

**MAPA ZAGROŻENIA EROZYJNEGO GRUNTÓW ROLNYCH
W MAŁOPOLSCE NA PODSTAWIE KLASYFIKACJI OBIA OBRAZÓW
TELEDETEKCYJNYCH ORAZ ANALIZ PRZESTRZENNYCH GIS**

**THE MAP OF AGRICULTURAL LAND EROSION RISK ASSESMENT OF
MAŁOPOLSKA VOIVODESHIP (POLAND) BASED ON OBIA OF
REMOTELY SENSED DATA AND GIS SPATIAL ANALYSES**

**Piotr Wężyk¹, Wojciech Drzewiecki², Anna Wójtowicz-Nowakowska³,
Marcin Pierzchalski³, Jakub Mlost³, Beata Szafrńska^{2,4}**

¹ Laboratorium Geomatyki, KEkL, Wydział Leśny, UR w Krakowie

² AGH w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

³ ProGea Consulting, Kraków

⁴ Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego

SŁOWA KLUCZOWE: erozja wodna gleb, mapa glebowo-rolnicza, analiza obiektowa obrazu, RapidEye, model USLE, analizy przestrzenne GIS

STRESZCZENIE: Zjawisko erozji wodnej należy do głównych przyczyn degradacji gleb w Europie. Stanowi ono również główny czynnik degradujący gleby na obszarze Małopolski – regionu o najwyższym stopniu zagrożenia erozyjnego w skali Polski. Występując lokalnie, w zależności od warunków fizjograficznych, może stanowić poważny problem gospodarczy i środowiskowy. Silne zróżnicowanie fizjograficzne oraz różne formy pokrycia i użytkowania terenu województwa małopolskiego, stanowiły główną potrzebę przeprowadzenia oceny zagrożenia erozyjnego i nasilenia stopnia degradacji gleb. Projekt realizowany dla Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego miał na celu identyfikację obszarów, które w największym stopniu narażone są na degradację (erozję potencjalną, czyli taką, jaka miałyby miejsce na polu użytkowanym jako czarny ugór bez stosowania zabiegów przeciwoerozyjnych oraz erozję aktualną, czyli z uwzględnieniem aktualnej struktury użytkowania i stosowanych zabiegów przeciwoerozyjnych) przez co w pierwszej kolejności wymagają wdrożenia skutecznych metod ochrony gleb użytkowanych rolniczo.

W projekcie wykorzystano wysokorozdzielcze zobrazowania satelitarne systemu RapidEye z lat 2010-2011 oraz cyfrowe ortofotomapy lotnicze (RGB). Dane teledetekcyjne poddano zaawansowanej technologicznie klasyfikacji obiektowej (ang. OBIA - *Object Based Image Analysis*) w oprogramowaniu eCognition (Trimble Geospatial) wspartej analizami przestrzennymi GIS. Ocenę nasilenia erozyjnej degradacji gleb województwa małopolskiego przeprowadzono w oparciu o modelowanie z wykorzystaniem algorytmu USLE (ang. *Universal Soil Loss Equation*). Jest to najszerszej rozpowszechniony na świecie model erozyjny. W latach 90-tych XX wieku powstała nowa (zmodyfikowana) wersja modelu do określania erozji gleb, tj. (R)USLE.

Ocena zagrożenia gleb województwa małopolskiego w aspekcie erozji potencjalnej wykazała, iż jedynie 15% powierzchni terenów użytkowanych rolniczo w województwie nie jest w zasadzie zagrożone erozją wodną. Na obszarze 28.6% terenów rolnych występuje natomiast potencjalnie średnie lub większe zagrożenie erozyjne – mogące skutkować trwałą degradacją profilu glebowego.

Tereny zagrożone występują w największym nasileniu w południowej – górzyszej części województwa. Ocena przeprowadzona w aspekcie erozji aktualnej pokazuje jednocześnie, iż rzeczywisty aktualny poziom zagrożenia erozyjnego jest znacznie niższy od potencjalnego. Ponad 40% terenów rolniczych nie jest obecnie narażonych na występowanie zjawisk erozji wodnej gleb, a erozja na poziomie średnim lub wyższym stwierdzana jest dla 10% powierzchni tych obszarów. Oznacza to, iż sposób prowadzenia gospodarki rolnej w znacznym stopniu ogranicza występowanie zjawisk erozyjnych. Podsumowując w przypadku województwa małopolskiego zagrożenie erozyjne użytkowników rolnych należy ocenić jako średnio-wysokie i dość mocno zróżnicowane terytorialnie.

Zastosowana metodyka prac poza dużą oszczędnością czasu jaką przyniosła klasyfikacja obiektowa (OBIA) wykazała także możliwość wykorzystania modelu erozji (R)USLE dla jednostek administracyjnych o znacznej powierzchni, takich jak: powiat czy województwo.

1. WPROWADZENIE I CEL BADAŃ

Zjawisko erozji wodnej należy do głównych przyczyn degradacji gleb w Europie. Stanowi ono również główny czynnik degradujący gleby na obszarze Małopolski – regionu o najwyższym stopniu zagrożenia erozyjnego w skali Polski (Wawer, Nowocień 2007). Występując lokalnie, w zależności od warunków fizjograficznych, może stanowić poważny problem gospodarczy i środowiskowy. Biorąc pod uwagę bardzo zróżnicowany terytorialnie i fizjograficznie obszar województwa małopolskiego, istniała pilna potrzeba wykonania oceny zagrożenia erozyjnego i nasilenia stopnia degradacji gleb na poziomie szczegółowości umożliwiającym identyfikację najpoważniej zagrożonych obszarów. Potrzebę tą uzasadniał dodatkowo fakt występowania w ostatnich latach silnych anomalii pogodowych, głównie nadmiernych intensywnych opadów atmosferycznych w miesiącach: czerwiec-lipiec. W ich efekcie znaczny obszar województwa małopolskiego ulega częstym podtopieniom i powodziom, których skutki dla rolnictwa w wielu przypadkach są nieodwracalne. Zjawiskiem towarzyszącym długotrwałym opadom deszczu było uaktywnienie się licznych osuwisk.

Po powodzi, która miała miejsce w maju 2010 roku, Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego (UMWM) podjął decyzję o aktualizacji mapy glebowo-rolniczej oraz utworzenia pierwszej dla obszaru województwa numerycznej mapy zagrożenia gruntów ze strony erozji wodnej.

Sporządzenie aktualnych, numerycznych opracowań kartograficznych, które w połączeniu z nowoczesnymi technikami GIS dają możliwość analiz i monitorowania przestrzeni rolniczej, jest niezwykle istotne z punktu racjonalnego prowadzenia gospodarki gruntami w Małopolsce. Gospodarowanie oraz zarządzanie przestrzenią rolniczą jest jednym z podstawowych instrumentów prowadzonej w skali województwa polityki rolnej, której zadaniem jest ochrona interesów właścicieli gruntów rolnych, użytkowników, producentów rolnych, ale również zasobów przyrodniczych jaką jest gleba.

