

Ocena odporności środowiska przyrodniczego wschodniej części Garbu Tenczyńskiego na wybrane formy antropopresji

An assessment of the environmental resilience to selected
human impacts on the example of the eastern part of the Tenczyn Ridge

Ewelina Mocior

Zakład Geografii Fizycznej, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: ewelina.mocior@uj.edu.pl

Abstract. The aim of the study was to assess the environmental resilience of the Tenczyn Ridge. Three types of human impact were chosen for analysis: pollution (in general), water erosion and groundwater pollution. The results show a great diversity of resilience on the relatively small area. It is determined by the diversity of the environment. However, the resilience to every type of pressure is different. For that reason the human activity should be adjusted to specific properties of the natural environment.

Słowa kluczowe: podatność, zanieczyszczenia, erozja, wody podziemne

Key words: environmental vulnerability, pollution, erosion, groundwater

Wprowadzenie

Ocena odporności środowiska przyrodniczego na degradację jest istotna z punktu widzenia planowania przestrzennego, ponieważ umożliwia zachowanie najbardziej podatnych na oddziaływania antropogeniczne obszarów. Wiedza na temat zróżnicowania odporności krajobrazu w przestrzeni daje podstawę do podejmowania optymalnych decyzji planistycznych, minimalizujących wpływ człowieka na środowisko przyrodnicze. W niniejszej pracy odporność jest rozumiana zgodnie z definicją Tracza (2004), jako zdolność środowiska do zachowania wewnętrznej równowagi, mimo naruszenia jej przez czynniki o przeciwstawnych właściwościach, zarówno pochodzenia naturalnego, jak i antropogenicznego.

Celem pracy jest ocena odporności środowiska wschodniej części Garbu Tenczyńskiego na wybrane formy antropopresji i procesy degradacyjne spowodowane działalnością człowieka: zanieczyszczenia środowiska, erozję wodną oraz zanieczyszczenia wód podziemnych. Powyższe formy antropopresji zostały wybrane do badań ze względu na ich duży wpływ na stan środowiska tego obszaru.

Dotychczas oceny odporności były wykonywane stosunkowo rzadko. Do oceny potencjalnej ilości strat gleby na skutek erozji wodnej stosowana jest metoda R-USLE (Revised-Universal Soil Loss Equation) (Tracz 2004, Yoe-qing i in. 2009), natomiast do oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia wykorzystuje się metodę DRASTIC (Trent 1991, Żurek i in. 2002). Własne metody do oceny odporności na zanieczyszczenia

obszaru młodoglacjalnego zaproponowali W. Nowicki (1992) i E. Malinowska (2004). Metody te nie znalazły jednak szerszego zastosowania w planowaniu przestrzennym.

Obszar badań

Badaniami objęto wschodnią część mezoregionu Garbu Tenczyńskiego zbudowaną ze skał węglanowych, pokrytych piaskami fluwioglacjalnymi i lessami. Jest to pasmo wzgórz wznoszących się do wysokości 350-380 m n.p.m. W ich szczytowych partiach zachowały się fragmenty paleogeńskiej powierzchni zrównania. Charakterystycznymi elementami rzeźby tego obszaru są głęboko wcięte doliny z odcinkami przełomowymi. Na ich zboczach wznoszą się formy skałkowe zbudowane z wapieni górnourajskich (Gradziński i in. 1994). Dominują gleby brunatne i płowe wykształcone na lessach. Mniejszy udział mają rędziny i gleby bielcowe (Strzemiński 1954).

W utworach węglanowych znajduje się górnourajski zbiornik wód podziemnych GZWP 326 Częstochowa E (Żurek i in. 2002). Garb Tenczyński odwadniają rzeki przyrzecza Wisły oraz ich dopływy: Sanka wraz z dopływami Brzoskwinka i potokiem Rudno, Regulica z Brodłą oraz Rudawa.

