

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXVI, 2

SECTIO B

2011

Zakład Geologii i Ochrony Litosfery, Instytut Nauk o Ziemi UMCS*
Pracownia Geograficznych Systemów Informacyjnych, Instytut Nauk o Ziemi UMCS**
Urząd Wojewódzki w Lublinie***

RENATA KOŁODYŃSKA-GAWRYSIAK*, LESZEK GAWRYSIAK**
ANDRZEJ BUDZYŃSKI***, ZBIGNIEW GARDZIEL*

*Wąwozy drogowe Wyżyny Lubelskiej i Roztocza oraz sposoby
ich zabezpieczania przed procesami niszczącymi*

Road gullies of the Lublin Upland and Roztocze region and methods of their protection
against destruction

Słowa kluczowe: wąwóz drogowy, erozja, zabezpieczenia przeciwerozyjne, Wyżyna Lubelska,
Roztocze

Key words: road gully, erosion, anti-erosive protection, Lublin Upland, Roztocze region

WSTĘP

W obszarach lessowych o urozmaiconej rzeźbie znaczna część dróg grun-
towych przekształca się w wąwozy drogowe (Ziemnicki, Naklicki 1971; Józefaciuk,
Józefaciuk 1969). Powstają one na skutek oddziaływania erozji i spłukiwa-
nia, ukierunkowanych wzdłuż dróg przebiegających po stokach (Rodzik, Gardziel
2004). W polskiej literaturze erozyjnej nazywa się je także wcięciami lub zagłę-
bionymi drogami (Starkel 1980, Froehlich, Słupik 1980), a także głębocznicami
(Reniger 1950; Bury-Zaleska, Pięta 1968). Wąwozy drogowe najczęściej mają
postać pojedynczych, prostolinijnych form, przebiegających w obrębie zboczy. W
przeciwieństwie do wąwozów naturalnych rozcinających dna suchych dolin oraz
niecek denudacyjnych głębocznice bardzo często rozwijają się w obrębie form

wypukłych typu garbów międzydolinnych, które są dogodne dla komunikacji. Najczęściej są to formy płytkie, ale w sprzyjających warunkach osiągają znaczne rozmiary – kilkaset metrów, a nawet ponad 1 km długości i do 5 m głębokości (Gardziel, Rodzik 2000; Kołodyńska-Gawrysiak 2007).

Wąwozy drogowe mają istotne znaczenie w komunikacji lokalnej oraz jako drogi dojazdowe do pól. Pełnienie tych podstawowych funkcji jest poważnie utrudnione, a nierzadko wręcz niemożliwe z powodu rozwoju erozji dna oraz niszczenia zboczy głęboznic. Skala tych zjawisk bywa niekiedy tak duża, że drogi te okresowo są nieprzejezdne (Gardziel, Rodzik 2000, 2001). Kolejnym ważnym problemem związanym z funkcjonowaniem wąwozów drogowych jest zagrożenie dla terenów położonych poniżej ujścia tych form. Obszary te okresowo są zamulane przez materiał wyerodowany z dna głęboznic, a następnie wynoszony poza obręb tych form. Jak wykazują badania z okolic Kazimierza Dolnego, jednorazowo każda z tego typu form może dostarczać nawet kilkadziesiąt metrów sześciennych namulów. Zagrożone są przez to gospodarstwa położone w pobliżu wylotów głęboznic oraz drogi utwardzone, które w związku z tym wymagają oczyszczania po kilka razy w roku (Gardziel, Rodzik 2000). Niezbędne zatem wydaje się podejmowanie działań mających na celu zabezpieczenie wąwozów drogowych przy jednoczesnym utrzymaniu ich dotychczasowej funkcji.

WSPÓŁCZESNA AKTYWNOŚĆ WĄWOZÓW DROGOWYCH

Rozwój wąwozów drogowych zachodzi na skutek oddziaływania procesów erozyjnych w obrębie dna oraz suffozji, obrywania i osuwania materiału z ich zboczy. Intensywność tych procesów wzrasta zwłaszcza podczas opadów nawalnych oraz gwałtownych roztopów. Dna wąwozów drogowych są niszczone w wyniku rozwoju erozji liniowej (fot. 1). Jej efektem są bruzdy erozyjne, których rozwój w szybkim tempie prowadzi do pogłębiania opisywanych form. W obrębie zboczy wąwozów drogowych rozwijają się głównie procesy osuwiskowe, obrywanie oraz osypywanie materiału ze stromych, często niemal pionowych ścian (fot. 2). Zachodzą tu także procesy suffozyjne. Wypłukiwanie materiału i związane z nim tworzenie się kanałów suffozyjnych powoduje destabilizację zboczy, wspomagając tym samym rozwój wspomnianych wyżej procesów niszczących (fot. 3). Powstałe w efekcie tych procesów formy: bruzdy erozyjne, zerwy ziemne i osuwiska, utrudniają komunikację i stanowią zagrożenie dla użytkowników dróg. Na aktywizację procesów geomorfologicznych w obrębie zboczy wąwozów drogowych wpływają także zabiegi konserwacyjne przy użyciu ciężkiego sprzętu. Zabiegi te prowadzą do podcinania zboczy wąwozów, a w konsekwencji – rozwoju osuwisk oraz obrywania całych pakietów lessu. Skrawanie nawierzchni drogi prowadzi ponad-



Fot. 1. Bruzda erozyjna rozcinająca dno wąwozu drogowego w rejonie miejscowości Dobre
Erosion rill dissecting the bottom of the road gully near Dobre



Fot. 2. Osuwiska na zboczu wąwozu drogowego w rejonie Rogowa
Landslides on the slope of the road gully near Rogów

to do powstania cienkiej warstwy luźnego, łatwo usuwanego przez splukiwanie materiału, co wspomaga erozję dna (Kołodzyńska-Gawrysiak, Pajdowski 2007). Wełnianie dróg gruntowych w podłoże zachodzi już przy nachyleniu $2-3^\circ$, a gwałtownie wzrasta, gdy spadek podłużny drogi wynosi $5-6^\circ$ (Nowocień 1996). Rozwój opisywanych form przebiega często bardzo dynamicznie,



Fot. 3. Studnia suffozyjna w zboczu wąwozu drogowego w rejonie Podgórze
Suffosion pipe on the slope of the road gully near Podgórze

a tempo ich pogłębiania osiąga od 3 do 9 cm/rok i jest zależne od lokalnych uwarunkowań przyrodniczych i antropogenicznych (patrz kolejny rozdział). Dynamiczny rozwój wąwozów drogowych może prowadzić niekiedy do utraty drożności niektórych ich odcinków. Następuje wówczas przeniesienie ruchu kołowego obok dotychczasowej, zniszczonej drogi i rozwój nowego odcinka głębocznic w sąsiedztwie porzuconego. Jeśli zjawiska te dotyczą dolnych odcinków głębocznic, z czasem dochodzi do wytworzenia wachlarzowatych systemów tych form o układach odwrotnych w stosunku do seminaturalnych systemów wąwozowych (Rodzik, Gardziel 2004).