Celem prezentowanego projektu było zbadanie przydatności modelowania GIS (model erozji USLE) dla potrzeb uzyskania mapy przestrzennego zagrożenia erozyjnego gleb użytkowanych rolniczo, przy jednoczesnym określeniu stopnia dostosowania metod gospodarowania (np. rodzaj upraw, kierunek orki) do uwarunkowań środowiskowych (w aspekcie zapobiegania erozji) na obszarze województwa małopolskiego.

2. OBSZAR BADAŃ

Województwo małopolskie charakteryzuje się dużą różnorodnością rzeźby terenu, budowy geologicznej, warunków klimatycznych, hydrologicznych i glebowych. Roczne wieloletnie sumy opadów wynoszą od 550 mm na Wyżynie Małopolskiej do 1.200-1.400 mm w Karpatach. Najwięcej opadów otrzymuje zachodnia część Karpat, generalnie wielkość opadów zmniejsza się z zachodu na wschód. Najwyższe średnie sumy opadów występują w lipcu i czerwcu (150-200 mm w górach i 70-120 mm na pozostałym obszarze), najniższe w miesiącach styczeń-marzec.

Użytki rolne są główną formą wykorzystania ziemi w województwie małopolskim. W roku 2003 zajmowały one łącznie 749,0 tys. ha, co stanowiło 49,3% jego powierzchni ogólnej i 4,6% powierzchni użytków rolnych kraju. W ogólnej powierzchni użytków rolnych grunty orne stanowią 65,0%, sady 1,8%, a łąki i pastwiska 33,3%. Najkorzystniejsze warunki glebowe do produkcji rolnej znajdują się we wschodniej i północnej części województwa oraz w północnej części Pogórza Karpackiego. Na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się systematyczny spadek powierzchni użytków rolnych, a w ich strukturze zmniejszenie powierzchni gruntów ornych na rzecz powierzchni łąk i pastwisk.

Na przeważającej części województwa małopolskiego występują gleby o wysokiej wartości rolniczej; najlepsze gleby (wg klasyfikacji bonitacyjnej) występują na terenie północnej i środkowej części województwa. Czyste środowisko, mimo niskiej jakości gleb wynikającej z górskiego krajobrazu, na terenie części południowej województwa (dawne województwo nowosądeckie i część bielskiego) stwarza korzystne warunki dla rozwoju produkcji zdrowej żywności.

Wąwozy występują na około 53% obszaru. Wprawdzie największy obszar (25%) zajmuje erozja wąwozowa średnia, to jednak na 14% obszaru występuje erozja silna, a na powierzchni 1,5% obszaru erozja bardzo silna. Zagrożenie erozją wietrzną na terenie województwa małopolskiego jest niewielkie - szacuje się, że silny stopień nasilenia erozji wietrznej występuje tylko na 0,1% jego powierzchni. Największym zagrożeniem gleb dla województwa małopolskiego jest zagrożenie erozją wodną powierzchniową.

3. METODYKA

Opracowanie mapy zagrożenia erozyjnego było konsekwencją powstania zaktualizowanej mapy glebowo-rolniczej województwa małopolskiego, którą przeprowadzono na podstawie zobrażeń satelitarnych RapidEye z lat 2010–2011 oraz cyfrowych ortofotomap lotniczych (RGB; GSD 0.25 m; 2009–2010). Aktualizacja mapy glebowo-rolniczej wykonana została z wykorzystaniem klasyfikacji obiektowej obrazów teledetekcyjnych (OBIA, ang. *Object Based Image Analysis*), pozwalającej na uzyskanie wysokiej dokładności a jednocześnie z zachowaniem wysokiego stopnia automatyzacji (Wężyk, *et al.*, 2012). Uzyskane wyniki o aktualnych klasach pokrycia i użytkowania terenu posłużyły do opracowania mapy zagrożenia erozją wodną potencjalną i aktualną w skali całego województwa.

3.1. Czynniki erozyjne, tworzące empiryczny model erozji gleb (R)USLE

W ocenie zagrożenia erozyjnego gleb stosowane są pojęcia erozji potencjalnej i aktualnej. Erozja potencjalna opisuje sytuację jaka wystąpiłaby przy braku pokrywy roślinnej (tzw. czarny ugór) i niestosowaniu zabiegów przeciwoerozyjnych (brak zabiegów z zakresu agrotechniki przeciwoerozyjnej). Natomiast pojęcie erozji aktualnej, odnosi się do oceny ilości gleby erodowanej z jednostki powierzchni, z uwzględnieniem aktualnego sposobu pokrycia i użytkowania terenu (w tym rodzaju uprawy) oraz zabiegów przeciwoerozyjnych stosowanych na danym obszarze. Z tego względu prognozowana erozja aktualna przyjmuje zazwyczaj wartości niższe od erozji potencjalnej.

W opracowaniach dotyczących badania erozji gleb można bazować na jednej z kilku dostępnych metod modelowania. W Polsce, do oceny ryzyka erozji gleby, powszechnie stosowaną w skali regionalnej jest procedura zaproponowana przez Czesława i Annę Józefaciuków (1992). Bazuje ona na ocenie podatności erozyjnej gleby, nachylenia terenu oraz rocznej sumy opadów. Istnieje również jej zmodyfikowana wersja przeznaczona do oceny erozji aktualnej, w której uwzględniane są dodatkowo: użytkowanie gruntów, wielkość i kształt działek oraz system upraw (Jadczyzyn et al., 2003). W rezultacie, można uzyskać wzór przestrzenny ryzyka erozji, ale tylko w sposób jakościowy - w postaci klas zagrożenia erozji.

W omawianym projekcie do oszacowania strat gleby w wyniku erozji wodnej posłużono się modelem USLE. Model ten opracowano w Stanach Zjednoczonych w wyniku wieloletnich badań prowadzonych na poletkach testowych. Oryginalny model opracowany został w celu szacowania rocznych strat gleby dla skali pojedynczego zbocza charakteryzującego się jednostajnym nachyleniem (Wischmeier, Smith 1978). W latach 90-tych XX wieku powstała nowa (zmodyfikowana) wersja modelu do określania erozji gleb, tj. (R)USLE (ang. *Revised USLE*, Renard et al. 1997).

Model (R)USLE jest empirycznym równaniem matematycznym, w którym średni roczny ubytek gleby szacowany jest na podstawie równania (1):

$$E_A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

gdzie:

E_A – masa gleby erodowanej z jednostki powierzchni w określonym czasie;

R – czynnik erozji powodowanej przez deszcz;

K – czynnik podatności gleby na erozję wodną;

LS – czynnik topograficzny, będący iloczynem długości i nachylenia stoku, oraz

C, P – czynniki pokrycia i gospodarowania gruntami.

