

## EROZYJNOŚĆ LESSÓW WZGÓRZ TRZEBNICKICH

*Michał Licznar*<sup>1</sup>, *Paweł Licznar*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego,  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

<sup>2</sup> Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

### Wstęp

Obszar Wzgórz Trzebnickich jest oceniany jako jeden z najmocniej zagrożonych procesami erozji wodnej na terenie Dolnego Śląska [KOWALIŃSKI, OŚWIECIMSKI 1977]. Dotychczasowe badania właściwości gleb lessowych Wzgórz Trzebnickich wskazują, że procesy erozji przyczyniają się do zmiany cech morfologicznych oraz właściwości wpływających na stan żyzności. Gleby topogeniczne erodowane na terenie Wzgórz Trzebnickich upodabniają się do gleb brunatnych i wykazują niższy stan żyzności w porównaniu z zalegającymi na wierzcholinie i w dolinie. Szczegółowe badania pedogeniczno-litogeniczne, prowadzone na terenach lessowych Dolnego Śląska wykazały ponadto, że lessy Wzgórz Trzebnickich stanowią skałę macierzystą gleb bardziej podatną na procesy erozji w porównaniu z zalegającymi na Przedgórzu Sudeckim, a wysokie tempo zmywu warstwy ornej Wzgórz Trzebnickich jest porównywalne z tempem obserwowanym na innych terenach lessowych Polski [MAZUR, PAEYS 1991; PAEYS, MAZUR 1998].

Przez wiele lat realizowano badania w zakresie denudacji odpływowej rumowiska, jego wpływu na funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz erozji chemicznej na obszarze Wzgórz Trzebnickich. Potwierdziły one duże znaczenie procesów erozyjnych w obiegu materii na analizowanym obszarze, a zarazem wykazały potrzebę podjęcia próby ilościowego określania wielkości strat gleby dla całych zlewni [ŻMUDA 1996, 1998; LICZNAR i in. 1999]. W tym celu koniecznym jest podjęcie studiów wstępnych zmierzających do ilościowego określenia wpływu czynnika glebowego na dynamikę procesów erozji wodnej gleb.

Celem pracy było określenie wskaźnika podatności lessów obszaru Wzgórz Trzebnickich na spłukiwanie powierzchniowe – K do równania USLE.

### Materiały i metody badań

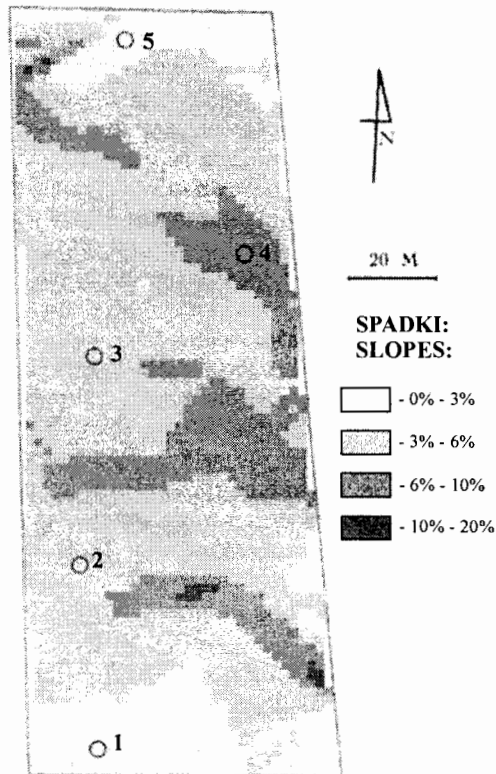
Wyznaczenia wskaźnika podatności gleb na spłukiwanie powierzchniowe dokonano metodą pośrednią z użyciem nomogramu przygotowanego przez WISCHMEIERA i SMITHA [1978]. Wyznaczenie wskaźnika metodą bezpośrednią nie było możliwe, gdyż nie dysponowano wynikami pomiarów z wzorcowych poletek

erozyjnych. Ponadto w trakcie wstępnych badań laboratoryjnych stwierdzono, że znaczna zawartość cząstek pyłu i piasku drobnego (0,002–0,1 mm), przekraczająca 70% dla badanych gleb, wykluczała użycie wieloparametrowego równania regresji do obliczania wielkości wskaźnika K.

