

**Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## OCENA STRUKTURY ZAGROŻEŃ GLEB EROZJĄ WODNĄ W POLSCE\*

**Słowa kluczowe:** erozja gleb, erozja wodna powierzchniowa, erozja wąwozowa, wskaźniki ilościowe

### Wstęp

Tradycyjny system uprawy stosowany w Polsce od szeregu lat charakteryzujący się intensywną obróbką płużną wierzchniej warstwy roli, prowadzi do trwałych zmian naturalnych właściwości gleby (1, 7, 9-12, 14-18, 23, 25, 28, 45, 47, 52). Powoduje zagęszczenie podglebia i powstawanie nieprzepuszczalnej warstwy, czego konsekwencją jest ograniczenie natlenienia (2, 4, 6, 8, 9, 16. 48-50), przepuszczalności i filtracji wody do głębszych warstw profilu glebowego, a także zmniejszenie retencji wody w glebie (19, 21, 29, 40, 42, 55). Ponadto ciągła mechaniczna obróbka gleby przyspiesza utlenianie substancji organicznej, powoduje zmiany stabilności gleb w wodzie i zmniejszenie urodzajności (3, 5, 14, 22). Wielokrotne przejazdy maszyn rolniczych powodują pogorszenie struktury gleby, nawet do głębokości 60 cm. Wpływa to niekorzystnie na procesy oksydo-redukcyjne w glebie, ograniczenie dostępności składników mineralnych dla roślin, obniżenie odczynu gleby i tworzenie się niekorzystnych warunków dla rozwoju mikroorganizmów glebowych (27, 56), co z kolei ogranicza wzrost systemu korzeniowego oraz rozwój i plonowanie roślin (39, 41, 44, 51). Wymienione zjawiska prowadzą do bezpośredniego nasilenia spływu powierzchniowego i przyspieszenia erozyjnej degradacji gleby.

Wyróżnia się dwie podstawowe grupy czynników wywołujących erozję:

- czynniki naturalne (ukształtowanie powierzchni terenu, gleba, opad atmosferyczny, wiatr oraz szata roślinna);
- czynniki antropogeniczne (niewłaściwa struktura użytkowania ziemi, nieodpowiedni system gospodarowania).

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 programu wieloletniego IUNG-PIB

Procesy erozyjne powodują nieodwracalne przekształcenie podstawowej jednostki glebowej, a więc naturalnego układu poziomów genetycznych. Zmiany te polegają na zanikaniu poszczególnych poziomów genetycznych lub ich części lub na nadbudowie profilu poprzez akumulację zerodowanego materiału glebowego. Najszybsza degradacja zachodzi na glebach płytkich (np. rędziny, inicjalne gleby górskie) (53, 54).

Jedną z głównych konsekwencji procesów erozji jest spadek zawartości i jakości próchnicy. Wynikiem czego jest m.in. mniejsza zdolność próchnicy do sklejanie cząstek mineralnych i tworzenia trwałej, stabilnej struktury gleby. Powoduje to wzrost gęstości objętościowej warstwy ornej gleby, zmniejszenie jej porowatości, przewodnictwa wodnego oraz retencji wodnej. Wraz z nasileniem procesów erozji następuje wzrost podatności gleby na zagęszczenie i nasilenie spływów powierzchniowych oraz wzrost zaskorupiania gleby. Na obszarach lessowych wraz ze wzrostem zerodowania gleby następuje trwale obniżenie jej produktywności, nawet do 30% (35).

Erozja gleby jest jednym z czynników degradujących środowisko przyrodnicze, a zwłaszcza rolniczą przestrzeń produkcyjną. Jej skutki przejawiają się w niekorzystnych, przeważnie trwałych zmianach warunków przyrodniczych (rzeźby, gleb, stosunków wodnych, naturalnej roślinności) i warunków gospodarczo-organizacyjnych (deformowanie granic pól, rozczłonkowanie gruntów, pogłębianie dróg, niszczenie urządzeń technicznych). Zmiany takie prowadzą do obniżenia potencjału produkcyjnego ziemi i walorów ekologicznych krajobrazu (35, 36).

O rozmiarach erozyjnej degradacji świadczą średnie roczne straty gleby, które dla Polski oszacowano na  $76 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$  (33) (wobec  $84,7 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$  w Europie), przy regionalnym zróżnicowaniu od  $2,7 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$  na Nizinach Środkowopolskich do  $280 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$  w Karpatach Fliszowych (43). Dla porównania straty te na innych kontynentach przedstawiają się następująco: Afryka, Południowa Ameryka i Antyle około  $700 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ , Azja około  $600 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ , Północna i Środkowa Ameryka około  $500 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ , Australia około  $300 \text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$  (26).

Na obszarze Polski największy udział w degradowaniu terenów mają erozja wodna powierzchniowa i wązozowa, następnie erozja wietrzna oraz ruchy mas ziemnych (30).

Celem opracowania jest przedstawienie wyników badań kartograficznych nad rozmieszczeniem obszarów zagrożonych potencjalną erozją wodną i erozją wązozową o różnym stopniu nasilenia w granicach administracyjnych województw i w fizjograficznych krainach Polski.

Regionalne ujęcie oceny, podkreślające związek zagrożenia erozyjnego z odrębnościami warunków przyrodniczych i użytkowaniem gruntów w rozpatrywanych jednostkach administracyjnych i fizjograficznych, ma oprócz wartości poznawczych również walory użytkowe. Poszerza ona waloryzację krain o degradujący je czynnik, jaki stanowi erozja wodna. Ułatwia rejonizację zabiegów przeciwoerozyjnych, optymalizujących regionalne kształtowanie i użytkowanie ekosystemów zagrożonych i erodowanych.

## **Zagrożenie gleb erozją wodną powierzchniową w układzie województw i fizjograficznych krain wraz z wyznaczeniem stopni pilności ochrony przeciwoerozyjnej**

### **Metoda oceny zagrożenia gleb erozją wodną powierzchniową**

Jako kryteria dla wyznaczania zasięgów i nasilenia zagrożenia erozją wodną przyjęto uwarunkowania, takie jak: spadki terenu, podatność gleb na spłukiwanie powierzchniowe i wielkość opadu rocznego.

Studium ukształtowania terenu degradowanego lub zagrożonego erozją wykonuje się zawsze dla obszaru zlewni cieków stałych lub epizodycznych. Mogą to być mikrozelewnie dolin śródstokowych, wąwozów, a nawet poszczególnych stoków. W ramach studium określa się położenie fizjograficzne i hydrograficzne badanych zlewni. Następnie w oparciu o mapę topograficzną w skali od 1:25000 do 1:100000 lub o pomiary geodezyjne w skali od 1:500 do 1:5000 (w zależności od obszaru i celu badań) opracowuje się: studium spadków, długości, kształtu i ekspozycji stoków. Ponadto zaznacza się kartometrycznie występowanie dolin śródstokowych i wąwozów, a także miedz, skarp, ostańców erozyjnych i stożków napływowych.

Studium spadków opracowuje się na mapie topograficznej na podstawie cięć poziomic i ich zagęszczenia (tab. 1). W badaniach erozyjnych i przy projektowaniu zabiegów ochronnych, tak w kraju jak i zagranicą najczęściej wyróżnia się niżej podane klasy nachyleń.

Tabela 1

Kryteria wyznaczania spadków terenu na mapie w skali 1:25 000

Klasy spadków (nachyleń) °(%)	Odległości poziomic przy cięciu (mm):					
	2,5 m	5 m	10 m	20 m	50 m	100 m
0-3° (<5%)	>2	>4	>8	>16		
3-6° (5-10%)	2-1	4-2	8-4	16-8	40-20	
6-10° (10-18%)	1-0,56	2-1,1	4-2,2	8-4,4	20-11	40-22,2
10-15° (18-27%)	0,56-0,36	1,1-0,7	2,2-1,5	4,4-3	11-7,4	22,2-14,8
>15° (>27%)	<0,36	<0,7	<1,5	<3	<7,4	<14,8

Źródło: Józefaciuk Cz. i in., 1985 (37).

Mapę podatności gleb na spłukiwanie powierzchniowe opracowuje się na podkładzie mapy analogowej glebowo rolniczej w skali 1:5 000, 1:25 000 lub 300 000 oraz danych liczbowych z planimetrowania. Zasięgi gleb o różnej podatności na spłukiwanie powierzchniowe wyznacza się wg kryteriów podanych w tabeli 2.

Tabela 2

Kryteria podziału wyznaczania gleb według podatności na splukiwanie powierzchniowe

Grupa gleb	Określenie podatności gleb	Rodzaj i gatunek gleb
1	bardzo silnie podatne	– lessowe i lessowate (ls), pyłowe (pł), pyłowe pochodzenia wodnego (płw)
2	silnie podatne	– piaski luźne (pl), piaszczyste (p), rędziny kredowe (k), rędziny jurajskie (j)
3	średnio podatne	– piaski słabogliniaste (ps), piaski gliniaste (pg), kompleks piasków glinistych i słabogliniastych (pgw), żwirowe (ż), rędziny trzeciorzędowe (r), rędziny starszych formacji geologicznych (ts)
4	słabo podatne	– lekkie gliny piaszczyste i piaski naglinowe (gl), gliny średnie (gs), gliniaste (g), wytworzone ze skał osadowych o spoiwie węglanowym niewapiennym (n)
5	bardzo słabo podatne	– ciężkie (gc), ilaste (i), skaliste (sk) – skały szkieletowe (sz) wytworzone ze skał o spoiwie niewęglanowym, wytworzone ze skał krystalicznych, torfy niskie (n), torfy przejściowe i wysokie (v)

Źródło: Józefaciuk i in., 1985 (37).

W wyniku zastosowania metody kartowania erozji potencjalnej, opracowanej w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach przez J ó z e f a c i u k ó w (37), powstała mapa potencjalnej erozji wodnej, opracowana na podkładzie mapy spadków terenu i mapy podatności gleb na splukiwanie powierzchniowe w skali 1:100 000 lub większych oraz dane liczbowe z planimetrowania wydzielonych powierzchni. Wyróżniono 5 stopni nasilenia erozji, które wyznaczono według kryteriów podanych w tabeli 3:

- stopień 1 – erozja słaba, powoduje tylko niewielkie zmywy powierzchniowe gleby;
- stopień 2 – erozja umiarkowana, prowadzi do wyraźnego zmywania poziomu orno–próchnicznego i pogarszania właściwości gleby. Pełna regeneracja ubytków nie zawsze jest możliwa w toku uprawy konwencjonalnej;
- stopień 3 – erozja średnia, może doprowadzać do zupełnego zredukowania poziomu orno–próchnicznego i tworzenia się gleb o typologicznie niewykształconym profilu (zmywanych i namywanych). Zapoczątkowuje rozczłonkowanie się terenu i jest źródłem znacznej ilości rumowiska dostarczanego do rzek;
- stopień 4 – erozja silna, może przyczyniać się do zniszczenia całego profilu gleby, a nawet części podłoża, z czym wiążą się zmiany pokrywy glebowej o charakterze typologicznym. Wynikiem jej jest duże rozczłonkowanie rzeźby terenu i zakłócenie stosunków wodnych (nieregularne przepływy i zanieczyszczenie wód rzecznych);
- stopień 5 – erozja bardzo silna, w skutkach podobna do silnej lecz intensywniej wyrażona i prowadząca do trwałego degradowania ekosystemów.

