

Anna BARYŁA

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW
Department of Environmental Improvement WAU

Erozyjność deszczy w rejonie Puczniewa **Rainfall erosivity of Puczniew Station**

Słowa kluczowe: erozja, erozyjność opadu, opad

Key words: erosion, erosivity factor, rainfall

Wprowadzenie

Erozyjność opadu jest to sparametryzowana cecha opadu określająca jego zdolność do wywoływania procesów erozyjnych. Jest ona funkcją wielkości, intensywności i czasu trwania opadu. Wskaźnik erozyjności (R) jest jednym z podstawowych elementów szeregu modeli służących do przewidywania zmywu gleby i doboru prawidłowego sposobu zagospodarowania rolniczego na terenach erodowanych (m.in. modeli USLE, RUSLE, CREAMS) (Rejman i Link 1996). W wielu krajach (USA, Australia, Niemcy, Hiszpania, Włochy i inne) analiza zjawisk opadów pozwoliła na opracowanie map erozyjności deszczy oraz wyznaczenie średnich rocznych dystrybucji wskaźnika R (Licznar i Rojek 2002). W Polsce nie udało się opracować mapy wskaźnika R . Został on zbadany dla obszaru centralnej i wschodniej Polski (Banasik

i Górski 1990, Górski i Banasik 1992, Banasik i in. 2001, 1995) oraz dla pojedynczych stacji, na których prowadzono badania (Rejman i Link 1996, Brzozowski 1999, Licznar i Rojek 2002).

Celem prezentowanej pracy jest analiza wartości wskaźnika R dla rejonu Puczniewa, obliczonych na podstawie danych ze stacji meteorologicznej w Puczniewie (woj. łódzkie).

Materiał i metodyka badań

W badaniach wykorzystano dane opadowe ze stacji meteorologicznej Puczniew udostępnione przez IMGW w Warszawie. Stacja Puczniew (142 m n.p.m.) leży w dzielnicy łódzkiej (Gumiński 1948), w której stosunki termiczne i anemometryczne są podobne do tych, jakie występują w całej wschodniej części Niziny Wielkopolskiej, natomiast warunki wilgotnościowe są w tej dzielnicy bardziej sprzyjające produkcji rolnej dzięki wyższym sumom opadów atmosferycznych (Łykowski i Madany 1988).

Do obliczeń wykorzystano pomiary pluwiometryczne prowadzone na stacji opadowej Puczniew z wielolecia 1980–2002. Wartość wskaźnika R jest sumą erozyjności deszczy i wywołanych nimi spływów powierzchniowych (R_r) oraz erozyjności spływów roztopowych (R_s):

$$R = R_r + R_s \quad (1)$$

Obliczenia wskaźnika erozyjności deszczy i wywołanych nimi spływów powierzchniowych przeprowadzono w dwóch etapach, zgodnie z metodyką przyjętą przez Banasika i Górskiego (1990). Pierwszy etap obejmował analizę wartości erozyjności wszystkich deszczy posiadających rejestracje pluwiograficzne. Do obliczania wartości erozyjności i energii kinetycznej deszczy zastosowano wzory i metodykę zaproponowaną przez Wischmeiera i Smitha (1978). W drugim etapie, na podstawie wartości erozyjność opadów posiadających rejestracje pluwiograficzne, wyliczono równanie regresji na erozyjność deszczu w funkcji wysokości opadu. Do obliczeń wykorzystano deszcze o warstwie ponad 12,7 mm. Uznano, że opadów o mniejszej warstwie opadu, ale intensywności maksymalnej $I_{\max} \geq 6,35 \text{ mm} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$ nie należy uwzględniać ze względu na ich odmienną naturę (Licznar i Rojek 2002). Zależność regresyjna posłużyła do obliczania wartości erozyjności deszczy erozyjnych (o warstwie ponad 12,7 mm), które nie miały rejestracji pluwiograficznych, sumaryczne wysokości tych opadów rejestrowane deszczomierzem Hellmanna. Erozyjność spływów roztopowych (R_s) określono w sposób przybliżony. Zgodnie z zaleceniami metody USLE (Wischmeier i Smith 1978), przyjęto jej wartość dla poszczególnych lat za równą 1/10 su-

marycznej warstwy opadów wyrażonych w milimetrach słupa wody w okresie grudzień-marzec. W Polsce metoda szacowania wskaźnika R_s była stosowana przez Banasika i innych (1990).