3.2.1. Czynniki erozyjności deszczu R

Erozyjność deszczu dla pojedynczych zdarzeń opadowych obliczana jest jako suma energii kinetycznej deszczu i jego maksymalnej trzydziestominutowej intensywności. Wartości te zsumowane dla całego roku stanowią czynnik R . Na potrzeby modelowania czynnik R określany jest zwykle jako wartość średnia z wielolecia.

W praktyce, postępowanie prowadzące do obliczenia wartości czynnika R wymaga posiadania bardzo szczegółowych danych meteorologicznych (pluviograficznych). Na terenie Polski niezbędne do jego określenia pomiary prowadzone były niestety jedynie w dziesięciu stacjach meteorologicznych, w tym tylko jednej (Limanowa) zlokalizowanej na terenie województwa małopolskiego (Licznar 2004). Podobna sytuacja występuje również w innych regionach świata, co stanowi przyczynę poszukiwania alternatywnych metod szacowania wartości czynnika R, bazujących na pomiarach wykonywanych standardowo w stacjach meteorologicznych lub na zależnościach korelacyjnych z innymi łatwo dostępnymi danymi. Zależność tego drugiego typu zaproponował dla warunków polskich Licznar (2006), wykazując związek wartości czynnika R z wysokością stacji pomiarowej nad poziomem morza. Zależność ta opracowana została jednak w oparciu o miesięczne sumy opadów z wielolecia 1961÷1980.

Spośród metod szacowania wartości czynnika erozyjności opadu R bazujących na wykorzystaniu łatwiej dostępnych danych opadowych, do najczęściej stosowanych w świecie należą podejścia wykorzystujące tzw. zmodyfikowany indeks Fourniera (Arnoldus 1977; (2)):

$$F = \sum_{i=1}^{12} p_i^2 / P \quad (2)$$

gdzie:

p_i – suma opadów w i -tym miesiącu,

P – roczna suma opadów.

Wysokie czynniki korelacji dla wartości uzyskiwanych z wykorzystaniem tego indeksu z wartościami czynnika R równania USLE, potwierdzone zostały przez wielu autorów (np. Renard i Freimud 1994; Coutinho i Tomas 1995).

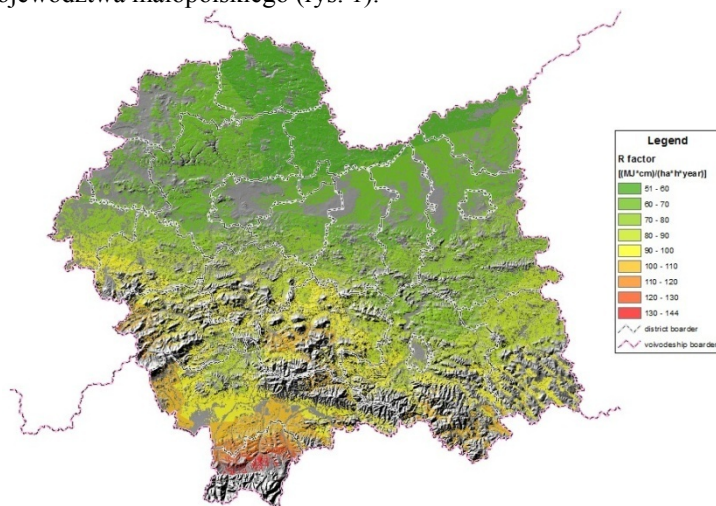
Badania nad możliwością wykorzystania miesięcznych sum opadów do szacowania wartości czynnika R w warunkach polskich przeprowadzone zostały przez Licznara (2004). Stwierdził on, iż w warunkach polskich wykorzystując zmodyfikowany wskaźnik Fourniera do szacowania rocznej wartości czynnika erozyjności deszczu, najlepsze rezultaty uzyskuje się przy zastosowaniu związku potęgowego. Zaproponował on w tym celu równanie (Licznar 2004; (3)):

$$R = 0,2265 F^{1,2876} \quad (3)$$

W prezentowanej pracy, do oszacowania wartości czynnika erozyjności deszczu (R) w Małopolsce wykorzystano zależność opisaną wzorem (3). Wartości wskaźnika oparto na wyliczeniach dla 92 stacji meteorologicznych i posterunków opadowych znajdujących się na obszarze Małopolski w oparciu o miesięczne sumy opadów w wieloleciu: 1981÷2009.

W oparciu o uzyskane w ten sposób wartości czynnika R w punktach pomiarowych, dokonano interpolacji jego rozkładu przestrzennego z zastosowaniem metody co-krigingu zwyczajnego, stosując jako zmienną pomocniczą wysokość terenu (NMT). Przeprowadzenie interpolacji metodą co-krigingu podyktowane było wysoką wartością współczynnika korelacji obliczonego w punktach pomiarowych czynnika R z wartością rzędnej terenu ($R^2 = 0.76$) oraz zaleceniami literaturowymi (Goovaerts 1999, Licznar

2006). Poniżej zaprezentowano mapę reprezentującą rozkład przestrzenny czynnika R dla obszaru województwa małopolskiego (rys. 1).



Rys. 1. Mapa przestrzennego rozkładu czynnika erozyjności deszczu (R) dla wielolecia 1981-2009 w Małopolsce

Analiza przestrzenna czynnika R wykazała znaczące zróżnicowanie przestrzenne, tzn. wyższe wartości wskaźnika erozyjności opadu charakteryzują południową górzystą część województwa. Wartości wskaźnika w tym obszarze przekraczają wielkość 100 (MJ*cm)/(ha*h*rok), co pozostaje w zgodzie z wcześniejszymi wyliczeniami innych autorów (Licznar 2006). Najwyższe wartości czynnika R występują w Tatrach. Północna część Małopolski charakteryzuje się znacznie niższymi wartościami czynnika erozyjności opadu - około 50% niższymi niż w Tatrach.