W ramach badań przeanalizowano zmienność wartości wskaźnika podatności gleb na spłukiwanie na terenie typowego wycinka terenu o falistej rzeźbie. Zwykle właściwości gleb w poszczególnych strefach agroekologicznych, takich jak: wierzchowina, zbocze, dolina (podnóże) są różne [BANDUROWSKI i in. 1986]. Na bazie tej wysnuto hipotezę, że może to mieć istotny wpływ na zróżnicowanie wielkości wskaźnika K dla różnych stref agroekologicznych.

Do badań wytypowano pole płodozmianowe o zróżnicowanych spadkach lokalnych, typowe dla obszaru Wzgórz Trzebnickich, o falistej rzeźbie terenu. Kształt pola był zbliżony do wydłużonego prostokąta, o dłuższym boku biegnącym wzdłuż linii największego spadku. Powodowało to często obserwowaną na tym terenie niekorzystną pod względem erozyjnym uprawę wzdłużstokową. Analizę spadków w obrębie wytypowanego pola przeprowadzono w oparciu o szczegółową mapę spadków (rys. 1).

Dolina; Valey



Rys. 1. Mapa spadków i lokalizacja poboru prób glebowych  
Fig. 1. Slope map and soil sampling localization

Mapa ta bazowała na wcześniej wykonanym numerycznym modelu terenu, opracowanym analogicznie jak podają LICZNAR i in. [2002], złożonym z siatki kwadratów o boku  $2 \times 2$  m. Na mapie wydzielono obszary o spadkach: 0–3, 3–6, 6–10 oraz  $> 10\%$ . Najmniejsze spadki 0–3% występowały w obrębie doliny i wierzchowiny. Obszar zbocza był zdominowany przez klasy spadków 3–6 i 6–10%, spadki przekraczające 10% stanowiły jedynie małe enklawy położone blisko wierzchowiny. Opierając się o mapę spadków wytypowano pięć miejsc poboru materiału glebowego, zaznaczonych na rys. 1.

Wiosną 2000 roku pobrano materiał glebowy do analiz laboratoryjnych z głębokości: 5–15 cm i 25–35 cm. Dla określenia stopnia przepuszczalności gleby pobrano próbki o nienaruszonej strukturze do cylindrów Kopeckiego w czterech powtórzeniach. Przepuszczalność określono w laboratorium przy użyciu aparatu firmy Eljakamp do pomiaru przepuszczalności przy stałym ciśnieniu [ROSSI PISA 1997]. Z uzyskanych wyników wyznaczono średnie wartości przepuszczalności.

Równoległe z poborem prób do określenia stopnia przepuszczalności dokonano także poboru prób gleby o nienaruszonej strukturze dla określenia podstawowych właściwości fizycznych gleby: gęstości objętościowej, kapilarnej pojemności wodnej (KPW) i polowej pojemności wodnej (PPW) przy  $pF = 2,0$ . Ponadto oznaczono gęstość fazy stałej piknometrycznie, skład granulometryczny metodą Casgrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, pH w  $H_2O$  i 1 mol  $KCl \cdot dm^{-3}$  potencjometrycznie, C-organiczny metodą Tiurina oraz wyliczono porowatość ogólną i powietrzną przy KPW i  $pF = 2,0$ . Wyniki analiz zostały zestawione w tabelach, a część z nich została bezpośrednio wykorzystana jako dane wejściowe do nomogramu WISCHMEIERA i SMITHA [1978].

## Wyniki i dyskusja

Badane gleby ukształtowane w rzeźbie zbocza wykazywały zróżnicowane właściwości. W ich składzie granulometrycznym (tab. 1) dominowały frakcje o średnicy 0,05–0,02 i 0,02–0,006 mm. Procentowa zawartość frakcji o średnicy 0,05–0,02 wahała się od 41 do 51%, a frakcji 0,02–0,006 od 20 do 24%. Badane utwory wykazywały większe zróżnicowanie zawartości łu koloidalnego. Stanowił on jedynie 5% w profilu nr 5 gleby deluwialnej. W pozostałych profilach jego zawartość wahała się w przedziale: 8–25%, przyjmując wyższe wartości w warstwie 35–45 cm. W powierzchniowej warstwie badanych gleb, najwięcej frakcji łu koloidalnego zawierał profil nr 4, reprezentujący glebę położoną u podnóża zbocza. Ponadto lessy trzebnickie nie zawierają części szkieletowych o średnicy powyżej 2 mm, a ich skład granulometryczny jest analogiczny do stwierdzonego przez REJMANA i in. [1998] na terenie lubelszczyzny w Cześławicach.