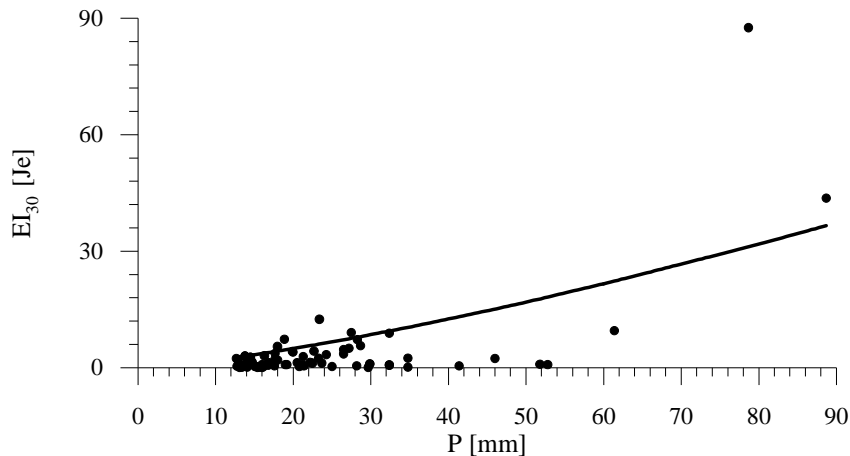
Wyniki badań

Po przeanalizowaniu pasków pluwiograficznych z okresu 1980–2002 stwierdzono, że przyjęte kryterium erozyjności spełnione zostało w 203 przypadkach opadów. Wśród przeanalizowanych 192 opadów miało całkowitą warstwę przekraczającą 12,7 mm. Natomiast pozostałe 11 opadów charakteryzowało się intensywnością przekraczającą $6,35 \text{ mm} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$. Bazując na wynikach analiz zapisów pluwiograficznych, wyliczono zależność regresyjną wartości indeksu erozyjności od wysokości opadu (rys. 1).

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń etapu pierwszego ustalono, że najlepsze skorelowanie występuje w przypadku przyjęcia modelu funkcji wykładniczej. Obliczony współczynnik korelacji wyniósł $r^2 = 0,66$ i był istotny na poziomie $\alpha = 0,05$. Współczynnik korelacji był zbliżony do wartości w podobnych związkach dla stacji meteorologicznych w Puławach, Sandomierzu, Limanowej (Banasik i Górski 1990):

$$EI_{30} = 0,0857P^{1,350} \quad (2)$$

Uzyskane równanie regresji wykorzystano do obliczenia erozyjności opadów niemających zapisu pluwiograficznego. Suma wartości obliczonych w obu etapach stanowi miesięczną roczną wartość erozyjności opadów (tab. 1).



RYSUNEK 1. Indeks erozyjności deszczu w funkcji sumy opadu
 FIGURE 1. Rainfall erosivity index as a function of precipitation sum

Analizując wartości wskaźnika R_r , można stwierdzić, że wahały się one w zakresie od 0 Je w 1983 roku do 187,2 Je w 2001 roku (tab. 2). Wskaźnik R przyjmował wartości od 12,6 Je w 1989 roku do 195,6 Je w 2001 roku. Podobnie duże wahania wartości wskaźnika erozyjności deszczu zanotował Licznar i Rojek (2002) dla stacji Wrocław Swojec.

