

WAŁAW RETTINGER

## Dynamika transportu zwietrzliny w zlewni Potoku Wujskie jako miernik natężenia antropopresji

### WSTĘP

Działalność człowieka, na równi z innymi procesami geomorfologicznymi, przekształca krajobraz, a procesy rozwijające się w wyniku jego ingerencji przebiegają podobnie jak w warunkach naturalnych, tylko z inną intensywnością.

Tereny rolnicze, dzięki wielokrotnym procesom antropogenicznym i regularnie powtarzanej w krótkich odstępach czasu uprawie, są obszarami o największej dynamice procesów geomorfologicznych.

Celem niniejszego opracowania jest próba określenia wielkości transportowanej zwietrzliny w zawiesinie, która będzie podstawą do uchwycenia mechanizmu przemian w środowisku przyrodniczym. Poznanie tego mechanizmu pozwoli na określenie kierunku zmian, jakim dany krajobraz podlega.

W obszarach zbudowanych z utworów podatnych na erozję (flisz, gliny oraz pyły wieku trzeciorzędowego i czwartorzędowego) udział tego materiału w odpływie rumowiska klastycznego może być dominujący. Potwierdzają to wyniki badań prowadzonych w różnych strefach morfoklimatycznych (Froehlich 1975, 1982; Wang Lixian i in. 1980; Jansson 1982). W polskich Karpatach udział zawiesiny szacuje się na

85 - 95% odpływu materiału klastycznego (Cyberski 1969; Froehlich 1975, 1986). Wzrostowi transportu zawiesiny sprzyjają wysokie opady, współczesne ruchy podnoszące, mobilność sejsmiczna, intensywne ruchy masowe na stokach (Starkel 1972a; Study... 1979; Aulitzky 1980, 1985; Li Jian, Luo Defu 1980; Froehlich, Starkel 1987), a przede wszystkim wylesianie stoków i zajęcie ich pod uprawę (Goreckaja 1974; Froehlich 1975, 1982; Starkel 1977; Jansson 1982; Łajczak 1986a).

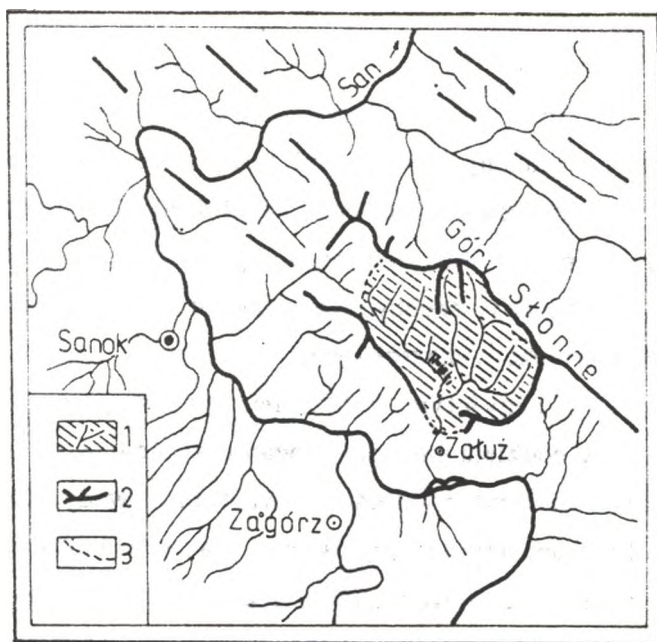
Dla uzyskania pełniejszego obrazu tempa przemian środowisk przyrodniczych w obszarach górskich, celowo wybrano teren o stale zmniejszającej się antropopresji rolniczej. Wieloletnie wcześniejsze obserwacje zdecydowały o wyborze zlewni.

