

Wpłynęło 17.07.2013 r.
Zrecenzowano 09.10.2013 r.
Zaakceptowano 03.11.2013 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

ZAGROŻENIE EROZJĄ WODNĄ NA OBSZARACH LESSOWYCH MAŁOPOLSKI NA PRZYKŁADZIE ZLEWNI ŚCIEKLEC

Agnieszka KOWALCZYK^{ABCEF}, Sylwester SMOROŃ^D

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

Streszczenie

Celem pracy było określenie zagrożenia erozją wodną gleb lessowych w zlewni cząstkowej Ścieklec na podstawie masy erodowanego materiału glebowego z wykorzystaniem równania strat glebowych – USLE (wg WISCHMEIERA i SMITHA [1978]), w którym wykorzystuje się wartości podstawowych czynników określających: rzeźbę terenu zlewni, nachylenie stoków, budowę geologiczną, rodzaj gleb, opady atmosferyczne oraz sposób rolniczego użytkowania. W pracy przedstawiono również metody zapobiegania erozji na tym terenie, a zwłaszcza w zakresie właściwej agrotechniki i przekształceń strukturalnych.

Teren zlewni zagrożony jest erozją wodną [SMOROŃ 2012], jednak znajdują się na nim też obszary, gdzie zjawisko to nabiera istotnego znaczenia dla produkcji rolniczej, jak również stwarza zagrożenie dla środowiska wodno-glebowego. Sprzyja temu urozmaicona rzeźba terenu, bardzo duża podatność gleb lessowych uprawianych mechanicznie na zmywy powierzchniowe, a także mały udział trwałych użytków zielonych (ok. 7%) i lasów (ok. 6%). Średnia roczna temperatura powietrza z wielolecia na badanym terenie jest wysoka i waha się od 7,0 do 8,0°C, a średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi ok. 570 mm.

Słowa kluczowe: erozja gleb, przeciwdziałanie erozji, równanie strat glebowych USLE, zlewnia Ścieklec

WSTĘP

Erozja wodna gleb stanowi główny proces niszczący pokrywę glebową. Nie dziwi więc fakt, że zjawisko to badane jest głównie w kontekście wpływu, jakie wywiera na produktywność gleb i ich przydatność rolniczą. Jednak poza całą gamą

Do cytowania For citation: Kowalczyk A., Smoroń S. 2013. Zagrożenie erozją wodną na obszarach lessowych Małopolski na przykładzie zlewni Ścieklec. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 4(44) s. 55–63.

niekorzystnych oddziaływań, jakie proces ten wywiera na środowisko w miejscu występowania, erozja wodna gleb powoduje również wiele negatywnych skutków o większym zasięgu przestrzennym.

Głównymi czynnikami wpływającymi na jej nasilenie są: budowa geologiczna, rodzaj gleby, klimat (zwłaszcza opady atmosferyczne), użytkowanie i rzeźba terenu. Użytkowanie rolnicze zlewni szczególnie sprzyja erozji wodnej, głównie powierzchniowej, podobnie jak gęsta sieć hydrograficzna oraz sieć dróg, które podczas wezbrań mogą okresowo stawać się potokami transportującymi erodowany materiał z użytków rolnych do wód powierzchniowych.

Najbardziej zagrożone erozją wodną powierzchniową jest województwo małopolskie, w którym dominuje erozja silna (26%) oraz średnia (21% obszaru). Na tym terenie występuje pierwszy stopień pilności przeciwdziałania erozji [KORELESKI 2008].

Rozpatrywany region jest zagrożony erozją wodną. Jest to wynikiem urozmaiconej rzeźby terenu, bardzo dużej podatności gleb lessowych na zmywy powierzchniowe, generalnie małej powierzchni lasów i trwałych użytków zielonych oraz przewagi uprawy mechanicznej gleby wzdłuż stoku.

W strukturze użytkowania ziemi i zlewni Ścieklec, objętej badaniami, występuje nieznaczna tendencja wzrostowa powierzchni gruntów ornych, co jest niekorzystne z punktu ochrony przed erozją wodną [SMOROŃ i in. 2009].