W celu pełniejszego zobrazowania erozyjności opadów dla stacji meteorologicznej w Puczniewie na rysunku 2 porównano obliczone wartości wskaźnika R na tle rocznych opadów z wynikami obliczeń dla innych stacji w Polsce. Średnia wysokość rocznego opadu w rozpatrywanym okresie dla stacji Puczniew (546 mm) była niższa od średnich opadów z wielolecia dla porównywanych stacji: Suwałki (598 mm), Puławy (582 mm), Otwock (609 mm). Obliczona wartość wskaźnika R była dla Puczniewa o 14 i 48% mniejsza niż obliczona przez Banasika i innych (1995) dla Suwałk i Otwocka.

W warunkach klimatu kontynentalnego, obejmującego swoim wpływem wschodnią część Polski, bardziej intensywne opady charakteryzują się większą erozyjnością (Licznar i Rojek 2002). Na obszarze Puczniewa, znajdującym się pod wpływem klimatu Krainy Wielkich Dolin (Radomski 1977), opady mają mniejsze intensywności, a co za tym idzie, ich erozyjności są niższe. W celu porównania wskaźnika R na poszczególnych stacjach należałoby przeanalizować rozkład intensywności opadów w poszczególnych miesiącach.

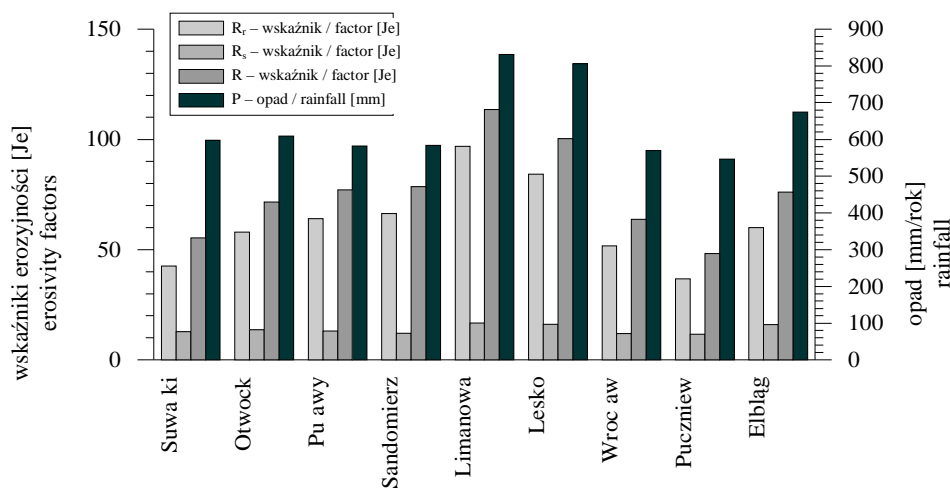
Największe wartości wskaźników R i R_r notowano dla miesięcy: czerwiec, lipiec, sierpień. W tych letnich miesiącach zanotowano 15,3, 21,0, 27,9% całkowitej rocznej wartości wskaźnika. Indeks erozji deszczu w okresie maj–sierpień wynosił 28 Je, co stanowi 64,2% wartości rocznej. Miesiącami o najmniejszej erozyjności był styczeń ($R_r = 1,1$ Je) i luty ($R_r = 0$ Je). Analogiczny rozkład obserwowali Banasik i inni (2001) we wschodnich i centralnych regionach Polski.

TABELA 1. Miesięczne, roczne i wieloletnie wartości wskaźnika erozyjności (R_r)
 TABLE 1. Monthly and annual (R_r) factor values

