

**Jan Jadczyzyn**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy, Puławy  
e-mail: janj@iung.pulawy.pl

**SPLYW POWIERZCHNIOWY I EROZJA GLEBY  
W UŻYTKOWANEJ ROLNICZO MIKROZLEWNI STOKOWEJ  
(ROGAŁÓW, WYŻYNA LUBELSKA)**

**Runoff and soil erosion in agricultural micro catchment  
(Rogalów, Lubelska Upland)**

**Abstract:** Monitoring of water erosion and runoff processes was conducted in an agricultural micro loess catchment of 1,05 ha area located in the Lublin Upland. Results of the studies showed that, over 250 m<sup>3</sup> of runoff and about 11 t of soil was removed from the catchment during two and half year. On the basis of results a relationship between temporal rainfall intensity and runoff rate was developed in the form of the exponential function  $S_p = 1E - 05e^{102,64x}$ . The relationship between run-off and soil losses was described by logarithmic equation  $E_g = 0,4703Ln(x) - 0,5361$ .

**Słowa kluczowe:** intensywność opadu, mikrozelewnia rolnicza, spływ powierzchniowy, erozja gleby

**Key words:** rainfall intensity, agricultural catchment, runoff, soil losses

**WSTĘP**

Ocenę procesów erozji wodnej przedstawiać można różnymi metodami w zależności od skali przestrzennej zjawiska. Na stosunkowo dużych obszarach, jak kraj, zlewnia lub region stosuje się przede wszystkim metody kartograficzne, przedstawiające zróżnicowanie erozji w postaci stopni nasilenia lub wskaźników (Józefaciuk, Józefaciuk 1996). W ostatnich kilkunastu latach do oceny zjawiska często stosowane są modele symulacyjne, zarówno empiryczne jak i fizyczne (Bhutan i in. 2002, Warmerdam i in. 1993). Do analizy nasilenia zjawiska na mniejszych powierzchniach zalecane są metody bezpośrednie, pozwalające

określić poziom zerodowania gleby na przekrojach glebowych lub niwelacyjno-glebowych. Przekroje takie zakładane są wzdłuż charakterystycznych linii grzbietowych (Józefaciuk i in. 1994). Do określenia zmian ukształtowania powierzchni terenu w wyniku działania erozji wodnej i uprawowej stosuje się pomiary geodezyjne metodą punktów rozproszonych, siatki kwadratów lub też metody fotogrametryczne i skaningu laserowego (Bhutan i in. 2002). Uproszczone badania erozji, dla potrzeb oceny zróżnicowania tempa splukiwania gleby w charakterystycznych elementach stoku lub oceny funkcji ochronnych szaty roślinnej, można realizować z wykorzystaniem tzw. łapaczy, jak: worki Słupika i rynny Gerlacha (Smolska 2009). Badania erozji w mikroskali prowadzone są na mikropoletkach w obrębie naturalnych stoków lub na specjalnie przygotowanej, skupionej w jednym miejscu serii mikropoletek o różnych glebach i różnym sposobie użytkowania (Jadczyzyn 1999, Józefaciuk i in. 1996). W praktyce ciągły monitoring procesów erozyjnych w zlewni stosuje się bardzo rzadko ze względów techniczno-organizacyjnych i finansowych, choć uzyskane wyniki są niezbędne do kalibracji i walidacji coraz częściej stosowanych modeli symulacyjnych (Rompaey i in. 2003).

Celem badań realizowanych w mikrozlewni w Rogalowie jest rozpoznanie skali erozyjnej degradacji gleb użytkowanych rolniczo oraz określenie wpływu tych procesów na zanieczyszczenie wód powierzchniowych substancjami pochodzenia rolniczego. W dalszej kolejności wyniki ścisłego monitoringu erozji mogą być wykorzystane do kalibracji i walidacji modeli, symulujących procesy erozji i stosunki wodne w mikrozlewni.

