

## **Rola opadów ekstremalnych w denudacji stoków młodoglacjalnych na przykładzie Pojezierza Suwalskiego**

**Ewa Smolska\***

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa*

Znaczenie zdarzeń ekstremalnych w przemieszczeniu gleby jest jeszcze zbyt słabo poznane, przede wszystkim ze względu na brak danych z pomiarów terenowych (Boardman 2006). Pomiary prowadzone są jedynie na wybranych stokach oraz w ograniczonej ilości i często zdarza się, że większe natężenie opadu występuje na sąsiednich stokach czy położonych w niedużej odległości od objętych monitoringiem (np. Niewiadomski 1968, Kostrzewski i in. 1989, Evans 2005). Również czasowe i przestrzenne rozpoznanie występowania opadów o dużym natężeniu wymaga dalszych badań (Boardman 2006). W Polsce NE na intensywną erozję burzową zwracali uwagę Uggla i in. (1968) i Niewiadomski (1968).

Obszar Pojezierza Suwalskiego charakteryzuje się klimatem umiarkowanym o cechach kontynentalnych. Średnia roczna temperatura wynosi 6°C, średnia roczna suma opadów ok. 600 mm (Stopa-Boryczka, Martyn 1985). Roztopy, zazwyczaj typu adwekcyjnego, nie są gwałtowne. Intensywność opadów należy do najniższych w Polsce (Banasik, Górski 1993).

### **Cel i metody badań**

Celem badań prowadzonych na wybranych stokach Pojezierza Suwalskiego było poznanie natężenia splukiwania i jego roli w przekształceniu stoków młodoglacjalnych. Szczególną uwagę zwrócono na przebieg procesu podczas zdarzeń przeciętnych i ekstremalnych o natężeniu ponadprzeciętnym.

Badania prowadzono w latach 1987–1989 i 1998–1999, a od roku hydrologicznego 2007 są kontynuowane w ramach projektu KBN nr 2 P04E

05330. Pomiarami metodą Gerlacha (1966) z zastosowaniem zmodyfikowanych łapaczy (worków) Słupika (Słupik 1973) objęto 5 stoków (ryc. 1). Łapacze opróżniano przynajmniej raz w miesiącu. Dodatkowo na 4 stokach szacowano splukiwanie linijne poprzez sezonowe pomiary żłobin i akumulacji podstokowej. Wyniki wcześniejszych pomiarów były już prezentowane (Smolska 2002, 2005).

W ciągu 6 lat badań wystąpiło 1 zdarzenie, które można uznać za zdarzenie o wyjątkowym natężeniu. Był to opad 22 czerwca 1999 r. o wydajności 35,7 mm (na dobową sumę 53 mm złożyły się dwa opady). Cechował się on jak na warunki Suwalszczyzny dużą intensywnością wynoszącą średnio 0,5 mm/min i maksymalną 0,8 mm/min. Zdarzenie to ukazało przebieg redystrybucji gleby na stoku i pozwoliło na wskazanie roli takiego zdarzenia w transferze zwietrzliny poza system stokowy.

### **Wyniki badań**

Prowadzone pomiary erozji gleby na stokach użytkowanych rolniczo potwierdzają wcześniejsze wyniki badań z Pojezierza Mazurskiego (Niewiadomski, Skrodzki 1964, Niewiadomski 1968) czy Pomorskiego (Klimczak 1993, Szpikowski 1998, 2002) i wskazują na erozję górnych, a szczególnie wypukłych fragmentów stoków. Średnia roczna wielkość erozji kształtowała się w wierzchowinowej części stoków od 24 do 400 kg ha<sup>-1</sup>, w wypukłej i środkowej od ok. 40 kg ha<sup>-1</sup> do ponad 7 t ha<sup>-1</sup> (ryc. 2a). Dolna część badanych stoków w zdecydowanej przewadze obserwowanych zdarzeń stanowiła strefę depozycji dla erodowanej