Szata roślinna Garbu Tenczyńskiego jest w dużym stopniu przekształcona przez człowieka. Wśród zbiorowisk leśnych dominuje grąd subkontynentalny (*Tilio-Carpinetum*) oraz buczyna karpacka (*Dentario glandulosae-Fagetum*) i storczykowa (*Carici-Fagetum cephalantheretisum*). Ubogie piaszczyste podłoże zajmują bory mieszane (m.in. *Pino Quercetum*). Na podłożu węglanowym duży udział mają ciepłe zarośla typu *Corylus avellana-Peucedanum cervaria*. Wychodnie wapieni pokrywają murawy naskalne, m.in. zespół kostrzewy bladej (*Festucetum pallentii*) (Pelc 1985). Znaczną część obszaru zajmują pola uprawne, lecz pewna ich część podlega renaturalizacji w wyniku zaniechania corocznych upraw (Dubiel, Kozak 2004). Dużą część Garbu Tenczyńskiego obejmuje Tenczyński Park Krajobrazowy. Ustanowiono tu również rezerваты przyrody: Skała Kmity, Dolina Mnikowska i Zimny Dół.

Do badań szczegółowych wybrano obszar testowy – górną część zlewni rzeki Brzoskwinki – o cechach środowiska reprezentatywnych dla całego badanego obszaru (Gradziński i in. 1994).

Materiały i metody

Na obszarze testowym przeprowadzono kartowanie fizycznogeograficzne metodą Z. Czepe i K. German (1978), wydzielając geokompleksy rangi uroczysk. Zebrane w terenie dane zostały uzupełnione o informacje odczytane z map: topograficznej (2000), hydrograficznej (2002), sozologicznej (1995) i glebowo-rolniczej. Wydzielone geokompleksy posłużyły jako pola podstawowe do dalszych analiz.

Poszczególne cechy geokompleksów decydujących o odporności przyznano rangi punktowe (1-10) oraz wagi (1-5). Tereny zabudowane wyłączono spod analizy. W ocenie odporności środowiska na zanieczyszczenia uwzględniono parametry (tab. 1), które dobrano na podstawie publikacji: German (1997), Kowalczyk (1997) i Lechnio (1997). W ocenie lasów uwzględniono skład drzewostanu. Na podstawie pracy A. Jagusiewicza (1981) do rodzajów odpornych zaliczono: buk (*Fagus*), grab (*Carpinus*) i jesion (*Fraxinus*), a do mało odpornych: olchę (*Alnus*), klon (*Acer*), dąb (*Quercus*), brzozę (*Betula*) i topolę (*Populus*). Doboru parametrów do oceny odporności na erozję wodną (tab. 1) dokonano bazując na metodzie RUSLE (Yoe-ying i in. 2009) oraz publikacjach Dobrzańskiego i in. (1953), Ziemińskiego (1978), Prochala i in. (2005) i Tracza (2004). Oceny odporności wód podziemnych na zanieczyszczenia dokonano dostosowując do tego celu metodę DRASTIC (tab. 2), opracowaną przez Allera i in. (1987).

Tab. 1. Kryteria oceny odporności na zanieczyszczenia wód podziemnych z podaniem (a) rang punktowych i (b) współczynników wagowych

Table 1. Guidelines on environmental resilience assessment to groundwater pollution with ranks (a) and weight indexes (b)

Cechy geokompleksów		a	b
Gatunek gleb	lly	10	5
	Pyły	6	
	Piaski	1-4 ¹	
	Rędziny	4	
	gleby szkieletowe/brak	1	
Nachylenie [°]	0-3	1	3
	3-6	2	
	6-10	3	
	10-15	5	
	15-25	6	
	25-35	9	
	>35	10	
Głębokość do zwierciadła wody gruntowej	0,0-1,5	1	5
	1,5-4,5	2	
	4,5-9,0	3	
	9,0-15,0	5	
	15,1-22,0	7	
	22,0-30,0	9	
	>30	10	
Rodzaj warstwy wodonośnej	ośrodki krasowe	1	3
Strefa aeracji	lly	10	4
	pyły	7	
	piaski	2	
	ośrodki krasowe	1	
Współczynnik filtracji warstwy wodonośnej (cm/s)	>0,1	1	3
	0,05-0,1	2	
	0,033-0,05	4	
	0,015-0,033	6	
	0,005-0,015	8	
	0,00005-0,005	10	

¹piaski luźne – 1, piaski słabo gliniaste – 2, piaski gliniaste lekkie – 3, piaski gliniaste mocne – 4

Wyniki

Rezultatem zastosowania powyższych metod było przypisanie geokompleksom wartości punktowych, określających ich odporność na analizowane formy antropopresji. Na tej podstawie wydzielono klasy odporności (tab. 3). Klasy te określają względną odporność, wyznaczając jedynie jej zróżnicowanie w obrębie obszaru testowego (ryc. 1-3).