Jest to obszar stale wyludniający się, od 1948 r. liczba ludności spadła o ponad połowę i wynosi 321 osób. Ilość gospodarstw rolnych utrzymuje się na stałym poziomie, natomiast areał użytkowanej ziemi ciągle ulega zmniejszeniu. Zaprzestano uprawy w częściach wierzchowinowych oraz na stokach o znacznym nachyleniu. Obecnie powierzchnia gruntów ornych stanowi ok. 14%, trwałych użytków zielonych ok. 20%; ich kosztem wzrasta odsetek powierzchni leśnych, który wynosi ok. 60%.

Teren, na którym realizowano badania obejmuje obszar o powierzchni 13,25 km<sup>2</sup>, należący do systemu Gór Słonnych (ryc. 1). Pod względem tektonicznym jest to strefa nasunięcia jednostki śląskiej na skolską. W podłożu występuje kompleks piaskowcowo-łupkowy reprezentowany przez warstwy krośnieńskie (L. Starkel 1972).

Dominującym elementem rzeźby są stoki wypukło-wklęsłe, związane z biegiem jednostek strukturalno-tektonicznych, zajmujące ok. 83% zlewni.

Zróznicowanie dynamiki stoków określają ich wysokości względne, które wahają się od 80 do 180 m. Stoki NE, o nachyleniu od 15° do



Ryc. 1. Zlewnia Potoku Wujskie na tle jednostek strukturalno-tektonicznych i sieci hydrologicznej  
 1 - badana zlewnia, 2 - pasma wzniesień, 3 - granica zlewni

20°, są w 83% porośnięte lasem w górnych i środkowych częściach, pozostałe stanowi kompleks trwałych użytków zielonych. Stoki SW o nachyleniu 8° do 10° w górnych partiach pokrywa las, reszta to użytki zielone z nieznaczną przewagą gruntów ornych

Dodatkowym elementem charakteryzującym zlewnię jest wskaźnik rozdolinienia, osiągający wartość 2,4 - średnią dla Karpat.

## METODA BADAŃ

Za podstawę opracowania przyjęto wyniki obserwacji i badań terenowych przeprowadzonych w zlewni Potoku Wujskie w latach 1988 - 1989. Przed przystąpieniem do badań założono, że ilość transportowanego ładunku materiału unoszonego przez rzekę jest przybliżoną miarą tempa degradacji środowiska przyrodniczego zlewni górskiej z dolinami o charakterze V-kształtnym.

W związku z przyjętym założeniem przystąpiono do pomiarów, które polegały na codziennym odczytywaniu stanów wody na wodowskazie i pobieraniu co trzeci dzień próbki 1 dm<sup>3</sup> wody. Prędkość przepływu wody określono metodą pływakową, natomiast objętość przepływu obliczono w oparciu o wykonany na stałe przekrój poprzeczny przez koryto w kształcie odwróconego trapezu.

Roczne i dobowe sumy opadów ustalono na podstawie pomiarów IMiGW w Lesku, stacji oddalonej o ok. 5 km na SE, leżącej na podobnej wysokości co zlewnia.

Koncentrację zawiesiny oznaczono metodą sączkową. Ładunek transportu zawiesiny wyliczono ze wzoru (W. Froehlich 1982):

$$L = \sum_1^n \cdot C \cdot Q \cdot \Delta t$$

gdzie: L - transportowany ładunek materiału (mg t<sup>-1</sup>),

C - koncentracja materiału (mg),

Q - objętość przepływu (dm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>),

Δt - czas przypadający na dany pomiar.

Za pomocą metod statystycznych starano się uchwycić związek ilościowy pomiędzy opadem, odpływem a stężeniem zawiesiny.

Zmniejszająca się antropopresja rolnicza w zlewni stanowi o autonomiczności procesów tam zachodzących. W związku z tym konty-

nuowane są badania, które w efekcie dadzą szersze spojrzenie na interesujący nas problem.

## CHARAKTERYSTYKA HYDROLOGICZNA OKRESU BADAN

Charakterystyka hydrologiczna potoku została oparta na wartościach: opadu, stanów wody, przepływu oraz odpływu w punkcie pomiarowym.