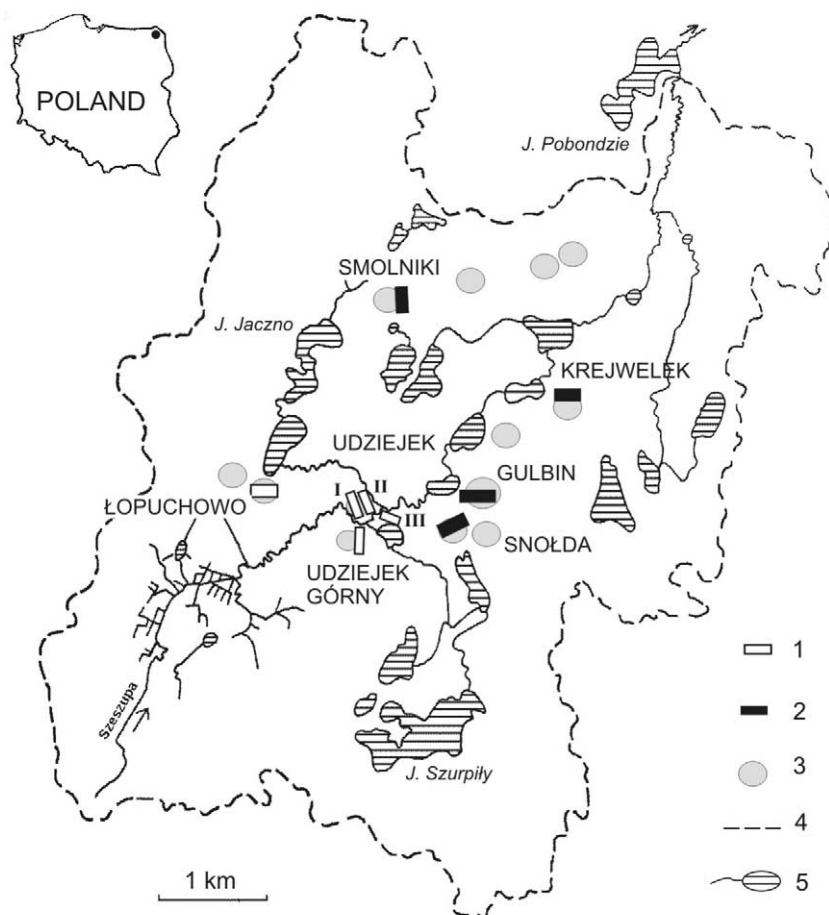
\* e-mail: e.smolska@uw.edu.pl

gleby ( $36\text{--}150\text{ kg ha}^{-1}$ , a w przypadku pagórka kemo-wego, piaszczysto-mułkowego w Łopuchowie – prawie  $12\text{ t ha}^{-1}$ ). Takie natężenie i przebieg procesu na stoku były charakterystyczne dla splukiwania rozproszonego podczas krótkotrwałych opadów burzowych o wydajności  $8\text{--}15\text{ mm}$ . Podczas opadów o większej wydajności ( $15\text{--}30\text{ mm}$ ) i trwających dłużej zaznaczała się intensywniejsza erozja w środkowej części stoku o większym nachyleniu. W obu tych przypadkach część dolna stoku stanowiła miejsce depozycji, jedynie nieznaczna ilość erodowanej gleby była wynoszona poza stok. Zmniejszenie spadku w dolnej części stoku to główna bariera w transferze zwietrzelin.

Opad deszczu z dnia 22 czerwca 1999 r., który był ekstremalnym zdarzeniem w czasie prowadzonych pomiarów, cechował się erozją całych stoków. Wartości bezwzględne strat gleby były większe wraz z długością stoku, niezależnie od nachylenia. Bariera topograficzna, jaką jest wklęsła strefa stoku, nie spełniła wówczas swojej funkcji na stokach piaszczysto-gliniastych i gliniasto-piaszczystych. Dobrze jest to widoczne na przykładzie stoku Udziejek I, gdzie podczas tego deszczu wyniesione zostało z dolnej,