Badania nad erozją z wykorzystaniem modelu USLE prowadzono również na terenach górskich miejscowości Konina (województwo dolnośląskie). Dokonano tam próby oceny wpływu ważniejszych czynników, takich jak spadek, długość działek, skład granulometryczny gleb, występowanie tarasów i kierunek orki, na natężenie erozji wodnej. W badaniach tych wykazano, że natężenie erozji mierzonej stratami gleby (ilością materiału zmywanego) jest proporcjonalne do spadku. Oznacza to, że w przypadku podwójnego wzrostu długości działki ilość unoszonego materiału glebowego zwiększa się 1,41 razy. Potwierdzają to również badania [KORELESKI 2008].

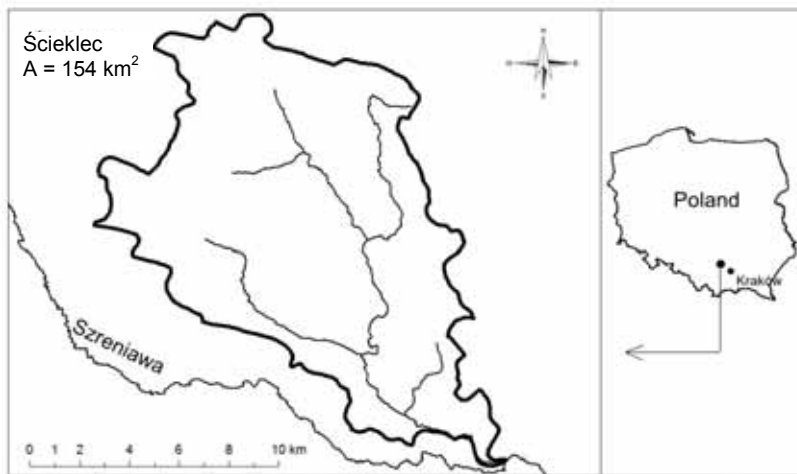
Badania SKRODZKIEGO [1978] wykazały, że na terenach podatnych na erozję wodną o innym charakterze niż lessowe, przy uprawie okopowych wzdłuż stoku, straty gleby mogą sięgać ok. 50 t z ha użytków rolnych. Jeżeli uprawę prowadzi się w poprzek stoku, straty te są o połowę mniejsze. W przypadku użytków zielonych i wieloletnich upraw lucerny, zmywy gleby są nieznaczne [SKRODZKI 1978].

Celem pracy było określenie zagrożenia erozją wodną lessowych gleb zlewni Ścieklec, na podstawie masy erodowanej gleby, z wykorzystaniem komputerowego programu USLE, według WISCHMEIERA i SMITHA [1978].

OBIEKT I METODY BADAŃ

Badania prowadzono na obszarze mikrozelewni Ścieklec o powierzchni 154 km² należącej do zlewni Szreniawy (rys. 1). Gleby tego rejonu zostały wytworzone z lessów położonych na wapieniach jurajskich i marglach kredowych, podatnych na erozję wodną. Na terenach erodowanych przeważają gleby brunatne (właściwe i płowe) oraz czarnoziemy zdegradowane, wytworzone z lessów. Należą one do kompleksów pszennego bardzo dobrego i dobrego. Warunki agroekologiczne dla produkcji rolniczej są dobre i bardzo dobre. Procentowo niewielki udział zajmują rądziny różnych formacji geologicznych, zaliczone do kompleksu pszenego wadliwego, silnie degradowane przez zmywy powierzchniowe. Opad roczny w latach 1990–2005 wyniósł średnio ok. 570 mm, a temperatura, zarejestrowana w stacji Miechów – IMGW – 7,8°C [SMOROŃ 2012].

Użytkowanie ziemi w zlewni Ścieklec ma charakter rolniczy. Grunty orne zajmują 93% powierzchni, lasy 1%, a użytki zielone tylko 6%. Omawiany obszar należy do rejonów o intensywnym rolnictwie, nastawionym na uprawę warzyw, roślin okopowych, przemysłowych i zbóż.