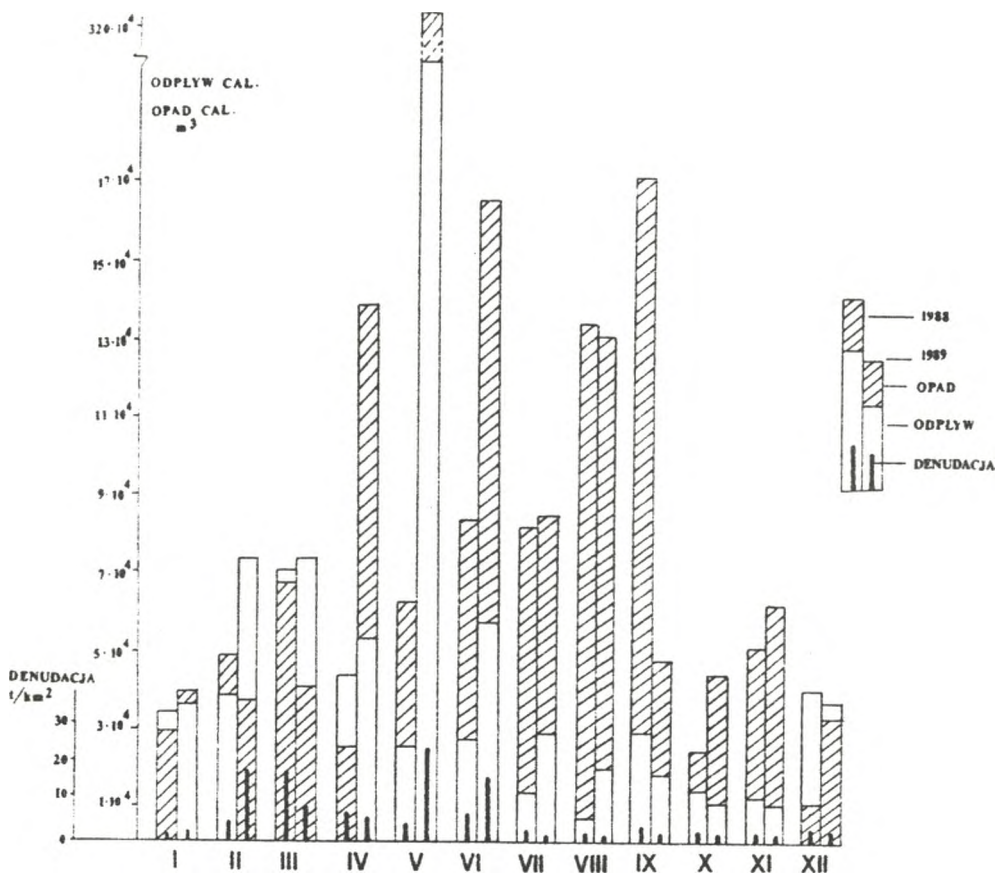
Zlewnia Potoku Wujskie otrzymała w 1988 r. 689,5 mm, a w 1989 r. 839,4 mm opadu, którego największe nasilenie obserwowano w miesiącach wiosenno-letnich. W poszczególnych latach suma opadów ulega wahaniom (21,7%), znajduje to odbicie w indywidualnych cechach hydrologicznych niemal każdego roku.

Ustrój hydrologiczny badanego ciekui mieści się w typie rzek karpackich o deszczowo-śnieżno-gruntowym zasilaniu, koncentracji odpływu w okresie wiosennych wezbrań roztopowych.

W wieloleciu zaznacza się wyraźna przewaga odpływu nad opadem w półroczu zimowym (ryc. 2), związana z utrzymującymi się przez długi czas wysokimi przepływami wezbrań roztopowych, powodowanych ablacją pokrywy śnieżnej.