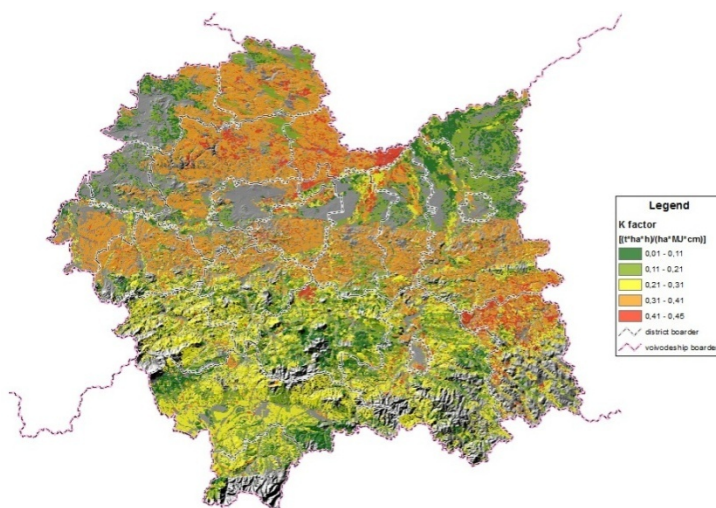
3.2.2. Czynniki podatności erozyjnej gleby K

Wartość czynnika podatności erozyjnej gleby K , określa się na drodze pomiarów prowadzonych na polstkach wzorcowych. W oryginalnym modelu USLE (Wischmeier, Smith, 1978) stosowano opracowaną na podstawie tego rodzaju pomiarów formułę empiryczną oraz nomogram. Renard i in. (1997) zaproponowali dla obliczania wartości współczynnika K na potrzeby modelu (R)USLE dwa równania empiryczne – jedno opracowane na podstawie pomiarów przeprowadzonych w USA, drugie w oparciu o bardziej zróżnicowane dane pochodzące z 225 eksperymentów pomiarowych z różnych części świata.

Na potrzeby niniejszego opracowania, wartości czynnika podatności erozyjnej gleby K przypisano poszczególnym gatunkom gleby określonym na mapie glebowo-rolniczej dla wierzchniej warstwy profilu glebowego. Przyjęto wartości zaproponowane dla gleb polskich w oparciu o badania przeprowadzone w IUNG w Puławach (Wawer *et al.* 2005; Stuczyński *et al.* 2010).

Wartości podawane w wymienionych źródłach nie obejmują jednak gleb, których gatunek na mapie glebowo-rolniczej określony został jako rędzina (lekka, średnia lub ciężka) oraz less i less ilasty. W przypadku lessów przyjęto skład granulometryczny w oparciu o badania Kolasy (1961): dla lessu skład granulometryczny pyłu gliniastego, a dla lessu ilastego – pyłu ilastego. W przypadku rędzin, po analizie źródeł literaturowych opisujących właściwości tych gleb w lokalizacjach na obszarze objętym modelowaniem (Komornicki 1958; Dobrzański *et al.* 1962; Urbański 2008) przyjęto: dla rędziny lekkiej skład piasku gliniastego mocnego; dla rędziny średniej skład gliny lekkiej, oraz dla rędziny ciężkiej skład gliny średniej. W przypadku rędzin, z uwagi na dużą zawartość części szkieletowych, wartość czynnika podatności erozyjnej gleby K wynikającą z przyjętego składu gatunkowego zwiększono o 25% (Renard *et al.*, 1997).

Przestrzenny rozkład czynnika K dla obszaru województwa małopolskiego przedstawiono poniżej (rys. 2). Gleby o wysokiej podatności erozyjnej występują w centralnej i północnej części województwa. Są to gleby pyłowe, w przeważającej części lessowe. Niższą podatnością erozyjną charakteryzują się gleby występujące na większości górskiej części województwa. Obszarem występowania gleb o najmniejszej podatności na erozję wodną okazał się północno-wschodni fragment Małopolski.



Ry. 2. Mapa przestrzennego rozkładu czynnika podatności gleby (K) na obszarze województwa małopolskiego

3.2.3. Czynniki topograficzny LS

Wpływ topografii terenu na procesy erozyjne uwzględniony jest poprzez czynniki długości stoku (L) i nachylenia stoku (S), łączone często w jeden czynnik tzw. topografii terenu (LS). Równanie USLE przewidziane było do obliczenia strat gleby w wyniku erozji wodnej na stokach o jednolitym nachyleniu (o zaniedbywanych krzywiznach).

W przypadku długości stoku wyrażonej w metrach wartość czynnika L otrzymuje się ze wzoru (Wischmeier, Smith 1978; (4)):

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13}\right)^m \quad (4)$$

gdzie:

λ - długość stoku,

m - wykładnik czynnika długości stoku ($m=0,5$ w przypadku spadków większych lub równych 5%; $m=0,4$ dla spadków z przedziału $<3,5, 5$) procent; $m=0,3$ dla spadków z przedziału $<1, 3,5$) procent; $m=0,2$ dla spadków mniejszych od jednego procenta).

Czynnik S obliczyć można ze wzoru (Wischmeier, Smith, 1978; (5)):

$$S = (65,41 \sin 2q + 4,56 \sin q + 0,65) \quad (5)$$

gdzie:

q - nachylenie stoku

W przypadku stoków o nieregularnym nachyleniu (wypukłych lub wklęsłych) do obliczenia czynnika LS stosowane jest podejście polegające na podziale stoku na segmenty o zaniedbywalnej krzywiznie. Wartość LS otrzymywana jest wówczas ze wzoru (Foster, Wischmeier 1974; Wischmeier, Smith 1978; Renard *et al.* 1997; (6)):

$$LS = \sum_{j=1}^N \frac{S_j \lambda_j^{m+1} - S_j \lambda_{j-1}^{m+1}}{(\lambda_j - \lambda_{j-1})(22,13)^m} \quad (6)$$

gdzie:

S_j - czynnik nachylenia stoku dla j -tego segmentu pola,

λ_j - odległość od dolnej granicy j -tego segmentu pola do górnej granicy pola, oraz

m - wykładnik czynnika długości stoku.

Dopuszczenie możliwości podziału stoku na fragmenty o różnym nachyleniu miało na celu uwzględnienie w modelu wpływu krzywizny terenu wzdłuż kierunku największego spadku (tj. spływu strumienia wody). Liczni autorzy (m.in.: Moore, Burch 1986; Moore, Wilson 1992; Desmet, Govers 1996; Mitasova *et al.* 1996) wykazali jednak, że wpływ ukształtowania terenu na zachowanie się wody spływającej po jego powierzchni oddany jest lepiej, gdy długość stoku w czynniku LS zastąpiona zostanie poprzez jednostkową powierzchnię zasilania. Jeżeli elementy zbocza reprezentowane są poprzez komórki rastra NMT, to jednostkową powierzchnią obszaru zasilania dla danej komórki otrzymamy dzieląc pole powierzchni jej obszaru zasilania przez odległość, jaką przepływająca woda przebywa przemieszczając się wewnątrz tej komórki. Desmet i Govers (1996) zaproponowali zmodyfikowany sposób obliczania czynnika L dla poszczególnych komórek rastra w systemach GIS, uwzględniając zastąpienie długości stoku wielkością jednostkowej powierzchni spływu (7):

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m \cdot D^{m+2} \cdot (22,13)^m} \quad (7)$$