Rys. 1. Obszar badań; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. The study area; source: own elaboration

Na badanym obszarze praktycznie nie prowadzono badań nad ilością masy erodowanego materiału z obszarów rolnych. Na terenie tym rolnictwo oparte jest na intensywnej mechanicznej uprawie gleby, zwłaszcza na pofałdowanych terenach i zalicza się do najważniejszych czynników denudacyjnych zboczy [FATYGA, 1978; JÓZEFACIUK, JÓZEFACIUK 1992; KORELESKI 2008]. W wyniku erozji wodnej

następuje dodatkowe przemieszczanie się wraz z zawieszoną glebową składników nawozowych do środowiska wodnego, powodując jego zanieczyszczenie. Przeprowadzone przez CABAJA i CIUPE [2001] badania skutków powodzi w miejscowości Pałecznicza (25 kwietnia 2000 r.), leżącej w zlewni Szreniawy wykazały, że intensywne opady spowodowały znaczne straty erozyjne, a ich następstwem było cząstkowe obniżenie powierzchni mikrozlewni średnio o ok. 3 mm.

Pomiaru parametrów meteorologicznych w rozpatrywanym rejonie dokonano na stacji Miechów – IMGW, położonej w najbliższej odległości od zlewni Ścieklec. Rejestrowano między innymi opady atmosferyczne i temperaturę powietrza. Średnia roczna temperatura z wielolecia (1990–2005) na obszarze zlewni Ścieklec wynosi 7–8°C, a średnia roczna suma opadów atmosferycznych sięga ok. 572 mm. Najwyższą sumę opadów zanotowano w 1997 r. – 744,8 mm, a najniższą w 2003 r. – 420,4 mm.

Obliczono prawdopodobieństwo empiryczne (średnią wartość prawdopodobieństwa osiągnięcia lub przekroczenia m -tego wyrazu w N -elementowym ciągu rozdzielczym) na podstawie wzoru, który umożliwia wyznaczenie krzywej sumowania liczebności [KACZMAREK 1970]:

$$p(m, N) = 100 \frac{m}{N + 1} \quad (1)$$

gdzie:

- $p(m, N)$ – prawdopodobieństwo empiryczne m -tego wyrazu ciągu rozdzielczego, %;
- m – miejsce wyrazu w ciągu rozdzielczym, m -ty wyraz w ciągu, wielokrotności osiągnięcia lub przekroczenia określonej wartości;
- N – liczebność ciągu rozdzielczego.

Do oceny przemieszczenia gleby w obrębie zlewni wykorzystano model USLE, który zakłada prowadzenie pomiarów erozji na poletkach standardowych o długości 22,1 m, zlokalizowanych na zboczu o nachyleniu 9%, wydzielonych od pozostałej części pola [ARRIAGA, LOWERY 2003; BANASIK, GÓRSKI 1992; STONE, HILBORN 2000; WISCHMEIER, SMITH 1978; ZACHAR 1982].

Model ten przedstawia średnie straty glebowe, przy czym zastosowane parametry w uniwersalnym równaniu strat glebowych są wartościami średnimi dla wydzielonych zlewni i obszarów.

Aby określić straty glebowe zebrano informacje dotyczące:

- średniej rocznej erozyjności opadu i spływu;
- podatności gleb na erozję, która zależy od jej składu granulometrycznego,;
- spadku zbocza;
- użytkowania terenu.

Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem uniwersalnego równania strat glebowych:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (2)$$

gdzie:

- A – średni roczny zmyw gleby ($\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$);
- R – średnia roczna erozyjność deszczy i spływów ($\text{Je} \cdot \text{rok}^{-1}$) (Je – jednostka erodowanej gleby, $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$);
- K – wskaźnik podatności gleby na erozję ($\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{Je}^{-1}$);
- L – wskaźnik długości stoku (-);
- S – wskaźnik nachylenia stoku (-);
- C – wskaźnik pokrywy roślinnej (-);
- P – wskaźnik zabiegów przeciwdziałających erozji (-).

Parametr R oraz często parametr C zależą m.in. od okresów występowania deszczu. Są one parametrami regionalnymi. W zależności od ilości zmytej gleby z jednostki powierzchni zlewni można określić stopień erozji gleb na podstawie klasyfikacji przedstawionej w tabeli 1. [ZACHAR 1982].