Po okresie letnich przepływów, zbliżonych wartością do średnich rocznych, następują głębokie niżówki jesienne, trwające do grudnia. Ich występowanie należy wiązać ze zmniejszającą się ilością opadu, a także - jak się okazało w czasie szczegółowych obserwacji przy zastosowaniu limnigrafu - z rolą szaty roślinnej (J. Lambor 1965), która potrafi doprowadzić w półroczu letnim do powstania dobowych wahań stanów wody w cieku.

W cyklu rocznym średnio 31% opadu pozostaje nie odprowadzone, co określa bilans wodny zlewni jako dodatni.



Ryc. 2. Wielkość denudacji w zależności od opadu w latach 1988 - 1989

### ZMIENNOŚĆ TRANSPORTU ZWIETRZELINY W CYKLU ROCZNYM

Badania transportu zwietrzliny w zawiesinie wykazują bardzo duże zróżnicowanie tego zjawiska w skali roku. Na podstawie analizy sum miesięcznych wartości w trakcie dwóch lat badań zaobserwowano natężenie procesu w miesiącach wiosenno-letnich. W 1988 r. w czasie trzech miesięcy rzeka przetransportowała 55,1% zawiesiny (marzec - 31,2%, kwiecień - 11,5%, czerwiec - 12,4%). Rok następny otrzymuje o 21,7% opadu więcej, co zaznacza się wzrostem transportowanego

ładunku zawiesiny, który w 82,8% jest odprowadzany w ciągu czterech miesięcy (luty - 24,8%, marzec - 10,7%, maj - 28,2%, czerwiec - 18,9%). Miesiące pozostałe odgrywają nieznaczną rolę w tempie denudacji zlewni, która w pierwszym roku osiąga  $36,6 \text{ t km}^{-2}$ , w drugim zaś  $40,3 \text{ t km}^{-2}$ .