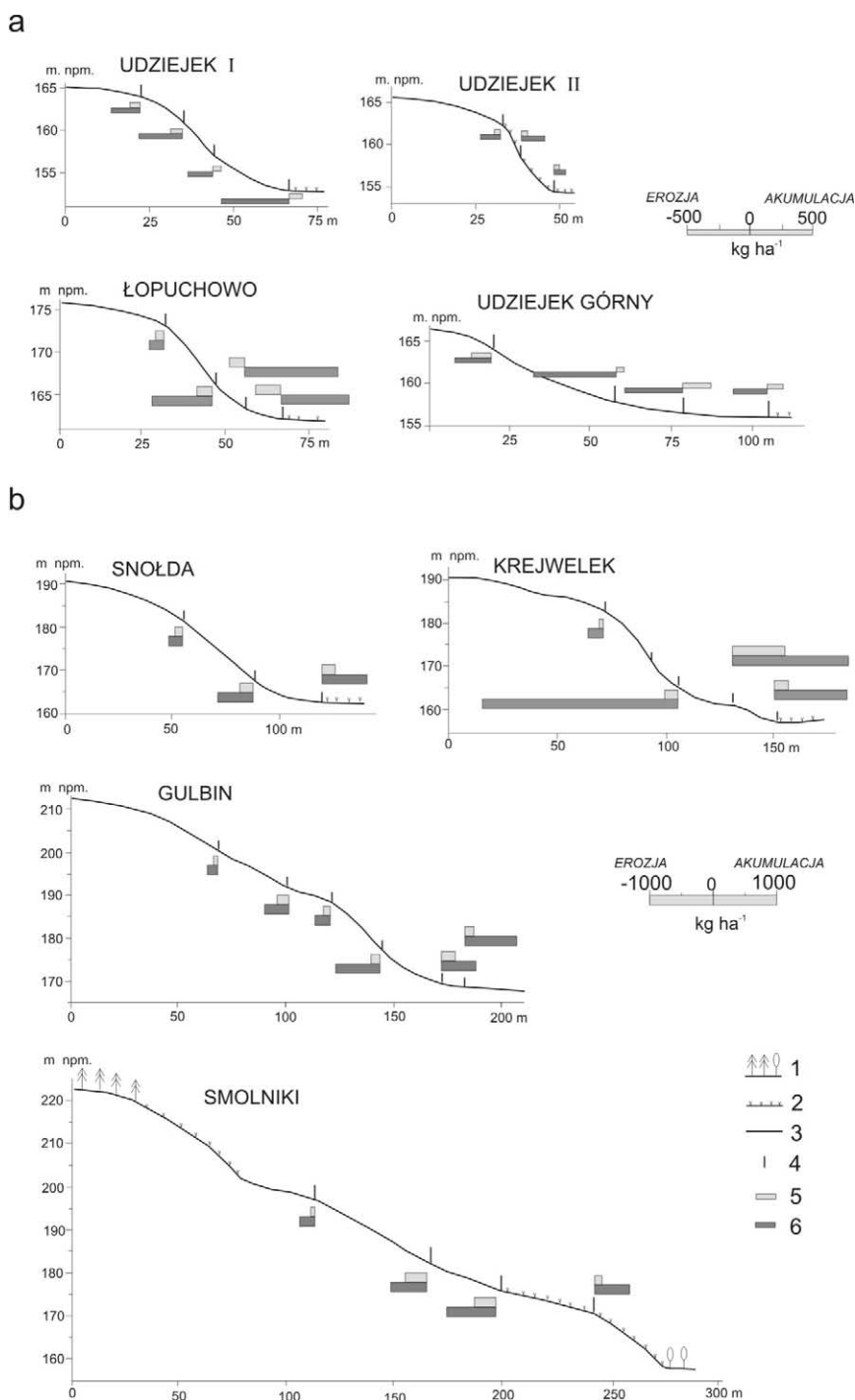
wklęsłej części 75% deluwii zgromadzonych przez 5 lat o przeciętnym natężeniu opadów. Główna depozycja miała miejsce w strefie przystokowej, gdzie następowała zmiana użytkowania z gruntu ornego na łąkę. Na stoku piaszczystym (Udziejek Górny; ryc. 2a) przebieg redepozycji gleby był podobny, lecz transferowi poza stok uległa mniejsza ilość deluwii nagromadzonych w jego dolnej części (do 40%).