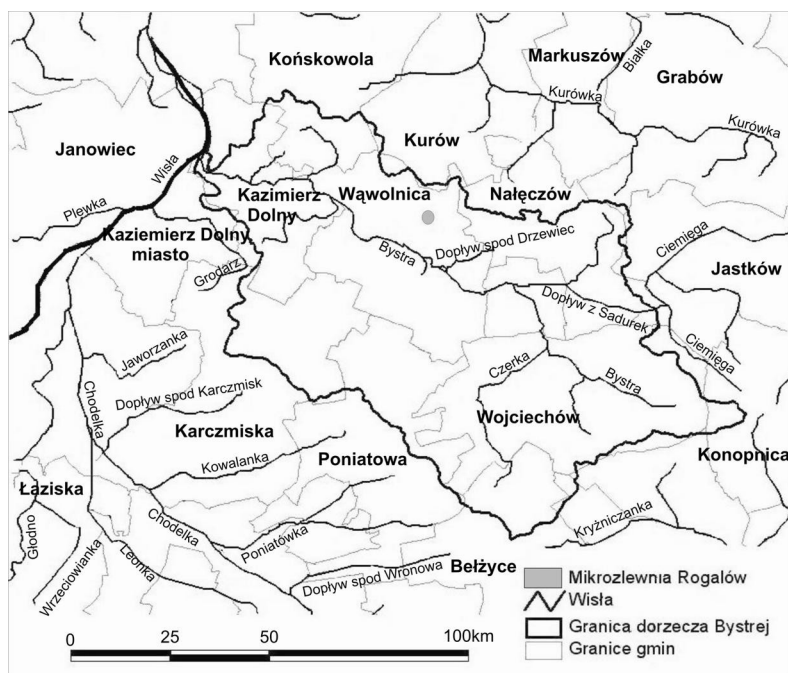
W pracy przedstawiono charakterystykę spływu powierzchniowego i erozji gleby w wyniku opadów atmosferycznych i roztopów. Na podstawie dokonanych pomiarów meteorologicznych obliczono natężenie i współczynnik wydajności deszczu wg skali Chomicza (Bodziony 2006). Określono objętość spływu i masę wymytej gleby z mikrozlewni dla pojedynczych deszczów erozyjnych. Wyliczono zależności między chwilowym natężeniem deszczu i spływem powierzchniowym oraz objętością spływu i wymyciem materiału glebowego. Wyniki monitoringu uwiaryściły stosunkowo dużą wrażliwość urzeźbionej mikrozlewni, użytkowanej rolniczo, na procesy erozji wodnej. W okresie 2,5 lat badań z mikrozlewni odpłynęło 250 m<sup>3</sup> wody oraz ponad 11 t gleby.

## CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU I METODA BADAŃ

Obszar dorzecza Bystrej, w którym położony jest obiekt badawczy, według Sadurskiej (1980) jest jednostką reprezentatywną dla całej Wyżyny Lubelskiej pod względem rzeźby, pokrywy glebowej i rolniczego użytkowania. Charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą terenu, w tym gęstą siecią wąwozów, dochodzącą lokalnie do kilku (Sadurska 1980), a nawet kilkunastu km km<sup>-2</sup> (Józefaciuk, No-

wocien 1991). W większości występują tu gleby wytworzone z lessów, typologicznie włączone do gleb brunatnych i płowych, a przez Turskiego i in. (1993) zaliczane do gleb erozyjno-atropogenicznych. Poziom przemycia tych gleb na stokach został objęty uprawą lub ogłowiony przez erozję. Strome stoki i znacznie podatne na procesy spłukiwania utwory lessowe stwarzają duże potencjalne i rzeczywiste zagrożenie erozją wodną w tym obszarze.