Tabela 1. Klasyfikacja erozji wodnej

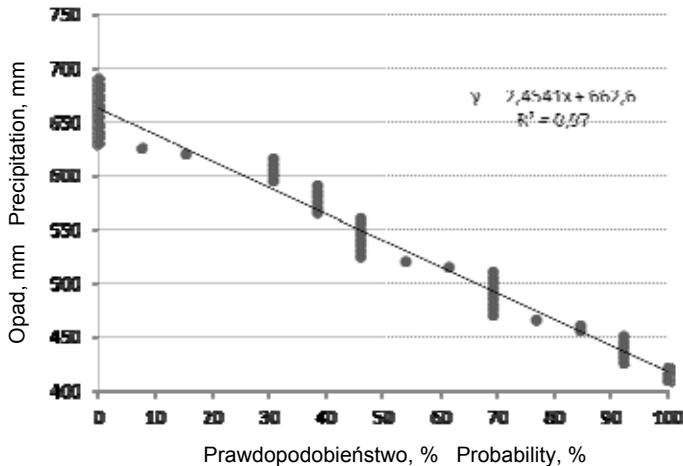
Table 1. Classification of water erosion

Stopień erozji Degree of erosion	Określenie erozji Erosion description	Ilość zmytej gleby $\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ Amount of lost soil $\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$
I	nie występuje lub jest nieznaczna negligible	<25
II	słaba weak	25–250
III	umiarkowana moderate	250–700
IV	średnia average	700–2 500
V	silna intense	2 500–10 000
VI	katastrofalna catastrophic	>10 000

Źródło: ZACHAR [1982]. Source: ZACHAR [1982].

WYNIKI BADAŃ

Do obliczeń prawdopodobieństwa występowania sum opadów atmosferycznych, wykorzystano wartości z lat 1990–2005. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi 572,1 mm. Prawdopodobieństwo występowania opadów na poziomie 10% odpowiada sumie 625 mm. Jednak już 80-procentowe prawdopodobieństwo występowania odpowiada sumie 465 mm opadów (rys. 2). W omawianej zlewni dominuje uprawa zbóż, która zajmuje 60% powierzchni, następnie ziemniaki (ok. 20%) oraz buraki cukrowe, rzepak i kukurydza (ok. 30%). Spadki terenu są poniżej 9°.



Rys. 2. Prawdopodobieństwo występowania sum opadów w latach 1990–2005; źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji Miechów – IMGW

Fig. 2. Probability of occurrence of the sum of precipitation for the period 1990–2005; source: own elaboration based on station Miechów – IMGW

Po dokonaniu obliczeń z wykorzystaniem uniwersalnego równania strat glebowych otrzymano następujące parametry równania: $K = 0,908$ ($\text{Mg} \cdot \text{Je}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$), $LS = 0,147$ (-), $C = 0,219$ (-), $P = 1$ (-). Parametr R zależy od średniej rocznej sumy opadów, wskaźnik zabiegów przeciwerozyjnych P wynosi 1, ponieważ nie zastosowano zabiegów przeciwerozyjnych. Masa erodowanego materiału wynosi od ok. 121 do 170 $\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ dla prawdopodobieństw wystąpienia opadu – 10, 50, 80% (tab. 2).

Tabela 2. Masa erodowanego materiału w zależności od prawdopodobieństwa opadu atmosferycznego

Table 2. Soil loss as relation to the probability of precipitation occurrence

Prawdopodobieństwo występowania opadu rocznego, % The probability of occurrence of annual precipitation, %	Masa erodowanego materiału $\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ Soil losses in the catchments $\text{Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$
10 (625 mm)	170,6
50 (520 mm)	138,7
80 (465 mm)	121,1

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Według ZACHARA [1982], otrzymany wynik klasyfikuje ten teren do II stopnia erozji, określanej jako słabej. W przypadku zastosowania zabiegów przeciwerozyjnych, tj. upraw równoległe do warstwic oraz zastosowanie upraw zróżnicowanych

przy spadku poniżej 16%, masa erodowanego materiału zmniejszyła się o ok. 17%, w porównaniu z terenami, na których ich nie wykonywano ($P = 1$) (tab. 3).