Tab. 2. Kryteria oceny odporności środowiska na zanieczyszczenia (1) i erozję wodną (2) z podaniem (a) rang punktowych i (b) współczynników wagowych

Table 2. Guidelines on environment resilience assessment to environmental pollution (1) and erosion (2) with ranks (a) and weight indexes (b)

Cechy geokompleksów		1		2			
		a	b	a	b		
Kwasowość gleb	Zasadowe	10	2	-	-		
	słabo kwaśne	5					
	Kwaśne	1					
Gatunek gleb	lly	10	5	10	5		
	Pyły	8		1			
	Piaski	1-4 ¹		5			
	Rędziny	4		7			
	gleby szkieletowe/brak	1		10			
Forma terenu	formy linijne	1	3	1	3		
	stoki	5		5			
	obszary płaskie	10		10			
Nachylenie [°]	0-3	10	3	10	5		
	3-6	8		8			
	6-10	6		6			
	10-15	5		5			
	15-25	3		3			
	25-35	2		2			
	>35	1		1			
Długość stoku [m]	<25	-	-	10	2		
	25-50			9			
	50-100			8			
	100-200			6			
	200-300			5			
	300-500			3			
	500-1000			2			
	>1000			1			
Pokrycie terenu	L	6	4	10	5		
	a					liściasty z dominacją drzew odpornych na SO ₂ i O ₃	10
	s					liściasty z dominacją drzew mało odpornych na SO ₂ i O ₃	8
	zbirowisko trawiaste	4		7			
	zbirowisko krzewiaste	5		8			
	sad	6		8			
	pole uprawne	2		2			
	droga	1		1			
Sposób uprawy/ mikroformy	terasy rolnicze	-	-	10	1		
	Orka w poprzek stoku			7			
	orka wzdłuż stoku			1			
	rozcięcia erozyjne			1			
	brak mikroform			5			

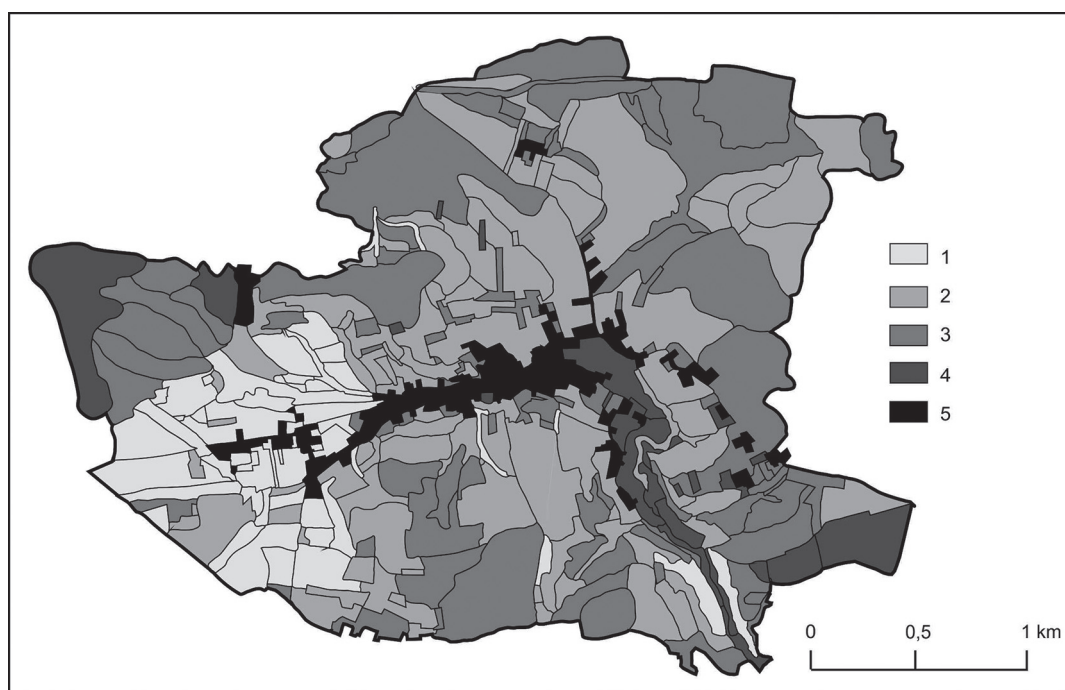
¹piaski luźne – 1, piaski słabo gliniaste – 2, piaski gliniaste lekkie – 3, piaski gliniaste mocne – 4