Specyfiką utworów lessowych są ich właściwości fizyczne warunkujące dobre zaopatrzenie roślin w wodę i powietrze. Badane lessy trzebnickie (tab. 2) charakteryzują się gęstością fazy stałej gleby na głębokości 5–15 cm w zakresie 2,60–2,62  $Mg \cdot m^{-3}$ , a na głębokości 35–45 cm od 2,62 do 2,65  $Mg \cdot m^{-3}$ . Podobnie gęstość objętościowa była mało zróżnicowana, przyjmując wyższe wartości w warstwie 35–45 cm.

Odpowiednio do wartości gęstości właściwej i objętościowej kształtowała się porowatość ogólna (tab. 2). Stanowiła ona 44,4 do 47,1% w warstwie 5–15 cm i 40,6 do 42,9% na głębokości 35–45 cm. Lessy Wzgórz Trzebnickich charakteryzu-

je wysoka pojemność wodna: kapilarna i połowa. Wartości połowej pojemności wodnej przy  $pF = 2,54$  oscylowały w przedziale: 28,6–34,1%. Tak ukształtowane wartości PPW decydowały, że porowatość powietrzna stanowiła 8,2–17,7% objętościowych. Przyjmowała ona zawsze niższe wartości w warstwie podornej wykazującej wyższy stopień zagęszczenia fazy stałej gleby. Jednocześnie należy nadmienić, że najniższą porowatość powietrzną posiada profil nr 2. Jej niskie wartości wpływają niewątpliwie na warunki infiltracji wody w profilu tej gleby.

Tabela 1; Table 1

Skład granulometryczny badanych gleb  
Granulometric composition of investigated soils

Nr profilu Profile no.	Głębokość Depth (cm)	Procentowa zawartość frakcji o $\phi$ w mm; Percent of fraction $\phi$ in mm							
		> 2,0	2,0–1,0	1,0–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,006	0,006–0,002	< 0,002
1	5–15	0	0	6	8	47	21	9	9
	35–45	0	0	1,2	4,8	41	22	7	24
2	5–15	0	1,8	4,2	9	45	23	9	8
	35–45	0	0	1	5	42	23	4	25
3	5–15	0	0	5	8	46	22	11	8
	35–45	0	0	2	8	42	22	6	20
4	5–15	0	0	4	8	43	24	8	13
	35–45	0	0	1	10	45	20	6	18
5	5–15	0	1,2	5,8	12,0	45	22	9	5
	35–45	0	0	3,2	8,8	51	22	10	5

Tabela 2; Table 2

Podstawowe właściwości fizyczne gleb  
Basic physical soil properties

Nr profilu Profile no.	Głębokość Depth (cm)	Gęstość właściwa Specific density	Gęstość objętościowa Bulk density	Porowatość ogólna Total porosity	KPW CWC	PPW FWC $pF=2,0$	Porowatość powietrzna Air porosity	
							KPW CWC	$pF=2,0$
		(Mg·m <sup>-3</sup> )			% objętościowy; volume %			
1	5–15	2,62	1,39	46,9	42,5	36,9	4,4	10,0
	35–45	2,65	1,52	42,9	39,9	34,3	2,7	8,3
2	5–15	2,61	1,45	44,4	42,0	37,4	2,4	7,0
	35–45	2,65	1,53	42,3	39,9	36,2	2,4	6,1
3	5–15	2,60	1,40	46,1	42,1	33,7	4,0	12,4
	35–45	2,66	1,58	40,6	38,9	35,7	1,7	4,9
4	5–15	2,62	1,35	46,9	43,1	33,0	3,8	13,6
	35–45	2,67	1,58	40,8	38,2	34,7	2,6	6,1
5	5–15	2,62	1,39	47,1	43,7	36,3	3,4	10,8
	35–45	2,62	1,52	42,0	39,0	34,5	3,0	7,5

KPW; CWC – kapilarna pojemność wodna; capilar water capacity  
PPW; FWC – połowa pojemność wodna; field water capacity

Odwapnione lessy trzebnickie na analizowanym zboczu wykazywały małe zróżnicowanie odczynu. Na podstawie wartości pH w KCl można je kwalifikować jako gleby kwaśne i lekko kwaśne.