Lata Years	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma roczna Total annual
1980	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	5,6	4,6	0,8	0,0	3,3	0,0	0,0	22,0
1981	2,7	0,0	5,4	0,0	1,0	5,7	58,8	13,0	0,0	6,5	0,0	2,7	46,2
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	1,6	1,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	3,3	4,1	0,0	3,5	2,7	0,0	0,0	18,9
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	1,7	3,4	35,7	2,8	0,0	0,0	0,0	47,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	7,8	6,9	8,1	0,0	0,0	0,0	2,9	30,1
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,9	18,0	4,5	0,0	2,9	4,7	0,0	15,4
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	5,2	28,6	0,0	0,0	3,0	0,0	45,8
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	15,9	0,0	3,7	0,0	7,0	0,0	14,1
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	17,8	6,9	4,6	3,0	0,0	3,5	0,0	41,4
1992	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	2,4	1,1	7,0	0,0	0,0	0,0	28,7
1993	0,0	0,0	3,7	0,0	2,7	3,9	0,0	1,0	2,8	2,7	0,0	1,2	25,0
1994	0,0	0,0	3,0	8,1	8,7	0,0	9,5	7,8	3,1	3,8	0,0	0,0	40,1
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	13,6	6,0	0,0	0,0	0,0	45,2
1996	2,8	0,0	0,0	0,0	10,4	5,4	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	33,5
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	4,3	3,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	20,7
1998	3,5	0,0	0,0	3,3	0,0	2,8	5,3	2,7	3,0	4,1	3,3	6,6	33,4
1999	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	45,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,6
2000	0,0	0,0	4,5	0,0	20,0	0,0	2,6	6,8	2,0	0,0	4,7	0,0	39,2
2001	0,0	0,0	0,0	8,6	5,8	6,0	9,2	98,5	9,5	0,0	0,0	0,0	187,2
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,3	6,7	5,0	1,5	0,0	0,0	0,0	26,2
R_{sr}	0,4	0,0	0,9	1,6	4,5	5,6	7,7	10,2	2,5	1,1	1,6	0,6	36,7
%	1,1	0,0	2,5	4,4	12,3	15,3	21,0	27,9	6,6	3,1	4,2	1,6	100,0
$\Sigma\%$	1,1	1,1	3,6	8,0	20,3	35,6	56,6	84,5	91,1	94,2	98,4	100	

TABELA 2. Roczne wartości wskaźników R_r , R_s , R
 TABLE 2. Annual values of R_r , R_s and R factors

Lata Years	P	R_r	R_s	R
1980	626,0	22,0	7,61	29,6
1981	636,3	46,2	15,0	61,2
1982	418,1	20,4	8,10	28,5
1983	375,1	00,0	14,5	14,5
1984	513,8	18,9	7,50	26,4
1985	553,9	47,0	13,0	60,0
1986	519,2	30,1	14,0	44,1
1987	523,0	15,4	10,4	25,8
1988	550,6	45,8	13,8	59,6
1989	350,1	5,10	7,50	12,6
1990	485,9	14,1	7,50	21,6
1991	520,6	41,4	8,40	49,8
1992	430,2	28,7	15,1	43,8
1993	580,3	25,0	15,0	40,0
1994	539,8	40,1	15,2	55,3
1995	551,6	45,2	11,6	56,8
1996	508,1	33,5	6,30	39,8
1997	605,1	20,7	8,10	28,8
1998	596,6	33,4	15,1	48,5
1999	584,6	58,6	12,8	71,4
2000	644,4	39,2	17,8	57,0
2001	838,7	187,2	8,40	195,6
2002	597,1	26,2	14,04	40,2
Średnia Average	545,6	36,7	11,6	48,3



RYSUNEK 2. Porównanie wskaźników R_r , R_s , R i rocznej sumy opadów dla kilku wybranych stacji
 FIGURE 2. Comparison of R_r , R_s , R factors and year's sums of rainfalls for several of select Station

Obliczone dla wielolecia 1980–2002 roczne wartości wskaźników erozyjności R oraz R_r dla stacji meteorologicznej Puczniew wynoszą odpowiednio 48,3 i 36,7 Je i są zbliżone do wartości notowanych przez innych badaczy. Banasik i inni (1995, 2001) podają np. wartość wskaźnika R_r dla Suwałk za równą 42,6 Je, a dla Otwocka 57,9 Je. Zestawienie wartości R_r , R_s , R na tle opadów w poszczególnych latach przedstawiono w tabeli 2. W rozpatrywanym okresie największe średnie opady roczne wystąpiły w 2001 roku (838,7 mm), wówczas wskaźnik erozyjności deszczy i spływów roztopowych wyniósł 187,2 Je, natomiast najmniejsze średnie opady roczne zanotowano w 1989 roku (350,1 mm), wskaźnik R_r wyniósł 5,1 Je. Mimo iż 1989 rok charakteryzował się najmniejszą roczną sumą opadów, to najmniejszy wskaźnik R_r wyliczono dla 1983 roku, gdzie roczna suma opadów wyniosła 375,1 mm. Wartości roczne R_s wahały się od 6,3 Je w 1996 roku do 17,8 Je w 2000 roku.