Tab. 3. Klasy odporności geokompleksów badanego obszaru
Table 3. Classes of the environmental resilience in the study area

Klasy odporności środowiska	Formy antropopresji [liczba punktów]		
	Zanieczyszczenia	Erozja wodna	Zanieczyszczenia wód podziemnych
1 – bardzo mało odporne	47-75	54-80	65-80
2 – mało odporne	76-100	81-110	81-95
3 – średnio odporne	101-125	111-140	96-110
4 – odporne	126-150	141-172	111-130

Analiza odporności środowiska przyrodniczego na obszarze testowym na określone w celach formy antropopresji pozwala wyciągnąć wnioski na temat odporności całego badanego obszaru (wschodniej części Garbu Tenczyńskiego).

Najmniejszą odpornością na zanieczyszczenia środowiska charakteryzują się geokompleksy obejmujące formy o największym nachyleniu na badanym obszarze (stoki, zbocza, doliny erozyjne, holwegi), na glebach piaszczystych (kwaśnych) lub słabo rozwiniętym profilu glebowym, zajmowane przez pola uprawne, łąki lub nieużytki. Uroczyska o najmniejszej odporności na zanieczyszczenia są położone na obszarze zalegania piasków fluwioglacjalnych w południowo-zachodniej części obszaru testowego (ryc. 1). Brak lasów w strukturze użytkowania również sprzyja dyspersji zanieczyszczeń (Kowalczyk 1997, Lechnio 1997). Największą odporność wykazują geokompleksy charakteryzujące się jednocześnie niewielkim nachyleniem (wierzchowiny,

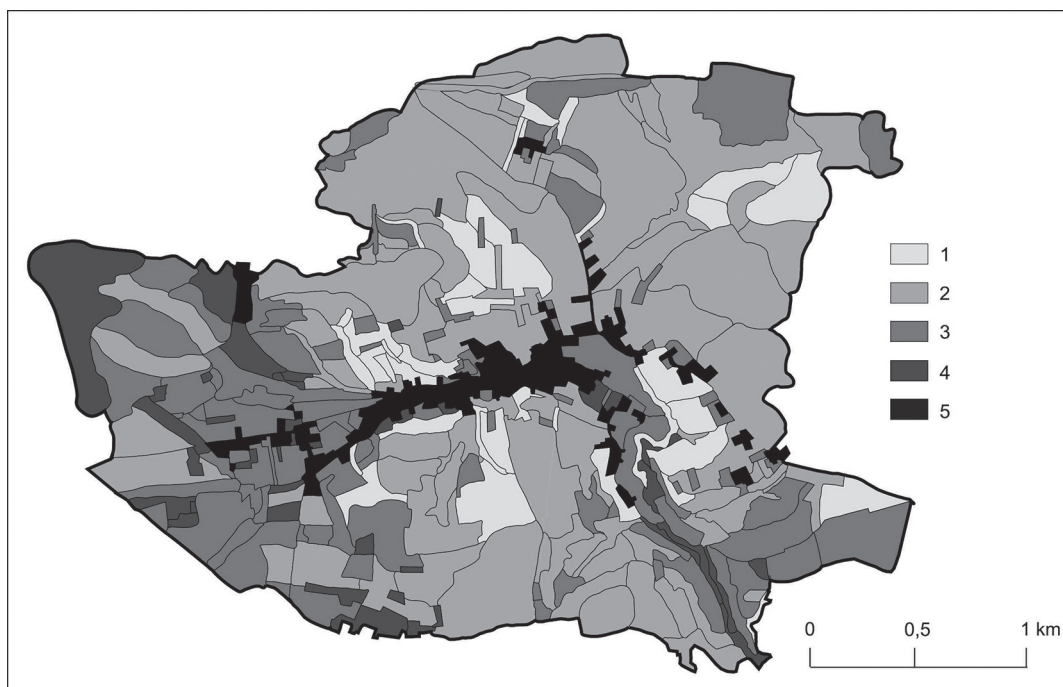


Ryc. 1. Odporność środowiska przyrodniczego Doliny Brzozkwinki na zanieczyszczenia; 1-4 – klasy odporności (tab. 3), 5 – obszary zabudowane

Fig. 1. Environmental resilience of Brzozkwinka Catchment to pollution; 1-4 – classes of resilience (Table 3), 5 – built-up areas

splaszczania stoków, dno doliny), glebami pylastymi, użytkowane leśnie lub trwale zadarnione. Stąd też obszary o największej odporności to strefa wododzielna (płaskie, często zalesione obszary wierzchołków) oraz dno doliny.