Próchniczność gleb trzebnickich kształtowała się w przedziałach 1,46–1,86% w warstwie 5–15 cm, a na głębokości 35–45 cm – od 0,17 do 1,57% (tab. 3). Małe zróżnicowanie próchniczności gleb stwierdzono w profilu nr 5 gleby deluwialnej położonej w dolinie. Analizując lessy Wzgórz Trzebnickich należy stwierdzić, że ich próchniczność jest podobna do spotykanej w glebach brunatnoziemnych na terenie lubelszczyzny [PAŁYS 1980; REJMAN i in. 1998].

Tabela 3; Table 3

Odczyn badanych gleb oraz zawartość próchnicy i węgla  
Investigated soil reaction and carbon and humus contents

Nr profilu Profile no.	Głębokość Depth (cm)	pH		C	Próchnica; Humus
		H <sub>2</sub> O	KCl	%	
1	5–15	6,2	5,0	1,08	1,862
	35–45	7,1	5,5	0,29	0,500
2	5–15	6,9	5,8	1,09	1,879
	35–45	7,4	5,9	0,18	0,310
3	5–15	6,7	5,4	1,01	1,741
	35–45	7,1	5,5	0,10	0,172
4	5–15	6,6	5,2	0,85	1,465
	35–45	7,1	5,3	0,10	0,172
5	5–15	6,8	5,7	1,00	1,724
	35–45	7,0	5,9	0,91	1,569

Przepuszczalność badanych utworów zmieniała się w bardzo szerokim zakresie. Dla profilu nr 2 na głębokości 35–45 cm stwierdzono przepuszczalność 0,00174 mm·min<sup>-1</sup>, a dla profilu nr 1 na głębokości 5–15 cm – 14,8 mm·min<sup>-1</sup>. Tak więc prędkość infiltracji zmieniała się od bardzo wysokiej do bardzo niskiej, a stopień przepuszczalności przyjmował wartości od 1 do 6. Niemniej w profilach nr 3–5 zróżnicowanie prędkości przepuszczalności było już znacznie mniejsze, a stopień przepuszczalności wynosił od 2 do 4. Stopień 2 jest uznawany za typowy dla strukturalnych, piaszczystych glin, piasków gliniastych, czarnoziemów i gleb brunatnych wytworzonych z lessu. Natomiast stopień 4 obserwuje się głównie dla wierzchnich warstw gleby na glinach ilastych [JÓZEFACIUK, JÓZEFACIUK 1996]. W trakcie poboru próbek dokonano określenia struktury gleby. Dla wszystkich próbek struktura była drobna gruzelkowata. Ten typ struktury wraz z 4 stopniem przepuszczalności gleb używali REJMAN i in. [1998] jako dane wejściowe do określenia wskaźnika K dla lessów z Czesławic z wykorzystaniem nomogramu i wieloparametrowego równania regresji.

Wyniki odczytów wartości wskaźnika podatności gleb na splukiwanie powierzchniowe K zamieszczono w tabeli 4. Wartości odczytane z nomogramu poddano konwersji z jednostek amerykańskich (0,01 ton·acre·h·acre<sup>-1</sup>·ft·ton<sup>-1</sup>·in<sup>-1</sup>) na jednostki SI (Mg·ha·MJ<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>·cm<sup>-1</sup>·h), przez przemnożenie stałą – 1,317 [FOSTER i in. 1981]. Wskaźnik K zmieniał się od 0,58 Mg·ha·MJ<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>·cm<sup>-1</sup>·h (0,44 w jednostkach amerykańskich) w profilu nr 1 do 0,78 Mg·ha·MJ<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>·cm<sup>-1</sup>·h (0,59 w jednostkach amerykańskich) w profilu nr 5 na głębokości 5–15 cm. Podobne zróżni-

cowanie wartości dla lessów południowo-wschodniej Polski obserwowali REJMAN i in. [1998]. Na obiekcie w Czesławicach wskaźnik K (w jednostkach amerykańskich) obliczany z użyciem nomogramu zmieniał się od 0,42 do 0,51, z równania wieloparametrowej regresji od 0,56 do 0,63, a  $\alpha$  mierzony eksperymentalnie na polkach erozyjnych zaledwie od 0,05 do 0,09.