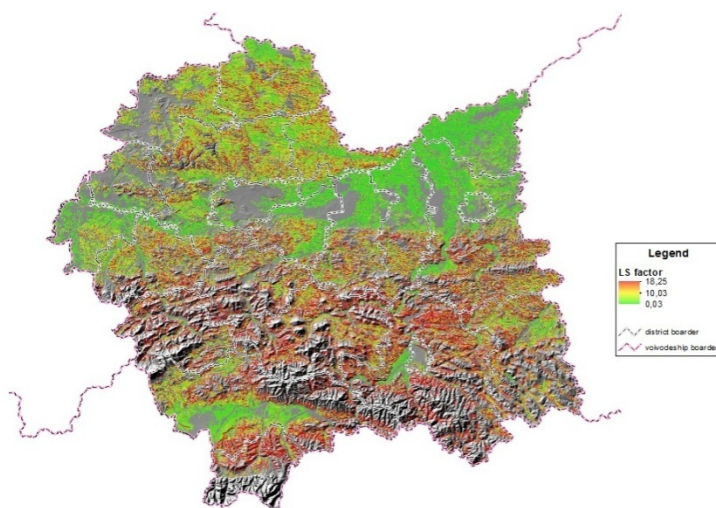
gdzie:

D - rozdzielczość rastra NMT,

$A(i,j)$ – jednostkowa powierzchnia spływu na wejściu do komórki (i,j) ,
 x – współczynnik korygujący długość drogi przepływu przez komórkę rastra, zależny od kierunku spływu i obliczany na podstawie ekspozycji.

Na potrzeby niniejszego opracowania, wartość czynnika LS obliczono w oparciu o wzory (4) – (7). Z obliczeń powierzchni zasilania (co w efekcie przekłada się na wartości czynnika LS) wyłączono obszary: lasów, wód oraz zabudowy, a także wyszczególnione w polach zagospodarowania tereny komunikacyjne (Renard *et al.* 1997; Winchell *et al.* 2008).

Przestrenny rozkład czynnika LS dla obszaru województwa małopolskiego przedstawiono poniżej (rys. 3). Ze względu na bardzo urozmaiconą rzeźbę terenu większość obszaru Małopolski charakteryzuje się stosunkowo wysokimi wartościami czynnika topograficznego. Najwyższe wartości występują w południowej części regionu, co wiąże się z jej górskim charakterem. Również skomplikowana rzeźba terenu w północnej, krasowej, części Małopolski stanowi źródło znacznego zagrożenia erozyjnego gleb. Duży, zwarty, obszar występowania niskich wartości czynnika topograficznego (LS) w centralnej części województwa wiąże się z doliną Wisły.



Rys. 3. Mapa przestrzennego rozkładu czynnika topograficznego (LS) na obszarze województwa małopolskiego

3.2.4. Czynniki pokrywy roślinnej C

Czynnik pokrywy roślinnej C można zdefiniować jako stosunek ilości gleby wyerodowanej z pola o pokryciu określoną roślinnością (uprawą) do ilości gleby wyerodowanej z pola wzorcowego będącego w tzw. czarnym ugorze z wzdłuż-stokową orką. Dla upraw rolnych, czynnik ten uzależniony jest od rodzaju płodozmianu i stosowanych zabiegów agrotechnicznych. W pozostałych przypadkach szacuje się go na

podstawie gęstości pokrycia roślinnością i ilości pozostałości roślinnych na powierzchni gleby.

Określenie wartości czynnika C dla upraw rolniczych wymaga przeprowadzenia szczegółowych analiz dotyczących stopnia ochrony przeciwoerozyjnej, jaką w poszczególnych okresach roku zapewniają rosnące rośliny i pozostałości poźniwne, przy uwzględnieniu stosowanych zabiegów agrotechnicznych i dystrybucji wartości czynnika erozyjności deszczu (Licznar 2003). Wartości czynnika C uzyskiwane w wyniku takich badań dla najczęściej uprawianych roślin i stosowanych płodozmianów zestawiane są w tabelach, jednak pełne takie zestawienie tego typu dla warunków polskich nie zostało jeszcze opracowane. W przeprowadzanych dotychczas badaniach stosowano m.in. wartości czynnika pokrywy roślinnej z tablic opracowanych w USA i Bawarii (Licznar 2003). W oparciu o tabele bawarskie, szacunkowe wartości czynnika pokrywy roślinnej, dla upraw typowych polskich zaproponował Koreleski (1992), natomiast dla podstawowych upraw w Polsce opublikował Stuczyński i in. (2010).

Mapę przedstawiającą przestrzenny rozkład czynnika C na obszarze województwa opracowano w sposób następujący: wartość czynnika C wynoszącą 0,01 przypisano terenom oznaczonym w polach zagospodarowania jako: sady, trwałe użytki zielone oraz zadrzewienia i zakrzewienia; wartość czynnika C wynoszącą 0,01 przypisano również terenom, które w trakcie prac fotointerpretacyjnych zidentyfikowano jako obszary sukcesji o charakterze roślinności leśnej; dla pozostałych terenów rolnych (grunty orne) wartość wskaźnika C wyliczono dla poszczególnych gmin w oparciu o dane statystyczne (GUS) dotyczące struktury zasiewów w województwie małopolskim, przyjmując (za Stuczyński *et al.* 2010) dla poszczególnych rodzajów upraw odpowiednie wartości.

Dla gruntów ornych w granicach poszczególnych gmin przyjmowano jednolitą wartość C obliczoną jako średnią ważoną, gdzie wagą był udział poszczególnych upraw w całości powierzchni gruntów ornych w gminie. Za punkt wyjścia dla jego określenia przyjęto dane o użytkowaniu gruntów i strukturze zasiewów dostępne na poziomie gmin (Bank Danych Lokalnych), pochodzące z Powszechnego Spisu Rolnego przeprowadzonego w roku 2002. Analogiczne dane pochodzące ze spisu przeprowadzonego w roku 2010 na tym poziomie szczegółowości nie były jeszcze dostępne autorom w momencie realizacji projektu.

Najniższą wartość czynnika (0.11) obliczono dla gminy Czernichów, gdzie szacowany udział nieużytków w całości gruntów ornych gminy wyniósł 50% (rys. 4). Wartość najwyższą (0.40) uzyskano dla gminy Świątniki Górne, w której z kolei na 30 procent oszacowano udział w gruntach ornych obszarów ugorowanych.