Monitoring procesów erozyjnych prowadzony był w rolniczej mikrozlewni stokowej, którą stanowi pole o powierzchni 1,05 ha, położone w miejscowości Rogalów, w północnej części dorzecza Bystrej (rys. 1). Mikrozlewnia ma kształt dolinki smużnej z linią ciekową, przebiegającą wzdłuż przekątnej pola w kierunku północno-zachodnim, do przepustu przelewowego (fot. 1). Wododział mikrozlewni pokrywa się na wierzchołwie z granicą pola uprawnego, którą stanowi wysoka miedza. Ukształtowanie terenu oraz specjalnie wykonane dwie krótkie bruzdy na obrzeżach pola umożliwiają ujęcie spływu powierzchniowego u wylotu mikrozlewni (fot. 2). Na większości pola dominuje spadek w przedziale 6-10%. Największe nachylenie stoku, w przedziale 10-14%, występuje w środkowej i zachodniej części pola, a najmniejsze, w przedziale do 3%, w partii wierzchołkowej (rys. 2). Różnica wysokości pomiędzy najwyższym i najniższym punktem pola wynosi 19 m.



**Rys. 1.** Lokalizacja obiektu w obrębie zlewni Bystrej

**Fig. 1.** Location of experimental site in the Bystra river basin



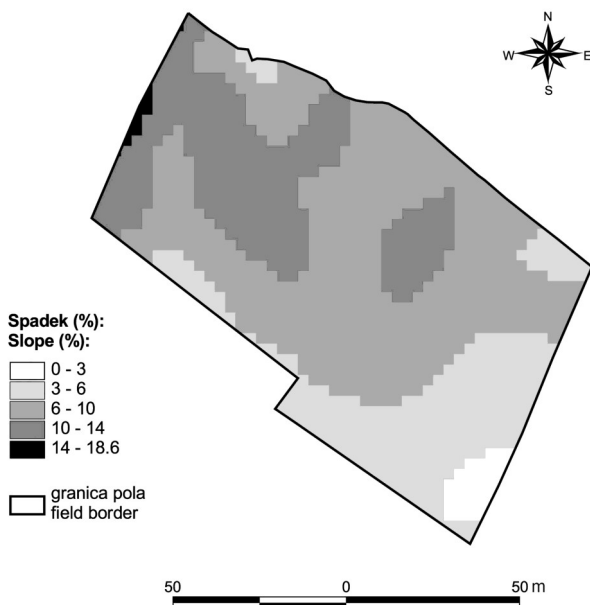
**Fot. 1.** Przepust przelewowy u wylotu mikrozewni - wg projektu E. Nowocienia  
**Photo 1.** The sluice-gate on the micro-watershed outlet - according to E. Nowocien project



**Fot. 2.** Bruzda zabezpieczająca przed splywem na zewnatrz pola  
**Photo 2.** Runoff protection furrow at the outside of the field

Na zbiorniku wyrównawczym przepustu zainstalowano echosondę do pomiaru wysokości lustra przepływającej wody oraz przepływomierz z data-loggerem (LB-810), rejestrującym chwilowe natężenie przepływu i dobowy przepływ skumulowany. W bezpośrednim sąsiedztwie pola zainstalowano deszczomierz ARG-100, firmy „Enviromental Measurements”. Opad rejestrowano z częstotliwością co 4 minuty w początkowym okresie badań i co 7 minut w dalszym okresie. Próby spływu powierzchniowego z przelewu, w czasie intensywnych opadów i roztopów, pobierano ręcznie do pojemników o pojemności 0,6 l, w odstępach zależnych od tempa przepływu: w przypadku deszczów erozyjnych co 2-5 minut oraz w przypadku spływów roztopowych co 0,5-1 h. Za deszcz erozyjny przyjęto opad, w czasie którego dochodzi do odpływu wody opadowej z mikrozelewni. Wydajność deszczu mierzona jest od momentu jego rozpoczęcia, do czasu zakończenia odpływu wody ze zlewni.

Ilość wymytego materiału glebowego z pola określono na podstawie objętości osadu w zbiorniku wyrównawczym przepustu oraz stężenia zawiesiny glebowej w spływie i objętości spływu. W okresie badań na polu uprawiano zboża w następującej kolejności: jęczmień, żyto i owies. W pracy przedstawiono wyniki pierwszej serii badań: od września 2002 do końca roku 2004.