Badany obszar klasyfikowano następnie pod względem pilności ochrony przed erozją wodną według następujących zasad:

- stopień 1 – ochrona bardzo pilna: powyżej 25% ogółu gruntów rolnych i bezleśnych gruntów nieprodukcyjnych jest zagrożonych erozją wodną o stopniach 3, 4, 5;

Tabela 3

## Wyznaczanie stopni nasilenia potencjalnej erozji wodnej

Podatność gleb na splukiwanie	Klasy nachyleń terenu				
	do 3° (do 5%)	3-6° (6-10%)	6-10° (10-18%)	10-15° (18-27%)	>15° >27%
	stopnie nasilenia erozji				
Gleby lessowe i lessowate (ls), pyłowe (pl), pyłowe wodnego pochodzenia (plw)	1	2	3	4	5
Piaski luźne (pl), gleby piaszczyste (p), rędziny kredowe (k) i jurajskie (j)	1	1;2	2;3	3;4	5
Piaski słabogliniaste (ps) gliniaste (pg), kompleks piasków gliniastych i słabogliniastych (pgs), gleby żwirowe (ż), rędziny trzeciorzędowe (tr) i starszych formacji geologicznych (ts)	1	1;2	2;3	3;4	4;5
Gleby lekkie – gliny piaszczyste i piaski naglinowe (gl), gleby średnie (gs), gliniaste (g), wytworzone ze skał osadowych o spoiwie węglanowym – niewapiennych (n)	–	1	2	3	4;5
Gleby ciężkie (gc), ilaste (i), skaliste – skały (sk), szkieletowe (sz), wytworzone ze skał o spoiwie niewęglanowym, wytworzone ze skał krystalicznych, torfy niskie (n), przejściowe i wysokie (v)	–	1	1;2	2;3	3;4;5

Uwagi:

- stopień nasilenia erozji: 1 – słaby; 2 – umiarkowany; 3 – średni; 4 – silny; 5 – bardzo silny;
- w przypadku podanych jednocześnie dwóch stopni zagrożenia erozją, podaje się przy opadzie poniżej 600 mm mniejszy stopień, a przy opadach powyżej 600 mm – większy;
- dla utworów glebowych grupy piątej na terenie o spadku > 15° przyjmuje się: przy opadach do 600 mm – 3 stopień nasilenia erozji, przy opadach 600–800 mm – 4, a przy opadach > 800 mm – 5 stopień.

Źródło: Józefaciuk Cz. i in., 1985 (37).

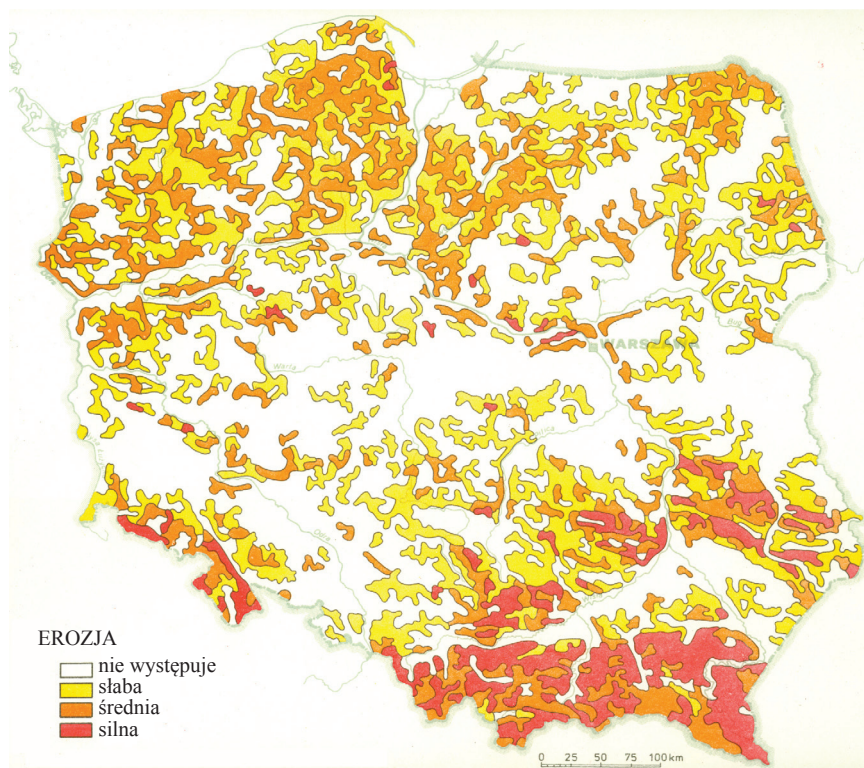
- stopień 2 – ochrona potrzebna: zagrożenie jak wyżej lecz dotyczy 10–25% wyżej wymienionych gruntów;
- stopień 3 – ochrona wskazana lokalnie: zagrożenie jak wyżej, lecz dotyczy poniżej 10% wyżej wymienionych gruntów.

Stosunki klimatyczne są oceniane na podstawie danych ze stacji meteorologicznych IMGW znajdujących się na badanym terenie lub w jego (możliwie najbliższym) otoczeniu. Charakteryzowane są przede wszystkim podstawowe dane klimatyczne, zwłaszcza: wielkość i natężenie opadów atmosferycznych, erozyjność deszczu i śniegu, intensywności roztopów śniegowych, nasłonecznienia i innych elementów. Również powinno się zwrócić uwagę na notowania zjawisk meteorologicznych mających związek z erozją, np. okresów o ekstremalnych warunkach wilgotnościowych – suszy, nadmiernie wilgotnych, wymakania roślin, długotrwałego zalegania pokrywy śniegowej, okresów z silnymi i częstymi wiatrami.

### **Ocena stanu zagrożenia gleb erozją wodną powierzchniową**

Najbardziej zagrożone erozją wodną powierzchniową w Polsce (rys. 1, tab. 4) jest woj. małopolskie, około 57% ogólnego obszaru, w tym dominuje erozja silna (26% obszaru) nad średnią (21% obszaru). Również w woj. podkarpackim przeważa zagrożenie erozją silną, 17% ogólnego obszaru. Erozja średnia występuje na około 11%, a słaba na 8%. W obu wymienionych województwach występuje pierwszy stopień pilności przeciwdziałania erozji - ochrona bardzo pilna. Poważny problem, chociaż występujący bardziej lokalnie, stwarza erozja wodna w województwach śląskim, świętokrzyskim, lubelskim i dolnośląskim, gdzie erozja silna łącznie ze średnią zagraża takiej samej lub nawet większej powierzchni województwa niż erozja słaba. Województwa te są objęte drugim stopniem pilności ochrony przeciwoerozyjnej - ochrona pilna. Drugi stopień pilności ochrony przed erozją występuje także w woj. pomorskim i zachodniopomorskim. W tych województwach erozja średnia przeważa lub zajmuje takie same powierzchnie jak erozja słaba, od 23% ogólnego obszaru do 13%. W sześciu pozostałych województwach (lubuskim, łódzkim, mazowieckim, opolskim, podlaskim i wielkopolskim) o terenach równinnych, erozja średnia występuje na kilku procentach ogólnej powierzchni, a silna na poniżej 1%. Są to województwa o najmniej pilnej ochronie przed erozją.

Rozmieszczenie obszarów z potencjalną erozją wodną powierzchniową w fizjograficznych krainach Polski ilustruje rysunek 2, dane liczbowe zawiera tabela 5. Poniżej omówiono strukturę potencjalnej erozji wodnej w jednostkach IV rzędu i ich subregionach (jednostkach V rzędu), w kolejności od najsilniej do najsłabiej zagrożonych.



Rysunek 1. Mapa zagrożenia erozją wodną powierzchniową w Polsce

Źródło: Józefaciuk i in., 1999 (36).

Tabela 4

## Erozja wodna powierzchniowa w Polsce wg województw

Województwo	Pow. ogólna km <sup>2</sup>	Zagrożenie erozją w stopniu												Stopień pilności przeciwerozynnej					
		1 – słabym				2 – średnim				3 – silnym					2 - 3				
		UR		Ls		UR		Ls		UR		Ls			UR		Ls		
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	
Dolnośląskie	19947,8	9,6	990,0	5,0	1361,5	6,8	754,2	3,8	289,7	1,5	346,1	1,7	1651,2	8,3	1100,3	5,5	2		
Kujawsko-Pomorskie	17969,7	11,8	520,3	2,9	1773,6	9,9	671,2	3,7	57,0	0,3	3,6	0,0	1830,6	10,2	674,8	3,8	2		
Lubelskie	25114,5	33,8	7,7	13,5	456,4	1,8	1927,3	7,7	280,7	1,1	1307,3	5,2	219,6	0,9	3234,6	12,9	500,3	2,0	2
Lubuskie	13984,4	807,2	5,8	842,9	6,0	587,3	4,2	847,8	6,1	12,9	0,1	14,9	0,1	600,2	4,3	862,7	4,9	3	
Łódzkie	18219,1	2139,9	11,7	442,1	2,4	771,0	4,2	287,2	1,6	78,9	0,4	16,8	0,1	849,9	4,7	304,0	1,7	3	
Małopolskie	15144,1	1198,5	7,9	256,5	1,7	1712,5	11,3	1440,5	9,5	3116,0	20,6	848,2	5,6	4828,5	31,9	2288,7	15,1	1	
Mazowieckie	35597,8	2641,1	7,4	539,4	1,5	1232,8	3,5	745,6	2,1	147,2	0,4	50,6	0,1	1380,0	3,9	796,2	2,2	3	
Opolskie	9412,5	676,3	7,2	156,9	1,7	200,8	2,1	116,9	1,2	8,1	0,1	1,2	0,0	208,9	2,2	118,1	1,3	3	
Podkarpackie	17926,3	1168,2	6,5	349,6	2,0	1084,0	6,0	832,4	4,6	2015,6	11,2	1052,3	5,9	3099,6	17,3	1884,7	10,5	1	
Podlaskie	20179,6	2836,1	14,0	692,5	3,4	1488,9	7,4	479,2	2,4	51,2	0,2	13,2	0,1	1540,1	7,6	492,4	2,4	3	
Pomorskie	18292,9	2235,9	12,2	1023,4	5,6	2409,0	13,2	1789,0	9,8	29,2	0,2	20,9	0,1	2439,2	13,2	1809,9	9,9	2	
Śląskie	12294,4	1914,8	1,6	560,2	4,6	831,6	6,8	840,8	6,8	658,9	5,4	199,1	1,6	1490,5	12,1	1039,9	8,5	2	
Świętokrzyskie	11672,3	2269,9	19,4	500,3	4,3	982,9	8,4	192,7	1,7	829,8	7,1	92,0	0,8	1812,7	15,5	284,7	2,4	2	
Warmińsko-mazurskie	24203,0	2863,8	11,8	756,8	3,1	2566,9	10,6	872,0	3,6	10,0	0,0	9,5	0,0	2576,9	10,6	881,5	3,6	2	
Wielkopolskie	29825,6	1977,1	6,6	650,4	2,2	1416,9	4,8	885,0	3,0	45,1	0,2	49,3	0,2	1462,0	4,9	934,3	3,1	3	
Zachodniopomorskie	22901,5	2724,5	11,9	1401,1	6,1	1717,8	7,5	1355,0	5,9	4,0	0,0	2,3	0,0	1721,8	7,5	1357,3	5,9	2	
Polska	312685,0	32980,6	10,5	10138,8	3,2	22064,8	7,1	12390,2	4,0	8660,9	2,8	2939,6	0,9	30725,7	9,8	15329,8	4,9	2	

Uwagi:

Do I-go stopnia pilności przeciwerozynnej w poszczególnych województwach należą powiaty:

Dolnośląskim - Jelenia Góra, Kłodzko, Luban, Wałbrzych;

Lubelskim - Hrubieszów, Janów Lubelski, Krasnostaw, Kraśnik, Lublin, Świdnik, Zamość;

Małopolskim - Bochnia, Chrzanów, Gorlice, Kraków, Limanowa, Miechów, Mysłenice, Nowy Sącz, Nowy Targ, Olkusz, Proszowice;

Sucha Beskidzka, Tarnów, Tatrzański, Wadowice, Wieliczka;

Podkarpackim - Bieszczadzki, Brzozów, Dębica, Jasło, Krosno, Przemyśl, Ropczycko-Sędziszowski, Rzeszów, Sanok, Strzyżów;

Podlaskim - Suwałki;

Pomorskim - Bytów, Gdynia, Kartuzy, Kościerzyna, Lębork, Sopot, Wejherowo;

Śląskim - Bielsko Biala, Bytom, Cieszyn, Jastrzębie Zdrój, Jaworzno, Wodzisław Śląski, Żywiec;

Świętokrzyskim - Kazimierza Wielka, Opatów, Ostrowiec Świętokrzyski, Sandomierz, Starachowice;

Warmińsko-Mazurskim - Nowe Miasto Lubawskie, Olecko.

