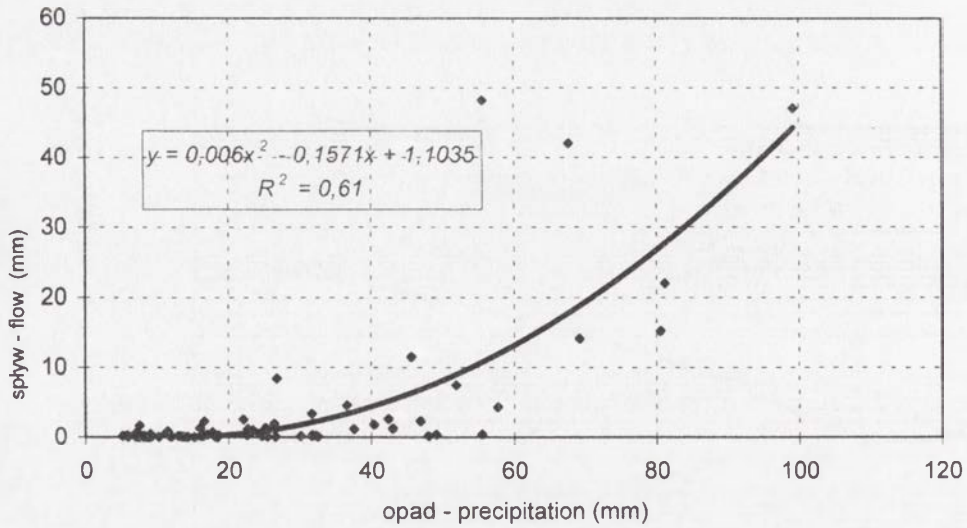




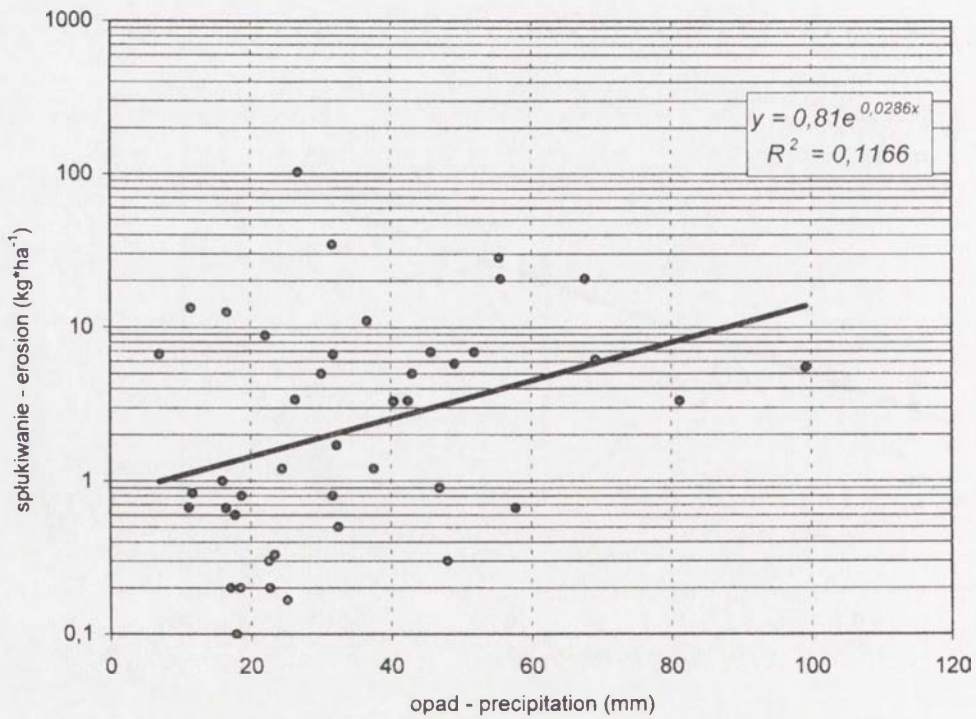
Ryc. 42. Zależność spłukiwania od opadu na łące (1980-1990)  
Dependence of the soil erosion from the precipitation on the meadow (1980-1990)