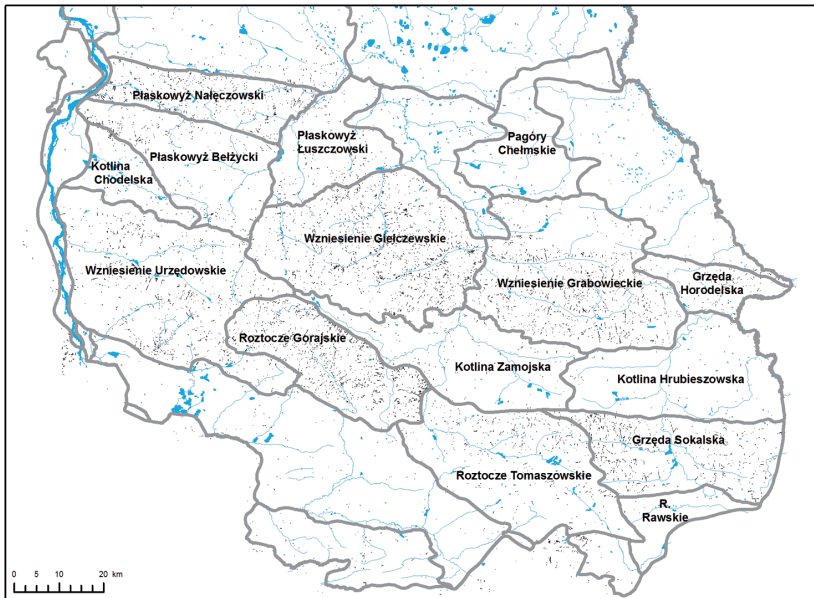
UWARUNKOWANIA ROZWOJU WĄWOZÓW DROGOWYCH

Na rozwój wąwozów drogowych wpływa wiele czynników. Wśród nich można wyróżnić czynniki przyrodnicze i antropogeniczne. Spośród uwarunkowań przyrodniczych najistotniejszą rolę odgrywają: budowa geologiczna, deni-

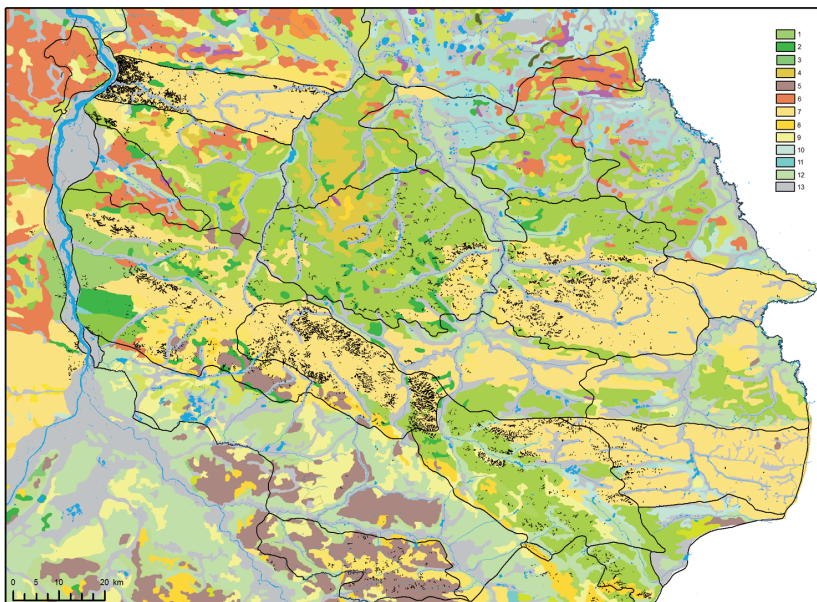
welacje i nachylenie powierzchni terenu (Buraczyński 1989/1990, Kęsik 1961, Maruszczak 1973). Analiza rozmieszczenia wąwozów drogowych na tle budowy geologicznej omawianego obszaru wskazuje, że ponad połowa z nich rozwinęła się w zasięgu występowania pokryw lessowych (ryc. 2). Lessy zajmują 27,25% powierzchni rozpatrywanego regionu, a w ich obrębie znajduje się 55,8% głębocznic (810 km). Obszary lessowe charakteryzują się także największymi wartościami wskaźnika gęstości głębocznic (ryc. 3). W obszarach występowania cienkich pokryw utworów pyłowych różnej genezy (Wzniesienie Giełczewskie) liczba oraz gęstość wąwozów drogowych mogą również osiągać znaczne wartości (ryc. 2). Pozostałe typy utworów powierzchniowych w mniejszym stopniu sprzyjają rozwojowi wąwozów drogowych, o czym przekonuje mała ilość tych form poza dwoma wspomnianymi wyżej typami obszarów.

Deniwelacje są ważnym czynnikiem determinującym natężenie procesów geomorfologicznych kształtujących stoki, w tym także erozji wąwozowej. W świetle analizy rozmieszczenia wąwozów drogowych na tle deniwelacji badanego obszaru zauważamy, że formy te sporadycznie rozwijają się przy małych deniwelacjach sięgających 20 m. Wielkość wskaźnika deniwelacji w przedziale 20–40 m powoduje niewielki wzrost średniej gęstości głębocznic do 0,02 km/km². Znaczny wzrost tego wskaźnika następuje przy deniwelacjach w przedziale 40–60 m. Średnia gęstość wąwozów drogowych wynosi tu 0,1 km/km². Wzrasta ona do 0,18 km/km², gdy różnice wysokości sięgają 60–80 m, a najwyższe wartości (0,25 km/km²) osiągają, gdy deniwelacje przekraczają 80 m. Należy zaznaczyć, że duże różnice wysokości nie są najważniejszym czynnikiem sprzyjającym rozwojowi wąwozów drogowych. Dlatego też w niektórych obszarach charakteryzujących się znacznymi deniwelacjami (część Rostocza Tomaszowskiego, Pagóry Chełmskie) gęstość tych form jest niewielka. Korelacja wskaźnika deniwelacji oraz gęstości rozcięć nie jest zatem zbyt wysoka i wynosi 0,416. Nieco silniejsze związki zachodzą pomiędzy rozwojem głębocznic a nachyleniem powierzchni terenu. Stąd też korelacja średnich spadków i gęstości głębocznic jest nieco wyższa i wynosi 0,531.

