

ANALIZA PRZESTRZENNA SIECI DRÓG ROLNICZYCH NA PRZYKŁADZIE OBSZARU ZLEWNI CIEKU MIELNICA

SPATIAL ANALYSIS OF RURAL ROAD NETWORK: THE CASE OF MIELNICA WATER COURSE BASIN

Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy

Słowa kluczowe: drogi rolnicze, rzeźba terenu, analiza przestrzenna
Keywords: rural roads, terrain relief, spatial analysis

Wstęp

Zmiana układu dróg rolniczych w rzeźbie terenu oraz utwardzanie ich nawierzchni i budowa urządzeń odwadniania powierzchniowego stanowią istotny element melioracji przeciwoerozyjnych i formowania poprawnego rozłogu gruntów na terenach erodowanych (Józefaciuk i in., 1996, 1999, 2000; Nowocień, 1999, 2003; Wawer, 2004; Ziemnicki, 1968).

Właściwie wytyczone i utwardzone drogi, oprócz roli typowo gospodarczej, dają również efekt ochrony przed erozją, rozpraszając spływ powierzchniowy bądź odprowadzając nadmiar wód opadowych. Literatura naukowa zaleca lokalizację dróg rolniczych poprzecznie do kierunku spadku terenu (Nowocień 1997, 1999, 2003). Z punktu widzenia ochrony przeciwoerozyjnej jest to teza słuszna. Długoletnie obserwacje wykazały, że najbardziej podatne na rozmycie są drogi wzdłuż- i skośnostokowe oraz drogi w dnach dolinek śródboczowych, gdzie intensywność spływu powierzchniowego jest dużo większa niż na przyległych stokach, osiągając wartości dostatecznie wysokie by wzbudzić rozwój żłobin, co w konsekwencji prowadzi do powstawania różnych form wąwozów (Nowocień, 1996, 2003). Dynamika zagłębiania się dróg rolniczych w terenach lessowych Wyżyny Lubelskiej sięga od 4,5 do 9,0 cm/rok (Nowocień, 1996). Drogi rolnicze stanowią główne źródło osadów trafiających do polskich rzek (Froehlich, Słupik, 1980; Sterkel, 1980).

Prawidłowe urządzenie układu sieci dróg rolniczych jest podstawowym elementem zrównoważonego krajobrazu rolniczego, przy czym w chwili obecnej zarówno stan techniczny dróg, jak również ich lokalizacja w rzeźbie terenu są w skali kraju bardzo słabo rozpoznane.

W artykule przedstawiono studium sieci dróg rolniczych wykonane według opracowanej w Puławskim Ośrodku Badań Erozyjnych przy IUNG-PIB w Puławach, metodyki oceny podstawowych parametrów sieci dróg rolniczych w oparciu o cyfrowe dane przestrzenne i systemy GIS.

Materiały i metody

Metoda

Studium opiera się na 2 wskaźnikach, opisujących stan istniejącej sieci dróg rolniczych:

- wskaźniku układu dróg rolniczych w rzeźbie terenu (IARRR – *Indicator for the Arrangement of Rural Roads in Relief*) oraz
- wskaźniku pilności utwardzania nawierzchni i umacniania urządzeń odwadniania powierzchniowego dróg rolniczych o nawierzchni gruntowej (UHRR – *Urgency of Hardening Rural Roads*).

Wskaźnik IARRR (Wawer, 2004) określa położenie międzywęzłowych odcinków dróg rolniczych w rzeźbie terenu i wyrażony jest jako kąt pomiędzy odcinkiem drogi gruntowej i warstwicą. W pracy wykorzystano metodę pośrednią wyznaczania wskaźnika IARRR opierającą się na porównaniu azymutu odcinka drogi do wystawy stoku, która została zaimplementowana do programu ArcView GIS. Wystawa danej komórki DEM rozumiana jest jako najkrótsza droga w dół stoku do komórki sąsiedniej (Geiger, 2001; Wawer, 2004). Wartości rastra wystawy stoków reprezentują geograficzny kierunek wystawy: 0° stanowi północ, 90° reprezentuje wschód itd.