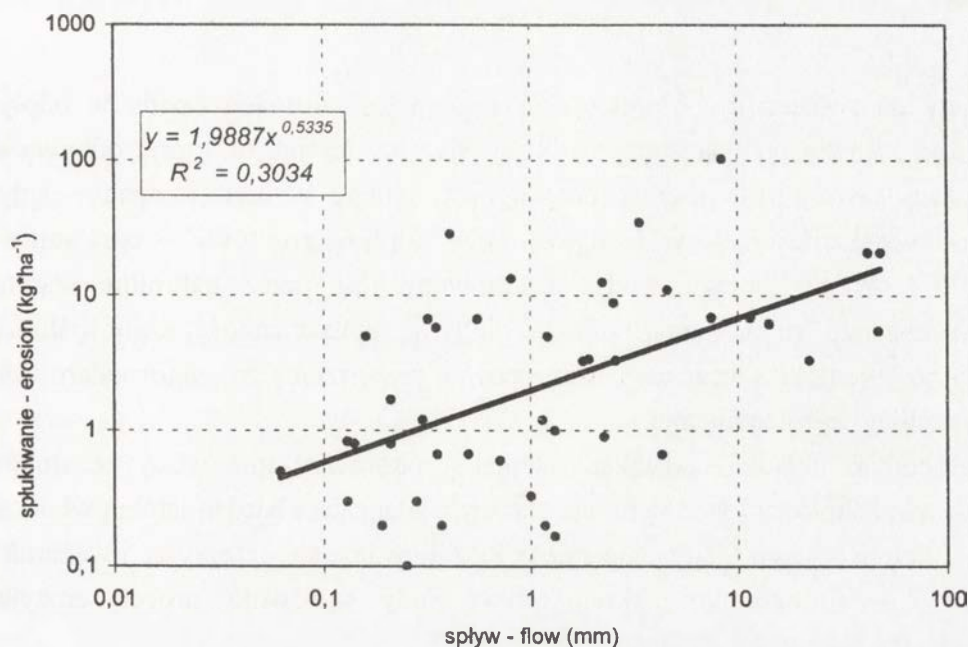
Ryc. 43. Zależność spłukiwania od spływu powierzchniowego na łące (1980-1990)  
Dependence of the soil erosion from the overland flow on the meadow (1980-1990)



Ryc. 44. Zależność spływu powierzchniowego od opadu na polu koniczyny (1980-1990)  
Dependence of the overland flow from the precipitation on the clover field (1980-1990)



Ryc. 45. Zależność spłukiwania od opadu na polu koniczyny (1980-1990)  
Dependence of the soil erosion from the precipitation on the clover field (1980-1990)



Ryc. 46. Zależność spłukiwania od spływu powierzchniowego na polu koniczyny (1980-1990)  
Dependence of the soil erosion from the overland flow on the clover field (1980-1990)

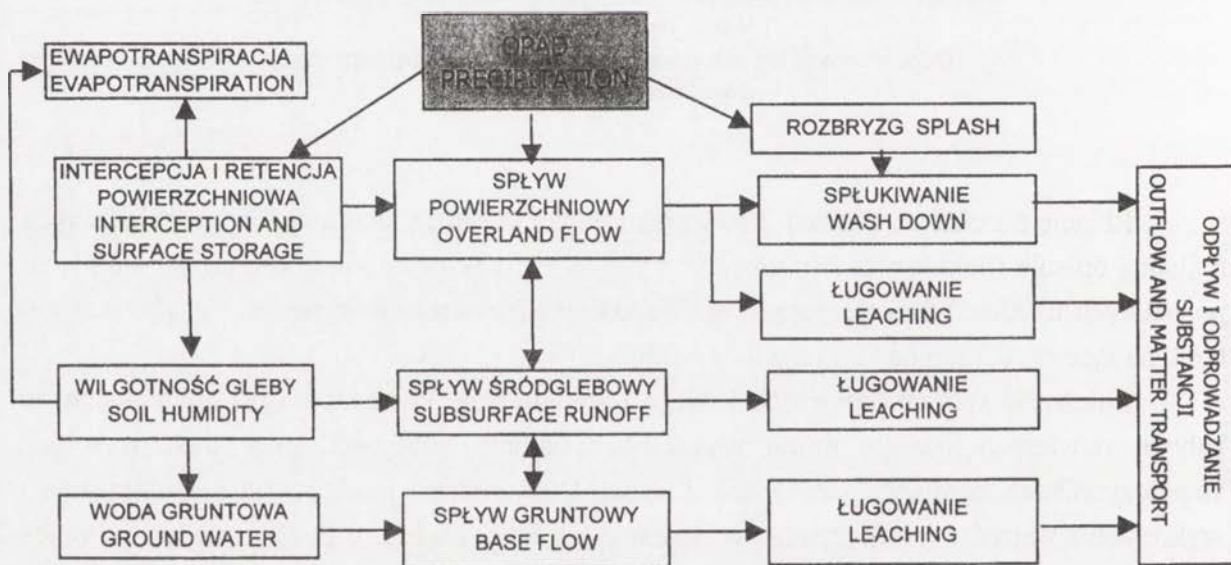
Relację pomiędzy spływem powierzchniowym, a erozją na uprawach ziemniaczanych najlepiej opisuje funkcja prostoliniowa typu  $y = ax + b$ , a współczynnik korelacji  $r = 0,81$ , na pozostałych użytkach funkcje potęgowe. Współczynniki korelacji wynoszą: na zbożach  $r = 0,68$ , na łące  $r = 0,72$ , a na koniczynie  $r = 0,55$ .