**Rys. 2.** Mapa spadków terenu.

**Fig. 2.** Map of the terrain slopes

Na podstawie prowadzonego monitoringu opracowano zależność pomiędzy chwilowym natężeniem deszczu erozyjnego, a natężeniem spływu powierzchniowego dla opadu w dniu 24.06.2004 oraz zależność pomiędzy objętością spływu powierzchniowego, a masą wyerodowanej gleby. Do wyliczenia związku pomiędzy spływem, a masą wymytą gleby, wykorzystano wyniki uzyskane dla wszystkich deszczów erozyjnych.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

### *Przebieg warunków pogodowych i spływ powierzchniowy*

Pomiary opadów i monitoring erozji w Rogalowie rozpoczęto od 1 września 2002 roku, bezpośrednio po zainstalowaniu deszczomierza i uzbrojeniu zlewni. Do końca sezonu wegetacyjnego nie zanotowano w obiekcie deszczu erozyjnego. Następny rok, 2003, był suchy – suma opadów wyniosła 440 mm i była o 25% niższa od średniej sumy z wielolecia dla Puław (587 mm), położonych w odległości 17 km od obiektu badań. Wydajność opadów była zbyt niska do powstania odpływu z mikrozlewni. Bardziej obfity w opady był rok 2004, w którym spadło o ponad 100 mm więcej deszczu, a największe miesięczne opady odnotowano w czerwcu (74,8 mm) oraz w lipcu (85,4 mm) (tab. 1). W miesiącach wiosennych i letnich występowały kilkudniowe okresy kumulacji opadów, w których utrzymywał się wysoki stan wilgotności gleby i zwiększone ryzyko utworzenia spływu powierzchniowego, nawet przy małej wydajności opadów.

**Tabela 1.** Sumy padów całkowitych i erozyjnych w obiekcie Rogalów w 2004 r.

**Table 1.** Total precipitation and rainfall generating runoff at Rogalów experimental site in 2004

Rodzaj opadu <i>Precipitation type</i>	Rok <i>Year</i>	Miesiąc - month												Razem <i>Total</i>
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Opad erozyjny <i>Erosive rainfall</i>	2004				10,5	5,7	29,7	21,8	12,4					80,1
Opad atmosferyczny <i>Total precipitation</i>	2004	27,1	58,5	33,3	51,0	30,4	74,8	85,4	54,0	23,0	28,5	64,9	13,4	544,3
Stosunek opadu erozyjnego do atmosferycznego (%) <i>Ratio of erosive rainfall to total precipitation (%)</i>					20,6	18,8	39,7	25,5	23,0					14,7

Obfite opady śniegu w styczniu 2003 roku, a następnie ocieplenie i wzrost temperatury powyżej zera, spowodowały intensywne roztopy w połowie miesiąca. Zamarznięta wierzchnia warstwa gleby przyspieszyła w takich warunkach tworzenie się spływu roztopowego. W pierwszym okresie ocieplenia, od 14 do

16 stycznia, z mikrozelewni spłynęło ponad 5 m<sup>3</sup> wody, a w drugim, od 21 do 27 stycznia – 20 m<sup>3</sup>. Zasadnicze roztopy wystąpiły na początku drugiej dekady marca. W ciągu pięciu dni, od 11 do 15 marca, w wyniku roztopów z mikrozelewni odpłynęło ponad 19 m<sup>3</sup> wody. Łączna wartość spływu roztopowego w roku 2003 wyniosła 44,3 m<sup>3</sup>, co w przeliczeniu na powierzchnię zlewni daje 4,2 mm opadu.