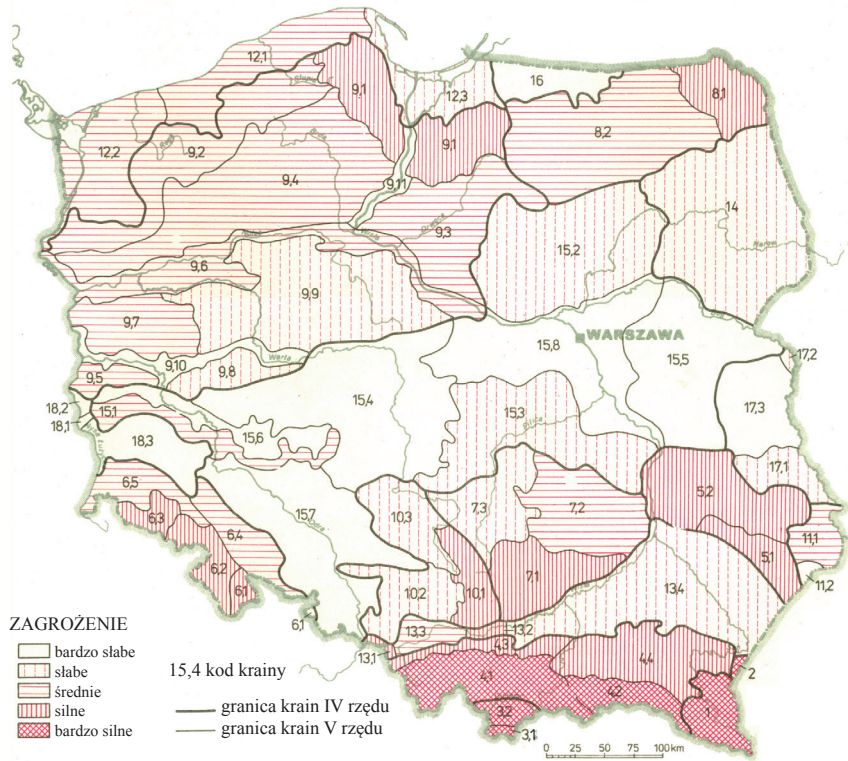
Źródło: Józefaciuk i in., 1999 (36).

Beskidy Wschodnie (Lesiste Bieszczady) są pierwszą z bardzo silnie zagrożonych krain, w której potencjalna erozja wodna występuje na 68% obszaru, w tym na 44% w stopniu silnym, na 20% w średnim i tylko na 4% w słabym. Stopień lesistości terenów zagrożonych jest wysoki. Lasy występują na 43% zagrożonego obszaru, przy czym na terenach z erozją silną - 26%, na terenach z erozją średnią - 15% i na terenach z erozją słabą około 2%. O bardzo silnym zagrożeniu tej krainy erozją decydują opady (roczne około 800 - 1000 mm, w tym śniegu około 40%) i geomorfologia (rusztowy układ pasm grzbietów i kratowy układ sieci dolin rzecznych daje bardzo niespokojną rzeźbę, wybitnie sprzyjającą erozji wodnej).

Wschodnie Podkarpacie, które w granicach Polski reprezentuje skrawek Płaskowyżu Sańsko-Dniestrzańskiego, to druga z kolei kraina bardzo silnie zagrożona erozją wodną - 76% obszaru, w tym 45% erozją silną, 19% średnią i 12% słabą. Cały zagrożony obszar jest zupełnie wylesiony i użytkowany wyłącznie rolniczo. Omawiana część płaskowyżu obejmuje około 95 km<sup>2</sup> Wyżyny Wańkowej, o pokrywie glebowej pylasto-ilastej, słabo podatnej na spłukiwanie. Warunki klimatyczne i procesy erozyjne są tu podobne do bieszczadzskich.

Centralne Karpaty Zachodnie to przedostania z krain bardzo silnie zagrożonych erozją wodną - 72% obszaru, w tym 36% erozją silną, 26% średnią i 10% słabą. Lasy zajmują 24% zagrożonego obszaru - 12% na terenach z erozją średnią, 10% z erozją silną i tylko 2% z erozją słabą. Najbardziej erozyjnym subregionem Centralnych Karpat jest Łańcuch Tatrzański, gdzie zagrożenie obejmuje 80% obszaru, w tym 15% erozją silną i 65% średnią. Lasy stanowią 40% terenów zagrożonych, przy czym na terenach z erozją średnią około 36%, a z erozją silną tylko 4%, lecz tam użytki rolne to głównie wysokogórskie hale o dużej zdolności ochronnej. Przewaga potencjalnej erozji średniej nad silną ma swoje uzasadnienie w zróżnicowaniu budowy geologicznej Tatr. W drugim subregionie tatrzańskim, to jest w Obniżeniu Orawsko-Podhalańskim, potencjalna erozja wodna występuje na mniejszym obszarze, lecz w większym nasileniu - 70% obszaru, w tym 39% silna, 19% średnia i 12% słaba. Lasy zajmują tylko 20% zagrożonego obszaru - 11% z erozją silną, 7% ze średnią i 2% ze słabą. Duże nasilenie erozji potencjalnej wyznaczają głównie wysokie opady roczne, około 900 - 1100 mm i zróżnicowana litologia, a z nią związane różne ukształtowanie terenu (26).

Zewnętrzne Karpaty Zachodnie to ostatnia z krain IV rzędu bardzo silnie zagrożona erozją wodną - 63% obszaru, w tym 31% silną, 23% średnią i 9% słabą. Lasy stanowią 23% zagrożonego obszaru - 8% z erozją silną, 13% ze średnią i 2% ze słabą. W granicach tej jednostki geograficznej subregiony górskie należą do bardzo silnie zagrożonych, a pogórza do silnie zagrożonych. Zagrożenie takie warunkują przede wszystkim, w terenach górzystych ukształtowanie terenu i opady, a na pogórzach również gleby. Spośród subregionów górskich, najbardziej zagrożone są Beskidy Zachodnie - 84% obszaru, w tym 33% erozją silną, 43% średnią i 10% słabą. Lasy zajmują 44% zagrożonego obszaru, w tym 11% z erozją silną, 30% ze średnią i 3% ze słabą.



Rysunek 2. Mapa zagrożenia potencjalną erozją wodną powierzchniową w krainach fizjograficznych Polski

Źródło: Józefaciuk i in., 1999 (36).

Tabela 5

## Zagrożenie procesami spłukiwania powierzchniowego w krainach fizjograficznych Polski

Kod	Kraina	km <sup>2</sup>	% powierzchni zagrożonej spłukiwaniem o stopniu nasilenia*								Stopień pilności ochrony
			1		2		3		2 - 3		
			UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Beskidy Lesiste (Beskidy Wschodnie)	2530,3	2,1	2,4	4,8	15,1	17,7	25,9	22,5	41,0	1
2	Plaskowyż Sańsko-Dniestrzański (Wschodnie Podkarpackie)	95,5	12,3	0,0	18,5	0,0	44,9	0,0	63,4	0,0	1
3.1	Łańcuch Tatrzański	174,1	0,0	0,0	27,5	36,6	11,4	3,7	39,1	40,3	1
3.2	Obniżenie Orawsko-Podhalańskie	922,1	9,5	2,3	11,5	7,1	28,0	11,4	39,6	18,3	1
3	Centralne Karpaty Zachodnie	1096,2	8,0	2,0	14,1	11,8	25,4	10,1	39,5	21,8	1
4.1	Beskidy Zachodnie	5675,6	6,1	2,8	13,0	30,0	21,6	10,9	34,5	40,8	1
4.2	Beskidy Środkowe	2131,1	5,3	3,6	11,0	15,7	10,1	12,7	21,7	28,4	1
4.3	Pogórze Zachodniobeskidzkie	1895,0	9,5	0,5	5,9	0,7	36,6	3,4	42,5	4,1	1
4.4	Pogórze Środkowobeskidzkie	6515,8	7,3	1,1	8,1	1,8	25,0	4,2	33,1	6,0	1
4	Zewnętrzne Karpaty Zachodnie	6217,5	6,9	1,9	9,9	13,3	23,2	7,6	33,1	20,9	1
5.1	Roztocze	2346,2	10,1	4,1	9,0	4,4	16,1	5,4	25,1	9,8	1
5.2	Wyżyna Lubelska	7253,8	25,3	2,0	17,1	1,6	11,4	1,3	28,5	2,9	1
5	Wyżyna Wschodniomazowiecka	9600,0	21,6	2,5	15,1	2,3	12,6	2,3	27,7	4,6	1
6.1	Sudety Wschodnie	532,8	4,0	3,8	15,4	11,3	5,5	11,9	20,9	23,2	1
6.2	Sudety Środkowe	2171,7	12,9	6,6	13,8	9,6	5,9	7,8	19,7	17,4	1
6.3	Sudety Zachodnie	1352,4	6,2	9,8	6,4	12,9	2,7	6,0	9,1	18,8	1
6.4	Przedgórze Sudeckie	2724,9	22,7	3,2	11,3	1,9	0,7	0,5	12,0	2,4	2
6.5	Pogórze Zachodniosudeckie	2520,0	15,6	4,1	8,1	2,2	1,4	0,5	9,5	2,7	2
6	Sudety	9301,8	22,2	5,3	10,5	5,9	2,7	3,7	13,2	0,6	2
7.1	Niecka Nidziańska	4825,2	21,5	2,2	12,1	0,6	12,6	0,9	24,7	1,5	1
7.2	Wyżyna Kielecko-Sandomierska	6741,1	19,9	6,9	10,3	2,9	7,8	1,0	18,1	4,0	2
7.3	Wyżyna Przedborska	5306,7	14,8	4,0	5,9	1,9	1,4	0,2	7,3	2,2	3
7	Wyżyna Środkowomazowiecka	6873,1	18,8	4,6	9,5	1,9	7,1	0,7	16,6	2,7	2
8.1	Pojezierze Litewskie	3229,7	16,0	3,7	21,2	5,1	0,3	0,1	21,6	5,1	1
8.2	Pojezierze Mazurskie	13770,3	12,4	3,8	10,1	3,8	0,0	0,0	10,1	3,8	2
8	Pojezierze Wschodniobałtyckie	17100,0	13,1	3,8	12,3	4,1	0,1	0,0	12,3	4,1	2
9.1	Pojezierze Wschodniopomorskie	8687,7	12,3	3,7	19,3	6,6	0,2	0,2	19,5	6,8	1
9.2	Pojezierze Zachodniopomorskie	9865,9	15,4	8,0	12,5	10,9	0,0	0,0	12,5	10,9	2
9.3	Pojezierze Chełmińsko-Dobrzyńskie	8657,0	12,5	1,2	17,2	3,2	0,7	0,1	17,9	3,3	2
9.4	Pojezierze Południowopomorskie	17679,2	12,2	7,7	7,7	7,4	0,0	0,0	7,7	7,4	2
9.5	Wzniesienia Zielonogórskie	1353,1	5,8	10,0	4,2	8,8	0,0	0,1	4,2	8,9	2
9.6	Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka	7232,9	3,3	4,7	4,1	8,4	0,2	0,3	4,3	8,7	2
9.7	Pojezierze Brandebursko-Lubuskie	5041,2	8,0	6,0	5,5	6,6	0,1	0,1	5,6	6,7	2
9.8	Pojezierze Leszczyńskie	2232,2	8,0	2,2	5,0	2,8	0,0	0,0	5,0	2,8	3
9.9	Pojezierze Leszczyńskie	15941,2	7,9	1,3	5,3	1,6	0,4	0,3	5,7	1,9	3
9.10	Pojezierze Wielkopolskie	2222,9	2,6	1,6	1,8	1,6	0,1	0,2	1,9	1,8	3
9.11	Pradolina Berlińska Dolina Dolnej Wisły	962,7	2,3	1,4	1,4	0,8	0,3	0,0	1,7	0,8	3
9	Pojezierze Południowobałtyckie	79876,1	10,5	4,6	9,3	5,8	0,2	0,1	9,5	5,9	2
10.1	Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	2663,4	12,9	2,7	13,8	4,0	12,8	2,0	26,6	6,0	1
10.2	Wyżyna Śląska	4292,4	14,7	4,3	5,8	1,5	2,1	0,1	7,9	1,7	3
10.3	Wyżyna Woźnicko-Wieluńska	3790,4	21,4	5,9	3,9	1,0	0,6	0,1	4,5	1,1	3
10	Wyżyna Śląsko-Krakowska	10746,2	16,6	4,5	7,1	2,0	4,2	0,6	11,3	2,5	2
11.1	Wyżyna Zachodniowolyńska	1729,9	16,7	1,3	9,5	0,2	4,4	0,1	13,9	0,3	2
11.2	Kotlina Pobuża	175,8	4,4	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	1,6	0,0	3
11	Wyżyna Wolyńska	1905,7	15,6	1,1	8,8	0,2	4,0	0,1	12,8	0,3	2

Tabela 5 cd.