Rys. 4. Mapa przestrzennego rozkładu czynnika pokrywy roślinnej (C) na obszarze województwa małopolskiego

3.2.5. Czynniki zabiegów przeciwoerozyjnych P

Czynnik zabiegów przeciwoerozyjnych (P) określa stosunek strat gleby z poletka, na którym takie zabiegi (np. uprawa poprzeczno-stokowa, tarasowanie) są stosowane do poletka wzorcowego utrzymywanego w czarnym ugorze o uprawie wzdłuż-stokowej. W niniejszym opracowaniu, ze względu na jego skalę i wykorzystane materiały źródłowe, zdecydowano się na uwzględnienie czynnika zabiegów przeciwoerozyjnych jedynie w odniesieniu do występowania uprawy poprzeczno-stokowej, którego wartości określono zgodnie z zaleceniami metodyki USLE (Wischmeier, Smith 1978), tj.:

- P = 1,0 dla spadków poniżej 3%,
- P = 0,5 dla spadków w granicach 3-8%,
- P = 0,6 dla spadków w granicach 8-12%,
- P = 0,7 dla spadków w granicach 12-16%,
- P = 0,8 dla spadków w granicach 16-20%,
- P = 0,9 dla spadków w granicach 20-25%, oraz
- P = 1,0 dla spadków powyżej 25%.

Dla pozostałych terenów wartość czynnika P przyjęto na poziomie = 1,0.

Identyfikacja obszarów stosowania uprawy poprzeczno-stokowej może zostać dokonana na drodze fotointerpretacji ortofotomapy (lotniczej lub satelitarnej) z wyświetlonym na jej tle rysunkiem warstwicowym (Drzewiecki, 2008). W przypadku zaprezentowanych badań, ze względu na wielkość analizowanego obszaru, zdecydowano się na zautomatyzowanie tego procesu. Biorąc pod uwagę strukturę działek rolnych w Małopolsce i ich z reguły wydłużony kształt, przyjęto założenie, iż uprawa na działce prowadzona jest w kierunku zgodnym z kierunkiem działki, tj. kierunkiem jej dłuższego boku (czyli wzdłuż działki). Na drodze analiz przestrzennych GIS określono azymut dłuższego boku każdej z działek rolnych i porównano z wartością ekspozycji stoku, na

którym działka się znajduje. Za działki, na których stosowana jest uprawa poprzeczno-stokowa uznano te, dla których kierunki te były do siebie wzajemnie prostopadłe (z tolerancją wynoszącą ± 15 stopni). Przestrzenny rozkład czynnika P dla obszaru województwa małopolskiego przedstawiono poniżej (rys. 5).



Rys. 5. Przestrzenne zróżnicowanie czynnika P na obszarze województwa małopolskiego

4. WYNIKI

Uzyskane mapy przestrzennego rozkładu poszczególnych czynników modelu (R)USLE były podstawą do przeprowadzenia modelowania GIS wielkości erozji potencjalnej i aktualnej gleb użytkowanych rolniczo w województwie małopolskim (rys. 6, 7).



Rys. 6. Mapa erozji potencjalnej gleb użytkowanych rolniczo w Małopolsce



Rys. 7. Mapa erozji aktualnej gleb użytkowanych rolniczo w Małopolsce

W ramach przeprowadzonych prac dokonano również jakościowej oceny zagrożenia erozyjnego gleb. Na podstawie prognozowanych strat gleby każda z komórek rastra została przypisana do jednej z sześciu klas zagrożenia erozyjnego (Tabela 1 i Tabela 2).

Tabela 1. Klasyfikacja erozji potencjalnej

Klasa	Opis	Wielkość erozji [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]	Wielkość erozji [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹] dla rędzin
1	brak erozji	0 ÷ 2	0 ÷ 2
2	erozja słaba	2 ÷ 10	2 ÷ 6
3	erozja umiarkowana	10 ÷ 30	6 ÷ 15
4	erozja średnia	30 ÷ 50	15 ÷ 30
5	erozja silna	50 ÷ 100	30 ÷ 65
6	erozja bardzo silna	>100	>65

Tabela 2. Klasyfikacja erozji aktualnej

Klasa	Opis	Wielkość erozji [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]	Wielkość erozji [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹] dla rędzin
1	brak erozji	0 ÷ 1	0 ÷ 1
2	erozja słaba	1 ÷ 5	1 ÷ 3
3	erozja umiarkowana	5 ÷ 10	3 ÷ 5
4	erozja średnia	10 ÷ 15	5 ÷ 10
5	erozja silna	15 ÷ 30	10 ÷ 20
6	erozja bardzo silna	>30	>20

Wartości graniczne strat gleby w poszczególnych klasach przyjęto na podstawie literatury (Schmidt 1989; Koreleski 2005; Stuczyński *et al.* 2010). Dla rędzin przyjęto inne niż dla pozostałych gatunków gleb kryteria podziału na klasy zagrożenia erozyjnego.

Powodem była specyfika profilu glebowego – w przypadku występowania rędzin, profil ten jest płytki, tzn. gleba skalista lub rumosz skalny występują na stosunkowo niskiej głębokości. W efekcie, proces erozyjny o tym samym, co w przypadku innych gleb nasileniu, powoduje znacznie większą degradację.

W kolejnym kroku analiz porównano poziom zagrożenia gleb erozją potencjalną i aktualną (Tabela 3).

Tabela 3. Tabulacja krzyżowa klas zagrożenia gleb erozją wodną potencjalną i aktualną

Erozja potencjalna gleb	Erozja aktualna gleb					
	brak	słaba	umiarkowana	średnia	silna	b. silna
	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
brak erozji	973250,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
erozja słaba	981650,14	512176,77	43,34	0,00	0,00	0,00
erozja umiarkowana	288330,44	1403693,15	286131,29	1381,25	0,00	0,00
erozja średnia	167437,94	65021,33	625493,14	90111,89	2404,89	0,00
erozja silna	164590,99	211,41	91383,59	308132,91	179077,03	574,29
erozja b. silna	1081,76	26978,27	7,70	407,23	48663,79	13664,30

Analizując wpływ aktualnego sposobu użytkowania gruntów na poziom zagrożenia erozyjnego, należy stwierdzić iż na większości obszaru województwa jest on pozytywny. Dobrze widoczne jest to w zmianach klasy zagrożenia erozją aktualną w porównaniu do klas zagrożenia erozją potencjalną. W pewnych przypadkach ma nawet miejsce całkowite zniwelowanie zagrożenia erozyjnego - widoczne w zmianie klasyfikacji gruntów z zagrożonych erozją (klasy 2-5 dla erozji potencjalnej) do klasy "brak erozji" dla erozji aktualnej. Przeprowadzona analiza pokazuje jednocześnie, iż na części obszaru aktualny sposób użytkowania terenu nie zmniejsza poziomu zagrożenia erozyjnego. Tereny te mogą być uznane za priorytetowe dla działań przeciwoerozyjnych, polegających czy to na modyfikacji sposobu użytkowania (w tym również poprzez dostosowanie rodzajów upraw) czy na wprowadzeniu zabiegów przeciwoerozyjnych.

