

Erozja wąwozowa w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego (Wyżyna Lubelska)

Zbigniew Gardziel*, Marian Harasimiuk*, Waldemar Jezierski*, Andrzej Pawłowski**,
Wojciech Zgłobicki*



Z. Gardziel



M. Harasimiuk



W. Jezierski



A. Pawłowski



W. Zgłobicki

Gully erosion in the western part of the Nałęczów Plateau (Lublin Upland). *Prz. Geol.*, 54: 768–776.

Summary. The areas with thick loess covers face the risk of intense soil erosion processes as well as gully erosion. The western part of the Nałęczów Plateau is especially prone to particularly high degree of intensive erosion among the region (denudation

hazard. The density of the gully network reaches here up to 10 km/km². The administrative area of Kazimierz Dolny is under extreme threat of severe consequences of erosion processes which appeared with high frequency and caused significant devastation of infrastructure not only on a national but maybe on a European scale as well. Geological conditions together with surface features favour intensive, secondary and anthropogenically conditioned erosion processes. Already in the historical sources there are mentions about the disastrous consequences of torrential rainfalls in the Kazimierz Dolny region. In such conditions the torrential rainfall waters flow quickly down the gully bottoms of considerable inclinations, concentrating on the bottom of Grodarz river valley. As a result it may lead to flooding or silting of crops, the roads may be destroyed or silted and the properties completely flooded. Taking into account the natural and cultural values of Kazimierz Dolny and its surroundings, as well as the presence of the Kazimierz Landscape Park it is necessary to take urgent steps in order to limit the threats considerably.

Key words: gully erosion, loess areas, Nałęczów Plateau

Obszary, na których występują miąższe pokrywy lessowe, są położone w obrębie wyżyn Polski Środkowej oraz na Przedgórzach Sudeckim i Karpackim w postaci różnej wielkości płątów, wyraźnie wyróżniających się od terenów przyległych. W obrębie Wyżyny Lubelskiej lessy zajmują powierzchnię ok. 40%. Występowanie pokryw lessowych powoduje, iż obszary te są zagrożone intensywnymi procesami erozji gleb, jak również erozji wąwozowej. Wśród regionów o szczególnie wysokim stopniu zagrożenia przez intensywne procesy erozyjno-denudacyjne na pierwszy plan wysuwa się zachodnia część Płaskowyżu Nałęczowskiego. Obszar ten, objęty od 25 lat ochroną jako Kazimierski Park Krajobrazowy, jest równocześnie regionem o długotrwałej, intensywnej gospodarce rolnej. Zawiera również cenne w skali międzynarodowej walory kulturowe. Bez wątpienia najcenniejszym obiektem nadającym temu obszarowi szczególną rangę jest zabytkowy zespół architektoniczno-urbanistyczny Kazimierza Dolnego. Ze względu na swe położenie u podnóża wysokiego zbocza doliny Wisły i w głęboko wciętym ujściowym odcinku Grodarza (ryc. 1), obszar administracyjny miasta i gminy narażony jest w sposób ekstremalny w skali kraju, a być może w skali Europy (Maruszczak, 1973), na wyjątkowo dotkliwe skutki procesów erozji wąwozowej, które występowały z dużą częstotliwością i powodowały znaczące zniszczenia w infrastrukturze.

Biorąc pod uwagę skalę zjawisk i rangę Kazimierza, na obszarze tym powinny być podjęte prace badawcze,

projektowe i wdrożeniowe, zmierzające do znacznego zmniejszenia stopnia zagrożeń. W artykule prezentujemy dotychczasowy stan wiedzy na ten temat.

Geologiczno-geomorfologiczne uwarunkowania erozji

Skalne podłoże zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego stanowią zróżnicowane litologicznie, silnie spękane skały najwyższego mastrychtu oraz najniższego paleogenu — danu (Pożaryski, 1948; Pożaryska, 1967; Henkiel & Nitychoruk, 1983; Abdel-Gawad, 1986; Żarski i in., 1998; Machalski, 2005). Są to skały węglanowe i węglanowo-krzemionkowe, wykształcone jako opoki i opoki margliste (górnny mastrycht) oraz wapienie, gezy i węglanowe piaskowce dolnego paleocenu (formacje puławska i sochaczewska). Podczwartorzędowe deniwelacje stropu kompleksu kredowo-paleocenońskiego w strefie doliny Wisły przekraczają 150 m, ku wschodowi stopień rozcięcia tej powierzchni maleje i w rejonie Wąwolnicy–Nałęczowa nie przekracza już 70 m (Harasimiuk & Henkiel, 1976). Tak duże deniwelacje wynikają przede wszystkim z intensywnego rozcięcia erozyjnego, związanego z wczesnoplejstocenością fazą rozwoju doliny Wisły (Pożaryski i in., 1994). Sieć spękań skalnego podłoża nawiązuje do kierunków struktur tektonicznych głębokiego podłoża paleozoicznego. Dominują kierunki zbliżone do NW–SE i prostopadłe do nich (Henkiel & Nitychoruk, 1983), a układ sieci dolinnej naśladuje tę tektonicznie uwarunkowaną kierunkowość (Harasimiuk, 1980).

Na skałach podłoża zalega dwudzielny kompleks osadów plejstocenońskich. Część dolną tego kompleksu stanowią różnowiekowe osady glacialne, fluwio- i limnoglacialne (ryc. 2). Nie stanowią one ciągłej pokrywy, ale w wielu miejscach ich miąższość przekracza 20 m (Harasimiuk & Henkiel, 1978; Żarski, 1988; Pożaryski i

*Zakład Geologii i Ochrony Litosfery, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Al. Kraśnicka 2cd, 20-718 Lublin; geolzg@biotop.umcs.lublin.pl;

**Zarząd Zespołu Lubelskich Parków Krajobrazowych, Lubelska 4a, 24-120 Kazimierz Dolny

in., 1994). W kompleksie tym dominują osady zlodowacenia odry. Zachodnia część Płaskowyżu Nałęczowskiego była w całości pokryta łądoldem w stadiale maksymalnym tego zlodowacenia, w stadiale pomaksymalnym znalazła się w strefie marginalnej. Stąd duża różnorodność litologiczna i zmienność miąższości występujących tu osadów (Harasimiuk & Henkiel, 1976; Pożarski i in., 1994).

Ogólnie można stwierdzić, że na północ od doliny Bystrej pokrywa osadów genetycznie związanych z łądoldem cechuje się dużymi miąższościami, średnio powyżej 15 m, oraz dominacją glin morenowych i utworów fluwioglacjalnych. Udział utworów limniglacjalnych jest niewielki zarówno przestrzennie, jak i w profilach pionowych. Na południe od doliny Bystrej gliny zwałowe tworzą na ogół cieką i nieciągłą pokrywę, leżącą bezpośrednio na skałach podłoża lub na cienkich osadach piaszczystych (Harasimiuk & Henkiel, 1976).

Część górną osadów plejstocenijskich poza obszarami dolinnymi tworzy pokrywa lessowa z okresu zlodowacenia wisły. Stratygraficznie reprezentuje ona zasadniczo jeden cykl lessotwórczy, przerywany tylko krótkimi okresami interstadialnymi, w czasie których tworzyły się inicjalne poziomy gleb kopalnych (Harasimiuk & Henkiel, 1978; Maruszczak, 1991).