Przebieg warunków pogodowych, rozkład i intensywność opadów w roku 2004 oraz stan uwilgotnienia gleby, sprzyjały odpływowi wody z mikrozelewni. W okresie od kwietnia do sierpnia wystąpiło na tym obszarze aż 16 deszczów erozyjnych o charakterze przelotnym i krótkotrwałym – trwających od 10 minut, do ciągłych – trwających ponad sześć godzin (tab. 2). Według skali Chomicza (Bodziony 2006) wydajność piętnastu deszczów, o współczynniku wydajności od 0,25 do 0,76 mm, kwalifikuje je do „deszczu zwykłego”, a jeden (3 maja) o wydajności 1,04 mm, do „silnego deszczu”. Średnie natężenie opadów erozyjnych w 2004 roku wynosi 0,07 mm min<sup>-1</sup>. Opad o największym natężeniu, 0,24 mm min<sup>-1</sup>, wystąpił 10 sierpnia i trwał zaledwie 10 minut. Zdecydowana większość opadów erozyjnych charakteryzowała się stosunkowo niskim natężeniem, poniżej 0,05 mm, w tym trzy deszcze o natężeniu tylko 0,02 mm. W sezonie wegetacyjnym 2004, w wyniku deszczów erozyjnych, z mikrozelewni odpłynęło łącznie 205 m<sup>3</sup> wody, co w przeliczeniu na jej powierzchnię daje równowartość 19,5 mm i stanowi 3,6% opadu rocznego (tab. 3).

**Tabela 2.** Charakterystyka opadów erozyjnych, współczynnik wydajności opadów wg K. Chomicza (Bodziony 2006) oraz wielkość spływu powierzchniowego w mikrozelewni w 2004  
**Table 2.** Characteristic of the erosive rainfall, rainfall efficiency factor acc. to K. Chomicz (Bodziony 2006) and surface runoff from micro catchment in 2004

Data Date	Rozpoczęcie opadu Start	Zakończenie opadu End	Czas opadu Duration [min]	Opad Amount [mm]	Natężenie Intensity [mm min <sup>-1</sup> ]	Współczynnik wydajności Rainfall efficiency factor	Spływ po- wierzchniowy Runoff [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]
8.04.2004	11:25	13:30	125	7,1	0,06	0,64	7,6
24.04.2004	20:23	22:13	109	3,4	0,03	0,33	2,9
3.05.2004	17:45	18:15	30	5,7	0,19	<b>1,04</b>	21,0
6.06.2004	16:00	20:58	298	6,0	0,02	0,35	7,6
8.06.2004	16:37	16:48	11	2,0	0,18	0,60	7,6
19.06.2004	5:03	8:19	195	6,5	0,03	0,47	7,6
20.06.2004	21:51	5:40	469	8,7	0,02	0,40	39,0
24.06.2004	18:58	21:18	140	4,9	0,04	0,41	41,9
28.06.2004	16:45	17:19	34	1,6	0,05	0,27	11,4
12.07.2004	15:10	16:50	100	6,4	0,06	0,64	7,6
13.07.2004	12:05	14:15	130	4,0	0,03	0,35	8,6
26.07.2004	20:15	21:18	62	5,5	0,09	0,70	6,7
26.07.2004	23:31	1:35	124	2,8	0,02	0,25	8,6
29.07.2004	8:45	9:48	62	3,1	0,05	0,39	6,7
10.08.2004	18:05	18:15	10	2,4	0,24	0,76	4,8
13.08.2004	12:00	17:20	320	10,0	0,03	0,56	5,7