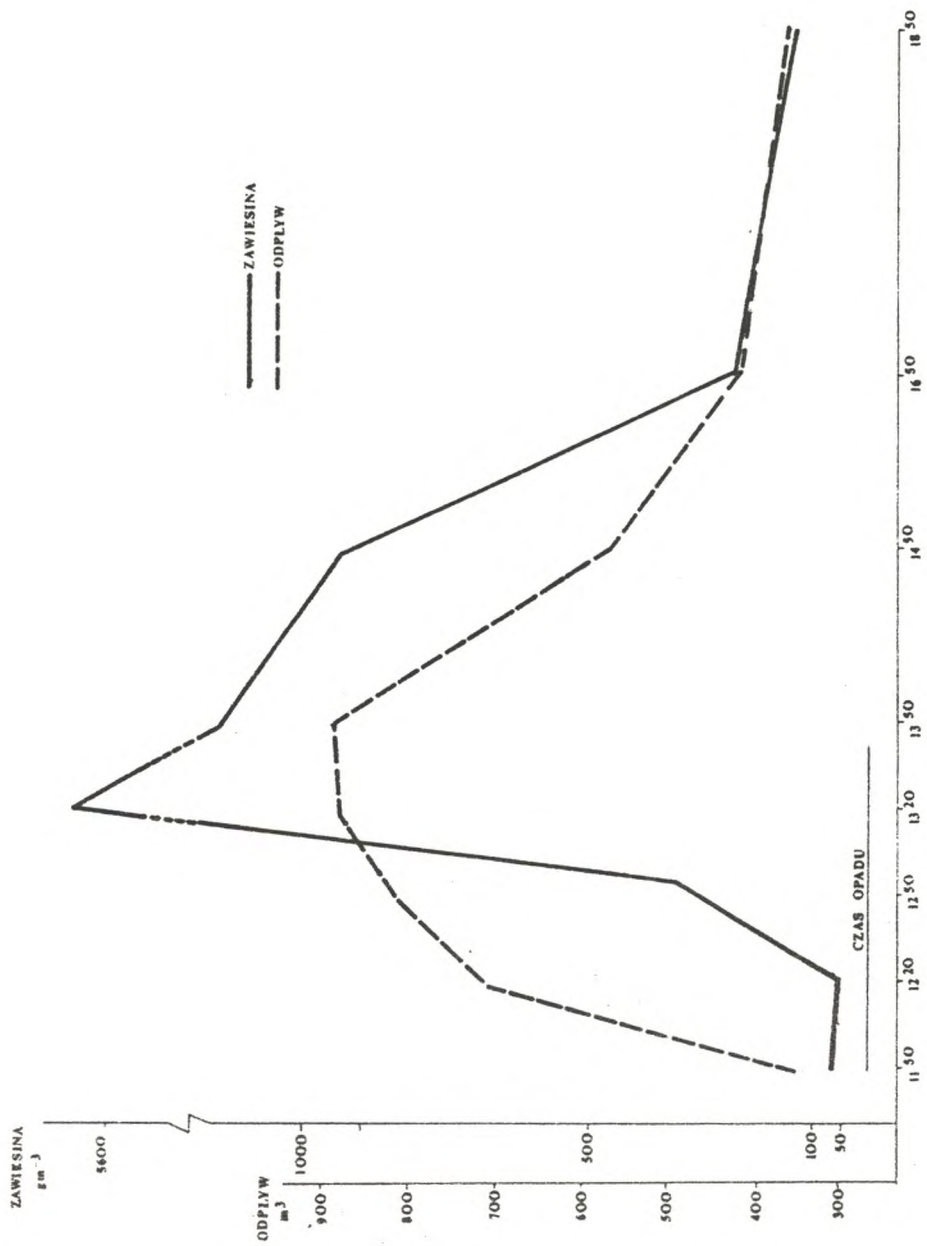
W rocznym cyklu morfologicznym dla danego obszaru bardzo wyraźnie zaznaczają się dwie fazy koncentracji transportu zawiesiny. Są to miesiące wiosenne: marzec (14,2%) i kwiecień (17,2%) oraz letnie - czerwiec (31,2%) i lipiec (13,5%). Stanowi to pewną osobliwość w stosunku do badań prowadzonych w innych zlewniach. W badanym cieku nie ujawnia się trzecia - jesienna faza (J. Lach 1984) koncentracji transportu zawiesiny.

Zaobserwowane zjawisko należy tłumaczyć małą produkcją zwietrzeliny pod wpływem zmniejszającej się powierzchni gruntów ornych, jak również stale wzrastającym odsetkiem lasów, stanowiących o sile erozyjnej wody spływającej po stoku.

Podczas wezbrań koncentracja zawiesiny ulega szybkim zmianom (ryc. 3). Proces ten powoduje trudności w ustaleniu prostego związku pomiędzy przepływem a stężeniem zawiesiny (ryc. 4). Zróżnicowanie koncentracji w czasie występowania tych samych przepływów jest największe w miesiącach zimowo-wiosennych. W miarę zanikania pokrywy śnieżnej można zaobserwować niewielki związek pomiędzy obydwojema parametrami.