Miąższość pokrywy lessowej jest silnie zróżnicowana, ale zachodnia część Płaskowyżu Nałęczowskiego wyróżnia się w skali całego kraju maksymalnymi miąższościami, wahającymi się średnio w granicach 15–20 m. Maksymalne miąższości do 30 m występują wzdłuż północnej krawędzi Płaskowyżu Nałęczowskiego, a także wzdłuż prawie równoleżnikowych odcinków dolin prawych dopływów Wisły — Bystrej i Grodarza. Tak duże miąższości są wynikiem częściowego zasypywania lessom dolin i innych, mniejszych form dolinnych. Można stwierdzić, że maksymalne miąższości pokrywy lessowej wystąpiły w strefach największych gradientów hipsometrycznych podłoża

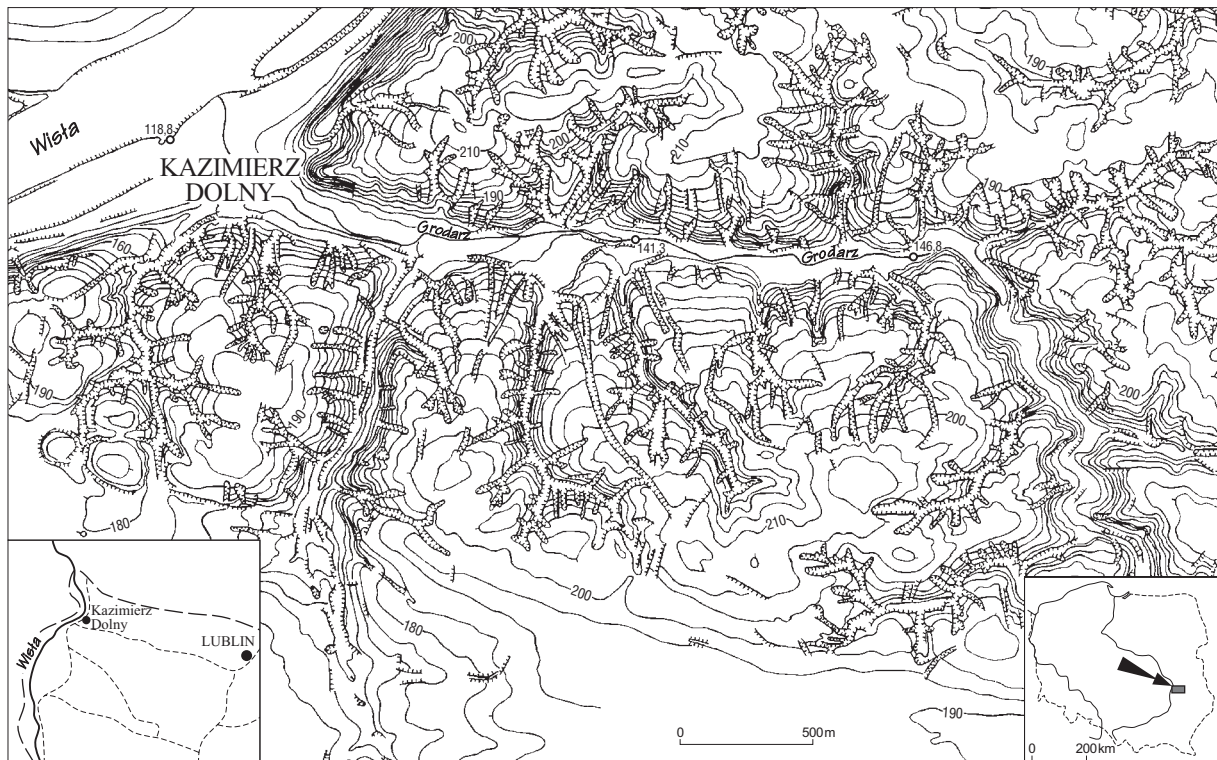
(Harasimiuk & Henkiel, 1978; Harasimiuk & Jezierski, 1998). Less, jako słabo scementowany, porowaty osad eoliczny jest bardzo podatny na procesy rozmywania i procesy suffozyjne, a także ruchy masowe (ryc. 3). W warunkach, kiedy w podłożu występują utwory słabo przepuszczalne lub nieprzepuszczalne (gliny morenowe, iły zastoiskowe), przy silnym rozcięciu całej pokrywy lessowej mogą się też pojawiać procesy osuwiskowe.

Cechą charakterystyczną rzeźby zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego są bardzo duże deniwelacje powierzchni terenu, osiągające wzdłuż wschodniego zbocza doliny Wisły wartości do ok. 100 m. Deniwelacje maleją ku wschodowi i w rejonie Nałęczowa nie przekraczają już 50 m. Duże deniwelacje i urozmaiczone ukształtowanie powierzchni podłoża powodują, że rzeźba zachodniej części płaskowyżu wyróżnia się dużą gęstością sieci suchych dolin osiągającą wartość do 5 km/km^2 (Maruszczak, 1973). Tak więc zarówno warunki geologiczne, jak i rzeźba terenu w sposób szczególny sprzyjają intensywnym, wtórnym i uwarunkowanym antropogenicznym procesom erozyjnym.

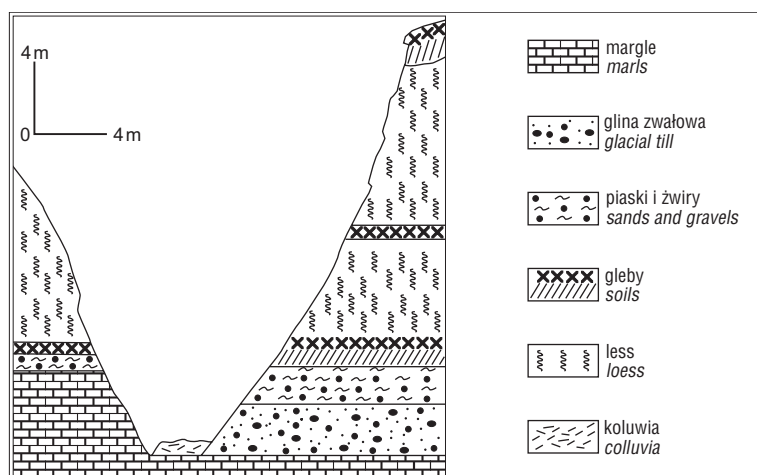
Podobne warunki jak w przypadku zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego występują jeszcze w kilku regionach województwa lubelskiego. Należy tu wymienić okolice Kraśnika na Wzniesieniach Urzędowskich, okolice Szczepieszyna na Roztoczu, okolice Skierbieszowa na Działach Grabowieckich. Są to obszary w dużym stopniu zagrożone zarówno procesami erozji gleb, jak i erozji wodnej (Maruszczak, 1973; Buraczyński, 1989/90).