Kod	Kraina	km <sup>2</sup>	% powierzchni zagrożonej splukiwaniem o stopniu nasilenia*								Stopień pilności ochrony
			1		2		3		2 - 3		
			UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
12.1	Pobrzeże Słowińskie	6313,7	11,0	4,6	8,4	6,1	0,0	0,0	8,4	6,1	2
12.2	Pobrzeże Szczecińskie	7386,6	9,7	3,6	6,6	3,8	0,0	0,0	6,6	3,8	2
12.3	Pobrzeże Gdańskie	3595,8	5,7	1,4	5,6	3,7	0,2	0,1	3,8	3,8	3
12	Pobrzeża Południowo-Bałtyckie	17296,1	9,3	3,5	7,0	4,6	0,1	0,0	7,1	4,7	2
13.1	Kotlina Ostrawska	237,0	14,0	1,2	12,7	0,6	24,8	1,7	37,5	2,3	1
13.2	Brama Krakowska	286,8	6,4	0,0	22,2	2,5	5,3	0,9	27,5	3,4	1
13.3	Kotlina Oświęcimska	1362,2	8,7	1,2	6,1	0,7	3,5	0,1	9,6	0,8	2
13.4	Kotlina Sandomierska	13964,1	7,4	1,8	3,4	1,2	2,3	0,2	5,7	1,4	3
13	Północne Podkarpacie	15754,6	7,6	1,7	4,1	1,2	2,8	0,2	6,9	1,4	3
14	Nizina Północnopodlaska (Równiny Podlasko-Białoruskie)	15475,6	14,9	3,6	5,0	1,8	0,2	0,1	5,2	1,9	3
15.1	Wał Trzebnicki	3390,9	15,4	7,1	8,7	5,0	1,4	0,2	10,2	5,1	2
15.2	Nizina Północnomazowiecka	13872,0	8,0	1,6	4,0	2,3	0,4	0,1	4,4	2,4	3
15.3	Wzniesienie	10821,4	13,5	2,5	4,1	1,5	0,3	0,1	4,4	1,6	3
15.4	Południowomazowieckie	17035,2	6,5	1,3	3,1	1,5	0,0	0,0	3,1	1,5	3
15.5	Nizina Południowielkopolska	10698,5	9,3	1,8	3,2	1,2	0,1	0,1	3,3	1,2	3
15.6	Nizina Południowopodlaska	3389,6	1,8	1,0	1,2	1,9	0,0	0,0	1,2	1,9	3
15.7	Obniżenie Milicko-Głogowskie	12961,1	5,5	1,6	2,3	1,1	0,1	0,0	2,4	1,1	3
15.8	Nizina Śląska	13012,3	2,4	0,3	1,7	1,1	0,3	0,2	2,0	1,3	3
15.8	Nizina Środkowomazowiecka										
15	Niziny Środkowopolskie	85181,0	7,4	1,7	3,2	1,6	0,2	0,1	3,4	1,7	3
16	Nizina Staropruska (Pobrzeża Wschodniobałtyckie)	2612,6	10,0	1,9	3,8	1,1	0,0	0,0	3,8	1,1	3
17.1	Polesie Wołyńskie	2141,3	5,2	1,3	4,0	0,3	1,1	0,2	5,1	0,5	3
17.2	Polesie Brzeskie	56,3	4,8	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	3
17.3	Polesie Podlaskie	4676,4	3,7	0,9	1,3	0,2	0,0	0,0	1,3	0,2	3
17	Polesie Zachodnie	6874,0	7,3	1,0	2,2	0,3	0,3	0,0	2,5	0,3	3
18.1	Wzniesienie Łużyckie	82,0	12,1	11,6	1,6	3,3	0,0	0,0	1,6	3,3	3
18.2	Obniżenie Dolnołużyckie	173,8	2,7	5,3	0,6	2,0	0,0	0,0	0,6	2,0	3
18.3	Nizina Śląsko-Łużycka	2882,3	3,1	2,3	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	3
18	Niziny Śląsko-Łużyckie	4138,1	3,3	2,6	1,0	1,1	0,0	0,0	1,0	1,1	3
<b>Polska</b>		<b>312674,4</b>	<b>15,6</b>	<b>1,1</b>	<b>8,8</b>	<b>0,2</b>	<b>4,0</b>	<b>0,1</b>	<b>12,8</b>	<b>0,3</b>	<b>2</b>

Uwagi:

\*) - stopień nasilenia erozji: 1 - słaby; 2 - średni; 3 - silny

% powierzchni zagrożonej w stosunku do ogólnej powierzchni krainy

UR - użytki rolne

Ls - lasy

Źródło: Józefaciuk i in., 1992 (32).

Beskidy Środkowe są znacznie mniej zagrożone erozją wodną niż Zachodnie – 59% obszaru, w tym 21% erozją silną, 27% średnią i 9% słabą. Lasy zajmują 33% zagrożonego obszaru – 13% z erozją silną, 16% ze średnią i 4% ze słabą. Panujące warunki geomorfologiczne i glebowe Beskidów Zachodnich i Środkowych determinują piętrowość i nasilenie procesów erozyjnych (38). Czynniki klimatyczne, szczególnie wzmagające erozję w Beskidach, to opady, które przekraczają 1000 mm rocznie i zwiększają się wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnych. Około połowa z nich ma zdolności erodowania (natężenie powyżej 10 mm·dobę<sup>-1</sup>) i występuje głównie w okresie maj - wrzesień. Silne zagrożenie erozją wodną Pogórza Beskidzkiego wyznaczają: rzeźba terenu, opad roczny i gleby, przy czym na Pogórzu

Zachodniobeskidzkim większy wpływ mają gleby (o znacznym udziale lessowatych), a na Środkowobeskidzkim – rzeźba terenu. Zagrożenie Pogórza Zachodniobeskidzkiego jest większe i obejmuje 57% obszaru, w tym 40% erozją silną, 7% średnią i 10% słabą, a Pogórza Środkowobeskidzkiego odpowiednio: 47%, 29% i 8%. Lesistość obu krain jest mała, na Pogórzu Zachodniobeskidzkim wynosi 7%, w tym 4% z erozją silną, 2% ze średnią i 1% ze słabą.

Wyżyna Wschodniomałopolska jest jedyną krainą IV rzędu z grupy silnie zagrożonych erozją wodną - 56% obszaru, w tym 15% erozją silną, 17% średnią i 24% słabą. Silnie zagrożone są również oba jej subregiony tj. Roztocze i Wyżyna Lubelska. Potencjalna erozja na Roztoczu ma mniejszy zasięg, lecz większe nasilenie - 49% obszaru, w tym 22% erozją silną, 13% ze średnią i 14% ze słabą, a na Wyżynie Lubelskiej odwrotnie - 59% obszaru w tym 13% erozją silną, 19% ze średnią i 27% ze słabą. Lasy zajmują zaledwie 7% zagrożonego obszaru, w tym po około 2% terenów z erozją silną, średnią i słabą. Jeszcze mniejszym zalesieniem charakteryzuje się Wyżyna Lubelska – 5% zagrożonego obszaru. Roztocze natomiast ma większą powierzchnię lasów – 14% zagrożonego obszaru: 5% erozją silną i po około 4% średnią i słabą. W obu wymienionych subregionach strukturę zagrożenia erozją wyznaczają geomorfologia i gleby. Klimat spełnia rolę drugorzędą.

Najwięcej krain IV rzędu zaliczono do grupy średnio zagrożonych erozją wodną, po około 10-25% obszaru z erozją silną i średnią. W tej grupie znajdują się jednostki o zupełnie odrębnych i odległych cechach środowiska naturalnego, a więc górskie, wyżynne, pojezierne, a nawet nadmorskie. Są to: Sudety, Wyżyna Środkowomałopolska, Pojezierze Wschodniobałtyckie, Pojezierze Południowobałtyckie, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska oraz Wołyńska i Pobrzeże Południowobałtyckie.

Sudety, to pierwsza z krain IV rzędu średnio zagrożonych - 50% obszaru, w tym erozją silną 6%, średnią 16% i słabą 28%. Lasy stanowią 15% obszaru zagrożonego, w tym 4% z erozją silną, 6% ze średnią i 5% ze słabą. Subregiony górskie (Sudety Wschodnie, Środkowe, Zachodnie) należą do krain silnie zagrożonych, 28-44% terenów z erozją silną i średnią, lecz o znacznej, 24-29% powierzchni lasów na terenach zagrożonych. To silne zagrożenie wyznaczają, podobnie jak w Karpatach, geomorfologia i klimat. Subregiony podgórskie (Przedgórze Sudeckie i Pogórze Zachodniosudeckie) są, podobnie jak cały region sudecki, średnio zagrożone erozją wodną. Bardziej erozyjną krainą jest Przedgórze Sudeckie, w którym obok urozmaiconej rzeźby, również i gleby sprzyjają procesom erozji wodnej powierzchniowej. Dominują bowiem gleby lessowe i lessowate, najbardziej podatne na spłukiwanie. Zagrożenie występuje na 40% obszaru, w tym z erozją silną na około 1%, ze średnią na 13% i ze słabą na 26%. Pogórze Sudeckie, pomimo bardziej rozwiniętej morfometrii – wysokości względne do 300 m, spadki 4-120 m, długości zboczy do 800 m (1) – jest mniej zagrożone, ze względu na przewagę gleb gliniastych na wyżej wzniesionych obszarach. Zagrożenie obejmuje 32% obszaru, w tym około 2% z erozją silną, 10%

ze średnią i około 20% ze słabą. Lesistość obu krain jest bardzo mała – po około 6% zagrożonego obszaru, w tym poniżej 1% z erozją silną, po około 2% z erozją średnią i 3-4% z erozją słabą.

Wyżyna Środkowomałopolska to następna jednostka IV rzędu średnio zagrożona erozją wodną – 42% obszaru, w tym 8% erozją silną, 11% średnią i 23% słabą. Lasy stanowią około 7% zagrożonego obszaru, w tym poniżej 1% z erozją silną, około 2% ze średnią i około 5% ze słabą. Każdy z trzech subregionów Wyżyny Środkowomałopolskiej ma inny stopień zagrożenia. Niecka Nidziańska jest silnie zagrożona – 50% obszaru, w tym po 13% erozją silną i średnią i 24% słabą. Lasów jest bardzo mało – występują zaledwie na 4% zagrożonego obszaru, w tym mniej niż 1% na terenach z erozją silną i średnią i 2% ze słabą. Strukturę zagrożenia wyznaczają rzeźba i gleby. Wyżyna Kielecko-Sandomierska ma zagrożenie prawie takiej samej powierzchni, jak w poprzedniej krainie, lecz w nieco mniejszym nasileniu - 49% obszaru, w tym 9% erozją silną, 13% średnią i 27% słabą. Lasy stanowią 11% zagrożonego obszaru, w tym 1% z erozją silną, 3% ze średnią i 3% ze słabą. Najbardziej zagrożone są obszary lessowe Wyżyny Opatowskiej (Sandomierskiej), gdzie lasy stanowią zaledwie kilka procent obszaru. Wyżyna Przedborska, północny subregion Wyżyny Środkowomałopolskiej, stanowiąca obszar płaskich równin dyluwialnych, spośród których wznoszą się pagóry i wzgórza krainy wyżynnej (24) z przewagą gleb piaszczystych i gliniastych, najczęściej średnio podatnych na splukiwanie, jest słabo zagrożona erozją wodną.