Najbardziej zagrożone erozją wodną są niezalesione formy linijne (m.in. holwegi) wyerodowane w glebach lessowych oraz geokompleksy na stokach o stosunkowo dużym nachyleniu, również cechujące się glebami pyłowymi, użytkowane jako grunty orne. Obszary mało i bardzo mało odporne zajmują przeważającą powierzchnię na obszarze testowym (ryc. 2). Z kolei największą odpornością na erozję wodną cechują się geokompleksy leśne o niewielkim nachyleniu. W podłożu najbardziej odpornych uroczysk występują gleby piaszczyste (brunatne wylugowane i kwaśne) lub rędziny szkieletowe. Są to głównie zalesione wierzchołki i stoki w zachodniej części obszaru testowego oraz terasy rzeczne w dnie doliny. W zlewni Brzoskwinki dominują obszary mało odporne na erozję wodną, ponieważ na większości stoków występuje podatna na splukiwanie

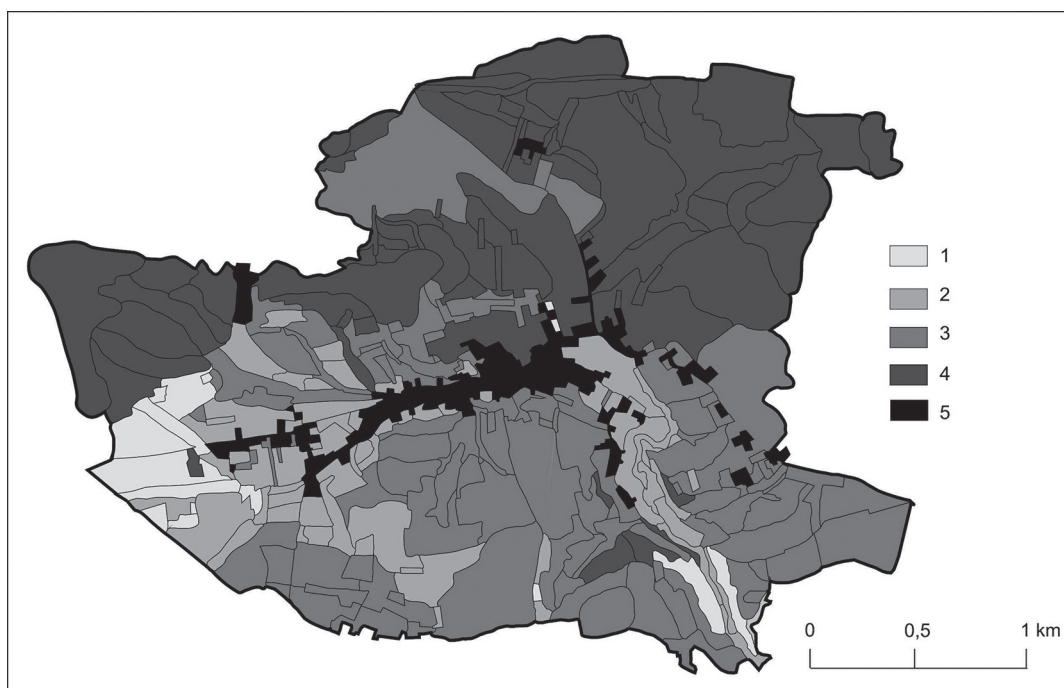


Ryc. 2. Odporność środowiska przyrodniczego Doliny Brzoskwinki na erozję wodną; 1-4 – klasy odporności (tab. 3), 5 – obszary zabudowane

Fig. 2. Environmental resilience of Brzoskwinka Catchment to water erosion; 1-4 – classes of resilience (Table 3), 5 – built-up areas

pokrywa lessowa. Wrażliwość na erozję znacząco zwiększa również rolniczy sposób użytkowania (Dobrzański i in. 1953, Ziemnicki 1978).

