

Rola denudacji odpływowej w kształtowaniu rzeźby małych zlewni na obszarach zastoiskowych (na przykładzie dopływów dolnej Wieprzy)

The significance of runoff denudation in the relief evolution of small catchments in the dammed areas (on the example of tributaries of lower Wieprza)

Wacław Florek*, Jerzy Jonczak, Celestyna Princ

Akademia Pomorska w Słupsku, Zakład Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu, ul. Partyzantów 27, 76-200 Słupsk

Zarys treści: Przedmiotem badań autorów jest pięć małych zlewni niewielkich, lewobrzeżnych dopływów dolnej Wieprzy odwadniających fragment niemal płaskiej wysoczyzny morenowej zbudowanej z glin i utworów zastoiskowych. W obrębie zlewni prowadzone są badania wód powierzchniowych oraz wód zasilających wody powierzchniowe (wysięki, wycieki i wody drenarskie). Łącznie zostało wytypowanych 15 punktów poboru wód powierzchniowych oraz 10 punktów poboru wód zasilających wody powierzchniowe. W miesięcznych odstępach prowadzone są pomiary przepływu w ciekach oraz pobierane próbki do analiz. W przypadku wystąpienia w zlewni zjawisk o charakterze ponadprzeciętnym częstotliwość pomiarów jest zwiększana. Na tej podstawie określono zmienność stężenia zawiesiny i rozmaitych jonów, a także wielkość ładunków wynoszonych z badanych zlewni. Wyliczono tempo denudacji odpływowej w badanych zlewniach i porównano je z ustaleniami innych autorów odnoszącymi się do innych małych zlewni nizinnych.

Słowa kluczowe: denudacja, denudacja odpływowa, Wieprza

Abstract: Denudation, according to the most commonly accepted definition, encompasses all surface processes leading to gradual lowering and planation of the Earth surface. In the narrow sense, the process is relevant to sloping surfaces and involves mainly downslope transport of regolith. As such, it is contrasted with erosion, understood as destructive role of water flowing in concentrated way, as rivers and streams. The bulk of material carried outside the drainage basin (an area drained by one or more streams) is transported through drag or rolling over the bed, in suspension or in solution (real or colloidal). Quantitative estimation of each mode of transport provides an opportunity to establish the rate of catchment denudation. This parameter is named runoff denudation and expressed in mass or volume units.

Research focused on runoff denudation in the Wieprza valley has been carried out since the beginning of 2006. Nowadays, measurements are carried out within five left-hand tributaries of the lower Wieprza in the vicinity of Stary Kraków and Mazowsze (phot. 1). The analyzed drainage basins differ in terms of area, relief and land use. The basins of Jarosławianka (creek no. 5, phot. 1) and Struga Leśna (creek no. 3, phot. 1) are the largest. Process measurements focus on surface waters, groundwater outflows, and drains. On a monthly basis discharges are measured and samples for analysis collected. In the case of rare meteorological events the frequency of measurement increases.

The existing data indicate that denudation rate in the entire Wieprza catchment and in the controlled five small drainage basins is low and comparable with rates established for other rivers of Przymorze (sub-Baltic) region (Cyberski 1984, Florek

* e-mail: florekw@pap.edu.pl

1991), and for small catchments within the limits of the last glaciation (Kostrzewski, Zwoliński 1988a, b, Smolska 1996). It needs emphasizing that denudation rates in the investigated small catchments are lower, or considerably lower, than those established for the drainage basin of Wieprza, despite high gradients of the smaller streams and their deeply incised valleys. This means that the upper catchment of Wieprza is an area of enhanced geomorphic activity. This finding corresponds with the results obtained for the Parsęta river by Kostrzewski and Zwoliński (1988a, b) and Zwoliński (1989).

Key words: denudation, runoff denudation, Wieprza River

Wprowadzenie

Najpowszechniej przyjęta definicja denudacji określa ją jako całość procesów niszczących prowadzących do wyrównywania i stopniowego obniżania powierzchni Ziemi. W węższym rozumieniu proces ten obejmuje powierzchnie stokowe i polega głównie na przemieszczaniu pokrywy zwietrzelinowej i jest przeciwstawiany erozji – niszczącej działalności wody płynącej w sposób skoncentrowany (w rzekach czy strumieniach), która prowadzi do rozczłonkowania powierzchni terenu (Migoń 2006). Według tego samego autora pojęciem denudacji chemicznej określa się procesy geochemiczne prowadzące do ubytku masy skalnej z danego obszaru odprowadzanej w postaci rozpuszczonej (jonowej) i koloidalnej. Większość materiału wynoszonego poza obręb zlewni (obszaru odwadnianego przez jeden bądź wiele cieków) jest transportowana przez rzeki lub strumienie przez wleczenie lub toczenie po dnie, w zawieszynie (drobne cząstki) albo w roztworach (rzeczywistych lub koloidalnych). Ilościowe ustalenie rozmiarów tego transportu daje możliwość określenia tempa denudacji zlewni. Parametr ten określany jest mianem denudacji odpływowej i wyrażany w jednostkach masy lub objętości.

Takie obliczenia niosą ze sobą pewne niebezpieczeństwa. Wielu badaczy, zwłaszcza hydrologów, utożsamia rozmiary transportu rumowiska rzeczno-geologicznego z natężeniem denudacji zlewni, a rezultaty pomiarów ilościowych rumowiska są przez nich przeliczane na całą powierzchnię zlewni. Nie jest to prawidłowe pod względem merytorycznym, bowiem o ile można przyjąć, że materiał rozpuszczony odprowadzany przez rzekę pochodzi z całości obszaru zlewni, o tyle trudno to samo powiedzieć o pozostałych rodzajach materiału. Najgrubsze frakcje transportowane w trakcji (a więc po dnie) pochodzą przede wszystkim z erozji korytowej (bocznej i dennej), zaś materiał unoszony trafia do koryta strumienia czy rzeki za pośrednictwem erozji, a także procesów masowych (głównie spłukiwania ze skłonów doliny głównej i dolin cieków niższych rzędów) (Florek 1991). Działalność gospodarcza człowieka powoduje dostarczanie do rzek głównie zawiesziny i roztworów. Jest to rezultatem nawożenia obszarów uprawnych oraz odprowadzania do koryt rzecznych ścieków bytowych i przemysłowych (Florek, Florek 1989, Florek 1991).