Pojezierze Wschodniobałtyckie to trzecia z krain IV rzędu, należąca do grupy średnio zagrożonych erozją wodną - 33% obszaru, w tym zaledwie 0,1% z erozją silną i po około 16% ze średnią i słabą. Lasy stanowią 8% zagrożonego obszaru, w tym po około 4% na terenach z erozją średnią i słabą. W skład tej jednostki wchodzi dwa subregiony (Pojezierze Suwalskie i Mazurskie), z których każdy jest w innym stopniu zagrożony. Pojezierze Suwalskie (Litewskie) jest silnie zagrożone erozją wodną – 46% obszaru, w tym tylko 0,4% erozją silną, 26% średnią i 20% słabą. Lasy stanowią 9% zagrożonego obszaru, w tym 5% na terenach z erozją średnią, 4% ze słabą i 0,1% z silną. O takim stopniu nasilenia erozji potencjalnej na Pojezierzu Suwalskim zdecydowała, nie spotykana w tym stopniu w innych krainach Pojezierzy, świeżość rzeźby lodowcowej (26). Pojezierze Mazurskie natomiast jest średnio zagrożone – 30% obszaru, w tym tylko 14% erozją średnią i 16% słabą. Lasy stanowią około 8% zagrożonego obszaru (głównie Puszcza Romnicka), po połowie z erozją średnią i słabą. Pojezierze to, pomimo wielkiej różnorodności form wypukłych i wklęsłych, ma generalnie łagodniejszą rzeźbę niż Pojezierze Suwalskie. Pokrywa glebowa obu krain wykazuje znaczną odporność na erozję wodną - dominują gleby gliniaste, słabo na nią podatne.

Pojezierza Południobałtyckie to rozległa kraina IV rzędu, należąca do grupy średnio zagrożonych erozją wodną - powyżej 30% obszaru, w tym po 15% erozją średnią i słabą i zaledwie 0,3% erozją silną. Lasy stanowią nieco powyżej 10%

zagrożonego obszaru, w tym najwięcej około 6%, na terenach z erozją średnią. Spośród licznych subregionów tej krainy tylko Pojezierze Wschodniopomorskie jest silnie zagrożone – 32% obszaru, w tym 26% erozją średnią, 16% słabą i tylko 0,4% silną. Struktura lasów podobna jak w całym regionie. Duże opady roczne, zwykle około 700 mm i więcej, a niekiedy nawet 800 mm, wydatnie wspomagają inspirowane rzeźbą procesy splukiwania powierzchniowego, chociaż piaszczysto-gliniaste i gliniaste gleby w większości są średnio podatne na erozję wodną. Sześć subregionów (Pojezierze Zachodniopomorskie, Chełmińsko-Dobrzyńskie, Południowopomorskie i Brandenbursko-Lubuskie oraz Wzniesienia Zielonogórskie i Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka) podobnie jak cały region, jest średnio zagrożonych erozją: od 21% (Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka) do 47% (Pojezierze Zachodniopomorskie), w tym od 12% (Pojezierze Brandenbursko-Lubuskie) do 23% (Pojezierze Zachodniopomorskie) terenów objętych erozją średnią. Lasy zajmują od 15% zagrożonego obszaru (Pojezierze Południowopomorskie, Wzniesienia Zielonogórskie, Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka) do około 5% (Pojezierze Chełmińsko-Dobrzyńskie) z erozją średnią. Cztery subregiony (Pojezierze Leszczyńskie i Wielkopolskie, Pradolina Berlińska i Dolina Dolnej Wisły) są słabo zagrożone - od 6 do 18% obszarów, w tym 2-9% erozją średnią. Lasy zajmują 2-5% zagrożonych obszarów.

Wyżyna Krakowsko-Częstochowska oraz Wołyńska to kolejne krainy IV rzędu średnio zagrożone erozją wodną, odpowiednio 35% i 30% obszaru w tym po około 9% z erozją średnią i po około 4% z silną. Lasy zajmują 7% zagrożonego obszaru na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej i nieco powyżej 1% na Wyżynie Wołyńskiej. Spośród subregionów obu wyżyn, silnie zagrożona jest Wyżyna Krakowsko-Częstochowska, średnio zagrożona Wyżyna Zachodniowołyńska, a słabo zagrożone są Wyżyny Śląska i Woźnicko-Wieluńska.

Pobrzeże PołudniowoBałtyckie są ostatnią krainą IV rzędu średnio zagrożoną erozją wodną – 25% obszaru, w tym po kilkanaście procent erozją średnią i słabą, a prawie wcale (0,1%) silną. Lasy zajmują 8% zagrożonego obszaru, w tym około 5% na terenach z erozją średnią. Dwa subregiony - Pobrzeże Słowińskie i Szczecińskie są średnio zagrożone, podobnie jak cały region, a Pobrzeże Gdańskie słabo zagrożone. Dominują na tym obszarze gleby piaszczyste słabogliniaste, średnio podatne na splukiwanie oraz gleby gliniaste słabo podatne. Wpływ czynnika klimatycznego, mierzonego wielkością opadu rocznego jest najsilniejszy na obszarach północno-wschodnich (około 700 mm), a słaby w części południowej i zachodniej (500-600 mm).

Pozostałe krainy IV rzędu należą do słabo zagrożonych, po 5-10% obszaru, głównie z erozją średnią (Północne Podkarpacie, Nizina Północnopolska, Niziny Środkowopolskie) lub do bardzo słabo zagrożonych, po mniej niż 5% obszaru z erozją prawie wyłącznie średnią (Nizina Staropruska, Polesie Zachodnie, Niziny Sasko-Łużyckie), podobnie jak większość ich subregionów. Tylko cztery subregiony stanowią wyłom w tej regule. Są to silnie zagrożone – Kotlina Ostrawska i Brama Krakowska (Północne Podkarpacie) średnio zagrożone – Kotlina Oświęcimska (Północne Podkarpacie) i Wał Trzebnicki (Niziny Środkowopolskie).

## **Zagrożenie terenów rolnych i leśnych erozją wąwozową w układzie województw i fizjograficznych krain wraz z wyznaczeniem stopni pilności ochrony przeciwerozyjnej**

### **Metoda oceny zagrożenia gleb erozją wąwozową**

Terminem wąwóz objęto wszystkie formy rozcięć terenu uwidocznione na mapie topograficznej, które w fachowym nazewnictwie określa się jako wąwozy, parowy, debrze, wąwozy drogowe, a także jary (w tym przypadku, krótkie, głębokie i silnie rozcięte odcinki dolin rzek i potoków stałych i okresowych).

Zasięgi powierzchni o różnym stopniu nasilenia erozji wąwozowej, opracowano na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000 lub 1:25 000 i w oparciu o dane liczbowe (z planimetrowania) wydzielonych powierzchni oraz pomiar długości wąwozów (33).

Sposób inwentaryzowania wąwozów był następujący: na mapie topograficznej wyznaczono powierzchnie (nie mniejsze od 1 km<sup>2</sup>) o zbliżonej koncentracji wąwozów. Na każdej z wyróżnionych powierzchni numerowano wąwozy (1...n), mierzono ich długości (wraz z odgałęzzeniami) i zestawiano w tabeli. Po zsumowaniu długości poszczególnych wąwozów dla danej powierzchni, obliczano wskaźnik gęstości wąwozów, jako iloraz ogólnej długości wąwozów (km) i danej powierzchni (km<sup>2</sup>). Mając tak obliczone wskaźniki kwalifikowano poszczególne powierzchnie do określonego stopnia nasilenia erozji wąwozowej wg tabeli 6.

Tabela 6

Wyznaczanie stopni nasilenia erozji wąwozowej

Stopień erozji wąwozowej	Określenie erozji wąwozowej	Współczynnik gęstości sieci wąwozów (km·km <sup>-2</sup> )
1	słaba	0,01-0,1
2	umiarkowana	0,1-0,5
3	średnia	0,5-1,0
4	silna	1,0-2,0
5	bardzo silna	powyżej 2,0

Źródło: Józefaciuk i in., 1992 (31).

Następnie klasyfikowano badane powierzchnie do określonego stopnia pilności przeciwdziałania erozji wąwozowej w sposób następujący:

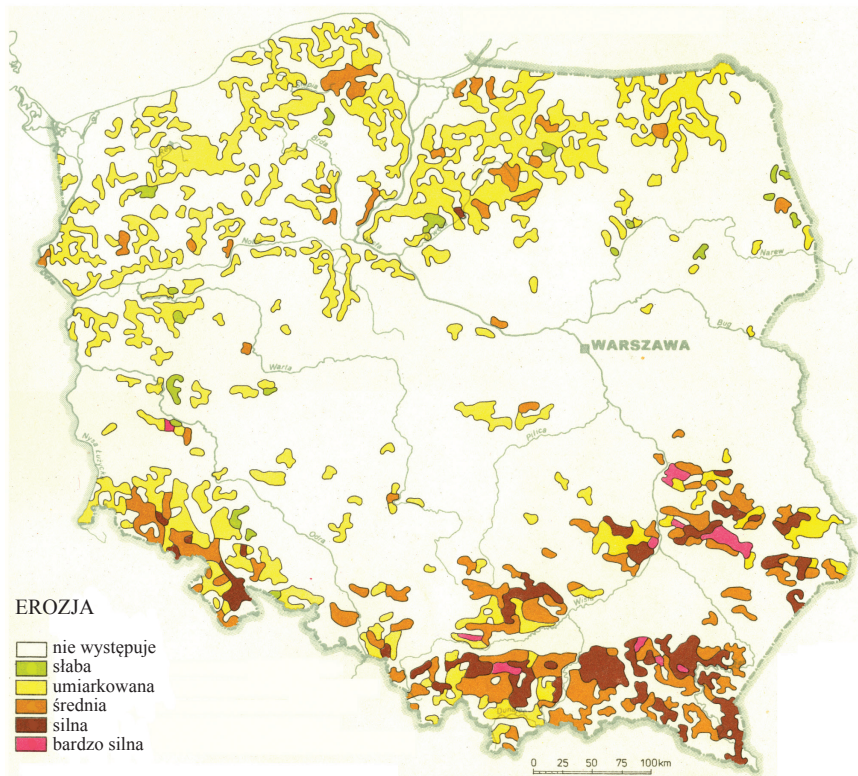
stopień 1 — przeciwdziałanie bardzo pilne – erozja wąwozowa o stopniach nasilenia 3, 4, 5, występuje na więcej, niż 25% ogółu badanego obszaru;

stopień 2 — przeciwdziałanie średnio pilne – erozja wąwozowa o stopniach nasilenia 3, 4, 5 występuje na 10-25% ogółu obszaru;

stopień 3 — przeciwdziałanie wskazane lokalnie – erozja wąwozowa o stopniach nasilenia 3, 4, 5, występuje na mniej niż 10% ogółu obszaru.

### Ocena stanu zagrożenia terenów rolnych i leśnych erozją wąwozową

Erozja wąwozowa (rys. 3, tab. 7) występuje na około 18% powierzchni Polski, w tym największy obszar, około 11% (2,5 mln ha gruntów rolnych i 0,8 mln ha gruntów leśnych) zajmuje erozja słaba o gęstości wąwozów 0,1-0,5 km·km<sup>-2</sup>. Znacznie mniejszy obszar, około 4% (1 mln ha gruntów rolnych i 0,3 mln ha gruntów leśnych) zajmuje erozja średnia o gęstości wąwozów 0,5-1 km·km<sup>-2</sup>. Obszar, około 2% (0,6 mln ha gruntów rolnych i 0,15 mln ha leśnych) zajmuje erozja silna o gęstości wąwozów 1-2 km·km<sup>-2</sup>. Na najmniejszym obszarze, poniżej 1% (0,1 mln ha gruntów rolnych i 25 tys. ha leśnych) występuje erozja bardzo silna o gęstości wąwozów powyżej 2 km·km<sup>-2</sup>. Łącznie długość wąwozów w Polsce wynosi około 40 tys. km, w tym około 50% stanowią wąwozy drogowe.



Rysunek 3. Mapa erozji wąwozowej w Polsce

Źródło: Józefaciuk i in., 1999 (10).