Na potrzeby pracy, dokonano obliczenia procentowego udziału poszczególnych klas erozji wodnej gleb (potencjalnej i aktualnej) dla wszystkich powiatów województwa małopolskiego. Pokazują one, iż aktualny sposób gruntów użytkowanych rolniczo prowadzi do obniżenia udziału klasy „erozja średnia” o ponad 12% a „erozji silnej” o ponad 10%.

Ocena zagrożenia gleb województwa małopolskiego w aspekcie erozji potencjalnej wykazała, iż jedynie nieco ponad 15% powierzchni terenów użytkowanych rolniczo w województwie wolne jest od zagrożenia. Na obszarze 28.63% terenów rolnych występuje potencjalnie średnie lub większe zagrożenie erozyjne – mogące skutkować trwałą degradacją profilu glebowego. Tereny zagrożone występują w największym nasileniu

w południowej – górzystej części województwa. Są to obszary o niekorzystnych warunkach topograficznych i, jednocześnie, wysokich wartościach czynnika erozyjności opadów. Najmniejsze zagrożenie erozyjne ma miejsce w dolinach rzek - Wisły i jej głównych dopływów. Ocena przeprowadzona w aspekcie erozji aktualnej pokazuje jednocześnie, iż rzeczywisty aktualny poziom zagrożenia erozyjnego jest znacznie niższy od potencjalnego. Ponad 40% terenów rolniczych nie jest obecnie narażonych na występowanie zjawisk erozji wodnej gleb, a erozja na poziomie średnim lub wyższym występuje na 10% powierzchni tych obszarów. Oznacza to, iż sposób prowadzenia gospodarki rolnej w znacznym stopniu ogranicza występowanie zjawisk erozyjnych.

5. DYSKUSJA I WNIOSKI

Zaprezentowane modelowanie GIS prowadzi do wniosku, że zagrożenie erozyjne użytków rolnych województwa małopolskiego należy ocenić, jako średnio-wysokie i zróżnicowane przestrzennie. Stwierdzono, iż w województwie małopolskim opady atmosferyczne i ukształtowanie terenu stanowią czynniki mocniej wpływające na poziom zagrożenia erozyjnego niż same typy gleb. Przykładem mogą być tereny w północnej części województwa, gdzie znajdują się znane z dużej wrażliwości na erozję gleby lessowe a zagrożenie erozją powierzchniową na obszarze tych powiatów nie jest bardzo duże. Wynika to z niewielkich opadów (sumy roczne 400-550 mm) oraz z stosunkowo niedużych spadków, co znajduje swoje odbicie w stosunkowo niskich wartościach czynnika erozyjności opadu oraz czynnika topograficznego (LS) modelu (R)USLE. Jednak pod względem możliwości kontroli kluczowym czynnikiem, mającym duży wpływ na wielkość erozji, jest aktualny sposób użytkowania. Człowiek nie ma wpływu na czynniki środowiska, takie jak opad, ukształtowanie terenu, czy rodzaj gleby, determinujące zagrożenie erozją potencjalną. Ma jednak wpływ na sposób gospodarowania terenem, co prowadzi do zmian wielkości zagrożenia erozją aktualną. Poprzez właściwe użytkowanie terenu można ograniczać rzeczywistą erozję wodną gleb, a więc przeciwdziałać degradacji zasobu jakim jest gleba.

Przeprowadzenie ilościowej i jakościowej oceny zagrożenia erozją wodną gleb Małopolski wymagało wykonania modelowania przestrzennego GIS dla obszaru całego województwa co wiązało się z poważnymi wyzwaniem technicznymi i wymagało zbudowania odpowiedniej koncepcji badawczej. Uzyskane wyniki obarczone są oczywiście niepewnością, związaną nie tylko z doбором modelu użytego do oceny procesów erozyjnych, ale również wynikającą z niepewności danych źródłowych i zastosowanych algorytmów ich przetwarzania. Wiarygodne oszacowanie poziomu tej niepewności jest procesem bardzo złożonym i wymagającym przeprowadzenia osobnych studiów. Wymagałoby to bowiem oszacowania m.in. niepewności wynikającej z niepewności źródłowych danych meteorologicznych, metody obliczania przybliżonej wartości wskaźnika R w punktach pomiarowych, metody zastosowanej do interpolacji jego rozkładu przestrzennego, niepewności oszacowania wartości K, jakości danych wysokościowych i propagacji ich błędów na wartość czynnika LS, niepewności wartości czynnika LS wynikającej z zastosowanego algorytmu obliczeniowego, itp.

Niewątpliwie mapa erozji stanowi niezbędne źródło wiedzy, do strategicznych opracowań kierunków rozwoju województwa małopolskiego oraz analiz w zakresie:

priorytetów określenia obszarów do programowania prac urządzeniowo-rolnych, rozwoju obszarów wiejskich, zarządzania zasobami przyrodniczymi i rolniczym, wykonania Programu Wsparcia Rozwoju Rolnictwa w Województwie Małopolskim a także innych dokumentów prawnych koniecznych do właściwego określenia polityki rozwoju obszarów wiejskich. Zastosowane metody badawcze z zakresu fotogrametrii cyfrowej i teledetekcji (OBIA, VHRS), w połączeniu z zaawansowanymi technologicznie analizami przestrzennymi realizowanymi w środowisku ArcGIS (Esri) pozwoliły na osiągnięcie spójnego, wiarygodnego a przede wszystkim aktualnego materiału kartograficznego dla skali całego obszaru województwa (ok. 15000 km²). Stanowią one podstawową warstwę informacji do planowanych w przyszłości opracowań kartograficznych dotyczących: zawartości próchnicy w glebach użytkowanych rolniczo, odczynu gleb, określenia pilności wapnowania gleb w celu poprawy właściwości produkcyjnych, zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi, możliwości retencyjnych gleb oraz wyznaczenia obszarów występowania gleb marginalnych w województwie. Podsumowując należy stwierdzić, iż wykorzystanie technologii zdalnego obrazowania Ziemi i automatyzacja analiz tych obrazów w ogromnym stopniu przyczyniły się do sukcesu realizowanego projektu.