Tabela 4; Table 4

Przepuszczalność i wartości wskaźnika K  
Soil permeability and K-factor values

Nr profilu Profile no.	Głębokość Depth (cm)	Średnia przepuszczalność Average permeability (mm·min <sup>-1</sup> )	Stopień przepuszczalności Permeability grade	Wskaźnik K K-factor (0,01 ton·acre·h· acre <sup>-1</sup> ·ft·ton <sup>-1</sup> ·in <sup>-1</sup> )	Wskaźnik K K-factor (Mg·ha·MJ <sup>-1</sup> · ha <sup>-1</sup> ·cm <sup>-1</sup> ·h)
1	5-15	14,8	1	0,44	0,58
	35-45	0,344	3	0,44	0,58
2	5-15	0,00321	6	0,55	0,72
	35-45	0,00174	6	0,51	0,67
3	5-15	0,333	3	0,49	0,64
	35-45	2,07	2	0,44	0,58
4	5-15	0,846	2	0,47	0,62
	35-45	0,158	4	0,55	0,72
5	5-15	0,210	4	0,59	0,78
	35-45	0,110	4	0,52	0,68

Korzystając z nomogramu stwierdzono, że wahania wskaźnika K w obrębie pola mogą wynikać głównie z dużego zróżnicowania przepuszczalności gleb. Zmiana stopnia przepuszczalności z 1 na 6 prowadzi w przypadku składu granulometrycznego badanych gleb do zmian w wartości wskaźnika K o około 0,12 w jednostkach amerykańskich. Z tej racji dla prognozowania zmywów gleby na obszarze Wzgórz Trzebnickich z użyciem równania USLE należałoby stosować średnią ze wszystkich otrzymanych wyników. Średni wskaźnik K dla badanych gleb przyjmuje wartość 0,50 (w jednostkach amerykańskich), tj. 0,66 Mg·ha·MJ<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>·cm<sup>-1</sup>·h.

Otrzymany średni wskaźnik K wynoszący 0,66 (0,50 w jednostkach amerykańskich) wskazuje na wysoką podatność lessów Wzgórz Trzebnickich na procesy erozji, co było już wcześniej obserwowane przez ŻMUDE [1996, 1998]. Jest on zbliżony do wskaźnika K podawanego przez WISCHMEIERA i SMITHA [1978] dla gliny pylastej Keene. Ponadto w warunkach Polski JÓZEFACIUKOWIE [1999] proponowali używanie w równaniu USLE dla lessów analogicznej wartości K = 0,7, a PIEST i ZIEMNICKI [1979] dla utworów pylowych z okolic Lublina - K = 0,44 (w jednostkach amerykańskich).

## Wnioski

1. Średnia wartość podatności na splukiwanie powierzchniowe (wskaźnik K) dla lessów Wzgórz Trzebnickich wynosi 0,66 Mg·ha·MJ<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>·cm<sup>-1</sup>·h i wskazuje na bardzo wysokie zagrożenie procesami erozji wodnej tych utworów.

2. Wartości wskaźnika **K** w rzeźbie zbocza ulegają wahaniom uwarunkowanym głównie przepuszczalnością gleb i w niewielkim stopniu składem granulometrycznym oraz zawartością próchnicy.