## PRZYRODNICZE SKUTKI TRANSPORTU MATERIAŁU UNOSZONEGO

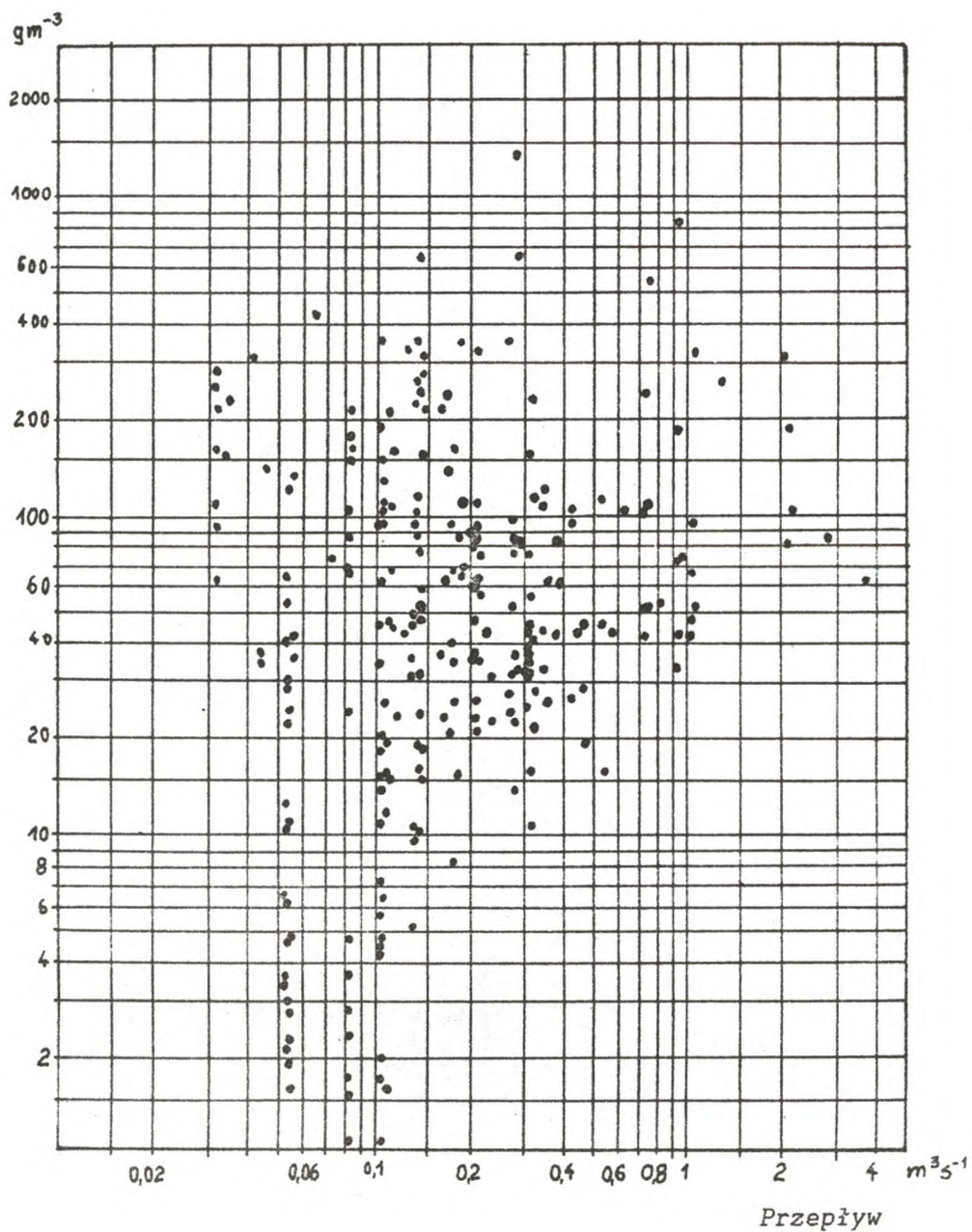
W obszarach górskich stymulatorem natężenia zjawiska jest rozmieszczenie w zlewni powierzchni leśnych. Dla zilustrowania tego stanu zastosowano wskaźnik rozwinięcia lesistości Lambora. Jeżeli



Ryc. 3. Rozkład charakterystycznych cech na przykładzie szczególnych obserwacji



Stężenie  
zawiesiny



Ryc. 4. Wykres zależności stężenia zawiesiny od wielkości przepływu

jego wartość dąży do jedności, tak jak w badanej zlewni (0,83), to jest to informacja określająca rozmieszczenie lasu w górnej i środkowej części dorzecza. Sytuacja ta jest bardzo korzystna ze względu na oddziaływanie lasu na tempo denudacji zlewni poprzez regulowanie obiegu wody. Oddziaływanie to jest wielostronne, ale zawsze wywołuje rozproszenie spływu powierzchniowego, zmniejszenie amplitudy i częstotliwości wezbrań, a tym samym powoduje wyrównanie przepływów. Ogromna retencyjność i rola lasu jako opóźniacza spływu wody opadowej po stoku odzwierciedla się w ilości transportowanej zwietrzliny w zawiesinie.

