

## WYKORZYSTANIE EKSPERYMENTU TERENOWEGO W BADANIACH EROZJI WODNEJ GLEB W ZLEWNI CHWALIMSKIEGO POTOKU (POJEZIERZE DRAWSKIE, GÓRNA PARSEŃTA)

*Mikołaj Majewski*

### **Application of a field experiment in soil erosion research in the Chwalimski Potok catchment (Drawskie Lakeland, upper Parsęta River)**

*Abstract:* Stationary research upon soil erosion has been conducted in the Chwalimski Potok catchment since 2012 as a continuation of research started in 1994. In 2013 conducted two field experiments were conducted in order to evaluate the impact of high intensity rainfall on soil surface. The first experiment consisted of 5 and the second of 4 rainfall simulations. The rainfall was created by using a purpose-built rain simulator, consisting of 3 and 6 sprinklers placed around the testing plot. The paper focuses on the characterization of the course of these experiments. The achieved results compared with the results from the hydrological years 2012 and 2013 show that slope wash considerably increases during rainfall of high intensity and high amount.

*Keywords:* soil erosion, field experiment, simulated rainfall, rain simulator

*Zarys treści:* Stacjonarne badania erozji wodnej gleb prowadzone w zlewni Chwalimskiego Potoku od 2012 r. stanowią kontynuację badań prowadzonych od 1994 r. W celu poznania reakcji na opad o znacznym natężeniu oraz możliwości kontroli wybranych cech gleby, w 2013 r. dwukrotnie przeprowadzono eksperymenty terenowe, polegające na wywołaniu sztucznego opadu. Do symulacji opadu wykorzystano zbudowaną specjalnie w tym celu deszczownicę. W pracy scharakteryzowano przebieg obu eksperymentów. Uzyskane wyniki, porównane z wynikami z lat hydrologicznych 2012 i 2013, wskazują, że wielkość spłukiwania wzrasta

gwałtownie podczas opadów o większym natężeniu, większych sumach i skumulowanych w czasie epizodach opadowych.

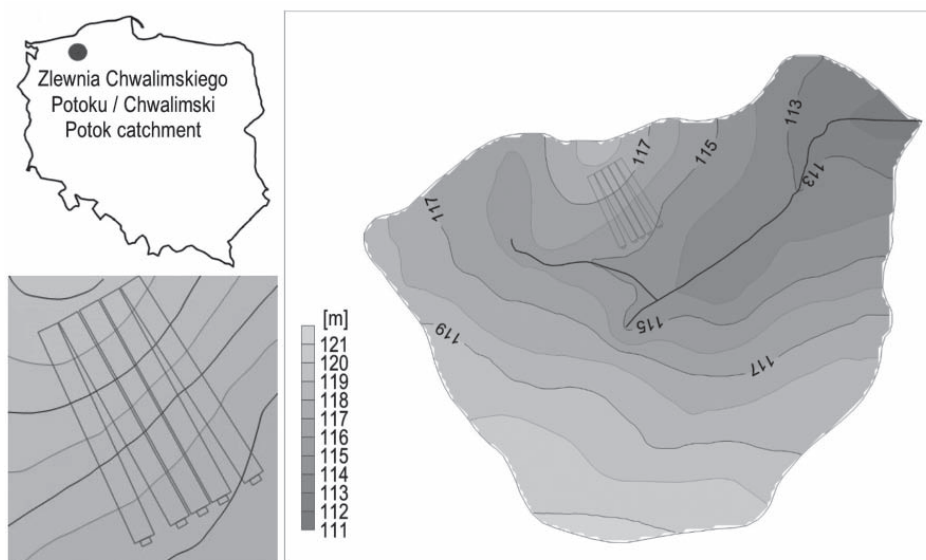
*Słowa kluczowe:* erozja wodna gleb, eksperyment terenowy, sztuczny opad, deszczownia