Zwektoryzowane odcinki międzywęzłowe dróg rolniczych o nawierzchni gruntowej dzieli się wstępnie na odcinki przez przecięcie konturami, uzyskanymi z DEM o interwale wysokości wynoszącym 5 m. Przyjęto uproszczenie, że tak wygenerowane odcinki dróg rolniczych mają jednorodny spadek podłużny. Dla każdego odcinka drogi oblicza się wartość azymutu (Geiger, 2001) oraz, poprzez nałożenie warstwy wystawy stoków, wartość wystawy centralnego punktu odcinka drogi. Na dwóch wymienionych zmiennych przeprowadza się szereg operacji arytmetycznych uzyskując wartość bezwzględną kąta pomiędzy odcinkiem drogi a linią wystawy, która jest z definicji prostopadła do warstwic. Po ostatecznej transformacji otrzymuje się kąt płaski pomiędzy warstwicą a odcinkiem drogi gruntowej, stanowiący wartość liczbową wskaźnika IARRR (Wawer, 2004).

Wskaźnik UHRR wyróżnia klasy pilności utwardzania nawierzchni gruntowej i wprowadzania urządzeń odwadniania powierzchniowego dróg rolniczych. Metoda wyznaczania wskaźnika UHRR opiera się na porównaniu spadków podłużnych dróg rolniczych oraz klasą wysadzinowości gruntu zalegającego w drodze. Metoda wyróżnia cztery stopnie pilności utwardzania nawierzchni dróg gruntowych: 1) bardzo pilne, 2) pilne, 3) umiarkowanie pilne, 4) wskazane lokalnie.

Pełna reguła decyzyjna jest przedstawiona w tabeli 1.

Podobnie jak w metodzie IARRR wektorowa warstwa przestrzenna zawierająca zdigitalizowaną sieć dróg rolniczych zostaje przecięta warstwicami o cięciu 5 m, uzyskanymi z DEM. Powstałe odcinki dróg zostają poddane operacjom cięcia i operacji „geomatchingu” poligonową warstwą przestrzenną reprezentującą pokrywę glebową. Wykorzystując rozszerzenie ArcView GIS „Surface Tool for Points, Polylines and Polygons” (Jennes, 2001) oblicza się spadki podłużne odcinków dróg rolniczych. Następnie wykonuje się operacje arytmetyczne odpowiadające regule decyzyjnej wyznaczania wskaźnika UHRR (tab. 1) uzyskując mapę pilności utwardzania nawierzchni i umacniania urządzeń odwadniania powierzchniowego sieci dróg rolniczych.

Tabela 1. Reguła decyzyjna wyznaczania wskaźnika UHRR

Spadek podłużny drogi [%]	Kategoria wysadzinowości gleby (gruntu) zalegającej w podłożu	Wskaźnik UHRR
<4	niewysadzinowe: żwir piaszczysty (żp), piasek luźny (pl), utwory kredowe, skała krystaliczna, skała osadowa, skała lita (sk), rumosz skalny (r)	4
	wątpliwe: piasek luźny pylasty (plp), piasek słabogliniasty (ps), piasek słabogliniasty pylasty (psp), piasek gliniasty lekki (pgl), piasek gliniasty lekki pylasty (pglp), żwir gliniasty (żg)	4
	mało wysadzinowe: glina piaszczysta (gp), glina piaszczysta pylasta (gpp), glina lekka (gl), glina lekka pylasta (glp), glina średnia (gs), less i utwory lessowate (l), less i utwory lessowate ilaste (li), il pylasty (ip), il (i), rędzina węglanowa, rędzina gipsowa, rędzina lekka (l), rędzina średnia (s), rędzina ciężka (c)	4
	bardzo wysadzinowe: piasek gliniasty mocny (pgm), piasek gliniasty mocny pylasty (pgmp), glina średnia pylasta (gsp), glina ciężka (gc), glina ciężka pylasta (gcp), glina bardzo ciężka (gbc), pył piaszczysty (płp), pył zwykły (płz), pył gliniasty (plg), pył ilasty (plł), mada bardzo lekka (bl), mada lekka (l), mada średnia (s), mada ciężka (c), mada bardzo ciężka (bc)	4
4-8	niewysadzinowe	4
	wątpliwe	3
	mało wysadzinowe	2
	bardzo wysadzinowe	1
8-12	niewysadzinowe	3
	wątpliwe	2
	mało wysadzinowe	1
	bardzo wysadzinowe	1
>12	niewysadzinowe	1
	wątpliwe	1
	mało wysadzinowe	1
	bardzo wysadzinowe	1