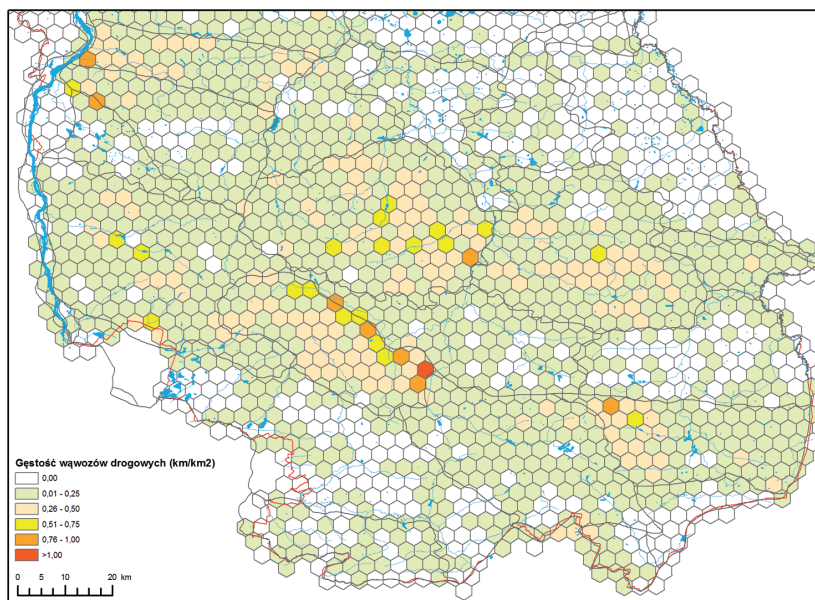
Spośród uwarunkowań antropogenicznych kluczową rolę odgrywa użytkowanie terenu. Z rozmieszczenia wąwozów drogowych na tle użytkowania terenu wynika, że ponad $\frac{3}{4}$ tych form (76,8%) rozwija się w obszarach gruntów ornych. W obszarach leśnych stwierdzono jedynie 12,4% głębocznic, a w pozostałych 10,8% (zestawienie na podstawie Corine Land Cover 2000). Istotne znaczenie z punktu widzenia tempa rozwoju omawianych form posiada także struktura przestrzenna, tj. wielkość i układ pól (działek rolniczych) (Gardziel, Rodzik 2000). Duże rozdrobnienie gruntów, charakterystyczne dla silnie urzeźbionych obszarów lessowych, wpływa na rozwój gęstej sieci dróg, z którą wiąże się powstawanie głębocznic. Dodatkowym czynnikiem przyspieszającym rozwój wąwozów drogowych jest natężenie ruchu kołowego na drogach, co wiąże się z wielkością tzw. zbiorni, czyli obszaru obsługiwanego przez drogę (Nowocien 1996).



Ryc. 1. Rozmieszczenie wąwozów drogowych w regionach geomorfologicznych Wyżyny Lubelskiej i Roztocza
Spatial distribution of road gullies in geomorphological regions of the Lublin Upland and Roztocze region



Ryc. 2. Rozmieszczenie wąwozów drogowych na tle utworów powierzchniowych Wyżyny Lubelskiej i Roztocza
Spatial distribution of road gullies on surface deposits in the Lublin Upland and Roztocze region



Ryc. 3. Gęstość wąwozów drogowych na Wyżynie Lubelskiej i Rostoczu
Density of road gullies in the Lublin Upland and Rostocze region

ROZMIESZCZENIE WĄWOZÓW DROGOWYCH

Wąwozy drogowe rozwijają się we wszystkich regionach geomorfologicznych Wyżyny Lubelskiej i Rostocza (ryc. 1). Analizę rozmieszczenia wąwozów drogowych (głębocznic) wykonano w oparciu o dane pochodzące z cyfrowego przetworzenia map topograficznych 1:10 000 w układzie PUWG 1965. Obliczenie gęstości rozcięć wykonano w sześciobocznych polach podstawowych o powierzchni 10 km² oraz w regionach geomorfologicznych.

Łączna długość wąwozów drogowych w obrębie Wyżyny Lubelskiej i Rostocza wynosi 1451,73 km, co w zestawieniu z 3880 km wąwozów naturalnych stanowi pokaźną długość. Występują one na 80% powierzchni opisywanego regionu. Największą gęstością wąwozów drogowych charakteryzują się: Płaskowyż Nałęczowski, Wzniesienie Giełczewskie, Wzniesienie Grabowieckie, Rostocze Gorajskie i Grzęda Sokalska, gdzie średnia gęstość rozcięć przekracza 0,13 km/km², z maksymalnym wskaźnikiem 0,33 km/km² na Rostoczu Gorajskim (ryc. 1, tab. 1). Najmniejsza gęstość wąwozów drogowych (0,02–0,05 km/km²) występuje w Kotlinie Hrubieszowskiej i na Pagórach Chełmskich (tab. 1).

W każdym regionie występują obszary o wyraźnym zagęszczeniu wąwozów drogowych oraz takie, które charakteryzują się słabym ich rozwinięciem. Większe powierzchnie pozbawione tego typu rozcięć znaleźć można w obrębie

Kotlin: Pobuża, Hrubieszowskiej, Zamojskiej i Chodelskiej oraz w Dolinie Przełomowej Wisły Środkowej (ryc. 3). Pod tym względem wyróżnia się również centralna część Równiny Bełżyckiej, Pagóry Chełmskie oraz Kotlina Hrubieszowska (ryc. 3). Największa część opisywanego obszaru (63,6% powierzchni) odznacza się stosunkowo niską gęstością wąwozów drogowych od 0,01 do 0,25 km/km². Obszary te dominują na Płaskowyżu Nałęczowskim, Łuszczowskim, Równinie Bełżyckiej w Kotlinach: Chodelskiej i Zamojskiej, na Wzniesieniu Urzędowskim, na Roztoczu Tomaszowskim i na Grzędach: Horodelskiej i Sokalskiej (ryc. 3). Znaczące gęstości opisywanych form, osiągające 0,26–0,50 km/km², nawiązują głównie do przebiegu stref krawędziowych oraz zboczy dolin rzecznych. W zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego jest to dolina Bystrej oraz stromo nachylone zbocza doliny Wisły w okolicy Parchatki i Bochohnicy, a także niektóre odcinki północnej krawędzi Płaskowyżu Nałęczowskiego (ryc. 3). W okolicy Lublina wyróżnia się w tym zakresie odcinek doliny Bystrzycy u ujścia Ciemięgi. Na Wzniesieniu Urzędowskim jest to środkowy odcinek Wyżnicy oraz międzyrzecze Wyżnicy, Tuczyna i Karasiówki (ryc. 3). Obszary o takiej gęstości wąwozów drogowych dominują ponadto na Roztoczu Gorajskim, w centralnej i wschodniej części Wzniesienia Giełczewskiego, w dorzeczu Wolicy na Wzniesieniu Grabowieckim oraz w zachodniej części Grzędy Sokalskiej (ryc. 3).