Zakres i metodyka badań denudacji w obrębie zlewni Wieprzy

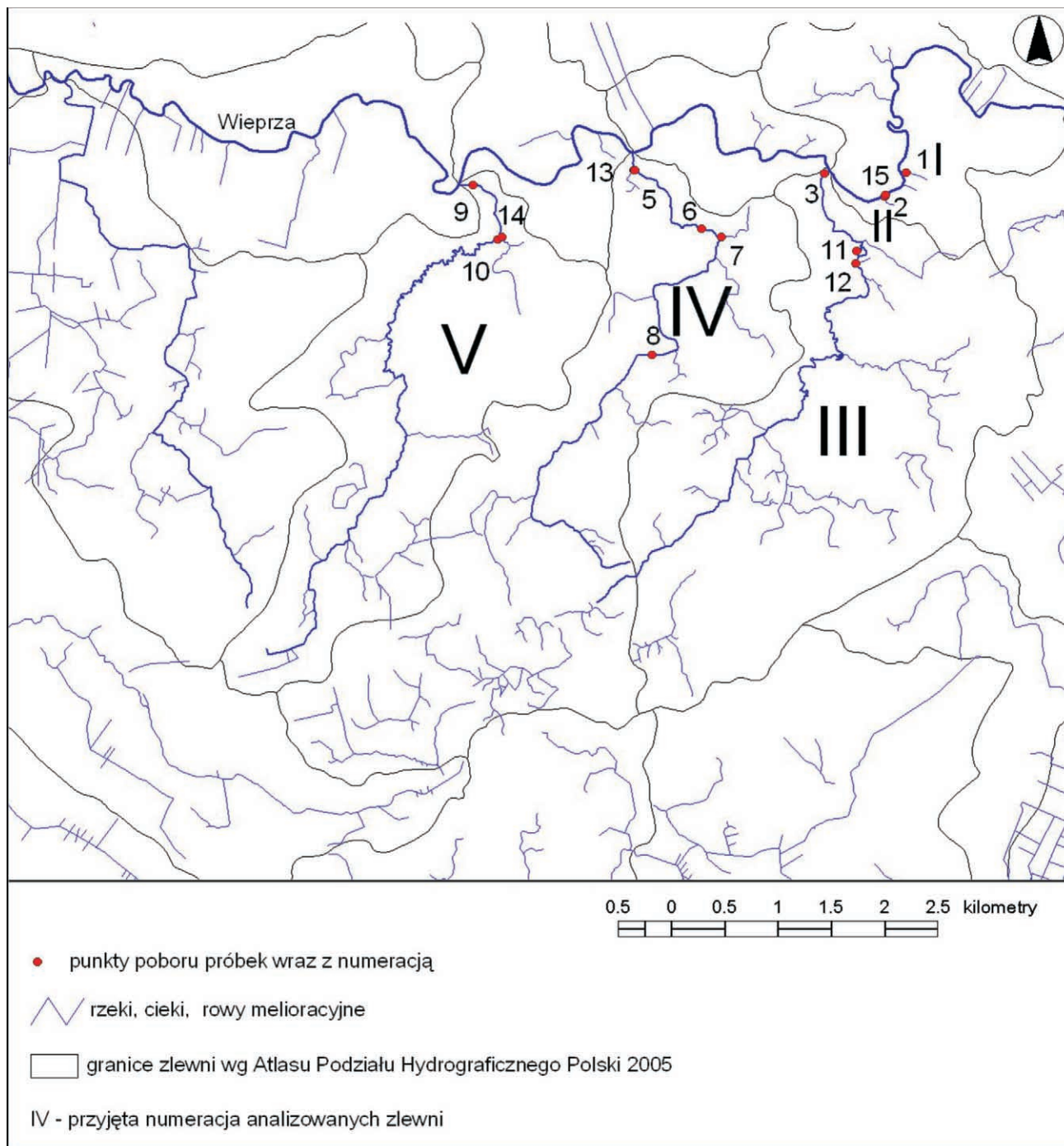
Badania procesów denudacji odpływowej w dolinie Wieprzy prowadzone są od początku 2006 r. W chwili obecnej pomiary wykonywane są w obrębie dolin pięciu lewobrzeżnych dopływów dolnej Wieprzy w okolicach Starego Krakowa i Mazowa (ryc. 1, 2). Analizowane zlewnie są zróżnicowane pod względem wielkości, morfologii i charakteru użytkowania. Największe z nich to zlewnie Jarosławianki (ciek nr 5, fot. 1, 3) oraz Strugi Leśnej (ciek nr 3, fot. 1). W obrębie zlewni prowadzone są badania wód powierzchniowych oraz wód zasilających wody powierzchniowe (wysięki, wycieki i wody drenarskie). Łącznie zostało wytypowanych 15 punktów poboru wód powierzchniowych oraz 10 punktów poboru wód zasilających wody powierzchniowe. W miesięcznych odstępach prowadzone są pomiary przepływu w ciekach oraz pobierane próbki do analiz. W przypadku wystąpienia w zlewni zjawisk o charakterze ponadprzeciętnym częstotliwość pomiarów jest zwiększana. Na ujściowych odcinkach Strugi Leśnej i Potoku Starokrakowskiego wykonywane są też badania natężenia transportu rumowiska wleczonego. Ze względu na niski stan ich zaawansowania zostały w niniejszej publikacji pominięte.

Oprócz pomiarów ilościowych, których celem jest ustalenie ilościowych proporcji pomiędzy rozmiarami różnych rodzajów denudacji odpływowej, prowadzone są również badania ilościowo-jakościowe dotyczące substancji rozpuszczonych odprowadzanych ze zlewni. Badania takie mają bowiem duże znaczenie dla poznania funkcjonowania współczesnych geosystemów rzeczno-denudacyjnych, ponieważ zmienność składu jonowego wód odprowadzanych ze zlewni stanowi odzwierciedlenie dynamiki procesów denudacyjnych, zwłaszcza ługowania gleb i ich płytkiego podłoża; może też być pomocna w wyjaśnianiu ich przestrzennego zróżnicowania (Kostrzewski i in. 1993). Cechy hydrochemiczne badanych roztworów mogą również być wskaźnikiem gospodarczej ingerencji człowieka w środowisko.