6. LITERATURA

- Arnoldus H.M.J., 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco [w:] *Assessing Soil Degradation. FAO Soils Bulletin*, Vol. 34, Rome.
- Coutinho M.A., Tomas P.P., 1995. Comparison of Fournier with Wischmeier rainfall erosivity indexes [w:] *Proceedings First International Congress, European Society for Soil Conservation (ESSC), Silsoe*. CAB International.
- Desmet P.J., Govers G., 1996. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 51 (5).
- Dobrzański B., Gliński J., Guz T., Pomian J., 1962. Charakterystyka erodowanych gleb dorzecza Czarnej Wody. *Roczniki Nauk Rolniczych*, Vol. 96, seria D, s. 63-92.
- Drzewiecki W., 2008. Sustainable land-use planning support by GIS-based evaluation of landscape functions and potentials. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 37, B7, s. 1497-1502.
- Foster G.R., Wischmeier W.H., 1974. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. *Transactions of ASAE*, Vol. 12.
- Goovaerts P., 1999. Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. *Catena*, Vol. 34, s. 227-242.
- Jadczyński J., Stuczyński T., Szabelak P., Wawer R., Zieliński M., 2003. History and Current Status of Research and Policies Regarding Soil Erosion in Poland. R. Francaviglia (ed.) *Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis. Proceedings from an OECD Expert Meeting, Rome, Italy, March 2003*, pp. 201-210.
- Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., 1992. Zagrożenie erozją wodną w Polsce. *Pamiętnik Puławski*, 101 supl., pp.23-50.
- Komornicki T. 1958. Gleba "cerkla wzorcowego" w Jaworkach k/Szczawnicy. *Roczniki Nauk Rolniczych*, Vol. 72, z. 3, seria F, s. 993-1014.
- Koreleski K., 1992. Próby oceny natężenia erozji wodnej. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, Sesja Naukowa*, Vol. 35.

- Koreleski K., 2005. Wybrane zagadnienia przeciwoerozyjnej ochrony gleb w świetle wymogów zrównoważonego rozwoju. *Acta Agrophisica*, Vol. 5 (1), s. 49-55.
- Licznar P., 2003. Modelowanie erozji wodnej gleb. *Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, nr 456, Monografie XXXII.
- Licznar P., 2004. Prognozowanie erozyjności deszczy w Polsce na podstawie miesięcznych sum opadów. *Archiwum Ochrony Środowiska*, Vol. 30, numer 4, s. 29 -39.
- Licznar P., 2006. Artificial neural networks aided annual rainfall erosivity factor values calculation in Poland. Bonn, Gesellschaft für Informatik, Land- und Ernährungswirtschaft im Wandel -Aufgaben und Herausforderungen für die Agrar und Umweltinformatik, Referate der 26.
- Mitasova H., Hofierka J., Zlocha M., Iverson R. L., 1996. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 10 (5).
- Moore I.D., Burch G.J., 1986. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society Journal*, Vol. 50 (5).
- Moore I.D., Wilson J.P., 1992. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 47.
- Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D. K., Yoder D. C., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook*, Vol. 703.
- Renard K. G., Freimund J. R., 1994. Using monthly precipitation data to estimate R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, Vol. 157, s. 287-306.
- Schmidt R.-G., 1989. Erosionswiderstandsfunktion [w:] Marks R., Muller M.J., Leser H., Klink H.-J. (red.): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL). Forschungen zur Deutschen Landeskunde Band 229, Zentralaussu R für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier.
- Stuczyński T., Koza P., Łopatka A., Duer I., Jadczyński J., 2010. Raport z analizy wskaźników produktu, rezultatu i oddziaływania określonych dla osi 2 PROW 2007-2013 oraz wybranych pytań oceniających zawartych w podręczniku wspólnych ram monitorowania i oceny . Wytyczne (CMEF) wraz z określeniem źródeł i dostępności danych. IUNG-PIB, Puławy 2010. Dokument elektroniczny dostępny pod adresem: www.minrol.gov.pl/pol/content/download/28450/158380/file/Rap_z_analazy_wskaznikow.pdf
- Urbański K., 2008. Metodyka dokumentowania chemicznych przekształceń gleb na terenach przemysłowych. Rozprawa doktorska. Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, AGH w Krakowie
- Urząd Statystyczny w Krakowie, 2011. Raport z wyników województwa małopolskiego. Powszechny Spis Rolny 2010. Kraków.
- Wawer R., Nowocień E., Podolski B., 2005. Real and Calculated K USLE Erodibility Factor for Selected Polish Soils, *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 14, No 5, s. 655-658.
- Wężyk P., Pierzchalski M., Szafrńska B., Korta G., 2012. Aktualizacja mapy glebowo-rolniczej z wykorzystaniem klasyfikacji obiektowej (OBIA) obrazowań teledetekcyjnych oraz analiz przestrzennych GIS. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 23, 2012, s. 477-488.
- Winchell M.F., Jackson S.H., Wadley A.M., Srinivasan R., 2008. Extension and validation of geographic information system-based method for calculating the Revised Soil Loss

Equation length-slope factor for erosion risk assessments in large watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 63, 3, s. 105-111.

Wischmeier W. H., Smith D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses

THE MAP OF AGRICULTURAL LAND EROSION RISK ASSESMENT OF MALOPOLSKA VOIVODESHIP (POLAND) BASED ON OBIA OF REMOTELY SENSED DATA AND GIS SPATIAL ANALYSES

KEY WORDS: water soil erosion, digital soil map, Object Oriented Image Analysis, RapidEye, USLE model, GIS spatial analyses

Summary

In 2011 the Marshal Office of Malopolska Voivodeship decide to evaluate the vulnerability of soils to water erosion for the entire region. The special work-flow of geoinformation technologies was used to fulfil this goal.

First of all, the soil map had to be updated to include changes in land use and land cover which took place since 1960s, when most of them were made. The process of soil map updating had to be realised with very high degree of automation, because of the large area to be mapped (ca. 15 000 km sq.) and limited time period (ca. 3 months for complete erosion risk assessment). The approach used was based on the Object Based Image Analysis (OBIA) of orthophotomaps from both high resolution satellite images (RapidEye) and digital aerial photographs and applied GIS spatial analyses.

Soil map with up-to-date land use and land cover information, together with rainfall data, detailed Digital Elevation Model and statistical information about areas sown with particular crops created the input information for erosion modelling in GIS environment. Soil erosion risk assessment was based on (R)USLE approach. Both, the potential and the actual soil erosion risk were assessed quantitatively and qualitatively. The soil erosion risk assessment for Malopolska Voivodeship showed that only 15% of the agricultural land in the region is generally free of the risk of water erosion. For the 28.6% of agricultural land the potential medium or higher risk of erosion exist - which can result in permanent degradation of the soil profile.

The study was presented in forms of digital thematic maps and reports prepared for the entire area of Malopolska Voivodeship and each administrative district as well.

Dane autorów:

Dr inż. Piotr Wężyk
e-mail: rlwezyk@cyf-kr.edu.pl
telefon: 12 662 50 82
fax: 12 662 50 82

Dr inż. Wojciech Drzewiecki
e-mail: drzewiec@agh.edu.pl

Mgr Anna Wójtowicz-Nowakowska
e-mail: anna.wojtowicz@progea.pl

Mgr inż. Marcin Pierzchalski
e-mail: marcin.pierzchalski@progea.pl

Mgr Jakub Mlost
e-mail: jakub.mlost@progea.pl

Mgr inż. Beata Szafrńska
e-mail: bsza@geomalopolska.pl