Wysoka gęstość wąwozów drogowych, przekraczająca 0,5 km/km², występuje tylko na 2,4% powierzchni badanego obszaru. Wyróżnia się tu szczególnie północna strefa krawędziowa Roztocza Gorajskiego oraz jego wschodni skłon, opadający ku dolinie Wieprza, dorzecze Żółkiewki i górnej Giełczwi na Wzniesieniu Giełczewskim, a także okolice Kazimierza Dolnego (Płaskowyż Nałęczowski), Dobrego (krawędź Równiny Bełżyckiej), Kraśnika i Gościeradowa (Wzniesienie Urzędowskie) oraz okolice Komarowa na Grzędzie Sokalskiej (ryc. 3). Największą gęstość wąwozów drogowych (1,27 km/km²) stwierdzono w okolicy Szczepieszyna (zachodnia część Roztocza Gorajskiego).

ROZWÓJ DZIAŁAŃ W ZAKRESIE ZABEZPIECZEŃ PRZECIWEROZYJNYCH

Zainteresowanie erozją wąwozową, zwłaszcza w aspekcie przeciwdziałania jej negatywnym skutkom, od dawna dotyczyło terenów, na których zjawiska te występowały ze szczególną intensywnością. Jednym z tego typu obszarów, gdzie ze względu na specyficzne uwarunkowania naturalne rozwój erozji wielokrotnie powodował negatywne skutki gospodarcze, jest zachodnia część Płaskowyżu Nałęczowskiego. Badania dotyczące procesów erozyjnych prowadzone były w tym regionie od dawna. W równym stopniu dotyczyły one przyczyn, specyfiki przebiegu, jak i możliwości przeciwdziałania ich negatywnym skutkom (Reniger 1950; Ziemiński, Naklicki 1971; Ziemiński i in. 1975; Nakonieczny 1975).

Tab. 1. Gęstość oraz długość wąwozów drogowych w regionach geomorfologicznych Wyżyny Lubelskiej i Rostocza
Density and length of road gullies in geomorphological regions of the Lublin Upland and Rostocze region

Region geomorfologiczny	Gęstość (km/km ²)	Długość (km)
Kotlina Hrubieszowska	0,02	12,35
Pagóry Chełmskie	0,01	5,85
Dolina Przełomowa Wisły Środkowej	0,00	1,20
Kotlina Zamojska	0,05	37,34
Kotlina Chodelska	0,05	13,89
Płaskowyż Łuszczowski	0,07	37,32
Grzęda Horodelska	0,09	23,19
Płaskowyż Bełżycki	0,09	59,68
Grzęda Sokalska	0,19	137,10
Rostocze Środkowe (Tomaszowskie)	0,07	75,20
Rostocze Południowe (Rawskie)	0,07	9,93
Wzniesienie Urzędowskie	0,13	176,34
Wzniesienie Giełczewskie	0,24	305,50
Wzniesienie Grabowieckie	0,16	205,73
Płaskowyż Nałęczowski	0,25	120,82
Rostocze Gorajskie	0,33	227,90

Od 1959 roku wykonywane były dokumentacje dotyczące ochrony Kazimierza Dolnego przed wodami powodziowymi, w tym techniczne projekty realizacyjne dotyczące prac w wąwozach seminaturalnych i drogowych. Na ich podstawie wykonano część prac inżynierskich w obrębie miasta, natomiast nie zrealizowano projektów przeciwoerozyjnego zagospodarowania wąwozów. Należy podkreślić, że większość z tych opracowań zawierała rozwiązania inżynierijno-techniczne, które zdecydowanie zmieniałyby naturalny charakter tych obiektów, ale ponadto byłyby mało skuteczne. Proponowane były rozwiązania w postaci wykonania betonowych stopni, zapór, rowów nagórnych itp.

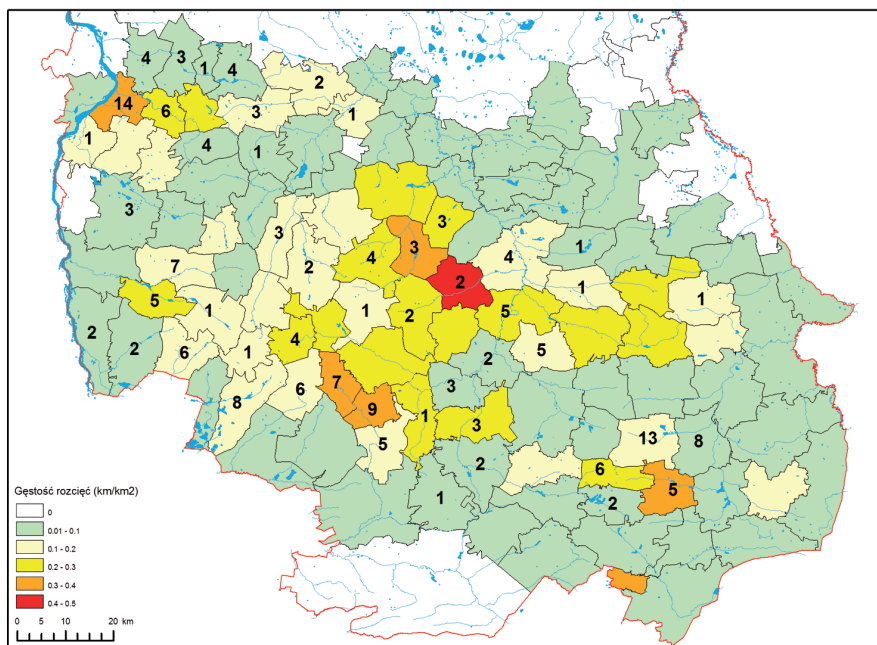
Tego typu działania zostały krytycznie potraktowane w opracowaniu wykonanym dla Urzędu Miasta Kazimierza Dolnego w 1994 roku (Bartoszewski i in.). W opracowaniu tym wskazano równocześnie możliwości zastosowania rozwiązań, które mogłyby ograniczyć zagrożenia powodziowe, bez nadmiernej ingerencji w środowisko przyrodnicze.