## Wstęp

Badania procesów spływu powierzchniowego i spłukiwania (erozji wodnej gleb) są częścią programu badawczego realizowanego w zlewni górnej Parsęty, na Pojezierzu Drawskim. Erozja wodna gleb jest jednym z najważniejszych współcześnie zachodzących procesów morfogenetycznych w niżowych geosystemach młodoglacjalnych (Szpikowski 2012). Rozpoznanie jej uwarunkowań, wielkości i dynamiki jest szczególnie ważne w warunkach różnokierunkowej antropopresji i obserwowanych zmianach klimatu (Klimczak 1993, Kostrzewski 2001). Realizowane badania stanowią kontynuację pomiarów spływu powierzchniowego, rozbryzgu i spłukiwania prowadzonych w zlewni Chwalimskiego Potoku od 1994 r. (Szpikowski 1998, 2001, 2003, 2010). Ich głównym celem jest obserwacja procesów erozji wodnej gleb o charakterze sekularnym oraz ich porównanie z procesami o charakterze ekstremalnym na Pojezierzu Drawskim. Przeprowadzony eksperyment terenowy umożliwił uszczegółowienie badań w zakresie procesów o charakterze ekstremalnym.

## Obszar badań

Stacjonarne badania erozji wodnej gleb prowadzone są w zlewni Chwalimskiego Potoku, będącej zlewnią I rzędu i stanowiącej subsystem zlewni Młyńskiego Potoku, a w dalszej kolejności zlewni górnej Parsęty. Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym Polski Kondrackiego (2009) zlewnia znajduje się w mezoregionie Pojezierza Drawskiego, w makroregionie Pojezierza Zachodniopomorskiego. Obszar badań położony jest w obrębie moreny dennej wchodzącej w skład najwyższego poziomu wysoczyznowego północnego skłonu Pomorza (Karczewski 1991). System pomiarowy składa się z 5 powierzchni testowych o długości 42 m i szerokości 4 m (ryc. 1). Na jednej z nich utrzymywano czarny ugór, na pozostałych uprawiano zboże jare, zboże ozime oraz ziemniaki. Wszystkie powierzchnie zakończone są chwytaczami wzorowanymi na urządzeniach Seilera (1980). Powierzchnie testowe mają niewielkie nachylenie charakterystyczne dla obszaru dennomorenowego. Średni ich spadek wynosi ok. 4°. Deniwelacje w zlewni Chwalimskiego Potoku wynoszą 10 m, znajdując się w przedziale wysokości od 110 do 120 m n.p.m. W obrębie stoku, z poletkami testowymi, na powierzchni występują piaski i piaski gliniaste, na których ukształtowała się gleba płowa (Marcinek, Komisarek 1998).

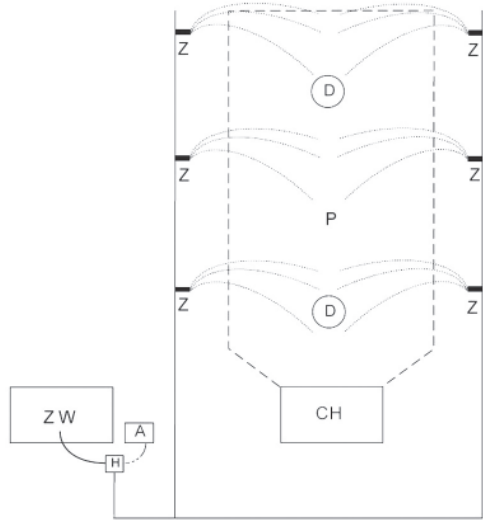


Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań i położenie poletek testowych