Zjawiska katastrofalne

Zachodnia część Płaskowyżu Nałęczowskiego charakteryzuje się wyjątkowo gęstą siecią wąwozów, nawet w skali europejskiej. Miejscami przekracza ona 10 km/km^2 (Maruszczak, 1973). Zawdzięcza to zarówno wielowieko-



Ryc. 1. Wąwozy w okolicy Kazimierza Dolnego
Fig. 1. Gullies in the vicinity of Kazimierz Dolny



Ryc. 2. Przekrój geologiczny podłoża wąwozu „Chałajowy Dół” (wg Repelewska-Pękałowa & Pękała, 1988)

Fig. 2. Geological cross-section through the “Chałajowy Dół” gully basement complex (after: Repelewska-Pękałowa & Pękała, 1988)

wej działalności gospodarczej człowieka, jak i specyficznym warunkom naturalnym, wśród których należy wymienić miększą pokrywą utworów lessowych, duże deniwelacje — szczególnie w pobliżu doliny Wisły — oraz częste występowanie deszczów nawałnych (Chomicz, 1951; Parczewski, 1960), odgrywających doniosłą rolę w kształtowaniu krajobrazu na tym obszarze. Równocześnie jednak warunki te stwarzają poważne zagrożenie dla infrastruktury znajdujących się na tym obszarze miejscowości.

Szczególnie dotyczy to Kazimierza Dolnego. Dolna, lessowa część dorzecza potoku Grodarz (o pow. ok. 11 km²) rozcięta jest gęstą siecią wąwozów (ryc. 1), których łączna długość dochodzi niemal do 60 km. Zbocza doliny, wciętej w odcinku ujściowym do głębokości 80–90 m w stosunku do wierzchołki, osiągają miejscami nachylenie przekraczające nawet 30° (Maruszczak i in., 1984). Zadrzewienia występują niemal wyłącznie w wąwozach (ryc. 4) lub na stromych stokach, gdyż stosunkowo urodzajne płowe gleby lessowe zostały od dawna zajęte pod uprawę (Klimowicz & Uziak, 1994).

W tych warunkach wody z opadów nawałnych podlegają szybkiemu spływowi dnami wąwozów o dużych spadkach, koncentrując się w dnie doliny Grodarza. Dochodzi wówczas do zalania i zamulenia upraw, zniszczenia lub



Ryc. 3. Zsuw ze zbocza wąwozu drogowego (fot. Zbigniew Gardziel)

Fig. 3. Landslide on the slope of the road gully (photo by: Zbigniew Gardziel)

zamulenia dróg, zalania całych posesji, piwnic i parterów budynków.

Sąsiadująca z doliną Wisły wysoka krawędź Płaskowyżu Nałęczowskiego stanowi środowisko szczególnie sprzyjające powstawaniu deszczów nawałnych. Związane jest to z dużymi kontrastami wysokościowymi i termiczno-wilgotnościowymi, wynikającymi z sąsiedztwa dużej rzeki oraz wylesionego, zajętego pod uprawę płaskowyżu lessowego (Rodzik i in., 1998).

Podczas deszczu nawałnego szybko następuje przekroczenie chwilowej zdolności retencyjnej i spływ wody opadowej wąwozami (gdzie chwilowe przepływy mogą osiągać wartości ok. kilka m³/s) do doliny Grodarza. Intensywnie są wówczas erodowane zarówno obszary pól uprawnych, jak i dna wąwozów, a ilość wynoszonego materiału sięga kilku tysięcy ton z jednego kilometra kwadratowego zlewni wąwozu (Maruszczak, 1986). Do Kazimierza docierają gwałtowne spływy zarówno z wąwozów uchodzących bezpośrednio do miasta, jak również z wyżej położonych zlewni wąwozowych — poprzez dolinę Grodarza. Ocenia się, że intensywny deszcz nawałny może spowodować osadzenie na terenie miasta namulów o objętości od kilku do kilkunastu tysięcy metrów sześciennych (Józefaciuk & Józefaciuk, 1984).

O katastrofalnych dla Kazimierza Dolnego skutkach opadów nawałnych informują już źródła historyczne. Przytaczane są szczególnie opisy dotyczące 1633 r., kiedy to „woda z dżdża, gwałtowna z gór na spichrze napadła” (Teodorowicz-Czerepińska, 1981) oraz *Pieśń nowa* anonimowego autora *O gwałtownym deszczu, nigdy niesłychanym w Koronie Polskiej, w Kazimierzu Dolnym, w roku 1644*, w wyniku którego „wpadła z gór w ulice, pozносиła kamienice” oraz poczyniła wiele innych szkód w mieście (*Nie na sto, ani na dwieście stało się tam szkody w mieście*), a ponadto w wielu miejscach zmieniła rzeźbę terenu — ...*Gdzie były góry wysokie, tam teraz doły głębokie...* (Montusiewicz, 1991). W minionym stuleciu wystąpiło kilka opadów nawałnych, katastrofalnych w skutkach dla opisywanego obszaru (Rodzik i in., 1998). W maju (w nocy z 13 na 14) 1936 r. deszcz nawałny spowodował tak gwałtowny przybór wody w Grodarzu, że maksymalny przepływ kulminacyjny wyniósł 106 m³/s (Dębski, 1970), podczas gdy obecnie w potoku tym przepływ kształtuje się zwykle na poziomie kilkunastu litrów na sekundę. Ulice Kazimierza znajdujące się blisko potoku zostały silnie zamulone, a piwnice w wielu domach zalane wodą (Parczewski, 1960). Obecnie dolny odcinek Grodarza jest obetonowany, nie zabezpiecza to jednak miasta przed powodzią, gdyż w przypadku gwałtownych i intensywnych opadów wody potoku mogą niekiedy nawet wystąpić z tak obudowanego koryta.

W lipcu 1956 r. na stacji meteorologicznej w Puławach zanotowano w ciągu 40 min. opad w wysokości 30,7 mm, a ulewa, która nawiedziła położoną o 6 km na południe Parchatkę spowodowała intensywną erozję den liczących wąwozów, unosząc kamienie o średnicy kilkunastu a nawet kilkudziesięciu centymetrów (Reniger, 1959). W okolicy Kazimierza silny spływ powierzchniowy wód opadowych wystąpił w lipcu 1970 r., kiedy to zanotowano opad dobowy w wysokości 57,8 mm (Ziemnicki i in., 1975), a także w kwietniu 1976 r., gdy po opadach dobowych w wysokości 48,4 mm przepływ przy ujściu Grodarza wzrósł do 12,6 m³/sek. (Maruszczak i in., 1984). Tak wielkie ilości wody transportują olbrzymią masę zawieszin (ryc. 5).



Ryc. 4. Typowy wąwóz lessowy w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego (fot. Wojciech Zgłobicki)

Fig. 4. A typical loess gully in the western part of the Nałęczów Plateau (photo by: Wojciech Zgłobicki)

Najgroźniejszy w skutkach był deszcz nawalny w Kazimierzu w dniu 24.06.1981 r. W ciągu 1 godziny wysokość opadu wyniosła ponad 100 mm, a spływająca do Grodarza woda zamieniła go w rwącą rzekę o przepływie w odcinku ujściowym szacowanym na 37 m³/sek (Maruszczak i in., 1984). W Kazimierzu na jednej z dróg (Norowy Dół) została zerwana kostka granitowa na odcinku kilkuset metrów, zerwane zostały również fragmenty nawierzchni asfaltowych dróg w Czerniawach i w dolinie Grodarza (ul. Nadrzeczna) — rwąca woda unosiła płyty asfaltu o powierzchni kilku m². Łączna masa wyerodowanego wówczas z wąwozów materiału oszacowana została na kilkadziesiąt tysięcy ton. Woda zalała większość ulic, jak

również piwnice i partery wielu domów, a objętość osadzonych w mieście namulów wyniosła co najmniej kilkanaście tysięcy metrów sześciennych (Gardziel i in., 1996).