Wnioski

1. Średnia wartość wskaźnika R w rejonie Puczniewa wynosi 48,3 Je i jest mniejsza od notowanych wartości dla stacji o podobnych rocznych sumach opadów w regionach wschodniej i centralnej Polski. Na obszarze Puczniewa znajdującym się pod wpływem klimatu Krainy Wielkich Dolin opady mają mniejsze intensywności, a co za tym idzie, ich erozyjności są niższe.
2. Miesiącami o największych wartościach indeksów erozyjności desz-

czy są dla stacji Puczniew miesiące letnie (czerwiec, lipiec i sierpień), które charakteryzują się największymi sumami opadów.

3. Wyznaczona w sposób przybliżony średnia roczna wartość erozyjności spływów roztopowych (R_s) dla stacji Puczniew wynosi 11,6 Je, stanowiąc 24% średniej rocznej wartości wskaźnika R .

Literatura

- BANASIK K., GÓRSKI D. 1990: Wyznaczanie erozyjności deszczy do uniwersalnego równania strat glebowych. *Zeszyt Naukowy AR Wrocław* 189: 103–109.
- BANASIK K., GÓRSKI D., MITCHELL J.K. 2001: Rainfall erosivity for east and central Poland. Proceedings of the International Symposium and Exhibition on Soil Erosion Research for the 21 st Century, January 3–5, Honolulu, Hawaje.
- BANASIK K., SKIBIŃSKI J., GÓRSKI D. 1995: Metody oceny erozji powierzchniowej i akumulacji rumowiska w zbiornikach [w:] *Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych*. Wydaw. SGGW, Warszawa.
- BRZOZOWSKI M. 1999: Ocena możliwości ograniczenia procesów erozyjnych w zlewni rzeki Burzanki. Rozprawa doktorska, Warszawa.
- GÓRSKI D., BANASIK K. 1992: Rozkłady prawdopodobieństwa erozyjności deszczy dla Polski południowo-wschodniej. *Zeszyty Naukowe AR Kraków*, Sesja naukowa 35, 271: 125–131.
- GUMIŃSKI R. 1948: Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce. *Przegl. Met. Hydrol.* 1.
- LICZNAR P. 2003: Modelowanie erozji wodnej gleb. Monografie XXXII. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej Wrocław* 456.
- LICZNAR P., ROJEK M. 2002: Erozyjność deszczy Polski południowo-zachodniej na przykładzie stacji Wrocław-Swojec. Materiały symposium „Erozja gleb i transport

- rumowiska rzecznego”, Zakopane, 10–12 października.
- ŁYKOWSKI B., MADANY R. 1988: Klimat doliny Neru na odcinku Łódź – Poddębice ze szczególnym uwzględnieniem okolic Puczniewa. Wydaw. SGGW-AR, Warszawa.
- RADOMSKI C. 1977: Agrometeorologia. PWN, Warszawa.
- REJMAN J., LINK M. 1996: Eksperymentalna weryfikacja wskaźnika erozyjności opadu i przewidywanie jego wartości na podstawie opadów dobowych.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. 1978: Predicting rainfall erosion losses. USDA Agric. Handb. 537. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.

Summary

Rainfall erosivity of Puczniew Station. The main scope of the research was to estimate rainfall and runoff erosivity factor for climatic conditions of Puczniew located in central Poland. Analyzed period covers years 1980–2002. Criteria accepted for erosivity was met for 211 rain events. Index R varied from 12,6 in 1989 to 195,6 in 2001. Largest values of indexes R and R_p has been noted for June, July and August. January and February were the months with the least erosivity factor.

Author's address:

Anna Baryła
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159
e-mail: baryla@alpha.sggw.waw.pl