Zależność spływu powierzchniowego i spłukiwania od opadów oraz spłukiwania od spływu powierzchniowego, mimo wysokiego poziomu istotności, przy dość wysokich współczynnikach korelacji, jest bardzo złożona. Duży rozrzut punktów na prezentowanych wykresach i wartości współczynników determinacji  $R^2$ , świadczą o dużym wpływie innych czynników oddziałujących równocześnie na przebieg tych procesów, do których należą wspomniane już poprzednio, zmieniające się w letnim półroczu hydrologicznym warunki stanu podłoża, fazy rozwoju roślin, częstotliwość i wysokość opadów oraz zabiegi agrotechniczne, które szacowane są za pomocą różnego rodzaju współczynników (Wischemeier, Smith 1965). Z przedstawionych zależności wynika, że rozmiary spłukiwania w nieco większym stopniu zależą od wielkości spływu powierzchniowego aniżeli od wysokości opadów.

## Podsumowanie

Obieg wody na stokach jest zasadniczym etapem transformacji opadu w odpływ (Słupik 1973). Stoki zajmują przeważającą część powierzchni terenu, na której odbywa się rozdział dostarczonej wody na poszczególne ogniwa obiegu w relacji: opad – spływ powierzchniowy – wsiąkanie – spływ śródglebowy – odpływ gruntowy – parowanie – transpiracja (ryc.47). Proces obiegu wody kształtowany jest przez naturalne warunki środowiska przyrodniczego (m.in. rodzaj podłoża, gleby, przepuszczalność, szatę roślinną i zmiany wegetacyjne, warunki termiczne) oraz sposób przestrzennego zagospodarowania ziemi i stosowane zabiegi agrotechniczne.

W tym złożonym układzie „szybkie” elementy odprowadzania wody ze stoków, jakimi są spływ powierzchniowy i śródglebowy, stanowią znaczącą i bardzo istotną wielkość, tym bardziej, że od ich przebiegu i natężenia zależy kształtowanie się przepływu i wezbrań w korytach rzek i potoków. Integralnym efektem spływu wody są również procesy erozyjne, przeobrażające powierzchnię stoków (Starkel 1979).



Ryc. 47. Schemat obiegu wody i substancji na stokach (Słupik 1989; Gil, Starkel 1994, zmienione)  
Scheme of the water and matter circulation on the slopes (Słupik 1989; Gil, Starkel 1994, changed).

Lata hydrologiczne 1980-1990 charakteryzowały się bardzo dużą zmiennością warunków opadowych. Roczne sumy opadów wynosiły od 1148 mm (1980) do 530 mm (1982) i były podobne do zarejestrowanych w 30-leciu (1968-1997), w którym tylko najwyższa suma roczna z 1974 r. – 1164 mm – przekraczała nieznacznie najwyższą wartość charakteryzowanego okresu (Gil, Starkel 1994). Średnia roczna suma opadów w latach 1980-1990, wynosząca 799 mm, była również nieznacznie niższa od średniej z 30-lecia - 811 mm. Występowały ulewy o wysokości 60-90 mm i prawdopodobieństwie rzędu 3-5 %, a w porównaniu z poprzednimi latami, nie było wysokich kilkudniowych deszczów rozlewnych o sumie przekraczającej 150 mm. Okresy zimowe charakteryzowały się na ogół małą pokrywą śnieżną i niegłębokim przemarzeniem podłoża, a oba te zjawiska miały nietrwały przebieg, przedzielane częstymi odwilżami. Zróznicowanie okresów zimowych lat 1980-1990 charakteryzują skrajne warunki zimy w 1985 r., o średnich temperaturach stycznia i lutego wynoszących  $-8,4^{\circ}\text{C}$  oraz bardzo ciepła zima w 1988 r., kiedy średnie temperatury wszystkich miesięcy zimowych były dodatnie. Te wszystkie czynniki miały wpływ na obieg wody i spłukiwanie gleby na stokach.