Deszcze nawalne, powodujące katastrofalne skutki zarówno geomorfologiczne, jak i dla infrastruktury, występują w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego raz na kilka lat. Nieco mniejsze skutki powodują bardzo intensywne spływy roztopowe, które zdarzają się w tym regionie raz na kilkanaście lat — miały miejsce w latach 1956, 1964, 1979 i 1996 (Mazur & Pałys, 1992; Gardziel i in., 1996). Wyraźnie mniejsze, ale również istotne skutki wywołują letnie deszcze ulewne, które występują praktycznie każdego roku, a nawet kilka razy w roku (Ziemnicki & Naklicki, 1971; Ziemnicki i in., 1975). Tego typu zjawiska pozostawiają każdorazowo w obrębie dróg i ulic Kazimierza ok. 100 m³ namulów, a jeden z wozów (na Kulawej Górze) w wyniku intensywnej erozji po ulewnych deszczach w 1996 r. został, na kilka lat, wyłączony z ruchu kołowego.

Natężenie erozji wąwozowej w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego w czasach historycznych

Wąwozy są powszechnymi formami rzeźby na powierzchni Ziemi. O bardzo częstym występowaniu świadczyć może obecność w wielu językach świata terminów służących do ich opisu: *gully* (ang.), *arroyo* (hiszp.), *owrag* (ros.), *ravin* (franc.), *Graben* (niem.). Istotne z naukowego i praktycznego punktu widzenia jest w związku z tym pytanie: w jakich warunkach, w jaki sposób i kiedy rozpoczęło się powstawanie wąwozów?

W umiarkowanej strefie klimatycznej proces powstawania omawianych form jest wiązany z działalnością człowieka, przede wszystkim deforestacją obszarów o urozmaiconej rzeźbie i powiększaniem areału użytków rolnych (Bork, 1989; Maruszczak, 1986, 1988; Starkel, 1988;

Tab. 1. Charakterystyka wybranych wąwozów drogowych w zlewni Grodarza (wg Gardziel & Rodzik 2001a, zmieniona)

Tab. 1. Characteristics of selected road gullies of Grodarz catchment (after: Gardziel & Rodzik, 2001a, changed)

	„Kwaskowa Góra”	„Przytułkowe” (dolny odcinek lower section)	„Korzeniowy”	„Kulawa Góra”	„Wąwóz nad źródłem”
Dawna forma użytkowania <i>Former way of use</i>	droga regionalna <i>regional road</i> dojazd na pola <i>access road to fields</i>	dojazd na pola <i>access road to fields</i>	dojazd na pola <i>access road to fields</i> droga lokalna <i>local road</i>	droga lokalna regionalna? <i>local regional?road</i>	droga leśna <i>forest road</i> dojazd na pola <i>access road to fields</i>
Współczesna forma użytkowania <i>Present-day way of use</i>	dojazd na pola <i>access road to fields</i> droga lokalna <i>local road</i>	dojazd na pola <i>access road to fields</i> droga lokalna <i>local road</i>	droga lokalna <i>local road</i> dojazd na pola <i>access road to fields</i>	nieczynny <i>closed</i> zakaz wstępu <i>no entry</i>	droga lokalna <i>local road</i> dojazd na pola <i>local road</i>
Długość wąwozu <i>Length of the gully</i>	1200 m	300 m	400 m	200 m	200 m
Głębokość maksymalna <i>Maximal depth</i>	9–10 m	2 m	6–7 m	7–8 m	5–6 m
Maksymalny spadek dna <i>Maximal slope of the bottom</i>	5°–8°	8°	8–9°	12°	7–8°
Zlewnia wąwozu <i>Catchment of the gully</i>	tylko własna <i>only its own</i>	pola położone powyżej <i>fields located above</i>	w dolnej części fragment zbocza <i>in lower part fragment of the slope</i>	niecka drogowa i fragment zbocza <i>road trough and part of the slope</i>	droga na wierzchołku <i>road on the plateau</i>
Erozja dna <i>Erosion in the bottom</i>	umiarkowana <i>namoderate</i>	silna <i>strong</i>	umiarkowana <i>namoderate</i>	bardzo silna <i>very strong</i>	umiarkowana (płyty IOMB) <i>moderate</i>
Procesy na zboczach <i>Processes on the slopes</i>	drobne obrywy i zsuwy <i>small-scale landfalls and landslides</i>	odklucia i obrywy <i>landfalls and landslides</i>	drobne obrywy <i>small-scale landfalls</i>	duże obrywy z drzewami, sufozja <i>big landfalls with trees, piping</i>	osypywanie <i>screes</i>



Ryc. 5. Intensywna redepozycja produktów erozji wąwozowej (fot. Wojciech Zgłobicki)

Fig. 5. Intensive redeposition of the gully erosion products (photo by: Wojciech Zgłobicki)

Śnieszko, 1995; Vanwalleghem i in., 2006). Prowadzone badania dowodzą, że przy obecnie istniejących warunkach klimatycznych Europy Zachodniej i Środkowej, powstawanie wąwozów w obrębie niezaburzonych przez człowieka powierzchni leśnych nie występuje (Vanwalleghem i in., 2003, 2005). Jest to związane w głównej mierze z wysoką pojemnością infiltracyjną gleb leśnych, co czyni występowanie hortonowskiego spływu powierzchniowego praktycznie niemożliwym. Istniejące na obszarach leśnych wąwozy są w związku z tym pozostałościami starego krajobrazu, a same formy i związane z nimi osady odzwierciedlają etapy wpływu człowieka na środowisko. Badania sedymentologiczne i archeologiczne wskazują jednocześnie, że wylesienie nie jest wystarczającym warunkiem zainicjowania procesów erozji wąwozowej. Konieczne jest współwystępowanie ulewnych deszczy (Śnieszko, 1995). Wąwozy rozwijają się bowiem przede wszystkim podczas gwałtownych ulew i roztopów (Buraczyński & Wojtanowicz, 1974; Maruszczak, 1986).