Tabela 3. Masa erodowanego materiału

Table 3. Soil losses in the catchment

Opad, mm Precipitation, mm	Masa erodowanego materiału, $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ Soil losses in the catchments, $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$	
	bez zabiegów przeciwoerozyjnych without erosion countermeasures	z zabiegami przeciwoerozyjnymi with erosion countermeasures
420,4 mm (2003 r.)	131,4	108,4
744,8 mm (1997 r.)	250,8	206,9
572,1 mm (średni mean)	187,2	154,5

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania umożliwiły obliczenie masy erodowanej gleby w zlewni Ścieklec na przestrzeni lat 1990–2005, co umożliwiło sformułowanie następujących wniosków:

1. Erozja wodna w zlewni Ścieklec według przyjętej klasyfikacji, jest słaba, umiarkowana – i mieści się w II stopniu klasyfikacji, niekiedy w III stopniu.
2. Po zastosowaniu zabiegów przeciwoerozyjnych obliczana masa erodowanej gleby metodą standardową zmniejszyła się o ok. 17%.

Na obszarach zagrożonych erozją organizacja terenu powinna sprzyjać odprowadzaniu nadmiaru wód opadowych w taki sposób, aby uniknąć tworzenia się ognisk intensywnego zmywu i równocześnie umożliwić skuteczne zastosowanie całego kompleksu przedsięwzięć, zmierzających do ochrony gleb [CABAJ, CIUPA 2001; DUER 2009]. Erozja wodna zależy między innymi od nachylenia zbocza. Im większe nachylenie zbocza, tym większe niebezpieczeństwo erozji (erozja potencjalna). Działania przeciwoerozyjne powinny zatem polegać na:

- częściowej zmianie miejsca i sposobu rozmieszczenia już istniejących sieci granic, wynikających z dotychczasowego wykorzystania gruntów (użytków, pól płodozmianu, dróg polnych);
- wdrożeniu warstwicowo-wstęgowego układu pól przede wszystkim na zboczach, gdzie konieczne jest stosowanie płodozmianów ochronnych, co pozwoli na rozszerzenie zakresu uprawianych gatunków oraz intensywniejsze wykorzystanie gleb;
- opracowaniu i realizacji specjalnych metod ochrony gleb po usunięciu przyczyn erozji, uwarunkowanych brakami organizacji terenu i podjęcia odpowiednich przeciwdziałań;

- zwiększeniu powierzchni pastwisk, co jest jedną z metod ochrony zboczy przed erozją.

Erozja na pastwiskach charakteryzuje się specyficznymi cechami, które odróżniają ją od erozji występujących na gruntach ornym. Przede wszystkim nie występuje tu powierzchniowy zmyw gleby, słabo zaznacza się zmyw wązowowy, natomiast szczególnie silnie rozwinięta jest erozja żłobinowa. Pastwiska na zboczach ulegają degradacji z powodu gęstej i zwiększającej się w szybkim tempie sieci żłobin. Na drugim miejscu trzeba postawić przyspieszoną erozję liniową, gdy łączenie strug następuje na powierzchni pastwisk.

Zabiegi przeciwoerozyjne obejmują:

- poprawę składu botanicznego traw, spasanie kwaterowe, użytkowanie pastwiskowo-kośne,
- budowę urządzeń zatrzymujących wodę (rowy i bruzdy chłonne) oraz zabiegi przeciwdziałające erozji liniowej, tj. wyrównywanie małych żłobin, naprawa urządzeń przegradzających (groble, progi, umocnienia substancjami cementującymi),
- zalesienie zboczy.

Techniczne zabiegi przeciwoerozyjne to:

- odprowadzanie nadmiaru wody ze zboczy umocnionymi korytami;
- mechaniczne wyrównywanie zboczy, polegające na zasypianiu obniżen i ewentualnym ścięciu grzbietów pozostałych między nimi;
- uprawa pozioma i pola wstępowe podczas orki wzdłuż warstwic; powstają wówczas poziome bruzdy.