W efekcie w wodzie nie obciążonej zawiesiną następuje koncentracja energii w krótkim czasie, co zgodnie z prawami hydrodynamiki stwarza możliwość przenoszenia przez rzekę większej ilości i grubszej frakcji materiału dennego.

Wg. K. Klimka (1983) współczesne tempo pogłębiania koryt jest 2 do 4 razy większe niż 25 lat temu. Na podstawie 15-letnich obserwacji ustalono, iż koryto Potoku Wujskie obniżyło się szacunkowo o 60 cm. Równocześnie w obrębie dna doliny postępuje obniżanie poziomu wód gruntowych.

Zmiany następują także, co jest mniej dostrzegalne, na zboczach dolin. Jest to stała akumulacja zwietrzliny poprzez naturalną i antropogeniczną zabudowę stoków. Z roku na rok narasta grubość pokrywy zwietrzelinowej, która z powodu zwiększającej się proporcjonalnie retencyjności zlewni nie może być odprowadzona.

Otrzymane wyniki są 5 - 6-krotnie niższe od badań Brańskiego (1972), który w latach 1956 - 1965 określił średnią roczną denudację odpływową tego terenu na 150 - 200 t km<sup>-2</sup>. Przedstawione wyniki nie mogą być porównywalne z wynikami badań przeprowadzonych 25 lat później. Obniżenie wielkości ładunku transportowanego jest wyraźnym

Tabela 1

Miesięczne sumy: opadu, odpływu i transportu zawiesziny

Rok	1988						1989					
	Opad (mm)	%	Odpływ (m)	%	Transport zawiesziny (t)	%	Opad (mm)	%	Odpływ (m)	%	Transport zawiesziny (t)	%
I	30,0	4,4	359163,8	6,2	21,6	4,7	22,0	2,6	370387,1	6,1	17,8	3,3
II	36,8	5,3	382060,6	6,6	36,1	7,8	27,2	3,2	719405,3	11,8	132,0	24,8
III	51,1	7,4	699066,7	12,2	143,4	31,2	28,1	3,3	714322,7	11,7	58,4	10,9
IV	19,4	2,8	453388,3	7,9	52,6	11,5	100,6	11,9	537308,6	8,9	43,2	8,1
V	47,9	6,9	241391,1	4,2	32,8	7,1	246,6	29,4	2037324,9	33,6	150,6	28,2
VI	62,9	9,1	253091,5	4,4	57,1	12,4	120,8	14,4	588452,3	9,7	101,4	18,9
VII	61,7	8,9	113477,7	1,9	18,1	3,9	58,7	6,9	247721,3	4,1	6,4	1,1
VIII	101,1	14,7	62921,2	1,1	16,7	3,6	84,8	10,1	162660,9	2,7	2,5	0,5
IX	129,0	18,7	274808,1	4,8	30,2	6,5	44,8	5,3	131297,7	2,2	3,5	0,6
X	18,2	2,6	163785,6	1,9	15,4	3,4	32,3	3,8	101739,8	1,7	0,8	0,2
XI	38,4	5,6	149640,5	2,6	12,5	2,7	45,7	5,4	111434,4	1,8	5,6	1,1
XII	93,0	13,4	367567,2	6,4	22,5	5,2	26,7	3,3	342001,4	5,6	11,7	2,2
Suma	689,5	100,0	5748061,1	100,0	485,7	100,0	839,2	100,0	6063946,9	100,0	534,4	100,0

Źródło: obliczenia własne

potwierdzeniem stale zmniejszającej się antropopresji rolniczej, co w pracy starano się wielokrotnie wykazać.