Najbardziej rozwiniętą sieć wąwozów ma województwo małopolskie, gdzie wąwozy występują na około 53% obszaru. Największy obszar (25%) zajmuje erozja wąwozowa średnia o gęstości wąwozów 0,5-1 km·km<sup>-2</sup> jednak na 14% obszaru występuje erozja silna o gęstości wąwozów 1-2 km·km<sup>-2</sup>, a na powyżej 1% obszaru

erozja bardzo silna o gęstości wąwozów powyżej  $2 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ . Silnie rozczłonkowane wąwozami jest województwo podkarpackie, w którym 24% obszaru ma gęstość wąwozów powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ , w tym aż 14% ma gęstość  $1-2 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ . Szczególny problem stwarza erozja wąwozowa w województwie lubelskim. Ma ono bowiem największy (spośród wszystkich województw) obszar (około 3%) rozczłonkowany wąwozami o gęstości powyżej  $2 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ . Oprócz tego, powyżej 4% obszaru ma gęstość wąwozów  $1-2 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ , 7% gęstość  $0,5-1 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ , a tylko 6% gęstość poniżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ . Duża gęstość wąwozów występuje także w woj. świętokrzyskim. Wąwozy występują na podobnym obszarze jak w lubelskim - około 20%. Obszar, o powierzchni 14% jest rozczłonkowany siecią wąwozów o gęstości powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ , z tym, że gęstość wąwozów powyżej  $2 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$  zajmuje niecały 1% obszaru.

Województwo podkarpackie, lubelskie i świętokrzyskie zostały zaliczone do drugiego stopnia pilności zagospodarowania wąwozów – zagospodarowanie pilne. Pozostałe województwa mają trzeci stopień pilności przeciwdziałania erozji wąwozowej – zagospodarowanie wąwozów pilne lokalnie. W tych województwach wąwozy o gęstości powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$  występują na powierzchni około 10%.

Połowę ogólnej sieci wąwozowej w Polsce stanowią wąwozy drogowe, których łączna długość wynosi 19100 km, a powierzchnia około 17% ogólnej powierzchni wąwozów (36). Najwięcej wąwozów drogowych występuje w południowo-wschodniej i południowo-zachodniej części kraju, zwłaszcza w wyżynnych terenach lessowych. Największą gęstość wąwozów drogowych, powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$  mają województwa: podkarpackie, małopolskie, dolnośląskie i świętokrzyskie.

Bardzo silnie rozczłonkowane siecią wąwozów są takie krainy jak: Pogórze Beskidzkie, Sudety Wschodnie i Roztocze (rys. 4, tab. 8). Gęstość wąwozów powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$  występują na powierzchni krain od 64% (Pogórze Zachodniobeskidzkie) do 32% (Sudety Wschodnie) użytków rolnych oraz od 22% (Sudety Wschodnie) do 9% (Pogórze Beskidzkie) powierzchni leśnej. Tą największą gęstość sieci wąwozowej w omawianych krainach determinują: silnie wykształcona rzeźba terenu z dużymi deniwelacjami, występowanie na znacznym obszarze gleb wytworzonych z lessów (Pogórze Beskidzkie, Roztocze) oraz duże opady roczne, ze znaczną częstotliwością ulew letnich.

Silnie rozczłonkowane wąwozami są jednostki górskie, jak Beskidy, Tatry i Sudety (Środkowe i Zachodnie) oraz jednostki wyżynne, jak Niecka Nidziańska, Wyżyna Lubelska i Zachodniowołyńska. Wielkość obszarów z gęstością wąwozów powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$  waha się tam w granicach od 40% (Beskid Zachodni) do 25% (Wyżyna Zachodniowołyńska). Wąwozy rozcinają od 39% (Niecka Nidziańska) do 20% (Bieszczady) użytków rolnych i od 26% (Beskidy Zachodnie), 12% (Beskidy Środkowe) do kilku procent (Niecka Nidziańska i Wyżyna Lubelska) powierzchni leśnych. Czynnikiem wąwozotwórczymi w wymienionych krainach górskich są duże opady roczne oraz duże deniwelacje i spadki terenu, a w krainach wyżynnych przewaga gleb wytworzonych z lessów i zróżnicowana rzeźba terenu.

Tabela 7

Erozja wąwozowa w Polsce w granicach administracyjnych województw

Województwo	Pow. ogólna wojew. km <sup>2</sup>	Erozja wąwozowa w stopniu												Stopień pilności zagospodarowania wąwozów								
		slabym				średnim				silnym					bardzo silnym		średnim-bardzo silnym					
		UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls		UR	Ls	UR	Ls				
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%					
Dolnośląskie	19947,8	2646,1	13,3	720,0	3,6	928,5	4,7	398,0	2,0	358,7	1,8	228,6	1,1	14,8	0,1	4,1	0,0	1302,0	6,6	630,7	3,2	3
Kujawsko-Pomorskie	17969,7	1924,8	10,7	394,8	2,2	191,7	1,1	26,7	0,1	66,6	0,4	20,3	0,1	-	-	-	-	258,3	1,4	47,0	0,3	3
Lubelskie	25114,5	1276,3	5,1	130,0	0,5	1576,8	6,3	177,8	0,7	949,5	3,8	124,4	0,5	546,4	2,2	143,5	0,6	3072,7	12,2	445,7	1,8	2
Lubuskie	13984,4	1007,6	7,2	851,6	6,1	46,8	0,3	21,0	0,2	2,3	0,0	5,5	0,0	4,7	0,0	-	-	53,8	0,4	26,5	0,2	3
Łódzkie	18219,1	527,3	2,9	96,9	0,5	109,7	0,6	9,3	0,1	18,3	0,1	4,7	0,0	-	-	-	-	128,0	0,7	14,0	0,1	3
Małopolskie	15144,1	1422,4	9,4	499,6	3,3	2756,2	18,2	952,2	6,3	1770,4	11,7	343,2	2,3	172,9	1,1	48,9	0,3	4699,5	31,0	1344,3	8,9	1
Mazowieckie	35597,8	358,6	1,0	115,1	0,3	80,4	0,2	24,0	0,1	23,7	0,1	1,0	0,0	17,7	0,0	-	-	121,8	0,3	25,0	0,1	3
Opolskie	9412,5	606,1	6,4	154,2	1,6	313,5	3,4	23,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	313,5	3,4	23,2	0,2	3
Podkarpackie	17926,3	74,3	0,4	23,2	0,1	1215,1	6,8	432,1	2,4	1835,6	10,2	634,0	3,5	168,7	0,9	23,4	0,1	3219,4	18,0	1089,5	6,1	2
Podlaskie	20179,6	515,4	2,6	177,7	0,9	18,3	0,1	1,4	0,0	5,2	0,0	4,0	0,0	-	-	-	-	23,5	0,1	5,4	0,0	-
Pomorskie	18292,9	3126,5	17,1	1053,6	5,8	609,1	3,3	156,6	0,9	7,6	0,0	0,7	0,0	-	-	-	-	616,7	3,4	157,3	0,9	3
Śląskie	12294,0	584,5	4,8	286,5	2,3	583,9	4,8	133,0	1,1	230,2	1,9	37,4	0,3	-	-	-	-	816,1	6,6	170,4	1,4	3
Świętokrzyskie	11672,3	747,2	6,4	64,8	0,6	742,7	6,4	57,5	0,5	715,6	6,1	44,5	0,4	70,9	0,6	1,1	0,0	1529,2	13,1	103,1	0,9	2
Warmińsko-Mazurskie	24203,0	6096,3	25,2	1302,5	5,4	1014,8	4,2	251,2	1,0	27,1	0,1	1,7	0,0	-	-	-	-	1041,9	4,3	252,9	1,0	3
Wielkopolskie	29825,6	1045,3	3,5	497,7	1,7	117,7	0,4	40,4	0,1	17,2	0,1	8,3	0,0	-	-	-	-	134,9	0,5	48,7	0,2	3
Zachodniopomorskie	22901,5	3023,6	13,2	1381,4	6,0	192,9	0,8	90,7	0,4	10,1	0,0	7,9	0,0	-	-	-	-	203,0	0,9	98,6	0,4	3
<b>Polska</b>	<b>312685,0</b>	<b>24982,3</b>	<b>8,0</b>	<b>7749,6</b>	<b>2,5</b>	<b>10500,1</b>	<b>3,4</b>	<b>2795,1</b>	<b>0,9</b>	<b>6038,1</b>	<b>1,9</b>	<b>1466,2</b>	<b>0,5</b>	<b>996,1</b>	<b>0,3</b>	<b>221,0</b>	<b>0,1</b>	<b>17534,3</b>	<b>5,6</b>	<b>4482,3</b>	<b>1,4</b>	<b>2</b>

Uwagi:

Do 1-go stopnia pilności zagospodarowania wąwozów w poszczególnych województwach należą powiaty:

Dolnośląskim - Jelenia Góra, Kamienna Góra, Kłodzko, Lwówek Śląski, Ząbkowice Śląskie;

Lubelskim - Janów Lubelski, Krasnystaw, Kraśnik, Lublin, Świdnik, Żamość;

Małopolskim - Bochnia, Gorlice, Kraków, Limanowa, Miechów, Mysłenice, Nowy Sącz, Proszowice, Sucha Beskidzka, Tarnów, Tatrzański, Wadowice, Wieliczka;

Opolskim - Kędzierzyn Koźle;

Podkarpackim - Bieszczadzki, Brzozów, Dębica, Jasło, Krosno, Przemyski, Ropczycko-Sędziszowski, Strzyżów;

Pomorskie - Kartuzy;

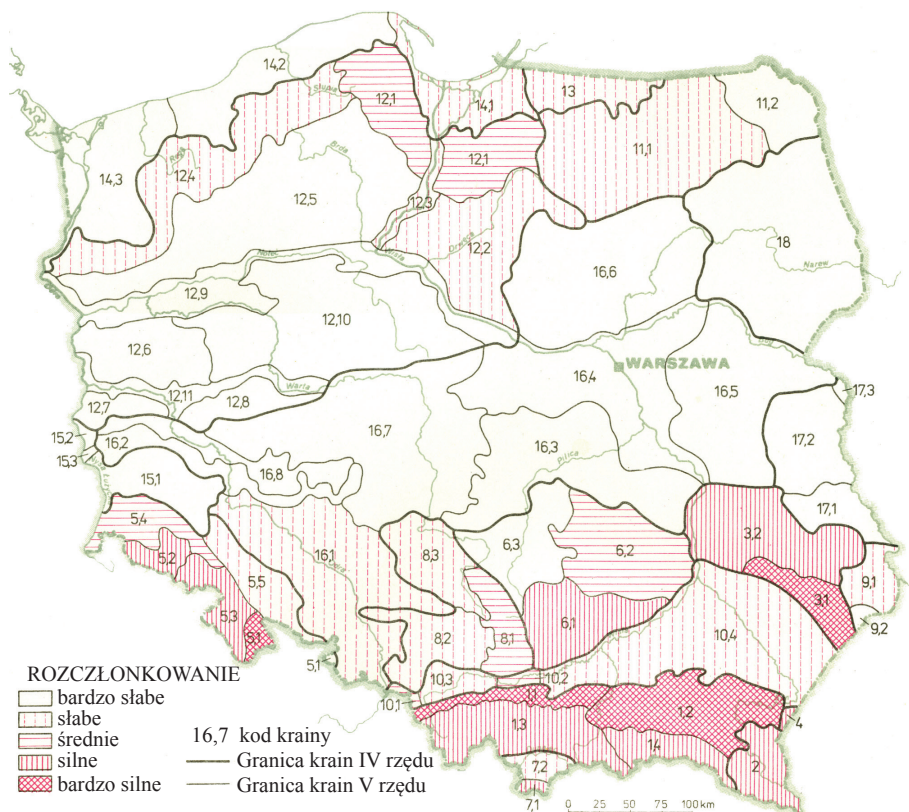
Śląskim - Cieszyń, Jastrzębie Żurój, Wodzisław;

Świętokrzyskim - Kazimierza Wielka, Ostrowiec Świętokrzyski, Pińczów, Sandomierz;

Źródło: Łózeffiak i in., 1999 (36).

Średnio rozczłonkowane wąwozami są: Pogórze Zachodniosudeckie, Kotlina Ostrawska i Brama Krakowska, Wyżyny: Krakowsko-Częstochowska i Kielecko-Sandomierska oraz Pojezierze Wschodniopomorskie. Obszary z gęstością wąwozów powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$  wynoszą tam od 23% (Kotlina Ostrawska) do 10% (Pojezierze Wschodniopomorskie). Wąwozy występują na użytkach rolniczych od 40% (Pojezierze Wschodniopomorskie, Kotlina Orawska i Pogórze Zachodniosudeckie) do około 13% (Brama Krakowska), a na gruntach leśnych od około 10% (Pojezierze Wschodniopomorskie) do 2% (Brama Krakowska, Wyżyna Kielecko-Sandomierska i Kotlina Ostrawska). Powstawaniu wąwozów sprzyjają tereny górskie, kotliny karpackie i pojezierza o zróżnicowanej rzeźbie i znacznych opadach, a na terenach wyżynnych podłoże glebotwórcze i zróżnicowana rzeźba.