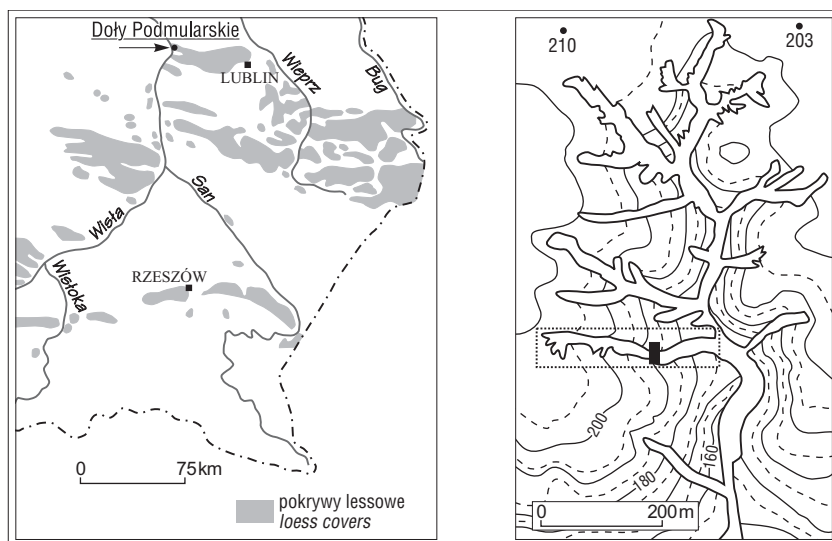
Na wyżynach lessowych Polski południowo-wschodniej intensywna presja człowieka na środowisko rozpo-

częła się wraz z pojawieniem się osiadłych społeczności neolitycznych ok. 5000 lat temu (Nogaj-Chachaj, 2000). W krajobrazie w wyniku rolniczej deforestacji zaczęły pojawiać się tereny bezleśne, na których rozwijały się procesy erozji gleb i erozji wąwozowej. Charakter prowadzonej gospodarki rolnej i stosunkowo niewielki jej zasięg przestrzenny powodował, że aż do XV w. natężenie erozji wąwozowej nie było duże (Maruszczak, 1988). Powstawały jedynie pojedyncze formy wąwozowe w pobliżu osad ludzkich (Śnieszko, 1995; Śnieszko & Grygierczyk, 1991). Dopiero w późnym średniowieczu ukształtowały się stabilne granice polno-leśne i najprawdopodobniej dopiero wówczas zaczęła rozwijać się na większą skalę sieć wąwozów lessowych (Maruszczak, 1988).

Wśród badaczy zajmujących się problematyką erozji wąwozowej przeważa pogląd, że powstanie sieci współcześnie istniejących wąwozów na obszarach lessowych jest związane z ostatnim tysiącem lat (Buraczyński, 1989/1990; Czarnecki, 1996; Makowski, 1976; Maruszczak, 1973, 1986; Śnieszko, 1991; Vanwalleghem i in., 2006). Rozważania dotyczące wieku wąwozów opierają się przy tym najczęściej na analizie gęstości zaludnienia (wielkości presji na środowisko) oraz zmian klimatycznych (częstotliwości deszczy nawalnych). Na tej podstawie Maruszczak (1988) i Buraczyński (1989/1990) stwierdzają, że większość wąwozów na obszarach lessowych nie jest starsza niż 1000 lat (stawiana jest też teza, że znaczna część istniejących obecnie dużych wąwozów powstała 300–400 lat temu). Z kolei Maruszczak i in. (1984) prowadząc studia w zlewni Grodarza i przyjmując 1 mm/rok jako maksymalne tempo denudacji obszarów lessowych, określili czas potrzebny do odprowadzenia materiału o kubaturze odpowiadającej obecnie istniejącym wąwozom na 440 i 1000 lat.

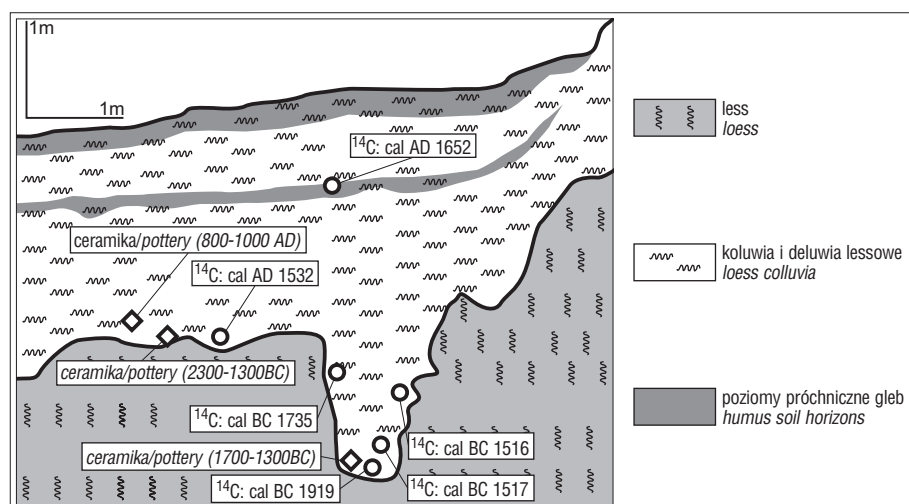
Bezpośrednie datowania osadów związanych z procesami erozji wąwozowej są znacznie rzadsze. Badania w Parchatce (zachodnia część Płaskowyżu Nałęczowskiego) wskazują na dwie fazy ożywienia erozji wąwozowej: 6,5–1,7 tys. lat BP oraz XI w. po czasie współczesne (Śnieszko, 1995). Kolejny profil dostarczający danych na temat wieku wąwozów to Jędrzejówka (Roztocze Zachodnie). Występujący tu poziom powalonych drzew można uznać za efekt wyjątkowo gwałtownej ulewy, jaka wystąpiła na przełomie XI i XII w. Przykrywające muły są osadami odpowiadającymi erozji wąwozowej, która nasiliła się po utworzeniu bruzdy inicjalnej po ulewie (Śnieszko, 1991).

Interesujących informacji dotyczących faz erozji wąwozowej w okolicach Kazimierza Dolnego (Płaskowyż Nałęczowski) dostarczają studia prowadzone przez polsko-niemiecki zespół badawczy w systemie wąwozowym „Doły Podmularskie” (Zgłobicki i in., 2003). Szczegółowe badania były prowadzone w bocznej odnodze o długości 300 m (ryc. 6). W dnie formy, w obrębie eworsyjno-sufozyjnego progu, odsłania się profil osadów proluwialno-koluwialnych o miąższości 3,8 m (ryc. 7, 8). Stwierdzono tu występowanie kilku faz rozcinania i wypełniania form osadami. Dokładna analiza sedymentologiczna w połączeniu z datowaniami archeologicznymi i ^{14}C pozwoliła na wyróżnienie czterech faz erozji wąwozowej (ryc. 9): a) epoka



Ryc. 6. Położenie wąwozu „Doły Podmularskie” na tle pokryw lessowych Polski południowo-wschodniej (za: Maruszczak, 1972)

Fig. 6. Location of “Doły Podmularskie” gully system against the loess covers of south-eastern Poland (after: Maruszczak, 1972)



Ryc. 7. Profil osadów koluwialnych wypełniających kopalne rozcięcia erozyjne w bocznej odnodze systemu wąwozowego „Doły Podmularskie” (wg. Zgłobicki i in., 2003, zmienione)
Fig. 7. Profile of colluvial deposits in fossil erosion ravines in the tributary gully of „Doły Podmularskie” system (after Zgłobicki et al., 2003, changed)

brązu (ok. 1500 BC); b) wczesne średniowiecze (ok. 1000 AD); c) XVI–XVII wiek; d) II połowa XIX wieku — czasy współczesne.