Na badanym obszarze żłobiny tworzyły się na stokach dłuższych (ponad  $100\text{ m}$ ) i zbudowanych z piasków gliniastych, glin piaszczystych. Formowanie się ich w części środkowej stoków (zwykle poniżej strefy wypukłej) było najczęściej uwarunkowane przebiegiem bruzd związanych z uprawą. Podczas krótkotrwałych opadów burzowych, o niewielkiej wydajności ( $8\text{--}15\text{ mm}$ ), rozwijały się jedynie pojedyncze żłobiny, wraz ze wzrostem natężenia opadu tworzyła się sieć żłobin o gęstości do  $180\text{ m na }100\text{ m}^2$ . Zazwyczaj były to płytkie mikroformy, o głębokości sporadycznie przekraczającej  $50\text{ cm}$ . Obliczona objętość żłobin na podstawie sezonowych pomiarów wskazuje na wielokrotnie większe natężenie erozji liniowej w porównaniu do rozproszonej (ryc. 2b).



**Ryc. 1.** Lokalizacja obszaru badań i stoków, na których prowadzono pomiary natężenia splukiwania

1 – stoki objęte pomiarami erozji rozproszonej metodą Gerlacha (1966), 2 – stoki, na których prowadzono sezonowe pomiary erozji żłobinowej, 3 – stoki, na których wystąpiło splukiwanie o ponadprzeciętnym natężeniu w okresie badań, 4 – dział wodny, 5 – rzeki i jeziora



**Ryc. 2.** Średnie i maksymalne splukiwanie rozproszone (a) i żłobinowe (b) na badanych stokach  
1 – średnie roczne wartości, 2 – maksymalne natężenie procesu spowodowane opadem ekstremalnym

Cechą charakterystyczną erozji żłobinowej był ograniczony zasięg przestrzenny. Kartowanie prowadzone sezonowo w zlewni górnej Szeszupy wskazało, że na wielu stokach żłobiny tworzyły się tylko w 1 sezonie lub w 2 sezonach okresu badań. Formowały się zazwyczaj w czasie roztopów oraz opadów występujących w maju i czerwcu, kiedy jeszcze szata roślinna była słabo rozwinięta. W sezonie letnim, w pełni

rozwoju szaty roślinnej, funkcjonowały głównie żłobiny utworzone wcześniej, a nowe formowały się rzadko. Masa erodowanej liniźnie gleby wynosiła od 0,5 do 13 t ha<sup>-1</sup> średnio rocznie, podczas gdy maksymalnie w jednym sezonie erozja osiągała od 5 do ponad 30 t ha<sup>-1</sup>. Natomiast akumulacja u podstawy stoków wynosiła od 0,6 do 9 t ha<sup>-1</sup> średnio rocznie, a okresowo ponad 22 t ha<sup>-1</sup>.

## Podsumowanie

Dla Pojezierza Suwalskiego charakterystyczne są krótkotrwałe opady burzowe, których wydajność rzadko osiąga ponad 20 mm. Natężenie 15-minutowe takich opadów jest znaczne, natomiast średnie niewielkie, stąd i efektywność spłukiwania niewielka, zwykle jest to spłukiwanie rozproszone. Częstość występowania takich opadów burzowych to zazwyczaj 3–4 każdego roku. W ich efekcie następuje nagromadzenie deluwiów w dolnej części stoków.

Na podstawie wieloletnich badań na Pojezierzu Mazurskim wskazywano na erozję „burzową” szczególnie stoków piaszczystych (Ugła i in. 1968, 1998) oraz na przypadkowość występowania obszarów wzmoczonej erozji, zwłaszcza żłobinowej (Niewiadomski, Skrodzki 1964, Niewiadomski 1968).

Opady o znacznym natężeniu i wydajności ponad 30 mm zdarzają się na badanym obszarze raz na 5–7 lat. Zarówno częstość ich występowania, jak i erozywność w porównaniu do obszarów Polski południowej jest znacznie mniejsza (Banasik, Górski 1993), jednak spełniają one szczególną rolę w denudacji stoków w obszarze młodoglacjalnym. Wówczas z największą intensywnością zachodzi erozja w środkowych i dolnych segmentach stoków oraz następuje odprowadzenie deluwiów poza system stoku. Przyczynia się to do zachowania znacznej stromości stoków Suwalszczyzny, w rzeźbie dobrze zaznaczają się zarówno ich górne, jak i dolne załomy.