Wielkość spływu powierzchniowego i spłukiwania nawiązuje do sposobu użytkowania ziemi. W okresach rocznych lat 1980-1990 największy spływ powierzchniowy i spłukiwanie występowały na uprawach ziemniaczanych, wynosząc średnio  $14,1\%$  opadów i  $34\text{ ton ha}^{-1}$ , podczas gdy na pozostałych użytkach rolnych  $9\%$  opadów i około  $1\text{ tony ha}^{-1}$ , a na łące  $0,06\text{ ton ha}^{-1}$ . W porównaniu z okresem lat 70. spływ powierzchniowy na uprawach ziemniaczanych był wyższy o  $3\%$ , a spłukiwanie o  $10\text{ ton ha}^{-1}$ . Na uprawach zbożowych i łące spływ powierzchniowy był podobnych rozmiarów, natomiast rozmiary spłukiwania 3 razy wyższe. Spływem śródglebowym w latach 1980-1990 do głębokości 1 m odprowadzane było średnio rocznie  $6,8\%$  opadów, natomiast w poprzednim 10-leciu  $5,6\%$ . Przyczyną tych różnic był przebieg procesów głównie w zimowych półroczach hydrologicznych – śnieżna zima 1976 r., śnieżne i odwilżowe zimy lat 1978 i 1979, wysokie opady w październiku w 1974 r. oraz wyższe i gwałtowne ulewy w latach 80. (Gil, Starkel 1979; Gil 1986; Starkel, Gil 1994).

Zimowe półrocza hydrologiczne charakteryzują się podobną wielkością spływu powierzchniowego na wszystkich użytkach rolnych i małym lub średnim natężeniem, a średnia jego wielkość jest mniejsza od spływu śródglebowego. Natomiast półrocza zimowe są okresem o największym spłukiwaniu gleby na uprawach zbożowych.

Letnie półrocza hydrologiczne charakteryzują się największą dynamiką zarówno spływu wody, jak i przebiegiem procesów erozyjnych oraz największym jego zróżnicowaniem w zależności od sposobu użytkowania ziemi oraz wysokości i natężenia opadów. Podczas krótkotrwałych, intensywnych opadów burzowych, notowany jest spływ powierzchniowy typu „hortonowskiego”, który występuje przede wszystkim na uprawach okopowych i powierzchniach z rzadką roślinnością. Podczas ulew o dużej wysokości i deszczów rozlewnych wielkość spływu powierzchniowego na wszystkich użytkach rolnych jest podobna, chociaż natężenie jest różne, podczas tych pierwszych dochodzące do  $14\text{ m}^3\text{ x min}^{-1}\text{ ha}^{-1}$ . W takich warunkach, przy pełnym nasyceniu podłoża wodą, również natężenie

splywu śródglebowego osiąga największe rozmiary, a jego udział w odpływie wody ze stoków jest znaczny. We wszystkich przypadkach spłukiwanie gleby jest największe na uprawach ziemniaczanych.

Transport materiału na stoku odbywa się zwykle na krótkie odległości, a akumulacja następuje w obrębie pól z gęstą roślinnością, na częściach stoków o mniejszym nachyleniu, lub u ich podnóży. Na dno dolin lub do koryt rzecznych odprowadzany jest materiał podczas gwałtownych ulew i deszczów rozlewnych, w czym główną rolę odgrywają zarówno naturalne rozcięcia erozyjne, jak i drogi polne (Froehlich, Słupik 1980; Słupik 1981; Froehlich 1982).

Równania regresji obliczone dla relacji: opad – spływ powierzchniowy, opad – spłukiwanie i spływ – spłukiwanie, opisujące związek przyczynowy pomiędzy tymi procesami, mimo wysokiego poziomu istotności, wskazują na wielką złożoność procesów i jednoczesne działanie różnych czynników.

W obiegu wody na stoku znaczącą rolę odgrywa spływ śródglebowy, którego udział w odpływie ze stoków do koryt rzecznych wynosi ponad 6% opadów, a jego udział w półroczach zimowych jest wyższy średnio od spływu powierzchniowego.

Gwałtowne ulewy, mające charakter opadów ekstremalnych, o prawdopodobieństwie występowania poniżej 10 %, mają decydujące znaczenie dla wielkości obiegu wody na stokach, a zwłaszcza dla rozwoju procesów erozyjnych i kształtowania fal wezbraniowych w korytach rzecznych małych i średnich zlewni.