Obszar badań

Badania zostały wykonane w latach 2003–2005 na obszarze testowym, stanowiącym zlewnię potoku Mielnica o typowo rolniczym charakterze, charakterystycznym dla lessowych obszarów Dolnego Śląska. Obszar zlewni o powierzchni 6,7 km² charakteryzuje się względnie jednorodną pokrywą glebową składającą się z utworów pylastych i bogatą rzeźbą terenu. Warunki naturalne, szczególnie długie strome stoki sprzyjają powstawaniu różnorodnych form erozyjnych: żłobin, kotłów, wąwozów. Istniejąca sieć dróg rolniczych o długości około 20 km podlega intensywnemu pogłębieniu i degradacji w okresie roztopów i letnich nawałnic.

Dane źródłowe

Podstawę analiz stanowił Cyfrowy Model Zlewni Mielnicy, składający się z różnych grup danych przestrzennych, utworzonych poprzez digitalizację i cyfrowe przetworzenie następujących map analogowych (Wawer, 2003):

- mapy topograficznej w skali 1:10 000,
 - mapy glebowo-rolniczej w skali 1:5000,
 - lotniczej ortofotomapy z nalotu FAO 1996 o rozdzielczości przestrzennej równej 1 m.
- Przetworzenie danych analogowych do postaci cyfrowej obejmowało następujące etapy:
- digitalizację na ekranie monitora sieci dróg rolniczych i publicznych na zeskanowanej mapie topograficznej w programie ArcView GIS 3.2, weryfikowanych na zeskanowanej ortofotomapie lotniczej,
 - digitalizację na ekranie monitora poligonów glebowych na zeskanowanej mapie glebowo-rolniczej,
 - digitalizację na ekranie monitora warstw i punktów wysokościowych z użyciem rozszerzenia ArcView „Stream digitalization”,
 - interpolację warstw i punktów wysokościowych do pliku DEM o rozdzielczości przestrzennej 10 m z wykorzystaniem metody TOPOGRID w systemie Arc/INFO 7.1 (Hutchinson, 1989).