Obszary najbardziej podatne na zanieczyszczenie wód podziemnych (ryc. 3) to geokompleksy o zróżnicowanym nachyleniu. Są to przede wszystkim wychodnie wapieni, które cechuje brak gleb lub obecność rędzin szkieletowych, a także miejsca występowania utworów piaszczystych o wysokiej przepuszczalności. Zwykle, aczkolwiek nie zawsze, geokompleksy o płytkim zwierciadle wód podziemnych charakteryzują się niską odpornością na zanieczyszczenia tych wód. Zlewnia Brzoskwinki (jak również znaczna część Garbu Tenczyńskiego) cechuje się wysokim współczynnikiem filtracji warstwy wodonośnej: $0.001-0.1 \text{ cm s}^{-1}$ i powyżej 0.1 cm s^{-1} (Mapa hydrograficzna 1995), co decyduje o niskiej odporności na tę formę antropopresji. Najwyższą odporność na infiltrację zanieczyszczeń wykazują geokompleksy o stosunkowo dużej głębokości



Ryc. 3. Odporność środowiska przyrodniczego Doliny Brzoskwinki na zanieczyszczenia wód podziemnych; 1-4 – klasy odporności (tab. 3), 5 – obszary zabudowane

Fig. 3. Environmental resilience of Brzoskwinka Catchment to groundwater pollution; 1-4 – classes of resilience (Table 3), 5 – built-up areas

do zwierciadła wód podziemnych, w miejscach gdzie strefę aeracji tworzą lessy (północna część obszaru testowego).

Dyskusja

Na podstawie analizy 30 opracowań ekofizjograficznych przygotowanych dla obszarów różnych gmin (lub ich części) stwierdzono, iż fragment dotyczący odporności rzadko jest sporządzony w sposób zadowalający. W wielu ocenach odporności środowiska (23 spośród przeanalizowanych opracowań) brakuje odniesień do określonych obszarów na terenie danej jednostki administracyjnej. Odporność omawiana jest ogólnie, bez uwzględniania konkretnych form antropopresji, lub wybiórczo – z rozpatrzeniem tylko niektórych zagrożeń ze strony człowieka (29). Zaledwie w 13. z analizowanych dokumentów podano uzasadnienie wskazywanego stopnia odporności.

Jedyną metodą oceny odporności stosowaną w analizowanych opracowaniach było wnioskowanie na podstawie cech fizycznogeograficznych środowiska. Zwykle jednak nie uwzględniano licznych uwarunkowań odporności, a jedynie niektóre z nich. Zdarzają się również przypadki niezrozumienia tego terminu oraz mylenia go z terminami „stan” i „zagrożenie” środowiska.

Zaproponowana metoda pozwala w stosunkowo prosty sposób uzyskać przestrzenny obraz zróżnicowania odporności na danym obszarze. Wymaga jednak uprzedniego wydzielenia uroczysk jako pól podstawowych do dalszych analiz. Korzyścią wynikającą z zastosowania takich jednostek jest jednorodność cech środowiska w ich obrębie, a zatem również odporności na antropopresję. Wadą metody jest czasochłonność wydzielenia geokompleksów. Jak postulował P. Tracz (2004), do oceny odporności środowiska można zastosować

techniki GIS. Wyniki takich analiz pozbawione są jednak odniesienia do naturalnych jednostek przyrodniczych, które mogą stanowić jednocześnie podstawę planowania przestrzennego.

Wnioski

Wyróżnione geokompleksy wykazują duże zróżnicowanie pod względem odporności środowiska. Również odporność tych samych uroczysk jest różna w zależności od tego, jaki czynnik antropogeniczny podlega analizie, dlatego też nie można ocenić odporności środowiska w sposób kompleksowy.

Mając na uwadze poziom odporności środowiska badanego obszaru, należy podjąć działania zmierzające do ograniczenia wpływu człowieka na terenach najmniej odpornych. Obszary najbardziej podatne na erozję (m.in. stoki o największym nachyleniu) należy wyłączyć z użytkowania ornego. Zaleca się orkę poprzecznie do nachylenia oraz terasowanie stoków. Na obszarach o najmniejszej zdolności do zatrzymywania i neutralizacji zanieczyszczeń, zwłaszcza tam, gdzie następuje szybka infiltracja, powinno się unikać lokalizacji przedsięwzięć, które wiążą się z wprowadzaniem dużych ilości zanieczyszczeń do środowiska.

Do oceny odporności środowiska w opracowaniach ekofizjograficznych dotychczas nie przykładano należytej uwagi, autorka postuluje więc, aby szersze zastosowanie znalazły bardziej szczegółowe metody takich analiz.