Badania prowadzone w systemie „Doły Podmularskie” potwierdziły, że wąwozy na obszarach lessowych są formami, których rozwój, najprawdopodobniej lokalnie, zachodził już 3500 lat temu. Od tego czasu, a być może także wcześniej, stanowią one nieodłączny element krajobrazu wyżyn lessowych użytkowanych rolniczo. Najintensywniejsze procesy erozji wąwozowej — na co wskazują rozmiary kopalnej formy — działały w XVI–XVII wieku, a było to spowodowane rozwojem osadnictwa i rolnictwa w rejonie Kazimierza Dolnego oraz większą częstotliwością ulewnych deszczy (mała epoka lodowa). Prowadzone w zlewni Grodarza studia pokazują, że rozwój wąwozów w warunkach gospodarki człowieka był wielofazowy. W przypadku niektórych wąwozów ich obecny wygląd jest rezultatem kilku faz rozcinania i wypełniania form erozyjnych. Okresy erozji mogą być związane z intensywniejszym osadnictwem i większą częstotliwością ulewnych deszczy, a fazy wypełniania z mniejszą intensywnością rolnictwa czy nawet reforestacją obszaru. A zatem nie we wszystkich przypadkach rozwój wąwozów

polegał na ciągłym, choć przebiegającym epizodycznie, powiększaniu formy na skutek erozji. Istniejące współcześnie wąwozy nie zawsze są formami najgłębszymi (ryc. 9). Często jest również tak, że ostatnia faza erozji może usuwać ślady — formy i osady — poprzednich.

Wąwozy drogowe (głębocznice) zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego

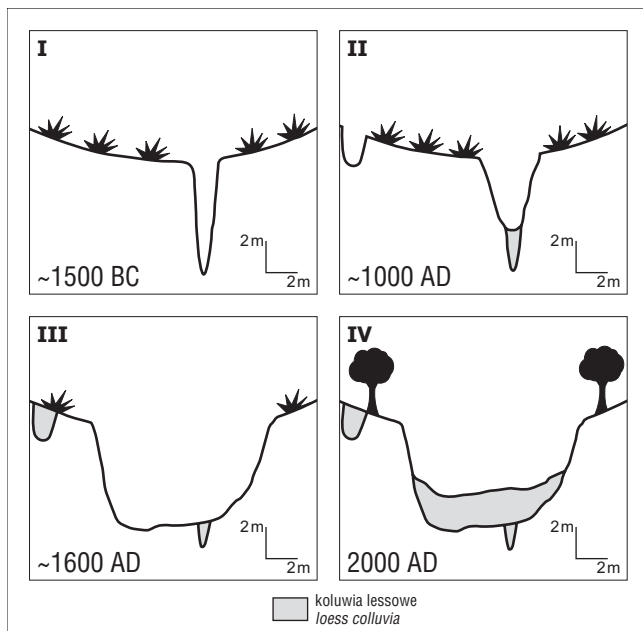
Na obszarze zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego, podobnie jak na innych obszarach lessowych, obok wąwozów naturalnych występują również wąwozy drogowe, zwane głębocznicami (w innych regionach, z niemieckiego — *holwegami*). Charakteryzują się one zespołem specyficznych cech, dzięki któremu są łatwo rozpoznawalne zarówno na mapie jak i w terenie. W przeciwieństwie do wąwozów naturalnych, które najczęściej tworzą rozbudowane systemy z licznymi odgałęzieniami, głębocznice mają przebieg zbliżony do prostoliniowego i nie posiadają bocznych odgałęzień, a ich zlewnie są niewielkie (ryc. 10). Przekrój poprzeczny wąwozów drogowych jest zbliżony do prostokąta — ściany są prawie pionowe, dno niemal płaskie, a szerokość całego wąwozu drogowego równa szerokości jego dna (ryc. 11). W okolicy Kazimierza Dolnego (w zlewni Grodarza) wąwozy drogowe stanowią nawet ok. 20–30% ogółu wąwozów — zarówno pod względem ich gęstości, jak i długości (Gardziel & Rodzik, 2001b).

Decydującą rolę w powstawaniu i rozwoju głębocznicy — przy sprzyjających warunkach naturalnych — odgrywa działalność człowieka. Wytyczenie drogi gruntowej na terenie nachylonym prowadzi do powstania nowej formy ukształtowania powierzchni. Dno drogi podlega bowiem obniżaniu wskutek procesów spłukiwania zachodzących po słabo przepuszczalnym gruncie oraz mechanicznego oddziaływania kół pojazdów. Gdy wcięcie drogi zaczyna przekraczać kilkadziesiąt centymetrów, na zboczach tak powstałej formy



Ryc. 8. Odślonienie utworów koluwialnych w bocznej odnodze systemu „Doły Podmularskie” (fot. Markus Dotterweich)

Fig. 8. Exposure of colluvial deposits in the tributary gully of “Doły Podmularskie” system (photo by: Markus Dotterweich)



Ryc. 9. Fazy erozji wąwozowej w bocznej odnodze systemu „Doły Podmularskie” (za: Zgłobicki i in., 2003)

Fig. 9. Phases of gully erosion in the tributary gully in the “Doły Podmularskie” system (after: Zgłobicki et al., 2003)

zaczynają rozwijać się ruchy masowe. Czynniki wpływającymi na głębokość wcięcia formy drogowej są: czas użytkowania drogi, intensywność ruchu pojazdów, nachylenie i kształt stoku.

Podstawowe założenia układu komunikacyjnego (zachodniej części) Płaskowyżu Nałęczowskiego pochodzą z późnego średniowiecza i są związane z intensywnym rozwojem Kazimierza (połowa XV w. — połowa XVII w.) jako ważnego ośrodka handlu zbożem (Teodorowicz-Czerepińska, 1981). Równocześnie znaczna część ludności tego regionu zajmowała się rolnictwem, czemu sprzyjały urodzajne gleby płowe. Obok ważnych szlaków handlowych rozwijała się wówczas sieć regionalnych i lokalnych dróg, łączących bliższe i dalsze miejscowości, a zwłaszcza osady leżące w pobliżu den dolinnych ze zlokalizowanymi na wierzchołkach i stokach polami uprawnymi (sieć dróg nawiązuje tu do układu łąnów). Znaczny wzrost liczby ludności w XIX w. spowodował postępujące rozdrobnienie gospodarstw, a co za tym idzie zwiększenie ilości dróg dojazdowych. W efekcie drogi główne, które na ogół prowadzą wzdłuż osi działań wodnych lub dnami dolin, połączone są siecią licznych bocznych dróg, których gęstość w północno-zachodniej części Płaskowyżu dochodzi do 4 km/km² (Zgłobicki, 1998).