Nie wszystkie próby zabezpieczenia wąwozów przed erozją przynosiły pożądane rezultaty. Niefortunnym pomysłem okazała się próba zabezpieczenia wąwozów przez wypełnienie ich śmieciami. Próbę taką wykonano na wyłączonym z użytku

odcinku Opolskiej Drogi, który w latach 70. ubiegłego stulecia został przeznaczony na wysypisko śmieci komunalnych (Józefaciuk, Józefaciuk 1984). Niestety, podczas jednego z gwałtownych opadów woda płynąca głęboznicą wyerodowała śmieci i przetransportowała je na obszar Kazimierza Dolnego. Brak rozeznania w przebiegu procesów ekstremalnych stał się przyczyną chybionej inwestycji w Norowym Dole. Droga wykładana kostką granitową i płytami żelbetonowymi miała połączyć Góry Pierwsze z ulicą Puławską. 24 czerwca 1981 roku w wyniku potężnej ulewy (w ciągu 70 minut wielkość opadu przekroczyła 100 mm – Michalczyk 1984) dnem wąwozu przetoczyła się fala, która całkowicie zniszczyła drogę, wyrwijąc ułożone już elementy i tworząc z nich potężne zwałowiska (Pawłowski 1995; Gardziel, Rodzik 2001). Problem negatywnych skutków procesów erozyjnych, który szczególnie wyraźnie wystąpił po deszczach nawalnych w 1981 roku, spowodował podjęcie dalszych badań, mających na celu rozpoznanie możliwości ograniczenia erozji wąwozowej oraz wykonanie pewnych działań zabezpieczających (Józefaciuk, Józefaciuk 1984; Repelewska-Pękalowa, Pękała 1988).

W 1996 roku zespół pracowników naukowych Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie wykonał kartowanie procesów geomorfologicznych w wybranych wąwozach zlewni Grodarza. Załącznikiem do tego opracowania były *Wytyczne do prac projektowych zabezpieczeń przeciwoerozyjnych niektórych wąwozów i głęboznic w zlewni Grodarza* (Gardziel i in. 1996a, b). Proponowane w tym opracowaniu zabezpieczenia uwzględniały wymogi ochrony przyrody w Kazimierskim Parku Krajobrazowym. Podkreślano, że podstawową metodą zabezpieczenia przeciwoerozyjnego powinna być zabudowa biologiczna. Z rozwiązań technicznych proponowano przede wszystkim stabilizację dróg dostępnymi w tym czasie metodami (Ekoplaster na geowłókninie Hydrotex) oraz zabezpieczenie zboczy matami typu Secudrän lub siatką Tensar z kotwieniami i nasadzeniami roślinności dobranej siedliskowo. Tylko w niektórych przypadkach proponowano wykonanie nawierzchni bitej (trylinka) z utwardzonymi rowami oraz zabezpieczenie zboczy murem oporowym.

Zabezpieczenia wąwozów drogowych przed procesami niszczenia były przeprowadzane głównie z inicjatywy władz samorządowych, odpowiedzialnych za właściwy stan infrastruktury drogowej na terenie podlegających im gmin i powiatów. Istniejący dotychczas niewystarczający zakres prac zabezpieczających przeprowadzonych w pojedynczych wąwozach drogowych wynikał z niedostatecznych możliwości finansowych samorządów oraz braku koordynacji działań w zakresie koncepcji ochrony wąwozów drogowych w skali regionalnej, a także możliwości pozyskania środków zewnętrznych na ten cel. Skutki natury gospodarczej, wynikające z braku właściwych zabezpieczeń przeciwoerozyjnych w wąwozach drogowych, są w skali województwa lubelskiego niezwykle ważnym problemem. Dotknięte są nimi zwłaszcza gminy położone w zachodniej, centralnej i południowej części regionu, w zasięgu występowania pokryw les-



Ryc. 4. Liczba zabezpieczonych wąwozów drogowych na tle mapy gęstości form w gminach wyżynnej części województwa lubelskiego
Number of protected road gullies on the map of density of forms in districts of the upland part of the Lublin voivodship

sowych. Problemy te stały się przyczyną starań władz województwa lubelskiego przy wsparciu innych jednostek, takich jak Państwowy Instytut Geologiczny, Zarząd Zespołu Lubelskich Parków Krajobrazowych, Zakład Geologii i Ochrony Litosfery UMCS, IUNG, o uruchomienie wojewódzkiego programu dotyczącego zabezpieczenia wąwozów drogowych przed negatywnymi skutkami rozwoju procesów erozyjnych. Program dofinansowany z budżetu państwa został uruchomiony w 2006 roku. Otworzył on możliwości składania wniosków przez władze samorządowe o wsparcie finansowe (do 80%) konkretnych zadań związanych z pracami zabezpieczającymi. W 2006 roku zabezpieczono 4 wąwozy, położone w gminach: Wąwolnica, Trzydnik Duży oraz Wilków. Do chwili obecnej (2009) zabezpieczono 165 wąwozów drogowych (ryc. 4). Dzięki wdrożeniu wspomnianego programu skala przeprowadzanych zabezpieczeń wyraźnie wzrosła.

METODY I OCENA ZABEZPIECZEŃ WĄWOZÓW DROGOWYCH

Dotychczas najczęściej stosowanym sposobem zabezpieczenia wąwozów drogowych przed erozją było utwardzanie ich den, przy zastosowaniu różnych



Fot. 4. Nawierzchnia bitumiczna w wąwozie drogowym w rejonie Dysa
Bitumastic surface in the bottom of the road gully near Dys



Fot. 5. Utwardzenie dna wąwozu drogowego w rejonie Modliborzyc płytami typu YOMB
Stiffening of the bottom of the road gully near Modliborzyc using YOMB pavers

dostępnych materiałów. Jednym ze starszych przykładów przeprowadzenia tego typu prac było wybrukowanie poprowadzonych głębocznicami ulic Zamkowej oraz Małachowskiego w Kazimierzu Dolnym. Innym sposobem zabezpieczenia den wąwozów drogowych było utwardzanie ich żelbetonowymi płytami ażurowymi YOMB. Tego typu prace wykonano pod koniec lat 90. między innymi w jednej

Tab. 2. Rodzaje zabezpieczeń nawierzchni dróg w wąwozach drogowych
Methods of protection of road surface in bottoms of road gullies