Opady o ponadprzeciętnym natężeniu spłukiwania, mimo iż spełniają ważną rolę w transferze zwierzeliny, ze względu na niewielką częstość występowania nie odgrywają decydującej roli w kształtowaniu stoków młodoglacjalnych.

## Literatura

- Banasik K., Górski D. 1993. Evaluation of rainfall erosivity for east Poland. [W:] K. Banasik, A. Żbikowski (red.), Runoff and sediment yield modeling (RSY-93). SGGW Warszawa, s. 129–134.
- Boardman J. 2006. Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. *Catena*, 68: 73–86.
- Evans R. 2005. Monitoring water erosion in lowland England and Wales – A personal view of its history and outcomes. *Catena*, 64: 142–161.
- Gerlach T. 1966. Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajczarka (Beskid Wysoki – Karpaty Zachodnie). *Prace Geogr. IG PAN*, 52.
- Klimczak R. 1993. Spłukiwanie na obszarach o różnicowanym użytkowaniu – przebieg i rola we współczesnym środowisku morfogenetycznym (zlewnia Młyńskiego Potoku, Pomorze Zachodnie). *Zeszyty Nauk. PAN „Człowiek i Środowisko”*, 6: 61–77.
- Kostrzewski A., Klimczak R., Stach A., Zwoliński Z. 1989. Morphologic effects of heavy rainfall (24 May 1983) over relief features of scarpland in the middle Parsęta valley, West Pomerania, Poland. *Quaestiones Geographicae, Special Issue*, 2: 101–110.
- Niewiadomski W. 1968. Badania nad erozją gleb na północy Polski (okres 1950–1976). [W:] S. Ziemiński (red.), Procesy erozyjne i problem ochrony gleby w Polsce. Wyższa Szkoła Rolnicza (WSR) Lublin i PWRiL, 2: 29–49.
- Niewiadomski W., Skrodzki M. 1964. Nasilenie spływów i zmywów a system rolniczego zagospodarowania stoku. *Zeszyty Nauk. WSR Olsztyn*, 17 (2): 269–291.
- Słupik J. 1973. Różnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich. *Dokum. Geogr. IGiPZ PAN*, 2.
- Smolska E. 2002. The intensity of soil erosion in agricultural areas in North-Eastern Poland. *Landform Analysis*, 3: 25–33.
- Smolska E. 2005. Znaczenie spłukiwania w modelowaniu stoków młodoglacjalnych. *Wyd. WGSU UW, Warszawa*, s. 1–146.
- Stopa-Boryczka M., Martyn D. 1985. *Klimat*. [W:] Województwo Suwalskie – studia i materiały 1, Oddział Badań Nauk. Białystok i IGiPZ PAN, Warszawa, s. 81–118.
- Szpikowski J. 1998. Wielkość i mechanizm erozji wodnej gleb na stokach użytkowanych rolniczo w zlewni młodoglacjalnej (górną Parsęta, Chwalimski Potok). *PTNA, Olsztyn, Bibliotheca Fragmenta Agron.*, 4A: 113–124.
- Szpikowski J. 2002. Contemporary processes of soil erosion and the transformation of the morphology of slopes in agricultural use in the postglacial catchment of the Chwalimski Potok (upper Parsęta, Drawskie Lakeland). *Quaestiones Geographicae*, 22: 79–90.
- Ugła H., Mirowski Z., Garbarczyk S., Nożyński A., Rytelewski J., Solarski H. 1968. Procesy erozji wodnej w terenach pagórkowatych północno-wschodniej części Polski. *Roczn. Glebozn.*, 28 (2): 415–447.
- Ugła H., Solarski H., Rytelewski J., Mirowski Z., Nożyński A., Grabarczyk S. 1998. Problematyka erozji wodnej gleb północno-wschodniej Polski. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, 4B: 179–197.