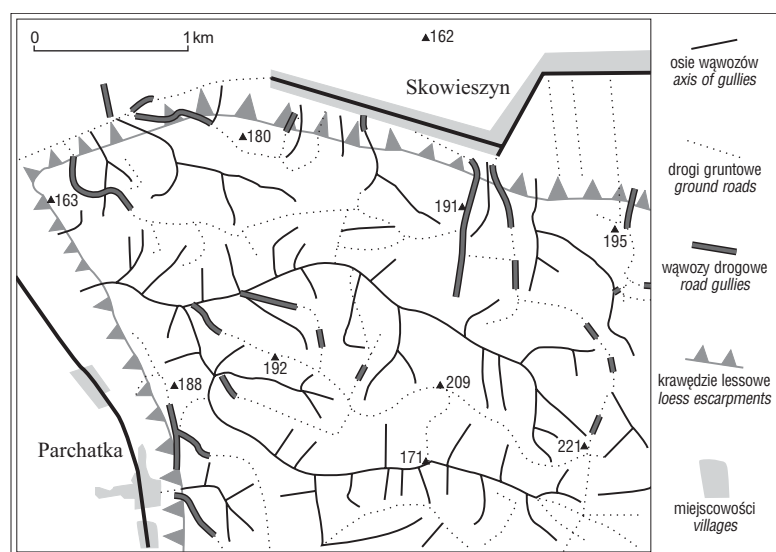
Drogi dojazdowe na opisywanym obszarze prowadzone są na ogół wzdłuż garbów na zboczach dolin, rozdzielających boczne dolinki z naturalnymi systemami wąwozowymi. Takie usytuowanie dróg w pewnym stopniu zabezpiecza je przed zbieraniem (koncentracją) spływu wód z pól. Jednak oddziaływanie kopyt zwierząt i kół pojazdów powodowało, że drogi te — pozbawione roślinności — były i są szlakami formowania się skoncentrowanego spływu wód opadowych. Przy znacznych nachyleniach, osiągających wielkość kilku-

nastu stopni, a na zboczach doliny Wisły przekraczających nawet 25°, oraz materiale lessowym bardzo podatnym na erozję wodną, drogi te ulegały tak szybkiemu pogłębianiu, że nie nadążały za tym procesy stokowe. Dzięki możliwości zachowywania przez less niemal pionowych ścian, powstawały wąwozy drogowe nieraz o znacznych głębokościach osiągających kilka, sporadycznie nawet do 10 metrów (tab. 1.).

Badania dowodzą, że na obszarach lessowych wąwozy drogowe należą do najszybciej przekształcanych form rzeźby (Nowocień, 1996; Zgłobicki, 2002). Na Wyżynie Lubelskiej średnie roczne tempo pogłębiania tych form wynosi ok. 4,5 cm (Nowocień, 1996), przy czym niekiedy podczas jednej gwałtownej ulewy może dojść do obniżenia całego dna drogi o kilkanaście centymetrów, a miejscami nawet do jej pogłębienia o 2–3 m (Rodzik i in., 1996). Intensywna erozja wąwozów drogowych zachodząca podczas gwałtownych ulew powoduje, że są one równocześnie głównym źródłem rumoszu wynoszonego na dno dolin, co prowadzi do zamulania znajdujących się tam dróg i posesji.

Dodatkowymi czynnikami przyspieszającymi rozwój głębocznicy są działania mechaniczne zmierzające do utrzymania ich drożności (np. usuwanie materiału zgromadzonego u podnóży zboczy w wyniku procesów masowych). Szczególne znaczenie miało także wprowadzenie mechanizacji rolnictwa (zwłaszcza od lat 70. ub. wieku), a co za tym idzie konieczność dostosowania dróg dojazdowych do gabarytów maszyn rolniczych, jak również używanie ciężkiego sprzętu do ich udrożnienia.

Wąwozy drogowe rozcinające północną krawędź Płaskowyżu Nałęczowskiego osiągają długość 500–600 m, a nachylenie ich den dochodzi do 4°. Wyraźnie krótsze (100–200 m) i o mniejszych nachyleniach dna są wąwozy drogowe wewnątrz regionu (NW część Płaskowyżu Nałęczowskiego), łączące dna dolin z wierzchołkami (ryc. 10). Obok głębocznicy powstałych z przekształcenia dróg dojazdowych do pól spotykane są też wąwozy drogowe utworzone w obrębie szlaków komunikacyjnych łączących różne miejscowości, np. Droga Opolska w Kazimierzu. Wiek większości głębocznicy na obszarze Płaskowyżu Nałęczowskiego szacowany jest na około 150–200 lat, co dobrze koresponduje z początkiem zmian własności ziemi na tym obszarze. Niektóre z wąwozów drogowych



Ryc. 10. Wąwozy drogowe północno-zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego (za: Zgłobicki, 1998)

Fig. 10. Road gullies of north-western part of Nałęczów Plateau (after: Zgłobicki, 1998)



Ryc. 11. Wąwóz drogowy (fot. Renata Kołodyńska-Gawrysiak)
Fig. 11. Road gully (photo by: Renata Kołodyńska-Gawrysiak).

mogą być o wiele starsze (np. czas użytkowania wspomnianej wyżej Drogi Opolskiej można szacować nawet na 700 lat).

W niektórych przypadkach wąwozy drogowe były tak silnie erodowane, że cała droga lub jej fragment (zwłaszcza dolny odcinek, na którym następuje wyraźne zwiększenie spadku) były porzucane, a obok powstawała nowa droga. Prowadziło to do powstawania kilku wariantów równoległych do siebie głębocznie będących w różnym stadium rozwoju oraz tworzenia charakterystycznych wachlarzowych, zalesionych systemów wąwozów drogowych.

Procesy erozji wąwozowej a zagrożenia infrastruktury

Intensywnie zachodzące procesy erozji wąwozowej, jak to już wspomniano powyżej, stanowią bardzo istotne zagrożenie infrastruktury, zwłaszcza tam, gdzie występują w obrębie miejscowości lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Najważniejszym problemem jest bez wątpienia zagrożenie dla sieci drogowej. W przypadku dróg nieutwardzonych procesy te mogą ograniczać lub całkowicie likwidować ich przejezdność (ryc. 3). Intensywne procesy erozyjne prowadzą do wynoszenia ogromnych ilości materiału na dna dolin wyższej rangi, którymi zwykle prowadzone są drogi utwardzone. Powoduje to ich zamulanie, co w skrajnych przypadkach prowadzi do utraty ich przejezdności. Gwałtownie akumulowane stożki napływowe u wylotu silnie erodowanych zlewni wąwozów stwarzają też istotne problemy w warunkach przepływu wód okresowych i prawidłowego odwadniania dróg. Intensywne procesy erozyjne prowadzą też do wzrostu zagrożenia procesami typu: zerwy ziemne, spelzwanie, osuwiska — przykładem może tu być cmentarz w Kazimierzu.

Ekstremalnym przykładem kumulacji zagrożeń związanych z procesami erozji wąwozowej jest zabytkowe miasteczko — Kazimierz Dolny, gdzie poza bezpośrednimi zniszczeniami sieci drogowej mamy do czynienia z zamulaniem dróg, zamulaniem a nawet zniszczeniami sieci kanalizacyjnej, czy wreszcie zamulaniem piwnic i partarów budynków.

Podkreślić przy tym należy, że współczesna dynamika erozji wąwozowej jest uwarunkowana w bardzo silnym

stopniu charakterem rolniczej działalności człowieka. Sposób użytkowania zlewni wąwozowych — pokrycie terenu oraz układ pól — wpływają na intensywność procesów zachodzących w wąwozach. Jakkolwiek większość z nich jest współcześnie pokryta lasem, to rozkład pól w zlewni, mających duże znaczenie w kształtowaniu sieci odpływu epizodycznego, może wyraźnie wzmacniać intensywność procesów erozyjnych w zlewni (Rodzik & Zgłobicki, 2000).