Duże uwilgotnienie gleby po okresie zimowym oraz występujące opady deszczu w drugiej dekadzie marca i pierwszej dekadzie kwietnia odpowiednio o wydajności: 23,5 mm i 27,7 mm, zwiększyły wiosenne zagrożenie erozją. W dniu 8 kwietnia wystąpił opad o wydajności 7,1 mm i natężeniu  $0,06 \text{ mm min}^{-1}$ , który spowodował odpływ z mikrozelewni  $8 \text{ m}^3$  wody. Następny odpływ zanotowano 24 kwietnia, przy opadzie deszczu zaledwie 3,4 mm. Najbardziej obfitymi w opady erozyjne były miesiące: czerwiec oraz lipiec, w których spadło odpowiednio: 29,7 mm i 21,8 mm deszczu erozyjnego (tab. 1). Stosunek deszczu erozyjnego do opadu całkowitego w tych miesiącach wynosił odpowiednio: 39,7 i 25,5%. Średni opad erozyjny w całym sezonie wegetacyjnym 2004, był stosunkowo niski i wyniósł zaledwie 5 mm, przy czym aż czterokrotnie wydajność pojedynczego opadu erozyjnego nie przekroczyła 3 mm. Po tygodniowych przelotnych opadach w trzeciej dekadzie czerwca o wydajności 10,4 mm, w dniu 28 czerwca wystąpił opad zwykły o wydajności 1,6 mm i natężeniu  $0,06 \text{ mm min}^{-1}$ , który wywołał odpływ z mikrozelewni  $12 \text{ m}^3$  wody. Największe ilościowo spływy w mikrozelewni, o wielkości 39,0 i  $41,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , powstały w czasie kilkugodzinnych, ciągłych, „zwykłych deszczów” wg skali Chomicza, o natężeniu  $0,02$  i  $0,04 \text{ mm min}^{-1}$  (tab. 2). Łączna suma opadów erozyjnych, w sezonie wegetacyjnym 2004, wyniosła 80,1 mm, przy średnim natężeniu  $0,07 \text{ mm min}^{-1}$ .

**Tabela 3.** Spływ powierzchniowy z mikrozelewni i erozja gleby w latach 2003-2004

**Table 3.** Runoff and soil erosion from micro catchment in 2003-2004

Rodzaj spływu powierzchniowego <i>Type of surface runoff</i>	Spływ <i>Runoff</i> [ $\text{m}^3$ ]	Wydajność <i>Rainfall amount</i> [mm]	Stosunek spływu do opadu <i>Ratio of runoff to rainfall</i>		Erozja gleby <i>Soil erosion</i> [ $\text{t ha}^{-1}$ ]
			erozyjnego <i>erosive</i> [%]	ogólnego <i>total</i> [%]	
Roztopowy - 2003 <i>Snowmelt - 2003</i>	44,3	4,2	-	-	0,95
Opadowy - 2004 <i>Rainfall - 2004</i>	205	19,5	23,9	3,6	10,92

### **Erozja gleby**

Roztopy w zimie i wczesną wiosną 2003 roku doprowadziły do odpływu z mikrozelewni ponad  $44 \text{ m}^3$  wody, co w przeliczeniu na powierzchnię jest równoważne 4,2 mm opadu. W zimie i wczesną wiosną 2003 roku, stężenie materiału glebowego w wodzie roztopowej było minimalne i wynosiło średnio  $1,5 \text{ kg m}^{-3}$ , co w przeliczeniu na sumaryczną objętość spływu i powierzchnię pola daje wielkość  $0,95 \text{ t ha}^{-1}$  (tab. 3). Przyczyn tak małej erozji można upatrywać



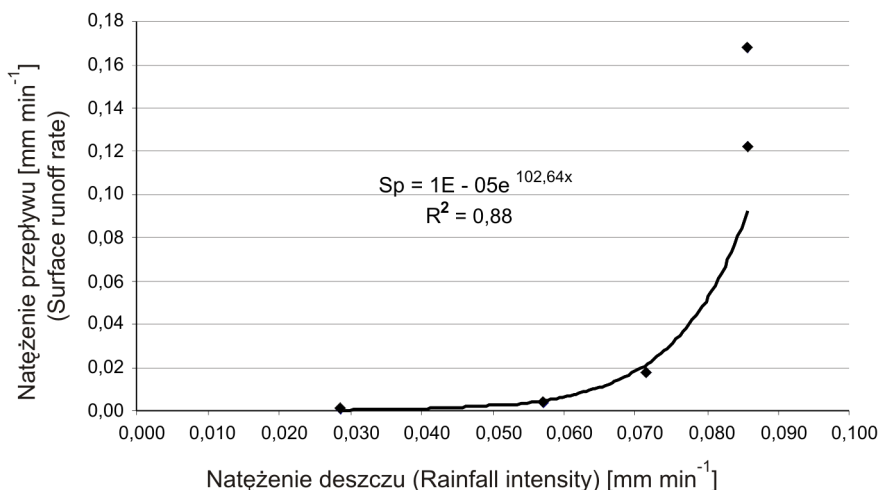
w zamrażeniu gleby. Zdecydowanie więcej materiału glebowego zawierały spływy powierzchniowe powstałe na skutek deszczów erozyjnych w 2004 roku. Średnie stężenie materiału glebowego dla wszystkich spływów deszczowych wynosiło  $33,7 \text{ kg m}^{-3}$ . Łącznie, w wyniku deszczów erozyjnych, w sezonie wegetacyjnym 2004, z mikrozelewni odpłynęło prawie 10 ton gleby (tab. 3).