LITERATURA

- ARRIAGA F.J., LOWERY B. 2003. Corn production on an eroded soil: effects of total rainfall and soil water storage. *Soil and Tillage Research*. Vol. 71 s. 87–93.
- BANASIK K., GÓRSKI D. 1992. Wykorzystanie uniwersalnego równania strat glebowych USLE do oceny ilości rumowiska unoszonego odpływającego z małych zlewni. *Gospodarka Wodna*. Nr 3 s. 62–65.
- CABAJ W., CIUPA T. 2001. Naturalne i antropogeniczne uwarunkowania przyczyn i skutków powodzi na rolniczych terenach w Niece Nidziańskiej. W: *Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie. Problemy Ekologii Krajobrazu*. T. 10. Pr. zbior. Red. K. German, J. Balona. Kraków. IGiGP, UJ s. 338–343.
- DUER I. 2009. *Ochrona gleb i wód. Biblioteczka Programu Rolnośrodowiskowego 2007–2013*. Warszawa. MRiRW. ISBN 978-83-62164-36-3 ss. 24.
- FATYGA J. 1978. Procesy erozyjne na górskich użytkach zielonych. *Wiadomości IMUZ*. T. 12. Z. 4 s. 235–270.
- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK Cz. 1992. Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski. *Pamiętniki Puławskie. Suplement 101* s. 23–49.
- KACZMAREK Z. 1970. *Metody statystyczne w hydrologii i meteorologii*. Warszawa. WKiŁ ss. 312.
- KORELESKI K. 2008. Wpływ czynników terenowych na natężenie erozji wodnej na przykładzie wsi górskiej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Z. 3. Kraków. PAN s. 5–12.

- SKRODZKI M. 1978. Rolnictwo na glebach ulegających erozji. Erozja wodna. Warszawa. PWRiL ss. 85.
- SMOROŃ S. 2012. Zagrożenia eutrofizacją wód powierzchniowych wyżyn lessowych małopolski. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 1 (37) s. 181–191.
- SMOROŃ S., KOWALCZYK A., KOSTUCH M. 2009. Użytkowanie gruntów zlewni Szreniawy w kontekście ochrony gleby i wody w latach 1995–2005. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 9. Z. 3 (27) s. 167–179.
- STONE R. P., HILBORN D. 2000. Universal soil loss equation (USLE). Ontario. Min. Agricult. Food Rural Affairs ss. 91.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Agriculture Handbook. No. 537. USDA U.S. Gor. Print Office. Washington D.C. ss. 58.
- ZACHAR D. 1982. Klasyfikacja erozji wodnej. Zvolen. Forest Research Institute. ISBN 0-444-99725-3 s. 27–135.

Agnieszka KOWALCZYK, Sylwester SMOROŃ

THE THREATS OF WATER EROSION IN LOESS AREAS OF MAŁOPOLSKA – AN EXAMPLE OF THE ŚCIEKLEC RIVER

Key words: *erosion prevention, soil erosion, soil loss equation, Ścieklec catchment*

S u m m a r y

The objective of this paper was to assess water erosion threats of loess soil in the Ścieklec River sub-catchment (the Szreniawa River basin). The USLE equation [WISCHMEIER, SMITH 1978] was applied which considers the main factors determining the catchment terrain relief, land slopes, geological structure, type of soils, precipitations and the land use. Also, preventive measures against soil erosion, particularly proper agronomy are discussed. The studied area is moderately threatened by water erosion, but there are areas where this phenomenon is of significant importance for agricultural production and for the soil-water environment. Diverse land relief, mechanically cultivated loess soils highly susceptible to rain wash and small shares of grasslands (about 7%) and forests (about 6%) facilitate water erosion. Average multiyear air temperature is high and varies from 7.0 to 8.0°C, and annual precipitation is about 570 mm.

Adres do korespondencji: dr inż. A. Kowalczyk, Małopolski Ośrodek Badawczy ITP w Krakowie, ul. Ułanów 21b, 31-450 Kraków; tel. +48 12 412-52-08, e-mail: a.kowalczyk@itep.edu.pl