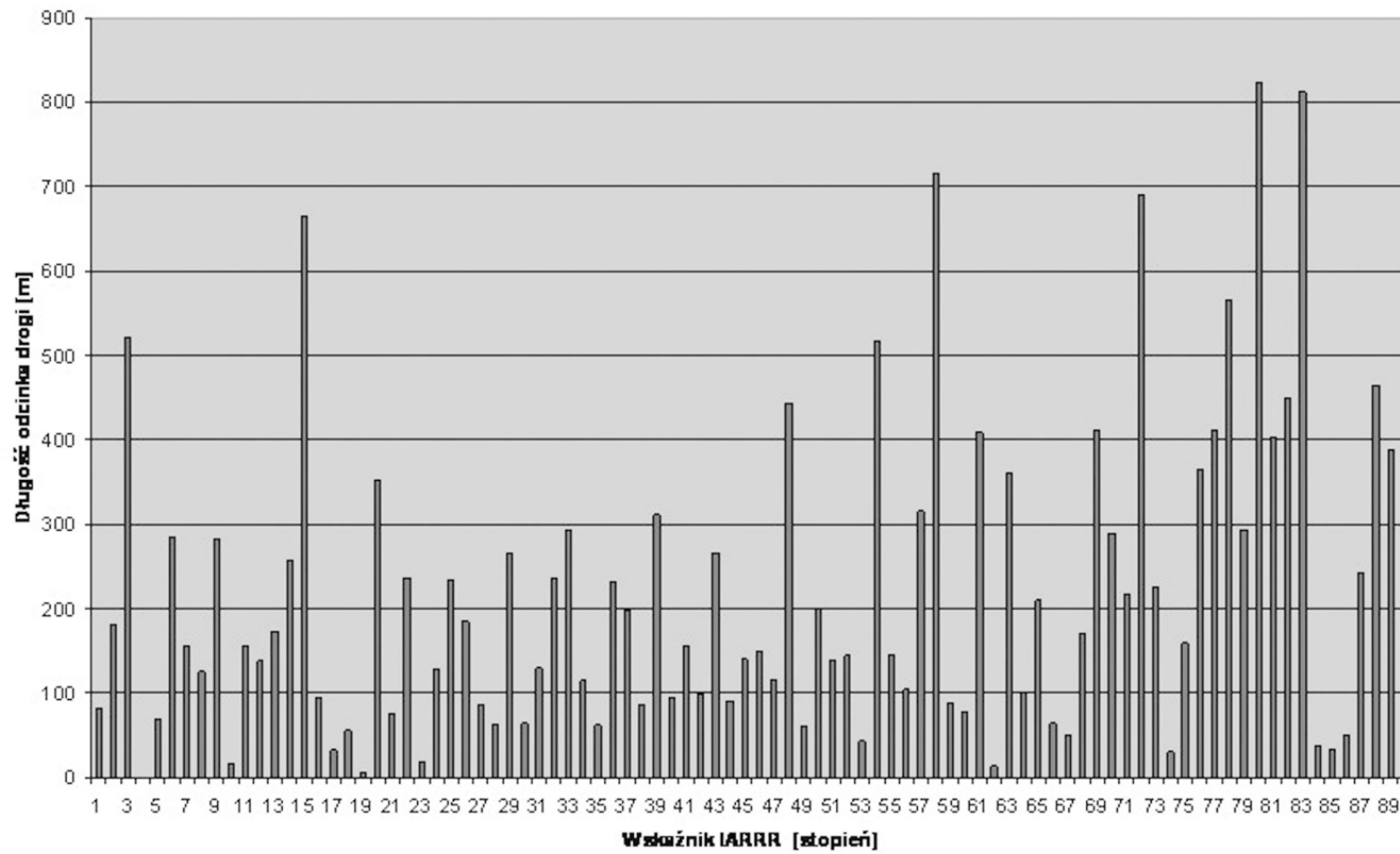
Wyniki

Wskaźnik IARRR

Wyniki wskazują na niekorzystną strukturę położenia sieci drogowej w rzeźbie terenu (tab. 2). Łączna długość odcinków wzdłużstokowych przekracza 3 km, przy czym stwierdzono łączną długość dróg o idealnie wzdłużstokowym układzie na poziomie 205 m. Łączna długość dróg o korzystnym układzie poprzecznostokowym wynosi 1873 m, w tym idealnie przeciwstokowych tylko 81 m. Szczegółowe wyniki pokazane są na rysunkach 1 i 2.

Tabela 2. Układ dróg rolniczych w rzeźbie terenu w oparciu o wskaźnik IARRR dla obszaru zlewni Mielnicy

IARRR	Układ dróg w rzeźbie	Długość dróg	
		m	%
0	idealnie poprzecznostokowy	81	0,4
0–10	poprzecznostokowy	1873	9,5
11–80	ukośny do stoku	14746	74,8
81–90	wzdłużstokowy	3033	15,6
90	idealnie wzdłużstokowy	205	1,0
Suma		19702	100



Rys. 1. Rozkład liczebności wskaźnika IARRR dla sieci dróg rolniczych w zlewni potoku Mielnica

Wskaźnik UHRR

Wyniki przedstawione w tabeli 3 wskazują na bardzo duży udział odcinków dróg wymagających pilnych działań ochronnych w formie utwardzania nawierzchni oraz tworzenia bądź umacniania urządzeń odwadniania powierzchniowego. Około 50% dróg rolniczych zlokalizowanych w zlewni Mielnicy wymaga pilnej względnie bardzo pilnej ingerencji. Szczegółowe wyniki analiz pokazano na rysunku 3.

Tabela 3. Układ dróg rolniczych w rzeźbie terenu w oparciu o wskaźnik UHRR dla obszaru zlewni Mielnicy

UHRR	Potrzeba utwardzania nawierzchni i umacniania urządzeń odwadniania powierzchniowego dróg rolniczych	Długość dróg	
		m	%
1	bardzo pilna	2757,6	14,0
2	pilna	7033,8	35,7
3	umiarkowanie pilna	0,0	0,0
4	wskazana lokalnie	9910,1	50,3
Suma		19702,0	100,0

Dyskusja wyników

Wyniki analizy z użyciem wskaźnika IARRR wskazują na generalnie niekorzystny układ dróg rolniczych w rzeźbie terenu na obszarze zlewni potoku Mielnica. Udział poprawnie zlokalizowanych dróg wynosi zaledwie 15,6%. W przypadku przyszłych scaleń bądź repara-celacji, struktura sieci drogowej na badanym obszarze powinna zostać przebudowana w kierunku likwidacji wzdłużstokowych odcinków dróg rolniczych i zmniejszeniu udziału dróg skośnostokowych. (Nowocień 1997, 1999).