Fig. 1. Location of the study area and test plots

## Metody badań

W 2013 r. dwukrotnie przeprowadzono eksperymenty terenowe na powierzchni testowej pod czarnym ugiem. Polegały one na wywołaniu sztucznego opadu na wydzielonym obszarze, o długości 15 m i szerokości 3 m. Wyznaczona do eksperymentu część poletka została otoczona plastikowym obrzeżem ogrodowym o wysokości 20 cm. Powierzchnia testowa zakończona była chwytaczem o szerokości wlotu 2 m i objętości ok. 800 dm<sup>3</sup>. Do symulacji opadu wykorzystano zbudowaną specjalnie w tym celu deszczownię składającą się z: 6 zraszaczy wynurzanych turbinowych (podczas pierwszego eksperymentu 3 zraszaczy), hydroforu z węzłem ssącym o średnicy 25 mm, rur montażowych o średnicy 20 mm, agregatu prądotwórczego i zbiornika z wodą w chwytaczu przy sąsiedniej powierzchni (ryc. 2). Podczas pierwszego eksperymentu, prowadzonego w ciągu 24 godzin, pięciokrotnie wywołano opad trwający po 30 minut. Po trzecim deszczowaniu powierzchnia gruntu została spulchniona glebogryzarką do głębokości 15 cm. Drugi eksperyment polegał na wywołaniu czterech opadów trwających po 25 minut, każdorazowo na spulchnioną powierzchnię. Po każdym opadzie pobrano próbki z chwytacza. Następnie w laboratorium sedimentologicznym w Stacji Geoekologicznej UAM w Storkowie określano koncentrację zawiesiny w próbce wody. Wykorzystywano do tego metodę wagową.



Ryc. 2. Schemat poletka podczas eksperymentów  
Fig. 2. Plot scheme during the experiment

CH – chwytacz/catcher, ZW – zbiornik z wodą/water tank,  
P – poletko/plot, Z – zraszacz/sprinkler, D – deszczomierz/pluviometer, A – agregat/generator, H – hydrofor/hydrophore.

Przeprowadzono również uszczegóławiające badania powierzchniowej warstwy gleby: zwięzłości za pomocą ręcznego penetrometru Eijkelkamp i wytrzymałości na ścinanie za pomocą ręcznej ścinarki obrotowej Eijkelkamp. Do cylindrów pobierano próbki z powierzchniowej warstwy gleby, w których metodą wagową określono wilgotność i gęstość objętościową.

## Charakterystyka opadu

W celu porównania opadów naturalnych z wywołanym opadem sztucznym obliczono wskaźnik erozyjności opadu  $EI^{30}$  (Wischmeier, Smith 1978). Jednostkową energię kinetyczną opadu obliczano wg formuły zaproponowanej przez Browna i Fostera (1987):

$$E_{kin} = \sum_{i=1}^n 0,29 \cdot [1 - 0,72 \cdot \exp(-0,05 I_i)] \cdot \Delta P_i$$

gdzie:

$E_{kin}$  – energia kinetyczna opadu [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ],

$I_i$  – natężenie opadu w okresie o stałym cząstkowym natężeniu  $i$  [ $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ],

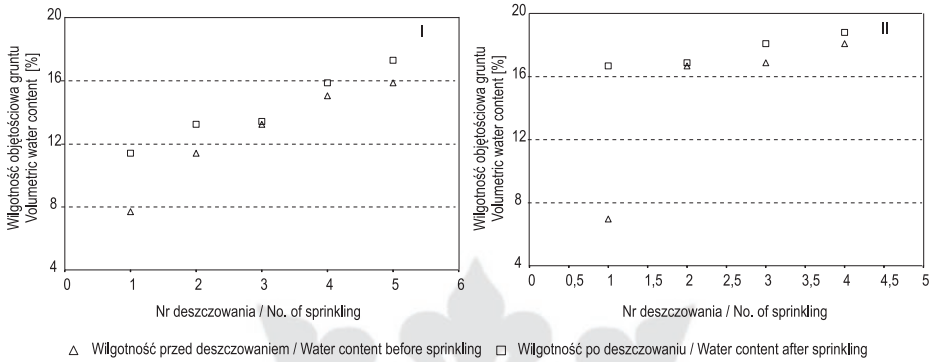
$\Delta P_i$  – suma opadu w okresie o stałym cząstkowym natężeniu  $i$  [mm].