## **Od Autora**

**Dziękuję koleżankom i kolegom za pomoc podczas prowadzenia badań, a w szczególności dr. R. Soji za inicjatywę wydawniczą oraz mgr. W. Bochenkowi i prof. dr. hab. T. Niedźwiedziowi za statystyczne i graficzne opracowanie materiałów. Prof. dr. hab. L. Starkłowi dziękuję za cenne i wnikliwe uwagi wniesione do opracowania.**

## Literatura

- Adamczyk B., Maciaszek W., Januszek K., 1973, *Gleby gromady Szymbark i ich wartość użytkowa*, Dok. Geogr. 1, 15-72.
- Figuła K., 1960, *Erozja w terenach górskich*, Wiad. IMUZ, 1, 4, 109-147.
- Gerlach T., 1976, *Współczesny rozwój stoków w Polskich Karpatach Fliszowych*. Prace Geogr. 122.
- Froehlich W., 1981, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwierzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Prace Geogr. 143.
- Froehlich W., Słupik J., 1980, *Drogi polne jako źródła dostawy wody i zwierzelin do koryta cieków*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 235, 257-268.
- Gil E., 1976, *Splukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku*, Dok. Geogr. 2.
- Gil E., 1979, *Typologia i ocena środowiska geograficznego okolic Szymbarku*, Dok. Geogr. 5.
- Gil E., 1985, *Ruissellement et érosion sur les versants du flysch d'après les résultats de parcelles expérimentales*, Bull. Assoc. Géogr. Franc. 5, 451-456.
- Gil E., 1986, *Rola użytkowania ziemi w przebiegu spływu powierzchniowego i splukiwania na stokach fliszowych*, Przegl. Geogr. 58, 51-65.
- Gil E., 1998, *Spływ wody i procesy geomorfologiczne w zlewniach fliszowych podczas gwałtownej ulewy w Szymbarku w dniu 7 czerwca 1985 roku*, Dok. Geogr. 11, 85-107.
- Gil E., Słupik J., 1972a, *The influence of the plant cover and land use on the surface run-off and wash down during heavy rain*, Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan. 6, 181-190.
- Gil E., Słupik J., 1972b, *Hydroclimatic conditions of slope wash during snow melt in the Flysch Carpathians*. Université de Liège, 67, 75-90.
- Gil E., Soja R., 1976, *Udział spływu powierzchniowego w całkowitym odpływie ze zlewni fliszowej*, Zesz. Nauk. Politech. Krak. Bud. Wod. i Inż. Sanit. 3, 24.
- Gil E., Starkel L., 1979, *Long-term extreme rainfalls and their role in the modelling of flysch slopes*, Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan. 13, 207-220.
- Kotarba A., 1970, *Charakterystyka rzeźby okolic Szymbarku*, Dok. Geogr. 3, 7-24.
- Lorenc H., 1998, *Ocena stopnia realizacji programu: „Obserwacje meteorologiczne i badania klimatyczne w systemie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego” oraz synteza uzyskanych wyników badań za okres 1994-1997*, Biblioteka Monitoringu Środowiska: Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski, IX Sympozjum ZMŚP, 115-118.
- Słupik J., 1973, *Zróźnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*, Dok. Geogr. 2.
- Słupik J., 1981, *Rola stoku w kształtowaniu odpływu*, Prace Geogr. 142.
- Starkel L., 1979, *On some questions of the contemporary modelling of slopes and valley bottoms in the flysch Carpathians*, Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan. 13, 191-206.
- Starkel L., Gil E., 1994 (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Stacja Bazowa Szymbark (Karpaty Fliszowe)*, Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- Świdziński H., 1973, *Budowa geologiczna i roponośność rejonu Szymbarku koło Gorlic. Z badań geologicznych w Karpatach*, Prace Geol. 80, 11-61.
- Wischniowski W.H., Smith D.D., 1965, *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains*, Agriculture Handbook 573, USDA-ARS.

**Water circulation and wash down on the flysch slopes used for farming purposes in 1980-1990 years  
(results of investigation on experimental plots at Research Station of Institute of Geography  
and Spatial Organization in Szymbark)**

Summary

Paper presents results of investigations on water circulation and wash down on flysch slopes used for farming purposes, carried out from 1968 at Research Station of Institute of Geography and Spatial Organization in Szymbark. The area of investigation situated on the boundary between the Carpathian Foothills and the Lower Beskid – mountain range (Flysh Carpathians), at the altitude of 300-750 m above the sea level. Mean annual temperature (1968-1997) at the altitude of 325 m achieved 7,6°C, and annual total of precipitation 811 mm. During the analysed period of 1980-1990 existed there very different thermic and precipitation conditions, but typical for the last 30 years. The extreme climatic conditions were represented by the cool and wet years of 1980 and 1985, with the annual temperature 6,4 – 6,5°C and precipitation amount of 1148 - 1057 mm. The warm years were characterised by the annual temperature of 8,6°C (1983, 1989-1990) and low precipitation about 530 mm (1982) (Table 1, 2).

The investigations of water circulation and wash down were carried out on the experimental plots (60x10m) (Figs 1, 2), on the slope inclined 11°. Bedrock of the slope consists of the layers of the inoceramic strata of sandstone and shells, with weathering cover about 2,5 m deep.