Podobnie niekorzystny wynik dała analiza z wykorzystaniem wskaźnika UHRR. Około 50% odcinków dróg wymaga pilnej ochrony, w tym aż 14% dróg wymaga bardzo pilnej ochrony.

Porównanie wyników analiz przestrzennych dla wskaźników IARRR i UHRR uzyskane dla obszaru zlewni Mielnicy z rekonesansem terenowym wskazują na poprawność użytych metod w odwzorowaniu stanu dróg rolniczych. Drogi o wysokim wskaźniku UHRR podlegały rozmyciu i zagłębieniu, szczególnie intensywnemu na drogach o skośnostokowym układzie.

Podkreślić należy, że przedstawione metody pozwalają względnie szybko uzyskać informację przestrzenną niezbędną do efektywnego podejmowania decyzji w zarządzaniu krajo-brazem rolniczym, wskazując na najbardziej zagrożone degradacją odcinki dróg. Właściwe wyznaczenie odcinków dróg rolniczych wymagających zabiegów ochronnych, a w skraj-nych przypadkach ponownego wytyczenia, poprawia stan sieci dróg rolniczych w sposób ekonomicznie korzystny, ponieważ pozwala na efektywną alokację dostępnych środków według pilności ochrony.

Literatura

- Foehlich W., Słupik J., 1980: Land roads as a source of water and sediment income to watercourse. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 225, pp. 257-268.
- Geiger J., 2001. Line.FromandToAz script, version 2.5. Manual, p. 2
- Hutchinson M. F., 1989: A New Procedure for Gridding Elevation and Stream Line Data With Automatic Removal of Spurious Pits. *Journal of Hydrology* 106, pp. 211-232.
- Jenness J., Surface Tools for Points, Lines and Polygons (v. 1.2) Manual, p. 22 http://www.jennessent.com/arcview/surface_tools.htm
- Józefaciuk C., Nowocień E., Wawer R., 2000: Sytuowanie dróg w terenach erodowanych. *Folia Univesitatis Agriculturae Stetinensis. Z 217 Agric.* 87, s. 77-80.
- Józefaciuk C., Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R., 2002: Przeciwerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania powodzi. Monografie i Rozprawy Naukowe, Wyd. IUNG, z. 4, s. 69.
- Józefaciuk C., Józefaciuk A., 1996: Erozja i melioracje przeciwerozyjne. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, s. 144.
- Józefaciuk C., Józefaciuk A., 1999: Ochrona gruntów przed erozją. Wydawnictwo IUNG, Puławy, s. 109.
- Nowocień E., 1996: Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych. *Pam. Puł.*, z. 107, s. 101-111.
- Nowocień E., 1997: Specyfika planowania dróg rolniczych w terenach erodowanych, Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, z. 312, s. 209-216.
- Nowocień E., 1999: Badania nad planowaniem i projektowaniem wybranych elementów dróg rolniczych na wyżynnych obszarach chronionego krajobrazu, *Pam. Puł.*, z. 119, s. 93-100.
- Nowocień E., 2003: The Study of Planning And Designing Some Elements of Agricultural Roads Located Within Upland Protected Areas. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Civil Engineering Series* Vol. 6, Issue 2, <http://www.ejpau.media.pl/series/volume6/issue2/civil/art-03.html>
- Starkel L., 1980: Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 235, s. 103-118.
- Wawer R., 2003: Zastosowanie cyfrowego modelu zlewni potoku Grodarz dla celów zagospodarowania przeciwerozyjnego. Rozprawa doktorska, IUNG, s. 91.
- Wawer R., 2004: An Indicator for Estimating Arrangement of Rural Roads in Terrains Relief and Its Digital Implementation in GIS on the Example of Grodarz Stream Watershed. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Civil Engineering Series.* Vol. 7, Issue 2
- Ziemiński S., 1968: Melioracje przeciwerozyjne. PWRiL, Warszawa, s. 360.

Summary

In strongly eroded areas a considerable part of rural roads turn into road ravines, which is caused first of all by improper localization (arrangement) of roads in relief. Therefore the arrangement of rural roads in relief and hardening of the surface of dirt roads is one of the most important components in shaping agricultural production space in eroded areas. Proper identification of rural road sections requiring protective measures or, in extreme cases, outlining them a new improves the network of rural roads in an economic way, because it allows an effective allocation of available resources according to protection urgency.