Każdorazowo w próbkach wody wykonywane są następujące oznaczenia:

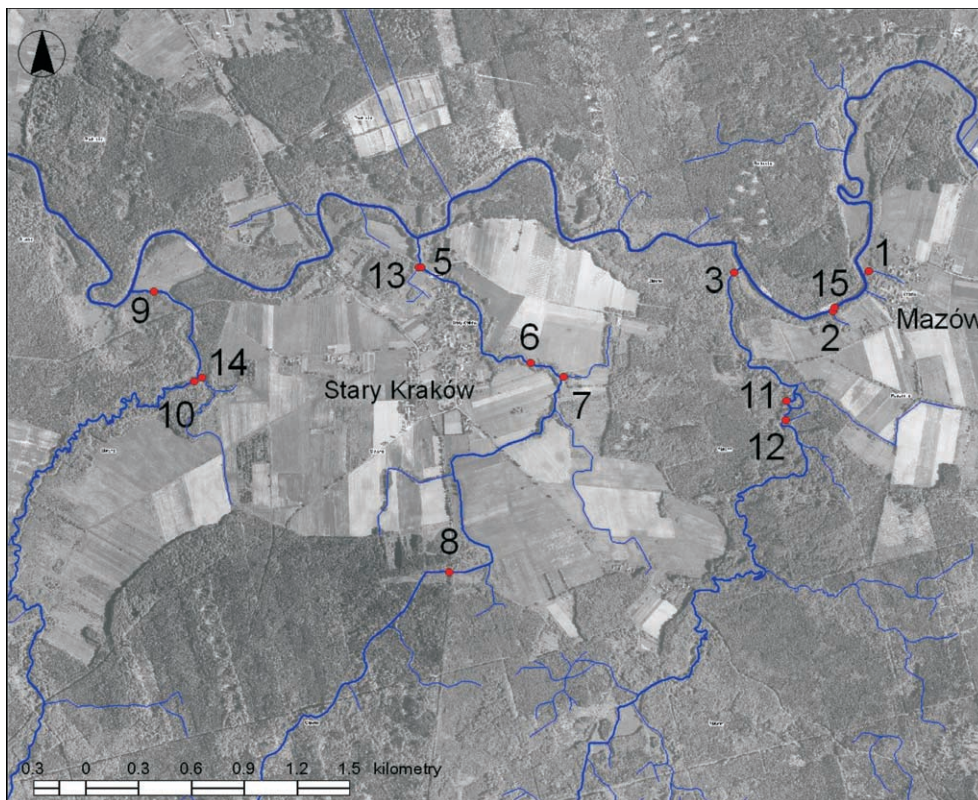
- odczynu i konduktywności za pomocą miernika konduktometrycznego ELMETRON CP-401,
- zawartości zawiesziny i suchej pozostałości metodą wagową,

- zawartości ogólnego węgla organicznego (OWO) metodą Tiurina – po odparowaniu próbki wody na łaźni wodnej,
- zawartości azotu metodą Kjeldahla,
- zawartości azotu azotanowego, azotynowego i amonowego metodami spektrofotometrycznymi,
- zawartości fosforanów metodą spektrofotometryczną,
- zawartości potasu metodą spektrofotometrii płomieniowej,
- zawartości sodu metodą spektrofotometrii płomieniowej,
- zawartości wapnia metodą wersenianową,
- zawartości magnezu metodą wersenianową,
- zawartości chlorków metodą spektrofotometryczną,
- zawartości siarczanów metodą spektrofotometryczną,
- zawartości żelaza metodą spektrofotometryczną.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów poboru próbek w zlewniach badanych cieków (podział na zlewnie zgodny z Atlasem Podziału Hydrograficznego Polski 2005)

Fig. 1. Location of sampling points in the drainage basins of investigated streams (hydrological division according to Atlas Podziału Hydrograficznego Polski 2005)



Ryc. 2. Stanowiska i badane cieki na tle zdjęcia lotniczego; liczbami oznaczono punkty badawcze (jako podkład wykorzystano zdjęcie lotnicze ze strony www.geoportal.gov.pl)

Fig. 2. Sites and investigated streams on an air photo. Numbers indicate research points (background photo from the website www.geoportal.gov.pl)



Fot. 1. Ujściowy odcinek cieku nr III (Struga Leśna) przy niskim stanie wody (31.05.2008; fot. J. Jonczak)

Photo 1. Lower reach of the creek no. III (Struga Leśna) at low water level (31.05.2008; photo J. Jonczak)

Rozpoczęte prace będą prowadzone jeszcze przez kilka kolejnych lat, toteż wyniki przedstawione w niniejszej pracy należy uważać za wstępne, a sformułowane wnioski traktować raczej jako hipotezy robocze, aniżeli gotowe i w pełni udowodnione tezy.

Warto dodać, że oprócz badań wód mających charakter monitoringowy w analizowanych zlewniach prowadzone są również szczegółowe badania geologiczne i geomorfologiczne, z uwzględnieniem budowy geologicznej dolinek i ich genezy, oraz badania gleboznawcze.

Intensywność denudacji w zlewni Wieprzy – wstępne wyniki badań

Cechą charakterystyczną lewobrzeżnych dopływów Wieprzy w okolicach Starego Krakowa jest głębokie wcięcie dolnych odcinków ich dolin w dość płaskie podłoże utworzone przez osady zastoiskowe (mułki ilaste z cienkimi wkładkami bardzo drobnoziarnistych piasków) spoczywające na glinach zwałowych, co może świadczyć o dużej intensywności procesów erozyjno-denudacyjnych w przeszłości (zapewne u schyłku ostatniego okresu chłodnego – wistulianu). Na uwagę zasługuje również silnie rozwi-