Natural conditions and spatial organisation together with the type of land-use influenced the processes of the water circulation and soil erosion on the slopes. The greatest values of overland flow (15% of precipitation on the average) and soil erosion (34 ton ha<sup>-1</sup> on the average) were observed on the fields with low plant density, represented by the potatoes field (ploughed field in winter, Table 15-17). On the corn fields and meadows mean annual overland flow reached above 9% and soil erosion, 1,0 and 0,06 ton ha<sup>-1</sup> respectively.

During the short thunderstorm showers the overland flow and soil erosion were noticed only on the potatoes field. During the showers with large amount and intensity of rainfall (50 - 100 mm, max. intensity 1-3 mm min<sup>-1</sup>), the amount of the overland flow less depends on the type of the plant cover. But the intensity of the overland flow (14 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) and soil erosion (above 50 ton ha<sup>-1</sup>, Table 6, 20) were the highest. During the long-duration rainfalls the processes of the overland flow and soil erosion were less intense and less depended on the plant cover. In these situations the outflow of the water in relation to precipitation was the greatest. During the winter season the overland flow and soil erosion depended on the intensity of snow thawing and the depth of frozen soil as well as on the intensity of soil thaw. The amount of the overland flow was similar at the different fields, as well as the intensity of soil erosion on the ploughed field and winter corn fields (Table 16).

The significant role in the total outflow of the water from the slopes plays the subsurface runoff, measured on the level of 1 m. During the annual period its amount covered above 6% of precipitation. During the winter season the subsurface runoff is greater than the overland flow (Table 15, 16, 19, 20, 22; Figs 32, 33).

The correlation between the precipitation and overland flow and soil erosion has the relatively high level of significance. But the course of these processes depends on the simultaneous influence of different factors (Figs 35-46). The highest influence on the slope modelling by the soil erosion has the strong downpours with probability of occurrence below 10%.



**ZESZYTY IGiPZ PAN**  
**1991-1999**

**1991**

1. TERESA KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA – **Antropoklimat Polski.**
2. GRZEGORZ WĘCŁAWOWICZ – **Zróżnicowania społeczno-przestrzenne w aglomeracji warszawskiej (1978 i 1988).**
3. PIOTR EBERHARDT – **Rozmieszczenie i dynamika ludności wiejskiej w Europie środkowo-wschodniej w XX wieku.**
4. LESZEK STARKEL, BARBARA OBREŃSKA-STARKŁOWA – **Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego.**

**1992**

5. KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK, BARBARA KRAWCZYK, JÓZEF SKOCZEK – **Badania topoklimatyczne i mikroklimatyczne w różnych strefach klimatycznych.**
6. TERESA KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA – **Uwagi o metodach badań klimatu miast;**  
KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK – **Wpływ urbanizacji na lokalne warunki bioklimatyczne;**  
JACEK PIWOWARCZYK – **Wpływ rzeźby terenu na bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Zakopanem.**
7. ROMAN SZCZĘSNY – **Produktywność ziemi w rolnictwie indywidualnym w Polsce. Przestrzenne zróżnicowanie i przemiany w latach 1938-1988;**  
WŁADYSŁAWA STOLA, ROMAN SZCZĘSNY – **Funkcje podstawowe gmin a typy rolnictwa indywidualnego.**
8. KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK – **Bioklimatyczna analiza warunków pogodowych w Polsce.**
9. BENICJUSZ GŁĘBOCKI – **Organizacja przestrzenna rolnictwa indywidualnego w gminie Wolsztyn;** WIESŁAWA TYSZKIEWICZ, K. ZELENSKY – **Typy rolnictwa uspołecznionego Słowacji.**
10. ANDRZEJ WERWICKI – **Zatrudnienie w usługach wybranych krajów środkowoeuropejskich pod koniec nakazowo-rozdzielczego systemu gospodarczego; Rozwój usług rynkowych w wybranych krajach środkowoeuropejskich w ostatniej dekadzie istnienia nakazowo-rozdzielczego systemu gospodarczego.**
11. STANISŁAW MISZTAŁ – **Przemiany strukturalne w przemyśle aglomeracji warszawskiej.**

**1993**

12. ZYGMUNT BABIŃSKI – **Stopień wodny Ciechocinek i jego zbiornik Nieszawa – prognoza zmian środowiska geograficznego;**  
PIOTR GIERSZEWSKI – **Denudacja chemiczna w zlewni Rudy.**