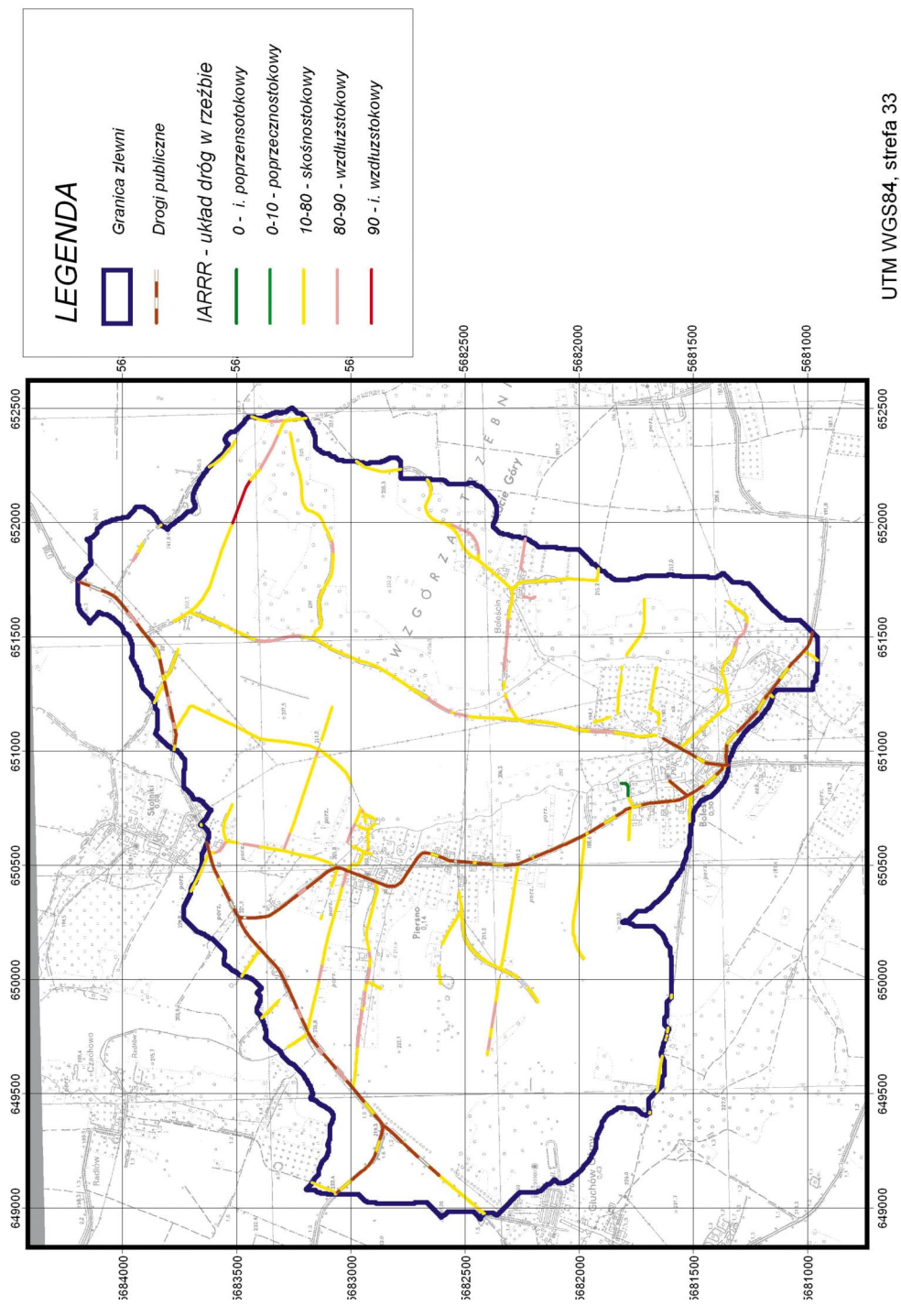
The paper is a study of an arrangement of road network in relief and of urgency of their protection with the use of the following indices: IARRR (Indicator for the Arrangement of Rural Roads in Relief) and UHRR (Urgency of Hardening Rural Roads) in the area of Mielnica water course basin. The analysis was performed on digital spatial data with GIS. The results of the research show a big share of road

with unfavourable parameters and indicate an urgent need to introduce protective actions on the investigated area. Field research confirmed the results of spatial analysis based on IARRR and UHRR indices.