Literatura:

- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R.J., Hackett G. 1987. DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings, NWWA/EPA Series, EPA-600/2-87-035.
- Czeppe Z., German K. 1978. Metoda kartowania fizycznogeograficznego, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 45, s. 123-140.
- Dobrzański B., Malicki A., Ziemiński S. 1953. Erozja gleb Polski, Państw. Wyd. Rol. i Leś., Warszawa.
- Dubiel E., Kozak M. 2004. Wtórna sukcesja roślinności na opuszczonych użytkach rolnych południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. W: Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Tom 1. Przyroda, Ojców, s. 243-246.
- German K. 1997. Wybrane cechy środowiska przyrodniczego jako podstawa ekorozwoju. Problemy Ekologii Krajobrazu, t. 1, UW, Polska Asocjacja Krajobrazu, Warszawa, s. 49-52.
- Gradziński M., Gradziński R., Michalik S. 1994. Natura i kultura w krajobrazie Jury. Przyroda, Wyd. Zespół Jurajskich Parków Krajobrazowych, Kraków.
- Gradziński R. 1993. Mapa geologiczna obszaru krakowskiego bez utworów czwartorzędowych i lądowych utworów trzeciorzędowych, Instytut Nauk Geologicznych PAN, Kraków.
- Jagusiewicz A. 1981. Powietrze – człowiek – środowisko, Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza, Warszawa.
- Kowalczyk A. 1997. Odporność naturalnych krajobrazów na różne typy przekształceń. Problemy Ekologii Krajobrazu, t. 1, ZGWGiSR UW, Warszawa, s. 45-48.
- Lechnio J. 1997. Koncepcja kompleksowej oceny zagrożenia środowiska województwa płockiego. Problemy Ekologii Krajobrazu, t. 1, ZGWGiSR UW, Warszawa, s. 36-44.
- Mapa glebowo-rolnicza 1:25000, gmina Zabierzów, KBGiTR, Kraków
- Mapa hydrograficzna 1:50 000. Arkusz M-34-64-C Krzeszowice. 1995. GEOPOL, Poznań.
- Mapa sozologiczna 1:50 000. Arkusz M-34-64-C Krzeszowice. 2002. GEOPOL, Poznań.
- Mapa topograficzna 1:10 000, 2000, ark. M-34-64-C-b-3 Nawojowa Góra, M-34-64-C-b-4 Rudawa, M-34-64-C-d-2 Czulów, OPGK, Kraków.
- Nowicki W. 1992. Ocena zagrożenia środowiska przyrodniczego w strefie oddziaływania Mazowieckich Zakładów Rafineryjnych i Petrochemicznych w Płocku. Prace i Studia Geograficzne, 14, s. 67-81.
- Pelc S. 1985. Badania nad roślinami naczyniowymi Garbu Tenczyńskiego. W: B. Adamczyk (red.) Zagrożenia i ochrona środowiska przyrodniczego. Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej 13, s. 139-196.
- Prochal P., Maślanka K., Koreleski K. 2005. Ochrona środowiska przed erozją wodną, Wyd. AR w Krakowie, Kraków, ss. 126.
- Strzemski M. 1954. Gleby województwa krakowskiego, Przegląd Geograficzny, 26 (4), s. 54-101.

- Tracz P. 2004. Metody oceny odporności środowiska przyrodniczego na degradację z wykorzystaniem technik GIS, *Problemy Ekologii Krajobrazu*, Kielce, s. 277–285.
- Trent V. 1991. 'DRASTIC' mapping to determine the vulnerability of ground-water to pollution. W: Hatcher K. (red.) *Proceeding of the Georgia Water Resources Conference*, Athens, s. 17-19.
- Yoe-qing X., Jian P., Xiao-mei S. 2009. Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS: a case study of the Maotiao River watershed, Guizhou Province, China, *Environ. Geol.*, 56, s. 1643-1652.
- Ziemnicki S. (red.) 1978. *Erozja wodna*, Państw. Wyd. Rol. i Leś., Warszawa, ss. 216.
- Żurek A., Witczak S., Duda R. 2002. Ocena podatności szczelinowych zbiorników wód podziemnych na zanieczyszczenie. W: H. Rubin, K., Rubin, A. J. Witkowski (red.). *Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie*. Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 22, Wyd. UŚ, Sosnowiec, s. 9-18.