nięta sieć hydrologiczna w obrębie zlewni. Poszczególne ciekі posiadają liczne dopływy. Większość z nich również wcięta jest w powierzchnię wysoczyznową na głębokość 0,5–3,0 m, częściowo za sprawą naturalnych procesów erozyjnych, częściowo w wyniku wieloetapowych prac melioracyjnych. Podstawą zasilania cieków są wsięki wód gruntowych ze zboczy dolinek oraz okresowo wody drenarskie. W trakcie dwóch pierwszych lat badań obserwowano bardzo silne zróżnicowanie wielkości przepływu wody w ciekach (ryc. 3). Wartości minimalne odnotowano w okresie letnim, zaś maksymalne w okresie jesienno-zimowym. W ciekach nr I i II woda okresowo nie płynie. Na początku roku 2007 we wszystkich zlewniach obserwowano przepływ o charakterze ponadprzeciętnym, który trwał kilka dni i był spowodowany gwałtownym topnieniem śniegu oraz opadami deszczu. Uruchomieniu spływu powierzchniowego sprzyjało zamrożone, nieprzepuszczalne podłoże. W okresie wezbrania stwierdzono przepływy kilkadziesiąt razy wyższe w porównaniu z pozostałą częścią roku. Najbardziej wyraźne i gwałtowne wezbranie wystąpiło w obrębie zlewni ciekę nr III i V (Struga Leśna i Jarosławianka). Wielkość przepływu w tych ciekach osiągnęła około 1500 l/s. Dna dolin znalazły się częściowo pod wodą.



Fot. 2. Pobór próbek w ujściowym odcinku ciekę nr IV (Potok Starokrakowski) przy niskim stanie wody (30.05.2006; fot. J. Jonczak)

Photo 2. Sample collection in the lower reach of the creek no. IV (Potok Starokrakowski) at low water level (30.05.2008; photo J. Jonczak)

Wyniki badań dotyczące zmienności natężenia przepływu w ciekach oraz ładunku zawiesiny i stężeń substancji rozpuszczonych w latach 2006–2007 (ryc. 3, 4, 5), a także dobowych ładunków zawiesiny i substancji rozpuszczonych (tab. 1, 2) wskazywały na współcześnie małą intensywność procesów denudacji w obrębie analizowanych zlewni. Transport zawiesiny wahał się w granicach od kilku do kilkudziesięciu kg/dobę, co dla zlewni liczących po kilka km² jest wartością niewielką. Dopiero wystąpienie spływu powierzchniowego na początku roku 2007 spowodowało uruchomienie transportu znacznej ilości zawiesiny we wszystkich zlewniach. W okresie tym odnotowywano ilości zawiesiny kilkakrotnie wyższe w stosunku do wartości obserwowanych w okresach o przeciętnym przepływie wody (ryc. 4, tab. 3). Jednocześnie w czasie wezbrania obserwowano znaczny spadek stężenia substancji rozpuszczonych (ryc. 5).

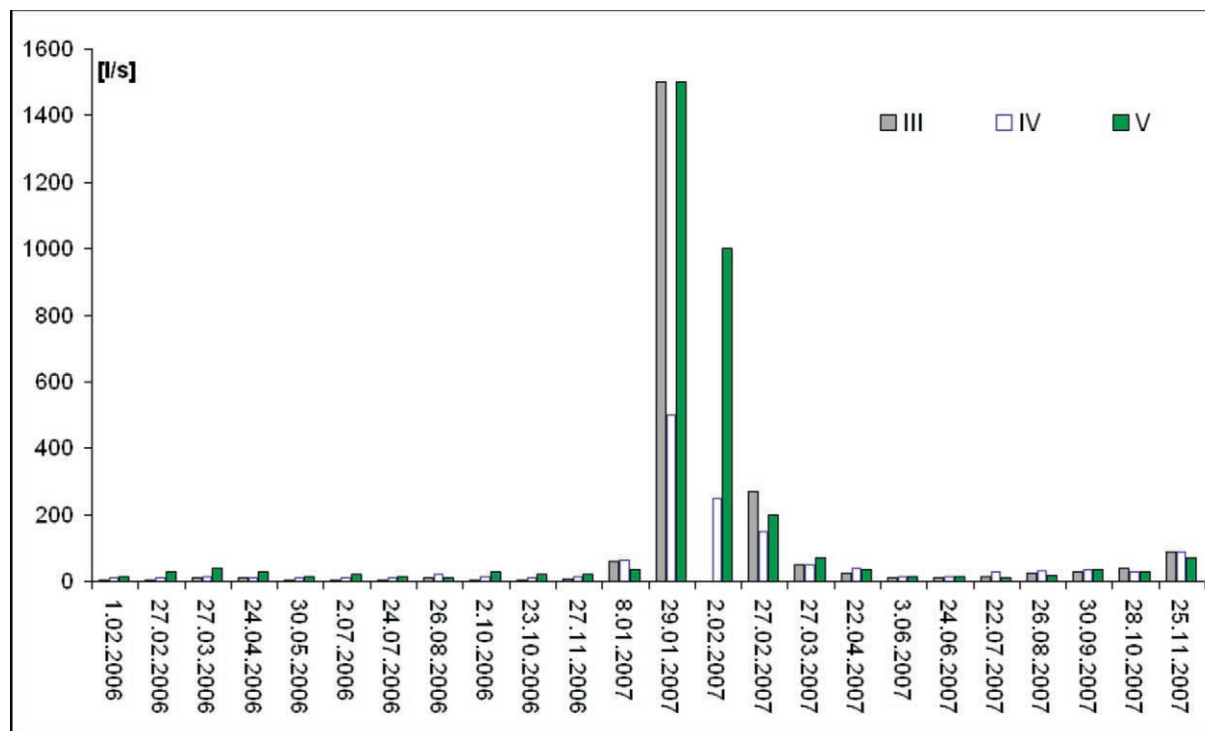
Dla interpretacji procesów denudacji w obrębie zlewni większe znaczenie niż stężenia substancji w wodzie mają ich dobowe ładunki wynoszone poza obręb zlewni. Badania wykazały, że w transporcie materii poza zlewnię ogromną rolę odgrywają zjawiska o charakterze ponadprzeciętnym, takie jak zaobserwowany na początku roku 2007 gwałtowny spływ powierzchniowy. W bilansie rocznym materii wynoszonej poza zlewnię podstawowe znaczenie dla wszystkich zlewni miał okres wezbrania (tab. 1, 2, 3).