Uwarunkowania opadowe były określane na podstawie obserwacji meteorologicznych prowadzonych na posterunku meteorologicznym Stacji Geoekologicznej UAM w Storkowie, oddalonej o 1,5 km od obszaru badań. Wysokość opadu podczas eksperymentu obliczano na podstawie pomiarów z dwóch deszczomierzy Hellmanna ustawionych na deszczowanej powierzchni testowej. Do wywołania każdego deszczowania wykorzystano 800 dm<sup>3</sup> wody zgromadzonej w zbiorniku. Wysokość opadu każdego pojedynczego deszczowania wyniosła 16 mm. W związku z różnicą czasu trwania deszczowania natężenie opadów było różne. W pierwszym eksperymencie równało się 32 mm·h<sup>-1</sup>, a w drugim 38,4 mm·h<sup>-1</sup>. Erozyjność opadu, a także spływ powierzchniowy, i splukiwanie z eksperymentów porównywane były z latami hydrologicznymi 2012 i 2013. Roczna suma opadu wyniosła 698,3 mm w 2012 r. i 579,9 mm w 2013 r. Łączna wysokość opadu podczas pierwszego eksperymentu wyniosła 80 mm, a podczas drugiego 64 mm. Sumaryczny wskaźnik erozyjności opadu EI<sup>30</sup> w 2012 r. równał się 241,4 MJ·mm·ha<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, a w 2013 r. 196,4 MJ·mm·ha<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>. W pierwszym eksperymencie wskaźnik wyniósł 201,9 MJ·mm·ha<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, a w drugim 188,8 MJ·mm·ha<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>.

## Wyniki

W obu eksperymentach każde kolejne deszczowanie powodowało zwiększenie wilgotności objętościowej powierzchniowej warstwy gruntu. W pierwszym eksperymencie ten wzrost był mniej więcej równomierny po każdym opadzie i wynosił od 0,85% do 3,7%. Podczas całego eksperymentu wilgotność wzrosła o prawie 10% – od 7,69% do 17,29%. Inna sytuacja wystąpiła w drugim eksperymencie. W związku z większym natężeniem opadu już po pierwszym deszczowaniu wilgotność wzrosła o prawie 10%, i wyniosła 16,67%. Spowodowało to mniejszy wzrost wilgotności po kolejnych deszczowaniach. Po ostatnim opadzie wilgotność wyniosła 18,79% (ryc. 3).

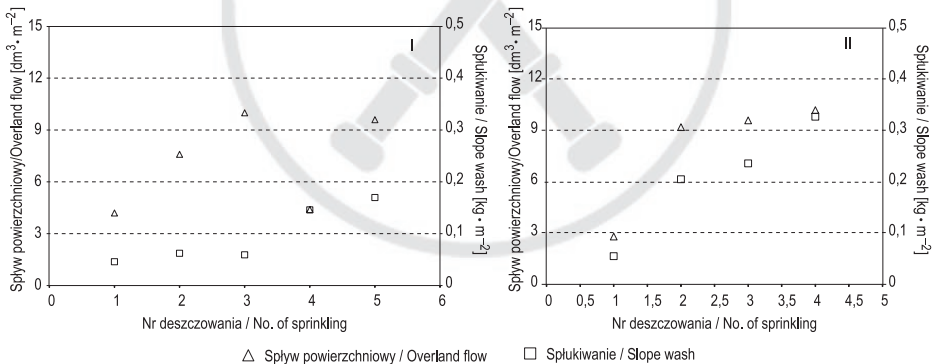
Podczas pierwszego eksperymentu spływ powierzchniowy zwiększał się do trzeciego deszczowania (od 4,2 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup> – po pierwszym deszczowaniu, do 10 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup> – po trzecim). W wyniku spulchnienia powierzchni gruntu po czwartym opadzie spływ zmalał do 4,4 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup>, aby po piątym wrócić do wartości 9,6 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup>. Podczas drugiego eksperymentu spływ powierzchniowy wzrastał systematycznie od pierwszego do czwartego deszczowania (od 2,8 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup> – po pierwszym, do 10,2 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup> – po ostatnim). Zauważalny był największy wzrost między pierwszym



Ryc. 3. Zmiany wilgotności objętościowej gruntu: I – w pierwszym eksperymencie, II – w drugim eksperymencie