Poszczególne opady były zróżnicowane pod względem wydajności i natężenia, co znalazło odbicie w generowaniu i tempie spływu powierzchniowego oraz ilości wyerodowanego materiału glebowego. Najwięcej materiału glebowego,  $2,23 \text{ t ha}^{-1}$ , zostało wyniesione z mikrozelewni w czasie deszczu erozyjnego w dniu 8 kwietnia, bezpośrednio po zasiewie owsa, gdy powierzchnia gleby była spulchniona. Jednostkowe straty gleby, przekraczające  $1 \text{ t ha}^{-1}$ , wystąpiły jeszcze trzykrotnie, w dniach: 3 maja, 20 i 24 czerwca 2004. Najmniejszy ubytek gleby, o wielkości  $18 \text{ kg ha}^{-1}$ , odnotowano w dniu 26 lipca.

Związek pomiędzy chwilowym natężeniem deszczu erozyjnego a natężeniem spływu powierzchniowego ( $S_p$ ) dla opadu w dniu 24.06.2004 dobrze opisuje równanie wykładnicze:

$$S_p = 1E - 05e^{102,64x}$$

dla którego współczynnik determinacji wynosi 0,88 (rys. 3). Wynika z niego, że wraz z przyrostem natężenia deszczu następuje niewspółmierny przyrost spływu powierzchniowego.



**Rys. 3.** Zależność między natężeniem deszczu i spływem powierzchniowym ( $S_p$ ) dla opadu erozyjnego w dniu 24.06.2004

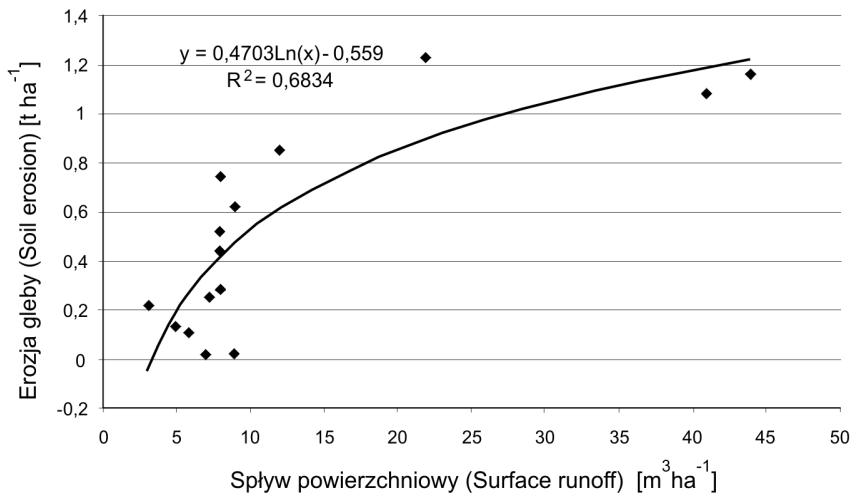
**Fig 3.** Relationship between temporarily rainfall intensity and runoff for rainfall on 24<sup>th</sup> June 2004

Zależność pomiędzy objętością spływu powierzchniowego ( $S_p$ ) a masą wy-

erodowanej gleby ( $E_g$ ) dla deszczu erozyjnych opisuje równanie logarytmiczne:

$$E_g = 0,4703\ln(x) - 0,536$$

dla którego współczynnik determinacji wynosi 0,68 (rys. 4). Oznacza to, że w analizowanej zlewni objętość spływu powierzchniowego w prawie 70% wpływa na wielkość wymytej gleby, przy czym kształt krzywej świadczy o znacznie większym stężeniu zawiesiny glebowej w spływach o mniejszej objętości.