Dobowy ładunek zawiesiny w okresie wezbrania w stosunku do wartości średniej z okresów o przeciętnym przepływie wody za lata 2006–2007 wzrósł 67-krotnie w cieku nr I, 111-krotnie w cieku II, 769-krotnie w cieku III (Struga Leśna, fot. 6), 100-krotnie w cieku IV (Potok Starokrakowski) i 799-krotnie w cieku V (Jarosławianka). W ciągu doby ze zlewni cieku nr III wynoszone było prawie 10 ton zawiesiny, a ze zlewni cieku nr V ponad 20 ton. Są to ilości porównywalne do rejestrowanych przez innych badaczy w obrębie zlewni Pogórza Karpackiego pogórskich (Krzemień 1996) czy innych zlewni położonych w strefie młodoglacjalnej (Kostrzewski, Mazurek, Zwoliński 1994, Smolska 1996). W okresie roztopów w roku 2007 nastąpiła wyraźna zmiana relacji pomiędzy dobowym ładunkiem substancji rozpuszczonych i zawiesiny w stosunku do wartości średnich (tab. 4). W największych ciekach (III, IV, V) stosunek dobowego ładunku substancji rozpuszczonych do zawiesiny w okresie o przeciętnych przepływach wynosił 20–30, a w okresie wezbrania malał do około 2. Zróżnicowanie relacji tych dwóch wartości jest więc porównywalne z danymi dla zlewni Młyńskiego Potoku (Kostrzewski i in. 1992), gdzie podczas wezbrania w lipcu 1988 r. ładunek jednostkowy zawiesiny był przeciętnie pięciokrotnie większy od ładunku substancji rozpuszczonej. W warunkach przeciętnych odnotowano tam 10–100-krotną prze-



Fot. 3. Dolny odcinek cieku nr V (Jarosławianka) przy niskim stanie wody (30.05.2006; fot. J. Jonczak)

Photo 3. Lower reach of the creek no. V (Jarosławianka) at low water level (30.05.2008; phot. J. Jonczak)



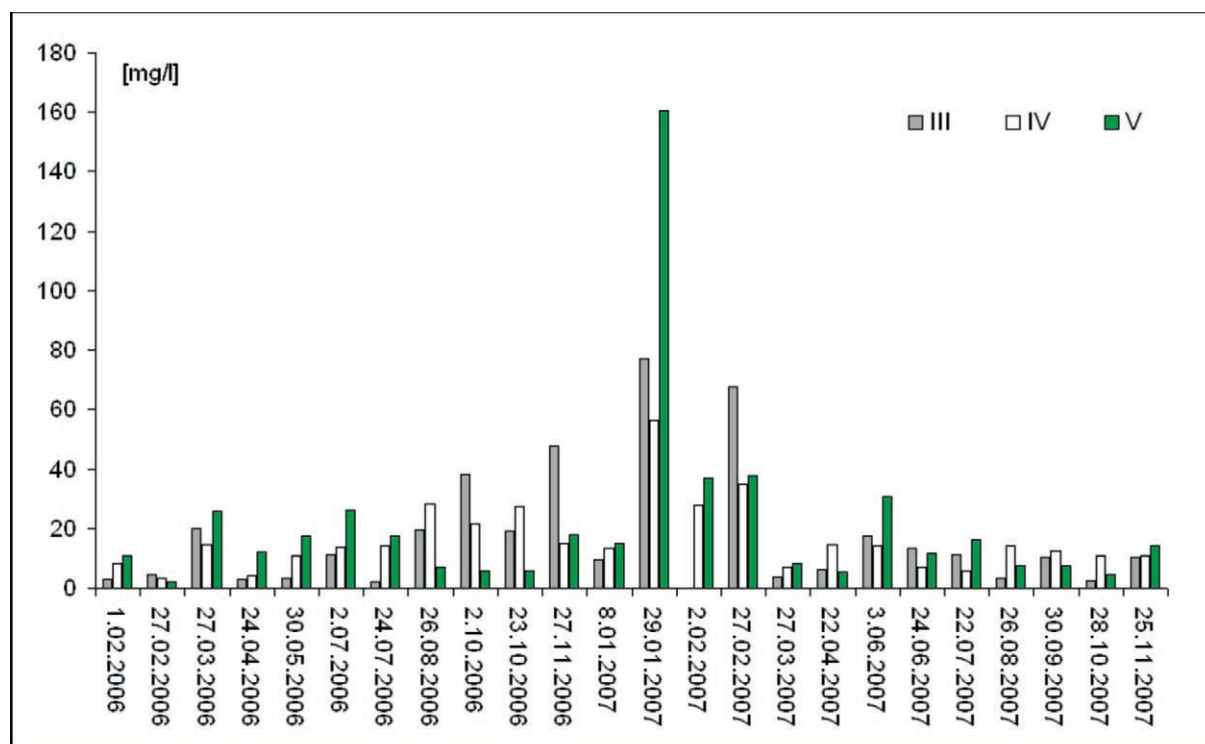
Ryc. 3. Zmienność natężenia przepływu w badanych ciekach w latach 2006–2007

Fig. 3. Variability in discharge in the investigated streams in 2006–2007

wagę procesów denudacji chemicznej nad procesami denudacji fizycznej.