## LITERATURA

- Aulitzky H., 1980. Preliminary two-fold classification of torrents. *Interpraevent* 1980 (IV).
- Aulitzky H., 1985. Torrent erosion in Austria caused by natural conditions, [w:] *International Symposium on Erosion Debris Flow and Disaster Prevention*, Tsukuba, Japan.
- Brański I., 1975. Ocena denudacji dorzecza Wisły na podstawie wyników pomiarów rumowiska unoszonego. *Pr. IMGiW*.
- Cyberski J., 1969. Sedymentacja rumowiska w zbiorniku Rożnowskim. *Prace PIHM* 96.
- Froehlich W., 1975. Dynamika transportu fluwialnego Kamienicy Nawojowskiej. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN* 114.
- Froehlich W., 1982. Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzliny do koryta w górskiej zlewni fliszowej. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN* 143.
- Froehlich W., Starkel L., 1987. Normal and extreme monsoon rains - their role in the shaping of the Darjeeling Himalaya. *Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan.* 21.
- Gerlach T., 1976. Współczesny rozwój stoków w polskich Karpatach Fliszowych. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN* 122
- Gil E., 1976. Spłukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku. *Dok. Geogr.* 2.
- Goreckaja Z.A., 1974. Zakonomiernosti raspriedielenija stoka wzwiessennykh nanosow riek po tierritorii Ukrainy. *Trudy Ukr. NIGMI* 127.

- Jansson M.B., 1982. Land erosion by water in different climates, UNGI Rapport 57. Study of making master plan for land erosion and volcanic debris control in the area of Mt. Merapi, 1979, Japan International Cooperation Agency, Progress report.
- Klímek K., 1979. Geomorfologiczne zróżnicowanie koryt karpackich dopływów Wisły. Folia Geographica, vol. XII.
- Lach J., 1975. Ewolucja i typologia krajobrazu Beskidu Niskiego z uwzględnieniem gospodarczej działalności człowieka. Kraków.
- Lambor J., 1965. Rola lasów w sterowaniu fali powodziowej. Gospodarka Wodna, z. 12.
- Li Jian, Luo Defu 1980. The Formation and characteristics of mud-flow and flood in the mountain area of the Dachao torrent and its prevention. Interpraevent 1980 (VI - IX).
- Łajczak A., 1986b. Retencja rumowiska w zbiornikach zaporowych karpackiego dorzecza Wisły. Czasop. Geogr. 57, 1.
- Starkel L., 1972. Charakterystyka rzeźby polskich Karpat. Probl. Zagosp. Ziem Górskich, nr 10.
- Starkel L., 1972a. The role catastrophic rainfall in the shaping of the relief of the lower Himalaya (Darjeeling Hills). Geogr. Pol. 21.
- Starkel L., 1977. Paleogeografia holocenu. Warszawa.
- Wang Lixian, Sun Lida, Hong Xiying, Zeng Boging, Wei Qingyn, Liu Guiyun, 1980. Application of regression analysis to the prediction of average annual yield of silt. Interpraevent 1980 (VI - IX).

Wacław Rettinger

THE TRANSPORT DYNAMICS OF THE WEATHERING WASTE  
IN THE WUJSKIE STREAM DRAINAGE BASIN  
AS AN INDICATOR OF THE ANTHROPOPRESSION INTENSITY

Landscape is changed both by influence of human's activity and geomorphological processes. The processes of the environmental degradation which are developed as a result of human's activity take place like in natural conditions, but with different intensity.

The researches of the transport dynamics were carried out in the experimental Wujskie Stream drainage basin. The volume of the transported material was estimated there. These results give the examples of land use dependence on geomorphological processes.