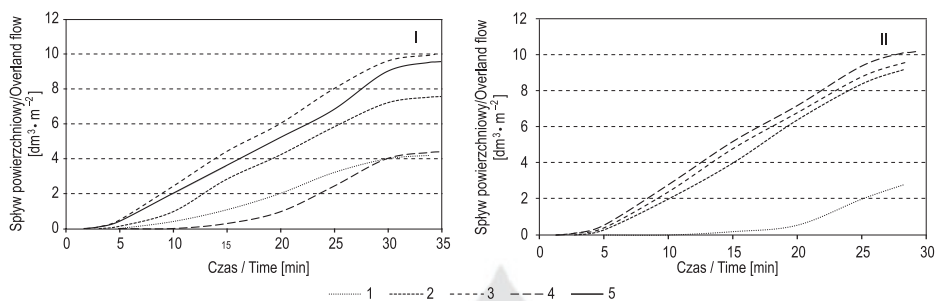
Fig. 3. Volumetric water content variation: I – in the first experiment, II – in the second experiment

a drugim deszczowaniem (ryc. 4). Spowodowane to było osiągnięciem dużej wilgotności objętościowej gruntu już po pierwszym opadzie. Podczas każdego deszczowania spływ powierzchniowy wzrastał systematycznie. Podczas pierwszego eksperymentu zróżnicowanie wielkości spływu w poszczególnych interwałach czasowych było większe niż w drugim eksperymencie. W drugim eksperymencie wyraźna różnica wystąpiła między pierwszym a drugim opadem (ryc. 5). Spulchnienie gruntu miało również wpływ na spłukiwanie. W pierwszych trzech deszczowaniach wyniosło



Ryc. 4. Zmiany wielkości spływu powierzchniowego i spłukiwania: I – w pierwszym eksperymencie, II – w drugim eksperymencie

Fig. 4. Overland flow and slope wash variation: I – in the first experiment, II – in the second experiment



Ryc. 5. Zmienność spływu powierzchniowego: I – w pierwszym eksperymencie, II – w drugim eksperymencie

Fig. 5. Variability of overland flow: I – in the first experiment, II – in the second experiment

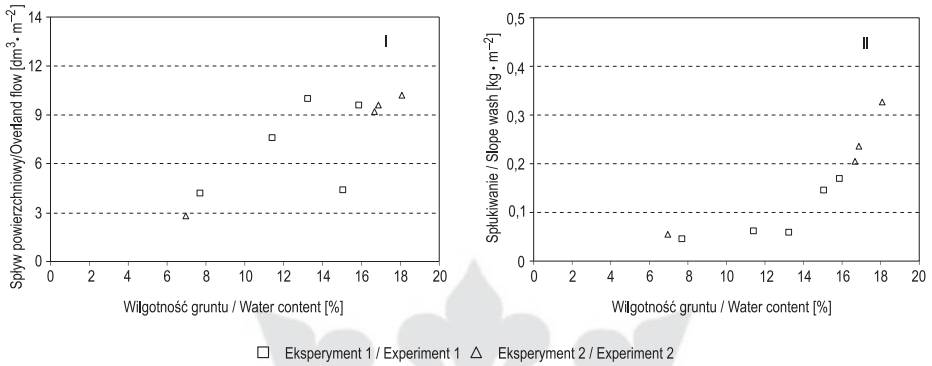
*Objaśnienia:* 1 – pierwsze deszczowanie, 2 – drugie deszczowanie, 3 – trzecie deszczowanie, 4 – czwarte deszczowanie, 5 – piąte deszczowanie.

*Explanations:* 1 – first sprinkling, 2 – second sprinkling, 3 – third sprinkling, 4 – fourth sprinkling, 5 – fifth sprinkling.