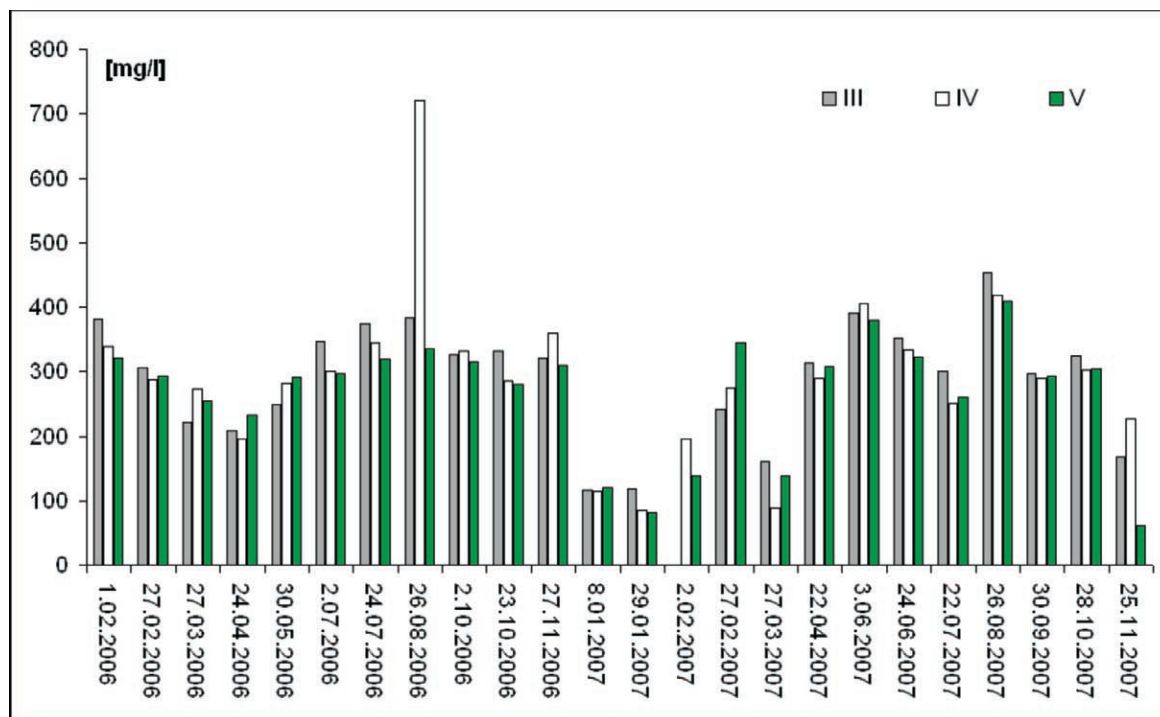
Wystąpienie kilkudniowego wezbrania spowodowało skutki, które przy przeciętnych przepływach za-

szłyby dopiero po kilku latach. Obserwowane wezbranie odgrywało kluczową rolę zarówno w transporcie zawiesiny, jak i substancji rozpuszczonych w wodzie. Niezależnie od tego, czy w okresie wezbrania obserwo-



Ryc. 4. Zmienność stężenia zawiesiny (mg/l) w ujściowych partiach cieków nr II, IV (Potok Starokrakowski) i V (Jarosławianka) w latach 2006–2007

Fig. 4. Variability in suspended load (mg/l) in the near-mouth reaches of the creeks no. II, IV (Potok Starokrakowski) and V (Jarosławianka) in 2006–2007



Ryc. 5. Zmienność stężenia substancji rozpuszczonych w ujściu cieków II, IV (Potok Starokrakowski) i V (Jarosławianka) w latach 2006–2007

Fig. 5. Variability in dissolved load (mg/l) in the near-mouth reaches of the creeks no. II, IV (Potok Starokrakowski) and V (Jarosławianka) in 2006–2007

wano niższe czy wyższe stężenia substancji w stosunku do sytuacji przeciętnej, biorąc pod uwagę wielkość przepływu, okres wezbrania w sposób decydujący wpłynął na roczny ładunek poszczególnych składników w obydwu zlewniach. Gwałtowne wezbranie spowodowało widoczne zmiany morfologiczne zlewni. Zmiany te polegają między innymi na wyźłobieniu licznych rozcięć w stokach dolinek (fot. 4), odłożeniu materiału wzdłuż cieków (fot. 1, 4), zniszczeniu niewielkich nisz źródłiskowych – niekiedy uformowanych za sprawą

odpływu wód drenarskich (fot. 5). Obserwowane procesy świadczą o dużym znaczeniu zjawisk o charakterze ponadprzeciętnym w kształtowaniu morfologii zlewni rzecznych, szczególnie w terenach zróżnicowanych topograficznie. Potwierdza to słuszność stwierdzeń Zwolińskiego (1989) oraz Kostrzewskiego, Mazurek, Zwolińskiego (1994) sformułowanych na podstawie badań przeprowadzonych w zlewni Parsęty i Smolskiej (1996), która badała zlewnię Szeszupy.

Tabela 1. Dobowe ładunki zawiesiny i substancji rozpuszczonych w ujściu cieków nr III, IV i V w roku 2006

Table 1. Daily suspended loads (mg/l) in the lower reaches of investigated creeks

	1.02	27.02	27.03	24.04	30.05	2.07	24.07	26.08	2.10	23.10	27.11
Dobowe ładunki zawiesiny w kg											
III	1,0	2,0	17,4	2,3	1,4	4,8	0,8	16,9	16,5	8,2	28,8
IV	7,1	3,0	19,1	3,5	9,3	11,7	12,0	48,6	27,9	23,8	19,2
V	13,9	5,4	89,5	31,4	22,7	44,9	22,7	6,2	15,3	10,4	30,9
Dobowe ładunki substancji rozpuszczonych w kg											
III	132,0	132,2	191,8	179,7	107,1	149,5	129,3	331,8	140,8	143,4	193,5
IV	293,8	248,8	352,5	169,3	243,6	259,2	297,2	1244,2	430,3	247,1	466,6
V	414,7	762,0	877,8	601,3	378,4	511,5	412,1	290,3	819,1	483,8	535,7
Suma zawiesin i substancji rozpuszczonych [kg/doba]											
III	133,0	134,2	209,2	182,0	108,6	154,2	130,0	348,7	157,4	151,6	222,3
IV	300,8	251,9	371,6	172,9	253,0	270,9	309,2	1292,7	458,1	270,9	485,7
V	428,6	767,5	967,3	632,7	401,1	556,4	434,8	296,5	834,4	494,2	566,6

Tabela 2. Dobowe ładunki zawiesiny i substancji rozpuszczonych w ujściu cieków nr III, IV i V w roku 2007
Table 2. Daily solute loads (kg/day) in the lower reaches of investigated creeks