### Literatura

- BANDUROWSKI R., DROZD J., LICZNAK M. 1986. *Zmiany urodzajności gleb i wskaźniki reakcji roślin na uprawę w terenach erodowanych*. Mat. ogólnopol. symp. erozji. „Racjonalna gospodarka – ochroną potencjału produkcyjnego gleb Pomorza Zachodniego”, Szczecin, 10–11 IX 1986: 56–58.
- FOSTER G. R., MCCOOL D. K., RENARD K. G., MOLDENHAUER W. C. 1981. *Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units*. J. of Soil and Water Conserv. 36: 355–359.
- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK Cz. 1996. *Mechanizm i wskazówki metodyczne badania procesów erozji*. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 148 ss.
- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK Cz. 1999. *Ochrona gruntów przed erozją. Poradnik dla władz administracyjnych i samorządowych oraz służb doradczych i użytkowników gruntów*. Wydawnictwo IUNG, Puławy: 109 ss.
- KOWALŃSKI S., OŚWIECIMSKI A. 1977. *Stopnie zagrożenia terenów Dolnego Śląska przez powierzchniową erozję wodną, w: Perspektywy gospodarki wodnej w rolnictwie na Dolnym Śląsku*. Wydawnictwo Oddz. PAN, Wrocław: 163–203.
- LICZNAK P., ŻMUDA R., SASIK J. 2002. *Wykorzystanie numerycznego modelu terenu dla badań nad erozją wodną w małych zlewniach rolniczych Wzgórz Trzebnickich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 487: 147–156.
- LICZNAK P., ŻMUDA R., SZEWRĄŃSKI SZ. 1999. *Outflow denudation from the loess catchment under intensive agricultural use*. Mat. międzynarod. konf.: „Soil Conservation in Large-Scale Land Use.” Bratysława, 12–15 V 1999: 147–154.
- MAZUR Z., PAEYS S. 1991. *Natężenie erozji wodnej w małych zlewniach terenów lessowych Wyżyny Lubelskiej w latach 1986–1990, w: Erozja gleb i jej zapobieganie*. Wydawnictwo AR w Lublinie: 63–78.
- PAEYS S. 1980. *Wpływ erozji gleb i wieloletnich zabiegów przeciwoerozyjnych na kształtowanie się odpływu, rzeźby oraz pokrywy glebowej obszarów lessowych*. Rozpr. hab. Rozpr. Nauk. 67, Wyd. AR w Lublinie: 64 ss.
- PAEYS S., MAZUR A. 1998. *Zmiany rzeźby na erodowanych lessach na terenie zabezpieczonym i kontrolowanym*. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, Tom 4A: 293–306.
- PIEST R. F., ZIEMNICKI S. 1979. *Comparative erosion rates of loess soils in Poland and Iowa*. Trans. of ASAE: 822–826.
- REJMAN J., TURSKI R., PALUSZEK J. 1998. *Spatial and temporal variations in erodibility of loess soil*. Soil & Tillage Research 46: 61–68.
- ROSSI PISA P. 1997. *Conducibilità idraulica del suolo saturo, w: Metodi di analisi fisica del suolo*. Parte VIII, 4. Franco Angeli, Włochy: 69–87.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. Agricultural Handbook 537, ARS, Washington: 58 ss.

ŻMUDA R. 1996. Czynniki warunkujące wielkości wskaźnika denudacji na przykładzie lessowej zlewni rolniczej Wzgórz Trzebnickich. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Melioracje XLII(283): 69–76.

ŻMUDA R. 1998. Natężenie erozji wodnej w małej zlewni rolniczej Wzgórz Trzebnickich na tle wybranych elementów hydrometeorologicznych. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Inżynieria Środowiska X(349): 233–259.

**Słowa kluczowe:** wskaźnik K, less, erozja wodna

### Streszczenie

Celem badań było określenie wielkości wskaźnika podatności gleb na spłukiwanie powierzchniowe (K) w równaniu USLE dla lessów Wzgórz Trzebnickich. Wskaźnik K został oszacowany w oparciu o kompleksowe badania gleboznawcze i nomogram Wischmeiera i Smitha. Erozyjność lessów Wzgórz Trzebnickich została oceniona jako wysoka w oparciu o średnią oszacowaną wartość wskaźnika K:  $0,66 \text{ Mg}\cdot\text{ha}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{h}$ .

### ERODIBILITY OF TRZEBNICA HILLS LOESSIVE SOILS

*Michał Licznar<sup>1</sup>, Paweł Licznar<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection,  
Agricultural University, Wrocław

<sup>2</sup>Institute of Building and Landscape Architecture,  
Agricultural University, Wrocław

**Key words:** K-factor, loessive soil, water erosion

### Summary

An attempt of soil erodibility K-factor of USLE equation estimation for the loessive soils of Trzebnica Hills was the study objective. K-factor was estimated on the base of complex soil investigations and Wischmeier and Smith nomograph. The erodibility of Trzebnica Hills loessive soils was evaluated as high on the base of the average estimated K-factor value:  $0.66 \text{ Mg}\cdot\text{ha}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{h}$ .

Prof. dr hab. inż. Michał **Licznar**  
Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego  
Akademia Rolnicza  
pl. Grunwaldzki 53  
50-357 WROCŁAW