Rodzaj zastosowanych zabezpieczeń	Udział %	Wybrane przykłady gmin
Płyty żelbetonowe ciężkie	47	Komarów-Osada, Kazimierz Dolny, Rachanie, Frampol
Nawierzchnia bitumiczna	17	Krzczonów, Niemce, Szczepieszyn, Wysokie
Płyty żelbetonowe lekkie, ażurowe (YOMB)	15	Wojciechów, Szczepieszyn, Terespol, Urzędów
Nawierzchnia betonowa monolityczna	15	Rachanie, Gorzków, Tarnawatka, Tyszowce
Kostka brukowa	6	Izbica, Wąwolnica, Wilków



Fot. 6. Dno wąwozu drogowego w rejonie Rogowa utwardzone kostką cementową
Bottom of the road gully near Rogów stiffened with cobblestones

z głębocznic w sąsiedztwie Zagłoskiego Dołu oraz w głębocznicy w Rąbłowie w sąsiedztwie wyciągu narciarskiego. Przykładem zastosowania rozwiązania uwzględniającego potrzeby ochrony krajobrazu było utwardzenie nawierzchni najbardziej stromego odcinka Korzeniowego Dołu za pomocą preparatu „consolid”. Stosowanie tego typu zabezpieczeń odgrywa szczególną rolę w przypadku wąwozów na terenie obszarów chronionych, gdyż nie zmieniają one własności wizualnych tych form.

Prowadzone od 2006 roku prace zabezpieczające koncentrują się głównie na utwardzeniu nawierzchni den wąwozów z zastosowaniem różnych technologii. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest tworzenie nawierzchni dróg z płyt żelbetonowych typu ciężkiego. Rozwiązanie to zastosowano w prawie połowie zabez-

pieczonych dotychczas obiektów (tab. 1). Prawie w co piątym wąwozie drogowym położono nawierzchnię bitumiczną (fot. 4). W 15% zabezpieczonych wąwozów do utwardzania nawierzchni drogi zastosowano płyty żelbetonowe typu lekkiego (YOMB) (fot. 5). Kolejną ze stosowanych metod jest utwardzenie nawierzchni drogi za pomocą betonu. Nawierzchnia betonowa wykonywana jest z gotowego betonu towarowego lub z nawodnionej mieszanki piasku i betonu, rozłożonej i ubitej na powierzchni drogi (grunt stabilizowany cementem). Najrzadziej stosowanym rodzajem nawierzchni jest betonowa kostka brukowa, którą zastosowano w zaledwie kilku obiektach, gdyż koszty tego typu inwestycji są relatywnie największe (tab. 2, fot. 6). W trakcie projektowania oraz przeprowadzania prac zabezpieczających w obrębie den wąwozów drogowych zwraca się szczególną uwagę na właściwy sposób odprowadzenia wód. Wody opadowe i roztopowe są odprowadzane z wąwozów za pomocą jedno- lub dwustronnych korytek betonowych. W niektórych przypadkach nawierzchnię drogową formuje się ze spadkiem ku osi drogi.

Obserwacje dotyczące funkcjonowania wąwozów drogowych w stanie naturalnym oraz po wykonaniu prac zabezpieczających wskazują, że utwardzenie den wąwozów drogowych jest skuteczną metodą ograniczającą rozwój procesów erozyjnych w obrębie den wąwozów. Dna wąwozów zabezpieczone płytami żelbetonowymi, kostką brukową lub nawierzchnią bitumiczną w ciągu ostatnich kilku lat obserwacji nie wykazywały śladów intensywnej erozji. W okresie tym nie notowano jednak ekstremalnych opadów ani gwałtownego tajania śniegu, toteż nie można jednoznacznie wydać opinii o skuteczności tego typu zabiegów. Zabezpieczenia tego typu sprzyjają jednak szybkiemu spływowi wód opadowych i roztopowych, co może zagrażać obszarom położonym u wylotu opisywanych form. Ważnym aspektem związanym z realizacją zabezpieczeń w obrębie wąwozów drogowych jest potrzeba utrzymania ich walorów wizualnych, szczególnie w obszarach, w których ochronie podlega krajobraz (Podolski 2009). Skuteczna, a jednocześnie niepowodująca zmian w krajobrazie okazała się metoda utwardzenia dna zastosowana w Korzeniowym Dole. Na zabezpieczonym odcinku tej głębocznicy nie zaobserwowano dotychczas intensywnej erozji dennej. Wydaje się, że rozwiązaniem pozwalającym godzić potrzeby ochrony krajobrazu oraz utrzymania drożności wąwozów drogowych jest także wykorzystanie do utwardzania ich den płyt azurowych YOMB. Tego typu zabezpieczenie jest skuteczne, a równocześnie nie stanowi zbyt wyraźnego dysonansu w krajobrazie. Darń, która wypełnia otwory w jombach, z jednej strony, umacnia płyty, zaś z drugiej – częściowo maskuje betonową nawierzchnię drogi.

Odrębnym problemem jest ochrona zboczy wąwozów drogowych przed procesami niszczącymi. Dotychczas problem ten nie był właściwie rozwiązywany. W tych wąwozach drogowych, które pełniły ważną funkcję komunikacyjną, zbocza podlegające niszczeniu najczęściej zabezpieczano płytami żelbetonowymi. Przykłady tego typu zabezpieczeń można obserwować w wielu wąwozach drogowych regionu. Najczęściej w ten sposób umacniano tylko najbardziej strome odcinki zboczy wąwozów

drogowych. Tego rodzaju zabezpieczenia w niewielkim stopniu ograniczały rozwój naturalnych procesów geomorfologicznych w obrębie zboczy. Najczęściej procesy te, a zwłaszcza suffozja, obrywanie, rozwijały się nadal, powodując z upływem czasu deformacje bariery, a tym samym utratę jej ochronnej funkcji.