	8.01	29.01	2.02	27.02	27.03	22.04	3.06	24.06	22.07	26.08	30.09	28.10	25.11
Dobowe ładunki zawiesiny w kg													
III	49,2	9992,2		1572,3	15,6	13,8	15,2	10,3	14,5	7,1	26,7	7,9	81,6
IV	73,6	2440,8	598,3	452,3	30,7	49,8	18,1	9,1	14,5	39,0	38,1	28,0	84,0
V	45,7	20774,9	3205,4	654,9	51,4	16,3	39,5	15,2	13,8	10,5	22,1	11,4	85,3
Dobowe ładunki substancji rozpuszczonych w kg													
III	601,3	15292,8		5645,4	691,2	678,2	337,0	273,7	388,8	980,6	767,2	1119,7	1306,4
IV	640,2	3628,8	4233,6	3551,0	380,2	1002,2	526,2	432,9	648,0	1155,7	877,0	782,8	1757,4
V	362,9	10627,2	11923,2	5944,3	834,6	931,4	492,5	417,3	224,6	566,8	889,1	788,0	362,9
Suma zawiesin i substancji rozpuszczonych [kg/doba]													
III	650,6	25285,0		7217,7	706,8	692,1	352,2	284,1	403,3	987,8	793,9	1127,7	1388,0
IV	713,8	6069,6	4831,9	4003,3	410,8	1052,0	544,3	441,9	662,5	1194,7	915,1	810,8	1841,4
V	408,5	31402,1	15128,6	6599,2	886,0	947,7	532,0	432,5	238,5	577,3	911,1	799,4	448,2

B – brak przepływu

N – nie oznaczono; brak pomiarów

Rozmiary denudacji badanych zlewni na tle intensywności denudacji odpływowej całej zlewni Wieprzy

Mimo zgłoszonych na wstępie uwag metodologicznych autorzy podjęli próbę określenia relacji pomiędzy tempem procesów denudacji odpływowej z badanych zlewni, wyrażonych rozmiarami transportu zawiesiny i materiału rozpuszczonego, a wartościami wyliczonymi wcześniej dla zlewni Wieprzy zamkniętej profilem wodowskazowym w Starym Krakowie.

Początkowo jako kryterium oceny tempa denudacji całych zlewni hydrologicy (Dębski 1959, Brański 1972, 1975) stosowali niemal wyłącznie rezultaty badań transportu rumowiska unoszonego. Zgodnie z

ustaleniami Brańskiego (1972, 1975) obliczona na tej podstawie denudacja odpływowa wynosi w zlewni Wieprzy 5,3 t/km²/rok (zaś w zlewni Łupawy 4,6 t/km²/rok, a w zlewni Słupi 5,4 t/km²/rok). Kwestia rozmiarów denudacji zlewni przymorskich była również przedmiotem analiz Wilamskiego (1977), Cyberskiego (1984), Kostrzewskiego i Zwolińskiego (1988a, b), Florka (1991) i in. W tabeli 7 podano obliczenia wykonane dla wybranych wodowskazów badanych cieków i Wieprzy, w tym ostatnim zakresie posiłkując się danymi pochodzącymi z prac różnych autorów.

Z przedstawionych danych wynika, że tempo denudacji zarówno w całej zlewni Wieprzy, jak i w zlewniach cząstkowych pięciu badanych cieków nie jest duże (tab. 5) i odpowiada danym uzyskanym przez

Tabela 3. Średnie stężenia zawiesiny i substancji rozpuszczonych w wodzie [mg/l] oraz dobowe ładunki zawiesiny i substancji rozpuszczonych [kg/doba] w okresie o przeciętnych przepływach wody i w okresie wezbrania

Table 3. Mean suspended and solute loads and daily suspended and solute loads in the period of average discharge and during floods

Nr ciek	Stężenie [mg/l]						Dobowy ładunek [kg/doba]					
	zawiesina ogólna			substancje rozpuszczone			zawiesina ogólna			substancje rozpuszczone		
	średnia*	średnia w czasie wezbrania	maks. w czasie wezbrania	średnia*	średnia w czasie wezbrania	maks. w czasie wezbrania	średnia*	średnia w czasie wezbrania	maks. w czasie wezbrania	średnia*	średnia w czasie wezbrania	maks. w czasie wezbrania
I	31,7	48,3	77,7	450,5	288,0	386,0	0,6	22,6	40,3	7,5	124,7	200,1
II	32,8	45,0	80,1	229,8	167,0	250,0	0,5	30,3	55,4	4,7	108,2	172,8
III	12,4	72,2	77,1	307,7	180,0	242,0	13,0	5782,2	9992,2	383,5	10469,1	15292,8
IV	13,0	39,7	56,5	310,6	184,7	274,0	24,3	1163,8	2440,8	534,9	3804,5	4233,6
V	12,8	78,4	160,3	289,2	188,0	344,0	26,0	8211,7	20774,9	579,7	9498,2	11923,2

*średnia dla lat 2006–2007 z pominięciem okresu wezbrania

Tabela 4. Stosunek dobowego ładunku substancji rozpuszczonych do zawiesiny w okresie o przeciętnym przepływie wody oraz w okresie wezbrania

Table 4. The proportion of daily solute load to suspended load in the period of average discharge and during floods

Nr ciek	Średnia*	Średnia w czasie wezbrania	Maksimum w czasie wezbrania
I	12,5	5,5	5,0
II	9,4	3,6	3,1
III	29,5	1,8	1,5
IV	22,0	3,3	1,7
V	22,3	1,2	0,6

*średnia dla lat 2006–2007 z pominięciem okresu wezbrania

Cyberskiego (1984) i Florka (1991) dla innych większych rzek Przymorza, a także Kostrzewskiego i Zwolińskiego (1988a, b) czy Smolskiej (1996) dla mniejszych zlewni obszaru młodoglacjalnego. Warto podkreślić jest ustalenie, że tempo denudacji w badanych niewielkich zlewniach dopływów dolnej Wieprzy jest niższe lub nawet zdecydowanie niższe aniżeli wyliczone dla całej zlewni tej rzeki, mimo iż koryta odwadniających je strumieni mają w dolnych

swych biegach znaczne spadki i płyną w głęboko wciętych dolinach. Oznacza to, że większą efektywnością procesów denudacji charakteryzują się górne partie zlewni Wieprzy. Stwierdzenie to jest zgodne z ustaleniami Kostrzewskiego i Zwolińskiego (1988a, b) oraz Zwolińskiego (1989) dla zlewni Parsęty.