13. **ANDRZEJ GAWRYSZEWSKI – Struktura przestrzenna zatrudnienia i bezrobocia w Polsce 1990-1992.**
14. **MAREK SOBCZYŃSKI – Trwałość dawnych granic państwowych w krajobrazie kulturowym Polski.**
15. **PIOTR KORCELLI i inni – Program rozwoju Warszawy. Synteza.**
16. **TADEUSZ GERLACH i inni – Nowe dane o pokrywie karpackiej odmiany lessów w Humniskach koło Brzozowa (1992).**
17. **ROMAN SZCZĘSNY – Poziom produkcji towarowej rolnictwa indywidualnego w Polsce. Przestrzenne zróżnicowanie i przemiany w latach 1960-1988.**
18. **TERESA KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA; DANUTA LIMANÓWKA; TADEUSZ NIEDŹWIEDŹ; ZBIGNIEW USTRNUL; STANISŁAW PACZOS – Charakterystyka termiczna Polski.**
19. **ROMAN SZCZĘSNY – Zróżnicowanie produkcji rolnictwa polskiego w aspekcie gospodarki żywnościowej w 1990 roku.**
20. **ALOJZY WOŚ – Regiony klimatyczne Polski w świetle częstości występowania różnych typów pogody.**

## **1994**

21. **ANDRZEJ WERWICKI – Strefa usług społeczno-kulturalnych w wybranych krajach środkowoeuropejskich w ostatniej dekadzie istnienia nakazowo-rozdziałowego systemu gospodarczego (1980-1989); Potencjały naukowe w Polsce w 1990 roku i ich rozmieszczenie.**
22. **EWA NOWOSIELSKA – Strefa usług w badaniach geograficznych. Główne tendencje rozwojowe ostatniego dwudziestolecia i aktualne problemy badawcze.**
23. **TEOFIL LIJEWSKI – Infrastruktura komunikacyjna Polski wobec zmian politycznych i gospodarczych w Europie Środkowej i Wschodniej.**
24. **ANITA BOKWA, ADAM MROCZKA, RENATA PRZYBYŁA, JAROSŁAW ŚMIAŁKOWSKI, ROBERT TWARDOSZ – Wybrane zagadnienia z klimatologii i bioklimatologii.**
25. **MAREK DEGÓRSKI, ANIELA MATUSZKIEWICZ, WŁADYSŁAW MATUSZKIEWICZ, JAN MAREK MATUSZKIEWICZ – Badania porównawcze ekosystemów leśnych w Finlandii.**
26. **T.S. KONSTANTINOVA, J. BOLOBAN, JANUSZ PASZYŃSKI, JÓZEF SKOCZEK, BARBARA KRAWCZYK – Badania topoklimatyczne w Mołdawii.**
27. **ROMAN SZCZĘSNY – Rolnictwo Finlandii. Przestrzenne zróżnicowanie i przemiany.**
28. **KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK, BARBARA KRAWCZYK – Bioclimatic research of the human heat balance.**

## 1995

29. PIOTR EBERHARDT – **Zagadnienia ludnościowe obszaru byłych Prus Wschodnich.**
30. ZYGMUNT BABIŃSKI, MAREK GRZEŚ – **Monografia hydrologiczna zbiornika stopnia wodnego Włocławek.**
31. JERZY GRZESZCZAK – **Przestrzenne zróżnicowanie społeczno-gospodarcze „północ-południe” w krajach Unii Europejskiej – Wielka Brytania, Niemcy, Francja.**
32. ANDRZEJ GAWRYSZEWSKI – **Rynek pracy Warszawy i województwa warszawskiego 1990-1993.**
33. TERESA KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA, BARBARA KRAWCZYK, KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK – **Warunki bioklimatyczne Supraśla.**
34. PIOTR KORCELLI – **Regional patterns in Poland’s transformation: the first five years.**
35. EWA NOWOSIELSKA – **Bezrobocie – przegląd aktualnych tendencji, problemów i wyników badań ( w krajach rozwiniętych).**
36. ROMAN SZCZĘSNY – **Przemiany struktury przestrzennej rolnictwa Polski 1989-1992.**

## 1996

37. ANNA BEATA ADAMCZYK – **Charakterystyka wiatrów silnych i bardzo silnych w Polsce;**  
JAROSŁAW BARANOWSKI – **Wielkość zachmurzenia w Warszawie w zależności od cyrkulacji atmosferycznej.**
38. HALINA POWĘSKA, TOMASZ KOMORNICKI – **Przejścia graniczne: Kostrzyn, Słubice, Świecko, Gubin – podstawowe funkcje i strefa oddziaływania na terenie Polski i Niemiec;**  
JOANNA PAPIS, TOMASZ KOMORNICKI – **Miasto Duszniki Zdrój jako gmina przygraniczna.**
39. LESZEK KOLENDOWICZ – **Burze na obszarze Polski Północno-Zachodniej w świetle częstości występowania różnych typów cyrkulacji atmosfery.**
40. ROMAN SZCZĘSNY – **Rolnictwo i gospodarka żywnościowa w okresie restrukturyzacji 1989-1994.**