ono od  $0,045 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  do  $0,062 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . W dwóch kolejnych wzrosło zdecydowanie: do  $0,146 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  i  $0,17 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . W drugim eksperymencie spłukiwanie było większe, i wyniosło od  $0,055 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  – po pierwszym deszczowaniu, do  $0,327 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  – po czwartym. Łączny spływ powierzchniowy był większy w pierwszym eksperymencie i równał się  $35,8 \text{ dm}^3\cdot\text{m}^{-2}$ , przy  $31,8 \text{ dm}^3\cdot\text{m}^{-2}$  – w drugim. Spłukiwanie większą wartość osiągnęło w drugim eksperymencie, i wyniosło  $0,823 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , a w pierwszym –  $0,483 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (ryc. 4). W obu eksperymentach, wraz ze wzrostem wilgotności objętościowej gruntu, rosło spłukiwanie. Spulchnienie gruntu w pierwszym eksperymencie spowodowało, że spływ powierzchniowy nie charakteryzował się taką tendencją. W drugim eksperymencie spływ wzrastał wraz ze wzrostem wilgotności (ryc. 6). Odwrotna zależność zachodziła między spływem powierzchniowym i spłukiwaniem a zwięzłością gruntu. Wraz ze spadkiem zwięzłości w obu eksperymentach rosło spłukiwanie oraz spływ powierzchniowy w drugim eksperymencie (ryc. 7).

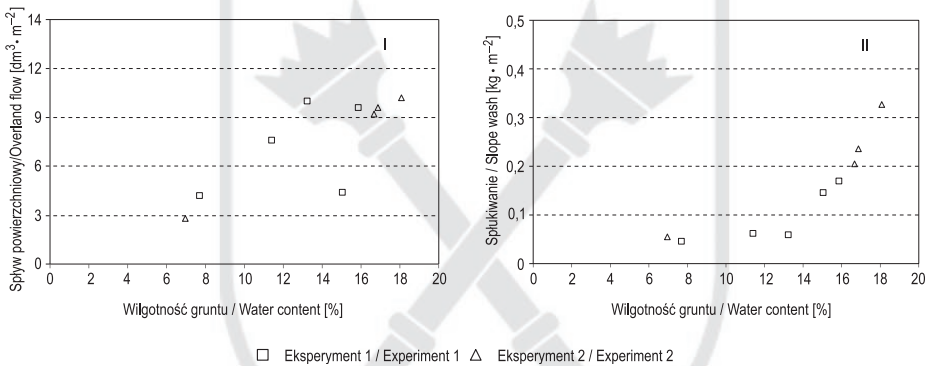
## Podsumowanie

Przeprowadzone eksperymenty wywołały procesy erozji wodnej gleb o wielkości ponadprzeciętnej w stosunku do procesów naturalnych, obserwowanych w latach 2012 i 2013. Całkowity spływ powierzchniowy po pierwszym eksperymencie, przy opadzie o wysokości 80 mm, wyniósł  $35,8 \text{ dm}^3\cdot\text{m}^{-2}$ , a całkowite spłukiwanie –  $0,483 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . W drugim eksperymencie suma opadu wynosiła 64 mm, spływ powierzchniowy –



Ryc. 6. Zależność badanych procesów od wilgotności objętościowej: I – spływu powierzchniowego, II – splukiwania

Fig. 6. Dependence of the studied processes on volumetric water content: I – overland flow, II – slope wash



Ryc. 7. Zależność badanych procesów od zwięzłości gruntu: I – spływu powierzchniowego, II – splukiwania

Fig. 7. Dependence of the studied processes on soil coherency: I – overland flow, II – slope wash

31,8 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup>, a splukiwanie – 0,823 kg·m<sup>-2</sup>. W porównywanych latach hydrologicznych spływ powierzchniowy wynosił 32,4 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup> w 2012 r. i 33,77 dm<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup> w 2013 r. Splukiwanie równało się 0,074 kg·m<sup>-2</sup> w 2012 r. i 0,558 kg·m<sup>-2</sup> w 2013 r. Spływ powierzchniowy osiągnął podobne wartości w obu eksperymentach i w obu latach hydrologicznych mimo że eksperymenty trwały tylko jeden dzień, a wysokość opadu była wielokrotnie niższa niż sumy roczne. Splukiwanie natomiast było większe w trakcie eksperymentów. Podczas drugiego eksperymentu splukiwanie



było 11-krotnie większe w porównaniu z całym rokiem 2012. Mimo że rok 2012 był rokiem z ekstremalnie niską wartością spłukiwania, to jednak średnie wieloletnie spłukiwanie z lat 1994–2008 wyniosło  $0,75 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Było więc ono niższe niż spłukiwanie po eksperymentalnym opadzie wynoszącym 64 mm.