**Rys. 4.** Zależność między spływem powierzchniowym i erozją gleby dla deszczów erozyjnych w 2004 r.

**Fig. 4.** Relationship between runoff and soil erosion for rainfalls, 2004

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że analizowana mikrozwlewnia rolnicza jest podatna na spływy powierzchniowe oraz erozję gleby i to zarówno w sezonie wegetacyjnym, jak i w okresie zimowym. Natężenie tych procesów jest w dużym stopniu determinowane przebiegiem warunków pogodowych, intensywnością i rozkładem czasowym opadów oraz stanem uwilgotnienia gleby. Ilość erodowanej gleby w spływie roztopowym zależy od stanu przemarznięcia wierzchniej warstwy gleby. O podatności tego terenu na erozję świadczy objętość wody i gleby, jaka została odprowadzona ze zlewni. W ciągu dwóch lat ba-

dań, z mikrozelewni w Rogalowie zostało odprowadzone 250 m<sup>3</sup> wody oraz ponad 11 ton próchnicznej warstwy gleby. Odpływ wody opadowej, w postaci spływu powierzchniowego oraz materiału glebowego z użytków rolnych, w tym głównie gruntów ornych, może stanowić duże zagrożenie dla środowiska, z uwagi na ryzyko migracji składników mineralnych i pozostałości środków ochrony roślin.

## **Literatura:**

- Bhutan S.J., Marzen L.J., Koelliker J.K., Harrinton J.A., Barnes P.L. 2002, Assessment of runoff and sediment yield using remote sensing, GIS, and AGNPS, *Journal of Soil and Water Conservation* 57, 6, 351–363.
- Bodziony M., 2006, *Hydrologia materiały pomocnicze*. Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Zakład Hydrologii, Kraków, 38 s.
- Jadczyzsyn J., 1999, Analiza spływu powierzchniowego i strat gleby o różnym uziarnieniu w doświadczeniu modelowym, *Pam. Pul.* 119, 121–132
- Józefaciuk Cz., Nowocień E., 1991, *Ocena gęstości wąwozów drogowych w Polsce*, Zesz. Nauk. AR Kraków, 30. cz. I.
- Józefaciuk Cz., Kern H., Oczos Z., Jadczyzsyn J., 1994, Zmiany ilościowe i jakościowe erodowanych gleb w Werbkowicach w latach 1950-1990, IUNG Puławy, S(79), 47–73.
- Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., 1996, *Mechanizm i wskazówki metodyczne badania procesów erozji*. Bib. Monitor. Środ., Warszawa, 150 s.
- Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., Nowocień E., 1996, Modelowe badania podatności gleb na erozję – rozwiązania techniczne, *Mat. Sem. „Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją”*, Puławy, K(11/1), 265–272.
- Rompaey A., Bazzoffi P., Jones R., Montanarella L., Govers G., 2003, *Validation of soil erosion risk assessment in Italy*, JRC, EUR 20676 EN, 21 s.
- Sadurska E., 1980, *Charakterystyka fizjograficzna dorzecza Bystrej*, Wyd. IUNG seria S (29), 43 s.
- Smolska E., 2009, Metody pomiaru splukiwania, [w:] *Procesy erozyjne na stokach użytkowanych rolniczo*. Warsztaty Geomorfologiczne. Lublin-Guciów, s. 23.
- Turski R., Uziak S., Zawadzki S., 1993, *Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny – gleby*, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin, 105 s.
- Warmerdam P. M. M., Kole J., Stricker J. N. M., 1993, Rainfall-runoff modelling in the research area of the Hupselse Beek, the Netherlands, Runoff and sediment yield modelling ( RSY-93) *Proceedings of the International Symposium held at Warsaw Agric. Univ. – SGGW*, Warsaw, 45–53.