Słabo rozczłonkowany wąwozami jest pozostały teren Polski środkowej. Wąwozy o gęstości powyżej  $0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$  występują w kilku krainach na powierzchni, co najwyżej do 10%, a w pozostałych sporadycznie.



Rysunek 4. Mapa zagrożenia erozją wąwozową w krainach fizjograficznych Polski

Źródło: Józefaciuk Cz. i in., 1999 (36).

Tabela 8

## Występowanie erozji wąwozowej w fizjograficznych kramach Polski

Kod	Krajina	km <sup>2</sup>	% powierzchni z erozją wąwozową o stopniu gęstości wąwozów*)												Stopecz pilności ochrony
			1		2		3		4		5		3 - 5		
			UR	ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.1	Pogórze Zachodniobeskidzkie	1895,0	0,0	0,0	4,1	0,4	34,3	6,2	17,3	1,5	3,6	0,7	55,3	8,4	1
1.2	Pogórze Środkowobeskidzkie	6515,8	0,0	0,0	0,6	0,2	15,2	3,5	26,7	4,8	2,6	0,3	44,5	8,6	1
1.3	Beskidy Zachodnie	5675,6	0,0	0,0	11,4	9,2	13,4	12,4	9,3	3,5	0,8	0,4	23,5	16,3	1
1.4	Beskidy Środkowe	2131,1	0,0	0,0	0,8	0,7	16,4	5,6	9,3	5,6	0,1	25,7	11,4	1	1
1	Zewnętrzne Karpaty Zachodnie	16217,5	0,0	0,0	4,8	3,4	17,0	7,2	17,2	4,1	1,7	0,4	35,9	11,6	1
2	Beskidy Lesiste (Beskidy Wschodnie)	2530,3	0,0	0,0	0,3	0,3	6,3	8,0	13,0	11,2	0,0	0,0	19,4	19,2	1
3.1	Roztocze	2346,2	0,1	0,2	2,9	1,0	12,1	3,2	10,1	3,2	13,2	4,3	35,4	10,7	1
3.2	Wyżyna Lubelska	7253,8	0,0	0,0	11,2	1,1	13,5	1,2	9,5	0,9	3,5	0,6	26,5	2,8	1
3	Wyżyna Wschodniomalopolska	9600,0	0,1	0,0	9,2	1,1	13,2	1,7	9,7	1,5	5,8	1,5	28,7	4,7	1
4	Płaskowyż Sańsko-Dniestrzański (Wschodnie Podkarpacie)	95,5	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0	1
5.1	Sudety Wschodnie	532,8	0,0	0,0	1,1	0,9	5,7	4,0	25,1	16,7	0,0	0,0	30,8	20,7	1
5.2	Sudety Zachodnie	1352,4	0,0	0,0	6,5	4,4	17,2	13,3	2,3	0,7	0,0	0,0	19,5	14,0	1
5.3	Sudety Środkowe	2171,7	0,2	0,1	18,5	7,6	12,4	7,3	7,4	5,6	0,0	0,0	19,8	12,9	1
5.4	Pogórze Zachodniosudeckie	2520,0	1,0	0,2	27,4	7,0	10,6	1,3	0,6	0,2	0,0	0,0	11,2	1,5	2
5.5	Przedgórze Sudeckie	2724,9	3,5	0,4	32,8	3,8	5,4	0,6	0,8	0,1	0,0	0,0	6,2	0,7	3
5	Sudety	9301,8	1,4	0,2	22,3	5,5	10,2	4,4	3,9	2,5	0,0	0,0	14,1	6,8	2
6.1	Niecka Nidziańska	4825,2	0,0	0,0	8,8	0,5	19,6	0,8	10,8	1,1	0,0	0,0	30,4	1,9	1
6.2	Wyżyna Kielecko-Sandomierska	6741,2	0,1	0,1	9,5	1,0	4,6	0,8	6,5	0,2	0,7	0,0	11,1	1,0	2
6.3	Wyżyna Przeborska	5306,7	0,2	0,1	1,4	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0
6	Wyżyna Środkowomalopolska	16873,1	0,1	0,1	6,7	0,6	7,5	0,6	5,7	0,4	0,3	0,0	13,5	0,9	2
7.1	Łańcuch Tatrzański	174,1	0,0	0,0	0,0	0,5	9,7	17,2	11,7	0,8	0,0	0,0	21,4	18,0	1
7.2	Obniżenie Orawsko-Podhalańskie	922,1	0,0	0,0	11,3	5,3	8,5	0,9	1,0	0,0	0,0	0,0	8,5	0,9	2
7	Centralne Karpaty Zachodnie	1096,2	0,0	0,0	9,5	4,6	8,7	3,5	1,9	0,1	0,0	0,0	10,6	3,6	2
8.1	Wyżyna Krakowska-	2663,4	0,0	0,0	10,3	1,4	13,8	2,0	0,4	0,0	1,6	0,4	15,8	2,4	2
8.2	Częstochowska	4292,4	0,0	0,0	7,6	4,2	6,0	0,7	2,5	0,3	0,0	0,0	8,5	1,0	3
8.3	Wyżyna Śląska	3790,4	0,0	0,0	2,5	0,3	3,8	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	3,8	0,5	3
8	Wyżyna Śląsko-Krakowska	10746,2	0,0	0,0	6,5	2,1	7,2	0,9	1,1	0,2	0,4	0,1	8,7	1,2	3



Kod	Krajina	km <sup>2</sup>	% powierzchni z erozją wąwozową o stopniu gęstości wąwozów*)															Stopecz pilności ochrony
			1		2		3		4		5		3 - 5					
			UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls	UR	Ls				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
16.1	Nizina Śląska	12961,1	0,5	0,0	4,2	1,4	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,1	3			
16.2	Wale Trzebnicki	3390,0	1,2	0,0	14,0	5,3	1,1	0,1	0,0	0,0	0,6	0,1	1,7	0,2	3			
16.3	Wzniesienie	10821,4	0,3	0,1	4,2	0,6	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2	3			
16.4	Południowomazowieckie	13012,3	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0			
16.5	Nizina Środkowomazowiecka	10698,5	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0			
16.6	Nizina Południowopodlaska	13872,0	0,6	0,1	1,9	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0			
16.7	Nizina Północnomazowiecka	17035,2	0,1	0,0	1,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0			
16.8	Nizina Południowielkopolska	3389,6	0,1	0,1	0,6	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0			
	Obniżenie Miłlicko-Głogowskie																	
16	Niziny Środkowopolskie	85181,0	0,3	0,0	2,4	0,8	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	0			
17.1	Polesie Wołyńskie	2141,3	0,0	0,0	1,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0			
17.2	Polesie Podlaskie	4676,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0			
17.3	Polesie Brzeskie	56,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0			
17	Polesie Zachodnie	6874,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0			
18	Nizina Północnopodlaska (Równiny Podlasko-Białoruskie)	15475,6	1,0	0,2	2,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0			
	Polska	312674,4	0,3	0,1	8,1	2,6	3,4	0,9	1,9	0,5	0,3	0,1	5,7	1,5	3			

Uwagi:

\*) stopnie gęstości wąwozów: 1 - 0,01-0,1 km<sup>2</sup>; 2 - 0,1 - 0,5 km<sup>2</sup>; 3 - 0,5 - 1,0 km<sup>2</sup>; 4 - 1 - 2 km<sup>2</sup>; 5 - > 2 km<sup>2</sup>;

% powierzchni UR (użytków rolnych) i Ls (lasów) z erozją wąwozową w stosunku do ogólnej powierzchni krajiny

Źródło: Józefaciuk Cz. i in., 1999 (36).

### Podsumowanie

Pionierską pracę w zakresie rozpoznania erozji wodnej wykonała A. Reniger, która opublikowała w 1948 roku rozprawę n. t. „Próba oceny nasilenia i zasięgów potencjalnej erozji gleb w Polsce” (46). Zagadnienia oceny erozji były przedmiotem szeregu następnych opracowań naukowych, we wszystkich określano strukturę erozji, lecz w różnych jednostkach przestrzennych i różnymi metodami, uwzględniając przeważnie te same podstawowe kryteria, do których należy zaliczyć klimat, glebę, i rzeźbę.

Badania przedstawione w tej pracy, oprócz rozpoznania struktury potencjalnej erozji wodnej i wąwozowej na obszarze Polski w ujęciu województw i fizjograficznych krain IV i V rzędu, umożliwiły również dokonania klasyfikacji pod względem zagrożenia i stopnia pilności przeciwoerozyjnej ochrony gleb.

Bardzo silnie zagrożone w rejonie gór są jednostki karpackie: Łańcuch Tatrzański, Beskidy, Obniżenie Orawsko-Podhalańskie. W rejonie gór, pogórzy i wyżyn silnie zagrożone są: Sudety, Pogórze Beskidzkie, Wyżyna Lubelska wraz z Roztoczem, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska wraz z Bramą Krakowską oraz Niecka Nidziańska. Pozostałe krainy regionu, takie jak Wyżyna Kielecko-Sandomierska i Zachodniowołyńska należą do średnio zagrożonych, a Wyżyna Śląska, Przedborska i Woźnicko-Wieluńska nawet do grupy krain słabo zagrożonych. Region Pojezierzy w większości pozostał średnio zagrożony erozją. Jedynie Pojezierze Augustowskie i Wschodniopomorskie należą do grupy krain silnie zagrożonych, a Pojezierze Leszczyńskie i Wielkopolskie do słabo zagrożonych.

Najbardziej rozległy region nizinny (Niziny Środkowopolskie i Sasko-Łużyckie, kotliny podkarpackie, równiny Polesia Zachodniego), to obszary słabo i bardzo słabo zagrożone. Wyjątek stanowią średnio zagrożone – Wały Trzebnickie i Kotlina Oświęcimska. W rejonie równin przymorskich dominują obszary średnio zagrożone erozją wodną (Pobrzeże Szczecińskie i Słowińskie). Słabo zagrożone jest tylko Pobrzeże Gdańskie, stanowiące około 25% całego Pobrzeża Południowobałtyckiego.

Biorąc pod uwagę strukturę zagrożenia erozją wodną powierzchniową średnią i silną oraz strukturę występowania sieci wąwozowej o wskaźniku gęstości wąwozów powyżej  $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ , najbardziej narażone są, na degradację procesami erozji wodnej następujące tereny w jednostkach administracyjnych kraju:

- województwo małopolskie – tereny wyżyn lessowych oraz tereny pogórzy i górskie w granicach powiatów: Bochnia, Gorlice, Kraków, Limanowa, Michów, Myślenice, Nowy Sącz, Proszowice, Sucha Beskidzka, Tarnów, Tatrzański, Wadowice;
- województwo podkarpackie – tereny pogórzy i górskie w granicach powiatów: Bieszczadzki, Brzozów, Dębica, Jasło, Krosno, Przemyśl, Ropczycko-Sędziszowski, Strzyżów;
- województwo lubelskie – tereny wyżynne w granicach powiatów: Janów Lubelski, Krasnystaw, Kraśnik, Lublin, Świdnik, Zamość;

- województwo świętokrzyskie – tereny wyżynne i górskie w granicach powiatów: Kazimierza Wielka, Ostrowiec Świętokrzyski, Sandomierz;
- województwo dolnośląskie – tereny górskie w granicach powiatów: Jelenia Góra i Kłodzko;
- województwo śląskie – tereny górskie w granicach powiatów: Cieszyn, Jastrzębie Zdrój i Wodzisław Śląski.

We wszystkich wymienionych powiatach występuje pierwszy stopień pilności ochrony i przeciwdziałania erozji wodnej powierzchniowej i erozji wąwozowej.