Spłukiwanie podczas eksperymentów miało charakter rozproszony, z tendencją do koncentracji strug wody i stopniowego przechodzenia w spłukiwanie linijne podczas kolejnych deszczowań. Koncentrację spływu powierzchniowego ograniczała mała długość poletka testowego i związana z tym mniejsza ilość wody.

Uzyskane wyniki wskazują, że wielkość spłukiwania wzrasta gwałtownie podczas opadów o większym natężeniu, większych sumach i skumulowanych w czasie epizodach opadowych. Potwierdza to duży potencjał procesów erozji wodnej gleb o ponadprzeciętnej wielkości i natężeniu w odprowadzaniu materiału ze stoków użytkowanych rolniczo.

## Literatura

- Brown L.C., Foster G.R., 1987, *Storm erosivity using idealized intensity distributions*, Transactions of the ASAE, 30, 379–386.
- Karczewski A., 1991, *Rozwój i zasięg fazy pomorskiej w obrębie lobu Parsęty podczas zlodowacenia vistuliańskiego*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, Geografia, 50, Wydawnictwo Naukowe UAM, 59–66.
- Klimczak R., 1993, *Spłukiwanie na obszarach o zróżnicowanym użytkowaniu – przebieg i rola we współczesnym środowisku morfogenetycznym (zlewnia Młyńskiego Potoku, Pomorze Zachodnie)*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Geokosystem obszarów nizinnych*, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 61–78.
- Kondracki J., 2009, *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kostrzewski A., 2001, *Stan badań erozji gleb na Pomorzu Zachodnim*, Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 217, Agricultura 87, 117–124.
- 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*. ZMŚP, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geokosystemów Polski*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 113–118.
- Marcinek J., Komisarek J., 1998, *Badania gleboznawcze nad zróżnicowaniem pokrywy glebowej w obrębie powierzchni testowej ZMŚP w Storkowie*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geokosystemów Polski*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 31–50.
- Seiler W., 1980, *Messeinrichtungen zur Quantitativen Bestimmung des Geookofaktor Bodenerosion In der Topologischen dimension auf Ackerflachen im Schweizer Jura*, Catena, 7, 233–250.
- Szpakowski J., 1998, *Wielkość i mechanizm erozji wodnej gleb na stokach użytkowanych rolniczo w zlewni młodo glacialnej (górną Parsętą, Chwałimski Potok)*, Bibliotheca Fragmenta Agromonica, 4B/98, 113–124.

- Szpikowski J., 2001, *Uwarunkowania mechanizmu procesu rozbryzgu w młodoglacjalnej zlewni Chwałimskiego Potoku (górną Parsętą, Pojezierze Drawskie)*, [w:] A. Karczewski, Z. Zwoliński (red.), *Funkcjonowanie geosystemów w zróżnicowanych warunkach morfoklimatycznych. Monitoring, ochrona, edukacja*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 511–524.
- Szpikowski J., 2003, *Contemporary processes of soil erosion and the transformation of the morphology of slopes In agricultural use In the postglacial catchment of the Chwałimski Potok (Upper Parsęta, Drawskie Lakeland)*, *Quaestiones Geographicae*, 22, 79–90.
- Szpikowski J., 2010, *Uwarunkowania i wielkość rozbryzgu gleby na podstawie pomiarów na powierzchniach testowych w zlewni Chwałimskiego Potoku (Pomorze Zachodnie)*, *Prace i Studia Geograficzne*, 45, 181–195.
- Szpikowski J., 2012, *Uwarunkowania i wielkość erozji wodnej gleb i denudacji agrotechnicznej na Pojezierzu Drawskim (Pomorze Zachodnie)*, [w:] A. Kostrzewski, J. Szpikowski (red.), *Funkcjonowanie geosystemów w różnych strefach krajobrazowych Polski*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Storkowo, 83–94.
- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978, *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*, Agricultural Handbook No. 537, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., s. 58.

Mikołaj Majewski  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
Instytut Geologii i Geoinformacji  
ul. Dziejelowa 27, 61-680 Poznań  
majewski@amu.edu.pl