Próbę wdrożenia innego rodzaju zabezpieczeń, które dodatkowo pozwalały zachować walory krajobrazowe opisywanych form, podjęto w Wąwozie Małachowskiego w Kazimierzu Dolnym. Zbocza wąwozu wyłożono geodrenem o nazwie SECUDRAN, który następnie obsypano miejscowym gruntem i obsiano trawą. Wydawało się, że takie zabezpieczenie dobrze spełni swoją rolę, po kilku latach okazało się jednak, że pod geodrenem rozwinęły się procesy stokowe (wymywanie materiału), które spowodowały odsunięcie się zbocza od siatki. Podobną metodę zastosowano ostatnio wzdłuż dolnego odcinka ulicy Cmentarnej w Kazimierzu Dolnym. Zbocze u podnóża muru klasztornego zabezpieczono tu za pomocą geosiatki, obsiewając roślinnością trawiastą. Prace zabezpieczające wykonywane w wąwozach drogowych w ostatnich latach najczęściej nie obejmują zboczy wąwozów, a zwłaszcza stromych ich skarp. W rzadkich przypadkach zabezpieczenia obejmują silnie przekształcone, łagodne zbocza tych form. Są one wówczas stabilizowane geosiatką wraz z hydroobsiewem mieszanką traw o szybko rozwijającym się systemie korzeniowym, w nielicznych przypadkach stosuje się tzw. gabiony. Podnóże zboczy umacniane jest wikliną lub elementami betonowymi. Obserwacje poczynione w niektórych wąwozach drogowych wyraźnie wskazują, że mimo utwardzenia ich dna strome zbocza podlegają w dalszym ciągu rozwojowi naturalnych procesów geomorfologicznych, powodujących ich degradację. Skutki tych procesów w dalszym ciągu mogą ograniczać drożność głębocznic. Rozwój osuwisk i obrywanie materiału z lessowych zboczy powoduje jego akumulację na powierzchni utwardzonego dna wąwozu drogowego, utrudniając komunikację. Obserwowano wiele przykładów rozwoju tego typu procesów w wąwozach drogowych, w których zabezpieczono tylko dna. Jednym z nich jest wąwóz koło cmentarza w Wąwolnicy, gdzie zaobserwowano liczne osuwiska wkraczające na utwardzone kostką brukową dno wąwozu.

AKTUALNY STAN ZABEZPIECZENIA WĄWOZÓW DROGOWYCH

Wąwozy drogowe ze względu na ich ważną rolę komunikacyjną są przedmiotem troski władz samorządowych, odpowiedzialnych za właściwy stan infrastruktury drogowej na terenach podlegających im gmin i powiatów.

Obraz przestrzenny przedstawiający gęstość wąwozów drogowych na tle podziału administracyjnego wyżynnej części województwa lubelskiego wskazuje gminy, dla których skala potrzeb związanych z zabezpieczeniami tego typu form może być znacząca. W ocenie tego zjawiska wzięto pod uwagę 112 gmin

położonych na terenie wyżynnej części województwa lubelskiego, gdzie na 1 km powierzchni przypada więcej niż 10 m długości głębocznic. Największe potrzeby w tym zakresie dotyczą gminy Gorzków, gdzie gęstość wąwozów drogowych osiąga wartość 0,5 km/km² (I grupa). Do II grupy należy 6 gmin, w których gęstość wąwozów drogowych osiąga 0,4 km/km². Są to gminy: Kazimierz Dolny (zachodnia część Płaskowyżu Nałęczowskiego), Rybczewice (centralna część Wzniesienia Giełczewskiego), Chrzanów, Goraj (centralna część Rostocza Gorajskiego), Rachanie (Grzęda Sokalska), Bełzec (ryc. 4). Do grupy tej należy około 4% analizowanych gmin. Do III grupy, gdzie wskaźnik gęstości wąwozów drogowych osiąga 0,3 km/km², zaliczono 19 gmin (około 17% gmin). Są one położone w centralnej i zachodniej części Wzniesienia Giełczewskiego i Grabowieckiego, na Rostoczu Gorajskim, a także w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego, północnej części Rostocza Tomaszowskiego i centralnej części Wzniesień Urzędowskich (ryc. 4). IV grupa to gminy o wskaźniku sięgającym 0,2 km/km² (26 gmin, tj. 23%). Jest to najliczniejsza grupa gmin, zajmujących głównie rozległe tereny zachodniej części Wzniesienia Giełczewskiego, Wzniesienia Grabowieckiego oraz centralnej i wschodniej części Wzniesień Urzędowskich. Do tej grupy należą także gminy położone we wschodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego, zachodniej części Równiny Bełżyckiej oraz na Rostoczu Gorajskim, Tomaszowskim i Grzędzie Sokalskiej (ryc. 4). W pozostałych 60 gminach, stanowiących 53% gmin opisywanego obszaru, gęstość wąwozów drogowych jest niewielka, maksymalnie osiągając 0,1 km/km² (V grupa).

Gminy województwa w różnym stopniu wykazują działania zmierzające do zabezpieczenia położonych na swoich terenach wąwozów drogowych poprzez udział w opisanym wojewódzkim programie dotyczącym zabezpieczeń elementów infrastruktury drogowej przed procesami niszczącymi. Najwięcej takich form zostało zabezpieczonych na terenie gminy Kazimierz Dolny i Komarów-Osada (ryc. 4). Do drugiej grupy należą gminy: Wąwolnica, Urzędów, Trzydnik Duży, Modliborzyce, Godziszów, Chrzanów, Goraj, Krynice, Tyszowce, w których dotychczas zabezpieczono od 6 do 10 form (7% gmin uczestniczących w projekcie) (ryc. 4). Najliczniejszą grupę stanowi 41 gmin (35% uczestniczących w projekcie), gdzie zabezpieczenia wykonano maksymalnie w 5 obiektach (ryc. 4).

Analiza przestrzennego rozkładu wykonanych prac zabezpieczających w wąwozach drogowych badanego terenu wskazuje, że istnieją wyraźne dysproporcje pomiędzy potencjalnymi potrzebami w tym zakresie a liczbą zabezpieczonych obiektów w poszczególnych gminach. Nie zawsze bowiem gminy charakteryzujące się wysokim współczynnikiem gęstości wąwozów drogowych znajdują się w czołówce gmin pod względem liczby zabezpieczonych tego typu obiektów. Przyczyny tego zjawiska są złożone. Wiązą się one przede wszystkim z aktywnością gmin w zakresie ubiegania się o środki finansowe umożliwiające realizację tego typu inwestycji. Kolejnym istotnym zagadnieniem związanym z poziomem

realizacji inwestycji zabezpieczających w wąwozach drogowych są potrzeby własne gminy w zakresie poprawy infrastruktury drogowej. Wąwozy drogowe, mające strategiczne znaczenie z punktu widzenia komunikacyjnego, są obiektami w pierwszej kolejności zgłaszanymi do przeprowadzenia prac zabezpieczających. Mała liczba zabezpieczonych wąwozów drogowych w gminach może wynikać z niedużej liczby obiektów pełniących ważną funkcję w komunikacji lokalnej. Drugorzędne znaczenie posiada czynnik finansowy, związany z 20% wkładem własnym gminy w realizację prac zabezpieczających.