### Literatura

1. C a r t e r M. R.: Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. *Can. J. Soil Sci.*, 1990, **70**: 425-433.
2. C a r t e r M. R., W h i t e R. P., I v a n y J. A.: Characterizing macropore continuity and aeration in fine sandy loams in tillage studies. *Proc. of 13th International Conference ISTRO: Soil Tillage for Crop Production and Protection of the Environment*, 1994, **I**: 7-12.
3. C z y ż E. A., D e x t e r A. R.: Turbidity. In: *Encyclopedia of Agrophysics*. Glinski J. Horabik J. Lipiec J. (Eds.) Springer Verlag, Heidelberg The Netherlands, 2011: 938-940.
4. C z y ż E. A.: Wpływ zagęszczenia gleb mineralnych w różnych warunkach uwilgotnienia na ich aerację, potencjał oksydoredukcyjny i zawartość azotu azotanowego i amonowego. *Wyd. IUNG Puławy*, 1992, **R (300)**: 53-68.
5. C z y ż E. A., S t a n e k - T a r k o w s k a J., D e x t e r A. R., D ę b o w s k a H.: Wpływ różnych systemów uprawy roli na stabilność gleb w wodzie. *Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z Siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego Oddział w Rzeszowie*. 2010. **13**: 37-39.
6. C z y ż E. A., T o m a s z e w s k a J., D e x t e r A. R.: Response of spring barley to changes of compaction and aeration of sandy soil under model conditions. *Int. Agrophysics*, 2001, **15/1**: 9-12.
7. C z y ż E. A., D e x t e r A. R.: Prediction of the effects of tillage in relation to soil organic matter content. In: *Selected problems of soil tillage systems and operations*. Borowski P.F., Klimkiewicz M., Powalka M. (Eds.). Faculty of Production Engineering. Warsaw University of Life Sciences, WEMA Warsaw 2010: 11-21.
8. C z y ż E. A.: Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. *Soil and Tillage Research*, 2004, **79(2)**: 153-166.
9. C z y ż E. A., D e x t e r A. R.: Soil crumbling during tillage as a function of soil organic matter content. *Int. Agrophysics*, 2011, **25(3)**: 215-221.
10. C z y ż E. A., D e x t e r A. R.: Soil physical properties as affected by traditional, reduced and no-tillage for winter wheat. *Int. Agrophysics*, 2009, **23(4)**: 319-326.
11. C z y ż E. A., D e x t e r A. R.: Wpływ zagęszczenia na jakość fizyczną gleb. *Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z Siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego Oddział w Rzeszowie*. 2010, **13**: 27-29.
12. C z y ż E. A., D e x t e r A. R., D ę b o w s k a H.: Ocena oddziaływania na zróżnicowanych systemów uprawy roli na stabilność pyłu ilastego w uprawie pszenicy ozimej. *Referaty i doniesienia. II Konferencja Nauk. nt. Agrofizyka w inżynierii produkcji i ochronie środowiska*. PTA, Krasiczyn, 15-17 września 2010: 47-48.
13. C z y ż E. A., D e x t e r A. R., G a ę t e O. P.: Determination of soil stability in relation to ecological agriculture. In: *Selected problems of soil tillage systems and operations*. Borowski P.F., Klimkiewicz M., Powalka M. (Eds.). Faculty of Production Engineering. Warsaw University of Life Sciences, Warsaw 2010: 22-34.

14. Czyż E. A., Dexter A. R., Stanek-Tarkowska J., Dębowska H.: Oddziaływanie systemów uprawy roli na właściwości i jakość fizyczna wybranych gleb. Referaty i doniesienia. II Konferencja Nauk. nt. „Agrofizyka w inżynierii produkcji i ochronie środowiska”. PTA, Krasiczyn, 15-17 września 2010: 49-51.
15. Czyż E. A., Gajda A. M.: Zmiany parametrów jakości i żyzności gleby brunatnej właściwej pod wpływem stosowania konserwujących systemów uprawy roli. W: Nowe trendy w Agrofizyce, Wyd. Nauk. FRNA Lublin, 2008: 58-59.
16. Czyż E. A., Kukier U.: The effect of soil bulk density and water content on soil aeration, nitrogen forms and barley yield. *Fragmenta Agron.*, 1997, **2A/97**: 163-166.
17. Czyż E. A., Stanek-Tarkowska J., Dexter A. R., Dębowska H.: Wpływ konserwującej uprawy roli na kształtowanie właściwości fizycznych gleby pylastej w rejonie Podkarpacia. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, 2009, **543**: 12-24
18. Dexter A. R., Czyż E. A.: Soil physical quality and the effects of management. In: *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*. Wilson M.J., Maliszewska-Kordybach B. (Eds.), 2000, Series 2, Environment Security, vol. 69. Kluwer, Dordrecht, pp. 153-165.
19. Dexter A. R., Czyż E. A., Gałę O. P.: Soil structure and the saturated hydraulic conductivity of subsoils. *Soil and Tillage Research*, 2004, **79**: 185-189.
20. Dexter, A. R., Czyż, E. A.: Application of S-theory in the study of soil physical degradation and its consequences. *Land Degradation and Development*, 2007, **18**: 369-381.
21. Dexter A. R., Czyż E. A., Niedźwiecki J.: Water run-off as affected by the distributions of values of hydraulic conductivity of the soil. *Annual Review of Agricultural Engineering*, Warsaw, 2004, **3(1)**: 87-96.
22. Dexter A. R., Richard G., Czyż E. A., Davy J., Hardy M., Duval O.: Clay dispersion from soil as a function of antecedent water potential. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2011, **75(2)**: 444-455.
23. Domżał H., Hodara J.: Physical properties of three soils compacted by machine wheels during field operations. *Soil and Tillage Research*, 1991, **19(2-3)**: 227-235.
24. Dylkowa A.: *Geografia Polski. Krainy Geograficzne*. Państw. Zakład Wyd. Szkol. 1973.
25. Dzienia St., Karnaś E., Sosnowski A. Porównanie systemów uprawy roli w zmianowaniu zbożowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1988, **356**: 149-156.
26. Fournier F.: *Climat et erosion*. Presse Univ., de France, Paris. 1960.
27. Gajda A. M., Czyż E. A., Dexter A. R. Effect of tillage system on some physical and microbiological indicators of soil quality”. *Book of Abstract. AQL ‘Agrophysics for Quality of Life’ International Conference* Institute of Agrophysics, Lublin, Poland, 31 May-3 June 2011: 24-25.
28. Håkansson I, Lipiec J.: A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil and Tillage Research*, 2000, **53**: 71-85.
29. Jadczyzyn J., Niedźwiecki J.: Relation of saturated hydraulic conductivity to soil losses. *Polish Journal of Environmental Studies.*, 2005, **14(4)**: 431-435.
30. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Próba oceny zagrożenia gruntów w Polsce erozją wietrzną. *Pam. Puł.*, 1979, **71**: 12-21.
31. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., Barbaś S., Budzyńska K.: Metoda opracowania mapy potencjalnej erozji wodnej gleb w Polsce. *Rocz. Gleb.* 1985, t. **XXXVI**, **1**: 177-183.
32. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Gęstość sieci wąwozowej w fizjograficznych krainach Polski. *Pam. Puł.*, 1992, suplement do zeszytu 101: 5-23.
33. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski. *Pam. Puł.*, 1992, suplement do zeszytu **101**: 23-50.
34. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: *Erozja agroekosystemów*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. 1995: 168.

35. J ó z e f a c i u k Cz., J ó z e f a c i u k A.: Erozja i melioracje przeciwoerozyjne. Biblioteka Monitoringu Środowiska. 1996: 144.
36. J ó z e f a c i u k A., J ó z e f a c i u k Cz. Ochrona gruntów przed erozją. Biblioteka Monitoringu Środowiska. 1999, ss. 109.
37. J ó z e f a c i u k Cz., J ó z e f a c i u k A., N o w o c i e ń E.: Ocena zagrożeń gleb erozją wraz z oceną skutków gospodarczych i środowiskowych oraz kierunki działań zaradczych. M O Ś Z N i L. 1999: 82.
38. K o n d r a c k i J.: Typologia i regionalizacja środowiska przyrodniczego. Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze, PWN, 1991: 128.
39. L i p i e c J., H å k a n s s o n I., T a r k i e w i c z S., K o s s o w s k i J.: Soil physical properties and growth of spring barley related to the degree of compactness of two soils. Soil and Tillage Research, 1991, **19**: 307–317.
40. L i p i e c J., K u ś J., S ł o w i ń s k a - J u r k i e w i c z A., N o s a l e w i c z A.: Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. Soil and Tillage Research, 2006, **89**: 210-220.
41. M a c h u l M.: Wpływ przedsięwzięcia przygotowania roli na plonowanie kukurydzy uprawianej w pięcioletniej monokulturze. Pam. Puł., 1995, **106**: 47-62.
42. M a l i c k i L., P o d s t a w k a - C h m i e l e w s k a E.: Wpływ systemu uprawy roli na wilgotność wierzchniej warstwy rędziny. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195 Agricultura, 1999, **74**: 15-23.
43. M a r u s z c z a k H.: Warunki geologiczno-geomorfologiczne rozwoju erozji gleb w południowej części województwa lubelskiego. Wiad. Inst. Melior., 1963, **4**: 19-44.
44. P a b i n J., L i p i e c J., W ł o d e k S., B i s k u p s k i A., K a u s A.: Critical soil bulk density and strength for pea seedling root growth as related to other soil factors. Soil and Tillage Research, 1998, **46**: 203-208.
45. P u d e ł k o J., W r i g h t D. L., Ś p i t a l n i a k J.: Wybrane poglądy na uproszczenia uprawowe w południowo-wschodnich stanach USA. Roczn. AR Pozn. CCLXXXV, 1996, **48**: 85-99.
46. R e n i g e r A. : Próba oceny nasilenia i zasięgów potencjalnej erozji gleb w Polsce. Roczn. Nauk. Rol., 1950, **54**.
47. R o s z e k W., R a d e c k i A., O p i c J.: Możliwość zastosowania siewu bezpośredniego w warunkach Polski Centralnej. Konf. Naukowa: Siew bezpośredni w teorii i praktyce. Szczecin-Barzkwice, 1995: 21-26.
48. Ś l u s a r c z y k E., C z y ż E. A., T o m a s z e w s k a J.: Wpływ przejazdów kół ciągnika na wybrane właściwości fizyczne gleby i plonowanie jęczmienia jarego. IUNG Puławy, 1992, R **300**: 1-69.
49. S t ę p n i e w s k i W., G l i ń s k i J., B a l l B. C.: Effect of compaction on soil aeration properties. In: Developments in Agricultural Engineering 11: Soil Compaction and Crop Production. Soane B.D., van Ouwerkerk, C.(Eds.), Elsevier Science BV, Amsterdam, 1994: 167-189.
50. S t ę p n i e w s k i W., S t ę p n i e w s k a Z., P r z y w a r a G., B r z e z i ń s k a M., W ł o d a r c z y k T., V a r a l l a y G. Relations between aeration status and physical parameters of some selected Hungarian soils. Int. Agrophysics, 2000, **14**: 439-447.
51. T o l l e n a a r M., L e e E. A. : Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Res., 2002, **75**: 161-170.
52. V i s i t i u O., C z y ż E. A., D e x t e r A. R.: Soil physical quality – theory and applications for arable soils. SITECH Publications, Craiova. Romania, 2000, 166.
53. W a w e r R., N o w o c i e ń E., P o d o l s k i B.: Real and calculated erodibility factor for selected polish soils. Polish Journal of Environmental Studies, 2005, Vol. **14**, **5**: 655-658.
54. W a w e r R., P o d o l s k i B., N o w o c i e ń E.: Analiza zmian użytkowania w zlewni potoku Grodarz w kontekście zagrożenia erozją wodną powierzchniową z wykorzystaniem systemów GIS i teledetekcji. 2004, Pam. Puł., **137**: 163-175.

55. W o j t a s i k M.: Wpływ gęstości gleb na ich użyteczną retencję wodną. Woda – Środ. Wiejskie, 2002, **2(5)**: 119-128.
56. Y o u n g I. M., R I t z K.: Tillag , habitat space and function of soil microbes. Soil and Tillage Research, 2000, **53**: 201-213
- 

Adres do korespondencji:

*dr inż. Eugeniusz Nowocień*  
*Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów*  
*IUNG-PIB*  
*ul Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel.:81 886 43 21 w. 308*  
*e-mail:nowocien@iung.pulawy.pl*