Podsumowanie

Wyniki wstępnych badań przeprowadzonych w małych zlewniach dopływów Wieprzy pokazują, że nawet na obszarach niemal płaskich wysoczyzn polodowcowych mają miejsce procesy, których intensywność i rola w kształtowaniu tych środowisk są znaczące. Okazało się również, że zmienność intensywności odpływu powierzchniowego i natężenia transportu materiału stałego (piasku, mułu, ilu) w postaci zawiesiny oraz materiału rozpuszczonego w wodach cieków, a więc transportowanego w formie roztworów rzeczywistych i koloidalnych jest niezwykle duża. Podczas trwającego kilka dni wezbrania, które miało miejsce na przełomie stycznia i lutego 2007 r. i było skutkiem dość gwałtownych roztopów, na co nałożyły się opady deszczu, spływająca po po-



Fot. 4. Odsypy piaszczyste w środkowym biegu ciek nr V (Jarosławianka) jako skutek wezbrania opadowo-roztopowego (27.02.2007; fot. J. Jonczak)

Photo 4. Sand bars in the middle reach of the creek no. V (Jarosławianka) resulting from a local flood caused by rainfall and snow melting (27.02.2007; photo J. Jonczak)



Fot. 5. Rozcięcie spowodowane odpływem wód drenarskich w zlewni ciekru nr V (Jarosławianki) (24.02.2008; fot. J. Jonczak)

Photo 5. Dissection caused by drain water in the catchment of the creek no. V (Jarosławianka) (24.02.2007; photo J. Jonczak)



Fot. 6. Jeden z dopływów ciekru nr III (Struga Leśna) zbierający przede wszystkim wody drenarskie i uchodzący do głównego ciekru w pobliżu punktu poboru nr 11 – w okresie zimowo-wiosennym niesie znaczne ładunki iłu (6.01.2008; fot. J. Jonczak)

Photo 6. One of tributaries of the creek no. III (Struga Leśna), receiving mainly drain waters and joining the main creek near the sampling point no. 11. In the winter/spring period it carries a substantial amount of clay (06.01.2008; photo J. Jonczak)

Tabela 5. Średnie tempo transportu i denudacji Wieprzy (według danych Brańskiego 1975, Wilamskiego 1977 i Cyberskiego 1984) i jej wybranych dopływów (według danych autorów)

Table 5. Mean transport and denudation rates for the Wieprza drainage basin (after Brański 1975, Wilamski 1977 and Cyberski 1984) and its selected tributaries (according to the present authors)

Ciek	Roczny transport w tonach			Powierzchnia zlewni w km ²	Wskaźnik denudacji		Liczba lat potrzebnych do zdenudowania warstwy 1 m
	roztworów	unosin	włeczyn		w t/km ²	w mm/km ² /1000 lat	
I	2,7	0,2	BD	BD	BD	BD	BD
II	1,7	0,2	BD	BD	BD	BD	BD
III	140,0	4,8	BD	8,48	17,07*	10,7*	93800*
IV	195,2	8,9	BD	8,44	24,18*	15,1*	66200*
V	211,6	9,5	BD	6,00	36,85*	23,0*	43400*
Wieprza (Stary Kraków)	60300	7970	8695	1510	50,97	32	31400

* – dane nie uwzględniają transportu rumowiska wleczonego
BD – brak danych

wierzchni gleby woda uruchomiła tak duże ilości materiału skalnego, jakie w przeciętnych warunkach zostałyby dostarczone do cieków w ciągu 1–3 lat! W małych ciekach odwadniających równie małe zlewnie należące do dorzecza Wieprzy woda płynęła wówczas z natężeniem kilkadziesiąt–kilkaset razy większym niż przeciętnie.

Literatura

- Brański J. 1972. Zmącenie wody i transport rumowiska unoszonego w rzekach polskich w okresie 1956–1965. PIHM. Warszawa.
- Brański J. 1975. Rozkład wskaźników zmaczenia i transportu rumowiska unoszonego oraz wskaźników denudacji na obszarze Polski. IMiGW, Warszawa. Maszynopis.
- Cyberski J. 1984. Zasoby wodne zlewni rzecznych. [W:] B. Augustowski (red.), Pobrzeże Pomorskie. Ossolineum. Gdańsk, s. 189–213.
- Dębski K. 1959. Próba oszacowania denudacji na obszarze Polski. Prace Komisji Gospodarki Wodnej, 2: 477–481.
- Florek E., Florek W. 1989. Cechy hydrologiczne Słupi a osady budujące koryto. Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej, Geologia, 15(1–2): 15–33, 200–201.
- Florek W. 1991. Postglacjalny rozwój dolin rzek środkowej części północnego skłonu Pomorza. Wydawnictwo WSP, Słupsk.
- Kostrzewski A., Klimczak R., Stach A., Zwoliński Z. 1992. Wpływ procesów katastrofalnych na funkcjonowanie współczesnego systemu denudacyjnego obszarów młodoglacjalnych – Pomorze Zachodnie. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, 43A: 55–82.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z. 1993. Sezonowa zmienność składu chemicznego wód górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie) jako odzwierciedlenie funkcjonowania systemu zlewni. [W:] A. Kostrzewski (red.), Geosystem obszarów nizinnych. Ossolineum, Wrocław, s. 79–99.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z. 1994. Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni. Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Poznań.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z. 1988a. Koncentracja i ładunek materiału zawieszonego i rozpuszczonego w zlewniach cząstkowych dorzecza górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986. Sprawozdania Poznańskiego TPN, 105(1986): 51–54.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z. 1988b. Tempo denudacji regionalnej w zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986. Sprawozdania Poznańskiego TPN, 105(1986): 57–61.
- Krzemień K. 1996. Zmienność wynoszenia materiału rozpuszczonego i zawiesiny z eksperymentalnych zlewni Pogorza Wielickiego. [W:] G. Wójcik (red.), VII Ogólnopolskie Sympozjum Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geosystemów z uwzględnieniem lokalnych problemów ekologicznych, K. Marciniak. Koniczynka, Toruń, s. 51–52.
- Migoń P. 2006. Geomorfologia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Smolska E. 1996. Funkcjonowanie systemu koryto-owego na obszarze młodoglacjalnym na przykładzie górnej Szeszupy, Warszawa: Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW.
- Wilamski J. 1977. Procesy erozji chemicznej w wybranych zlewniach rzek Przymorza Zachodniego na podstawie spływu jonowego. IMiGW, Oddział w Słupsku, Słupsk. Maszynopis.
- Zwoliński Z. 1989. Geomorficzne dostosowywanie się koryta Parsęty do aktualnego reżimu rzecz-ego, Dokum. Geogr. IGiPZ PAN, 3–4.