PODSUMOWANIE

Wyżyna Lubelska z Roztoczem, ze względu na specyficzne uwarunkowania geologiczne i geomorfologiczne, odznacza się znacznym rozprzestrzenieniem form erozji wąwozowej. Znaczący udział (27%) w ogólnej długości form wąwozowych na opisywanym obszarze mają wąwozy drogowe. Ich rozwój na przestrzeni stuleci towarzyszył procesom kształtowania się krajobrazu kulturowego tego regionu, powodując, że stały się nieodłącznym i silnie rozpoznawalnym jego elementem. Ze względu na znaczną dynamikę rozwoju wąwozów drogowych, wywołującą różnorodne negatywne skutki gospodarcze, formy te wymagają przeprowadzenia odpowiednich zabezpieczeń. Ważnym aspektem związanym z realizacją zabezpieczeń w obrębie wąwozów drogowych jest, poza utrzymaniem ich drożności, także potrzeba zachowania ich walorów wizualnych. Problem ten jest szczególnie ważny w licznych na Lubelszczyźnie obszarach, charakteryzujących się unikalnymi walorami krajobrazowymi objętymi ochroną prawną.

LITERATURA

- Bartoszewski S., Gardziel Z., Harasimiuk M., Michalczyk Z., Rodzik J., Zgłobicki W., 1994: Ocena opracowań archiwalnych podejmujących problem ochrony miasta Kazimierza przed wodami opadowymi. Maszynopis w UMiG, Lublin.
- Buraczyński J., 1989/1990: Rozwój wąwozów na Roztoczu Gorajskim w ostatnim tysiącleciu. *Annales UMCS*, sec. B, vol. 44/45, 95–104.
- Bury-Zaleska J., Pięta J., 1968: Przebieg procesów przemieszczania materiału ziemnego w wąwozie lessowym. *Pamiętnik Puławski*, z. 34.
- Froehlich W., Słupik J., 1980: Drogi polne jako źródło dostawy wody i zwierzeliny do koryta ciek. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 235.
- Gardziel Z., Harasimiuk M., Rodzik J., 1996a: Inwentaryzacja procesów geomorfologicznych w wybranych wąwozach zlewni Grodarza pod kątem zagrożeń dla Kazimierza Dolnego. *Archiwum Urzędu Miasta i Gminy Kazimierz Dolny*.
- Gardziel Z., Harasimiuk M., Rodzik J., 1996b: Wytyczne do prac projektowych zabezpieczeń przeciwerozyjnych niektórych wąwozów i głęboocznic w zlewni Grodarza. Załącznik do „Inwentaryzacja procesów...”. *Archiwum Urzędu Miasta i Gminy Kazimierz Dolny*.

- Gardziel Z., Rodzik J., 2000: Warunki rozwoju, użytkowania i ochrony wąwozów drogowych okolic Kazimierza. [W:] S. Radwan, Z. Lorkiewicz (red.), *Problemy ochrony i użytkowania obszarów wiejskich o dużych walorach przyrodniczych*, UMCS, Lublin, 249–255.
- Gardziel Z., Rodzik J., 2001: Drogi gruntowe jako symulator przemian silnie urzeźbionego krajobrazu lessowego (w okolicy Kazimierza Dolnego). [W:] J. Balon, K. German (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie. Problemy ekologii krajobrazu*, 10, 305–311.
- Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., 1969: Erozja w wąwozach lessowych oraz sposoby ich biologicznej zabudowy. *Wiadomości IMUZ*, 8 (3).
- Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., 1984: Program zagospodarowania zlewni potoku Grodarza pod kątem ochrony miasta Kazimierza przed skutkami erozji. Melioracje przeciwerozcyjne podstawą racjonalnego użytkowania terenów wyżynnych. Puławy 12–14.09.84, 5–15.
- Kęsik A., 1961: Valées des terrains loessiques de la partie Ouest du Plateau de Nałęczów. *Annales UMCS, sec. B, vol. 15*, 123–153.
- Kołodyńska-Gawrysiak R., Pajdowski P., 2007: Warunki rozwoju oraz cechy współczesnej aktywności wąwozu drogowego Rogów-Zagajdzie. [W:] M. Harasimiuk i in. (red.), *Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery*. UMCS, Lublin.
- Maruszczak H., 1973: Erozja wąwozowa we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 157, 15–30.
- Michalczyk Z., 1984: Charakterystyka stosunków wodnych dorzecza Grodarza. *Przew. Ogólnopolskiego Zjazdu PTG, Lublin 13–15 września 1984, II*, 125–130.
- Nakonieczny S., 1975: Niektóre sposoby przeciwdziałania rozwojowi form erozji wodnej (na przykładzie okolic Kazimierza Dolnego). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 170, 151–158.
- Nowocień E., 1996: Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych, *Prace IUNG, Pamiętnik Puławski*, 107.
- Pawłowski A., 1995: Przewodnik po ścieżkach dydaktycznych Kazimierskiego Parku Krajobrazowego, cz. I, Lublin, 76.
- Podolski B., 2009: Zadrzewienia przydrożne na drogach rolniczych jako element krajobrazotwórczego i przeciwerozynnego urządzania obszarów wiejskich. Procesy erozyjne na stokach użytkowanych rolniczo (metody badań, dynamika i skutki). *Warsztaty geomorfologiczne. Lublin–Guciów, 9–12 września*, 20.
- Reniger A., 1950: Zalesienie i zadrzewienia śródpolne jako czynnik ochrony gleb Polski przed erozją. *Rocznik Nauk Rolniczych*, 54.
- Repelewska-Pękałowa J., Pękała K., 1988: Charakterystyka geomorfologiczna zlewni wąwozu lessowego w aspekcie potrzeb projektów melioracji przeciwerozynnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 357, 17–35.
- Rodzik J., Gardziel Z., 2004: Układy krajobrazowe wąwozów kazimierskich (geneza i warunki rozwoju). [W:] M. Kucharczyk (red.), *Współczesne problemy ochrony krajobrazu*. ZZLPK. Lublin, 85–92.
- Starkel L., 1980: Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 235.
- Ziemnicki S., Naklicki J., 1971: Stan i rozwój trzech wąwozów na Wyżynie Lubelskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 119, 23–45.
- Ziemnicki S., Mazur Z., Pałys S., 1975: Rozwój wąwozu lessowego na Kwaskowej Górze. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 170, 7–24.

SUMMARY

The paper presents spatial distribution of road gullies on the Lublin Upland and Roztocze. An analysis of conditions affecting the development of road gullies was made. Most important factors determining their development are: types of deposits, levelling, slope, terrain usage and small agriculture parcels. Basing on digitized topographic maps (1:10 000 scale) calculations of length and density inside the geomorphological regions and hexagon fields (10 square kilometers) were made. The present activity of geomorphological processes affecting road gullies, methods of protection and their effectiveness against destruction were characterized.