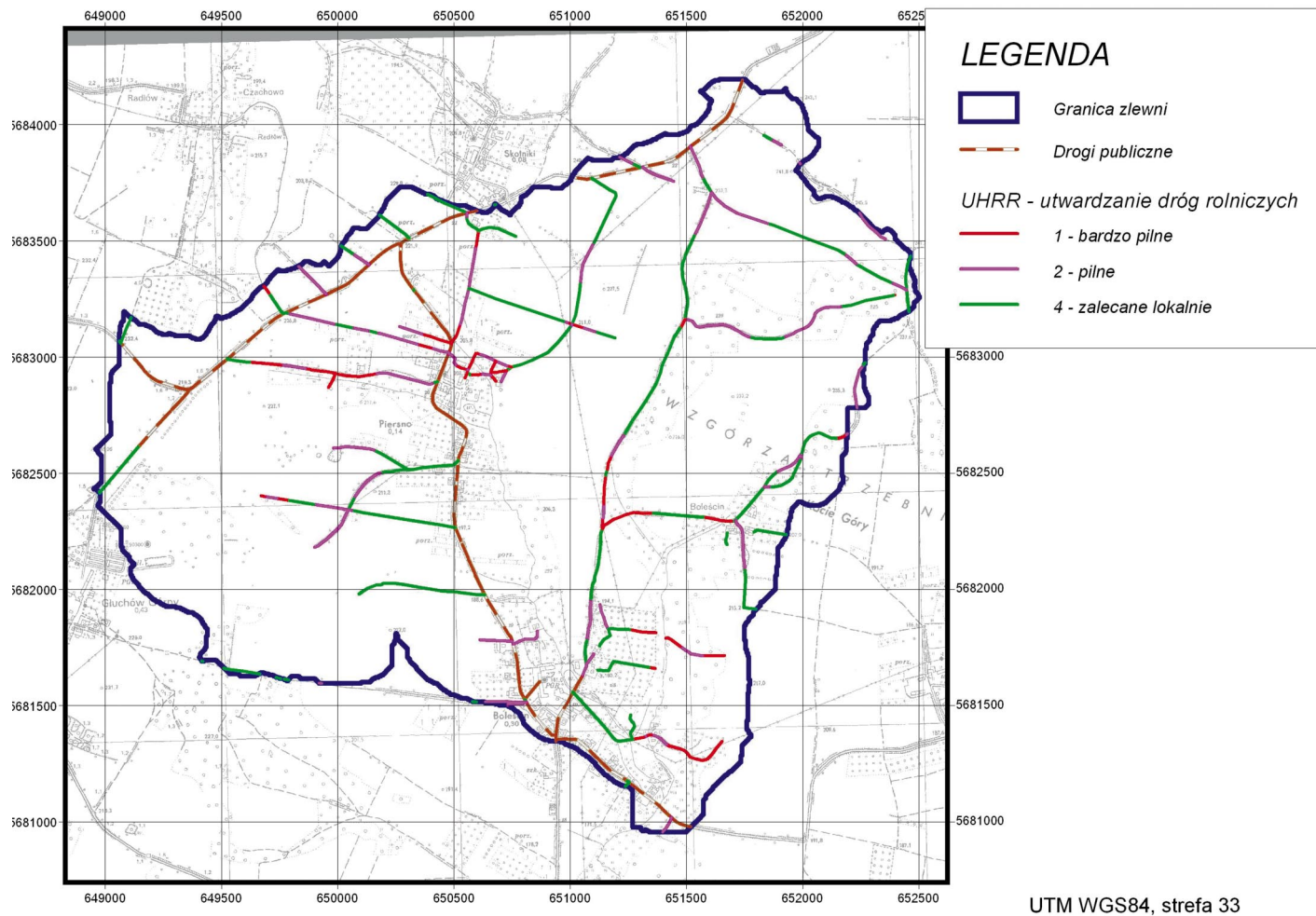
dr inż. Eugeniusz Nowocien
nowocien@iung.pulawy.pl

dr inż. Rafał Wawer
Rafal.Wawer@iung.pulawy.pl

www.erozja.iung.pulawy.pl
tel. (081) 886 34 21



Rys. 2. Wskaźnik IARRR dróg rolniczych w zlewni potoku Mielnica



Rys. 3. Wskaźnik UHRR dróg rolniczych w zlewni potoku Mielnica