41. **Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: I – pod red. PIOTRA KORCELLEGO.**

42. **Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: II – pod red. PIOTRA KORCELLEGO.**

## 1997

43. **Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: III – pod red. PIOTRA KORCELLEGO.**

44. **Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: IV – pod red. PIOTRA KORCELLEGO.**

45. **Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: V** – pod red. PIOTRA KORCELLEGO.
46. **Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: VI** – pod red. PIOTRA KORCELLEGO.
47. PIOTR EBERHARDT – **Problematyka narodowościowa Estonii.**
48. WŁODZIMIERZ ZGLIŃSKI – **Przekształcenia państwowego rolnictwa w Polsce – skutki społeczne, ekonomiczne i przestrzenne.**
49. BOŻENNA GRABIŃSKA – **Geografia płazów Europy na tle świata. Regionalizacja zoogeograficzna kręgowców Europy. Powierzchnia jednostki a bogactwo taksonomiczne ssaków.**
50. ROMAN SZCZĘSNY – **Struktura przestrzenna rolnictwa Polski w 1995 roku.**

## 1998

51. KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK – **Promieniowanie słoneczne a gospodarka cieplna organizmu człowieka.**
52. ZYGMUNT BABIŃSKI – **„Mongolia 96”. Niektóre zagadnienia badawcze ekspedycji. Raport.**
53. ANDRZEJ GAWRYSZEWSKI, PIOTR KORCELLI, EWA NOWOSIELSKA – **Funkcje metropolitalne Warszawy.**
54. PIOTR EBERHARDT – **Problematyka narodowościowa Łotwy.**
55. JERZY GRZESZCZAK – **Przesunięcie „miasto-wieś” w przemyśle krajów Unii Europejskiej.**
56. WŁADYSŁAWA STOLA – **Ludność wiejska Polski. Przemiany struktury demograficznej i społeczno-zawodowej.**
57. BOŻENNA GRABIŃSKA – **Geografia gadów Europy na tle świata.**

## 1999

58. BARBARA KRAWCZYK, KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK – **Klimatyczna i bioklimatyczna charakterystyka Polski północno-wschodniej.**
59. ROMAN SZCZĘSNY – **Przemiany struktury przestrzennej rolnictwa Polski w latach 1988-1996.**
60. EUGENIUSZ GIL – **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).**

# DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

## 1995-1999

### 1995

1. STEFAN KOZARSKI – Deglacjacja północno-zachodniej Polski: warunki środowiska i transformacja geosystemu (~20 ka → 10 ka BP).
2. PIOTR GĘBICA – Ewolucja doliny Wisły pomiędzy Nowym Brzeskiem a Opatowcem w wistulianie i holocenie.
3. ANDRZEJ GAWRYSZEWSKI – Mapy narodowościowe, wyznaniowe i językowe Polski wykonane przez autorów obcych. Bibliografia (lata 1846-1967).

### 1996

4. ADAM KOTARBA (red.) – Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach – II.

### 1997

5. ELŻBIETA CZYŻOWSKA – Zapis zdarzeń powodziowych na pograniczu boreału i atlantyku w osadach stożka napływowego w Podgrodziu.
6. TOMASZ KALICKI (red.) – Badania ewolucji dolin rzecznych na Białorusi – I.
7. ANDRZEJ GAWRYSZEWSKI – Przestrzenna ruchliwość ludności Polski. Bibliografia (lata 1896-1990).
8. LESZEK STARKEL (red.) – Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15.09.1995 roku).

### 1998

9. MIECZYŚLAW BANACH – Dynamika brzegów dolnej Wisły.
10. MIROSŁAW BŁASZKIEWICZ – Dolina Wierzycy, jej geneza oraz rozwój w późnym plejstocenie i wczesnym holocenie.
11. LESZEK STARKEL (red.) – Geomorfologiczny i sedymentologiczny zapis lokalnych ulew.
12. ADAM KOTARBA (red.) – Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach – III.
13. ALICJA BREYMEYER, EWA ROO-ZIELIŃSKA – Bory sosnowe w gradiencie kontynentalizmu i zanieczyszczeń w Europie Środkowej – badania geoekologiczne.

1995

1. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

2. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

3. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

1996

4. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

1997

5. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

6. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

7. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

8. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

1998

9. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

10. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

11. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*

12. *THE HISTORY OF THE UNITED STATES* by *W. H. RINEHART*



PL - ISSN 0867-6836  
ISBN 83-87954-30-6

<http://rcin.org.pl>