Biorąc pod uwagę walory przyrodnicze i kulturowe Kazimierza Dolnego i okolic oraz funkcjonowanie na tym obszarze Kazimierskiego Parku Krajobrazowego niezbędne jest podjęcie pilnych działań, które doprowadziłyby do znaczącego ograniczenia zagrożeń. Dla okolic Kazimierza Dolnego kilkakrotnie były już wykonywane prace dokumentacyjne, które zmierzały do wykonania projektu zabezpieczeń przeciwoerozyjnych. Żadne z tych opracowań nie zostało doprowadzone do fazy projektu technicznego, który mógłby być podstawą do podjęcia prac zabezpieczających.

Podejmowane wrywkowo prace nie przynosiły przewidywanych skutków ze względu na brak kompleksowych rozwiązań, które uwzględniałyby wszystkie — przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania ekstremalnie wysokich zagrożeń wynikających z procesów erozji wąwozowej.

Niezbędne jest wykonanie kompleksowych projektów, obejmujących najbardziej zagrożone rozwojem procesów erozyjnych zlewnie cząstkowe (Kwaskowa Góra, Plebanka, Kulawa Góra, Wąwóz Małachowskiego). Projekty powinny obejmować szczegółowe rozpoznanie geologiczno-geomorfologiczne, a także ocenę możliwości realizacji niezbędnej zabudowy biologicznej (dolesień i zakrzewień). Ze względu na położenie zlewni w obszarze objętym ochroną (park krajobrazowy), w projektach powinny być ograniczone do minimum zabezpieczenia inżyniersko-techniczne.

Literatura

- ABDEL-GAWAD G.I. 1986 — Maastrichtian non-cephalopod mollusks (Scaphopoda, Gastropoda and Bivalvia) of the Middle Vistula Valley, Central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 36: 69–224.
- BORK H.-R. 1989 — Soil Erosion during the past Millennium in Central Europe and its significance within the geomorphodynamics of the Holocene. [W:] F. Ahnert (red.) *Landforms and landform evolution in West Germany*, Catena Supplement, 15: 121–131.
- BURACZYŃSKI J. 1989/90 — Rozwój wąwozów na Różtoczu Gorajskim w ostatnim tysiącleciu. *Ann. UMCS, sec. B*, 44/45: 95–104.
- BURACZYŃSKI J. & WOJTANOWICZ J. 1974 — Rozwój wąwozów lessowych w okolicy Dzierzkowic na Wyżynie Lubelskiej pod wpływem gwałtownej ulewy w czerwcu 1969 roku. *Ann. UMCS, Sec. B*, 26: 135–168.
- CHOMICZ K. 1951 — Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. *Wiad. Szkoły Hydrolog. i Meteorolog.*, 2, 3.
- CZARNECKI R. 1996 — Wyżyna Sandomierska. Część wschodnia. I. Komponenty środowiska geograficznego, Warszawa.
- DĘBSKI K. 1970 — *Hydrologia*. Arkady, Warszawa 1970.
- GARDZIEL Z., HARASIMIUK M. & RÓDZIK J. 1996 — Dynamika procesów geomorfologicznych w zlewni Grodarza i związane z nimi zagrożenia dla Kazimierza Dolnego. [W:] M. Kucharczyk (red.) — *Małopolski przełom Wisły — walory, zagrożenia, ochrona*. Wydawnictwo UMCS, Lublin: 21–31.
- GARDZIEL Z. & RÓDZIK J. 2001a — Warunki rozwoju, użytkowania i ochrony wąwozów drogowych okolic Kazimierza. [W:] Radwan S., Lorkiewicz Z. (red.) — *Problemy ochrony i użytkowania obszarów*

- wiejskich o dużych walorach przyrodniczych. Wyd. UMCS, Lublin: 249–255.
- GARDZIEL Z. & RODZIK J. 2001b — Drogi gruntowe jako stymulator przemian silnie urzeźbionego krajobrazu lessowego okolic Kazimierza. [W:] German K., Balon J. (red.) — Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie. Problemy Ekologii Krajobrazu, t. 10: 305–311.
- HARASIMIUK M. 1980 — Rzeźba strukturalna Wyżyny Lubelskiej i Rzotocza. Rozprawa habilitacyjna. Wydział Biologii i Nauk o Ziemi UMCS, Lublin.
- HARASIMIUK M. & HENKIEL A. 1976 — Osobliwości pokrywy lessowej zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego (Peculiarities of the loess cover in the western part of the Nałęczów Plateau). Bull. Inst. Geol., 297: 177–184.
- HARASIMIUK M. & HENKIEL A. 1978 — Wpływ budowy geologicznej i rzeźby podłoża na ukształtowanie pokrywy lessowej w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego. Ann. UMCS, sec. B, 30/31: 55–80.
- HARASIMIUK M. & JEZIEŃSKI W. 1998 — Północna krawędź Wyżyny Lubelskiej w okolicy Skowieszyna. [W:] Dobrowolski R. (red.). Główne kierunki badań geomorfologicznych w Polsce. Stan aktualny i perspektywy. IV Zjazd Geomorfologów Polskich. III. Przewodnik wycieczkowy. Wyd. UMCS, Lublin 1998: 169–173.
- HENKIEL A. & NITYCHORUK J. 1983 — Spękania ciosowe i drobne struktury tektoniczne w skałach kredowo-paleoceńskich północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Ann. UMCS, sec. B., 35/36: 13–27.
- JÓZEFACIUK CZ. & JÓZEFACIUK A. 1984 — Program zagospodarowania zlewni potoku Grodarza pod kątem ochrony miasta Kazimierza przez skutkami erozji. [w:] Melioracje przeciwerozcyjne podstawą racjonalnego użytkowania terenów wyżynnych, Puławy 12–14.09.1984 r.: 5–15.
- KLIMOWICZ Z. & UZIĄK S. 1994 — An attempt at the reconstruction of the past and future soil cover in the loess area (on the basis of the Nałęczów Plateau). Ann. UMCS, sec. B, 49: 229–242.
- MACHAŁSKI M. 2005 — Late Maastrichtian and earliest Danian scaphitid ammonites from central Europe: Taxonomy, evolution, and extinction. Acta Palaeont. Pol., 50: 653–696.
- MAKOWSKI J. 1976 — Przyczyny zróżnicowania gęstości sieci wąwozów na Wyżynie Kielecko-Sandomierskiej. Pr. i Stud. IG UW z. 21, Geogr. Fiz., 7: 49–76.
- MARUSZCZAK H. 1972 — Zagadnienie klasyfikacji lessów w Polsce. [W:] H. Maruszczak (red.) — Przewodnik Sympozjum Krajowego, Litologia i Stratygrafia Lessów w Polsce, Lublin, 25–30 września 1972, Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne: 17–23.
- MARUSZCZAK H. 1973 — Erozja wąwozowa we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich. Zesz. Nauk. Post. Nauk. Roln., 151: 15–30.
- MARUSZCZAK H. 1986 — Tendencje sekularne i zjawiska ekstremalne w rozwoju rzeźby małopolskich wyżyn lessowych w czasach historycznych. Czas. Geograf., 57: 271–282.
- MARUSZCZAK H. 1988 — Zmiany środowiska przyrodniczego kraju w czasach historycznych. [W:] L. Starkel (red.) — Przemiany środowiska geograficznego Polski, Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wyd. PAN, Wrocław: 109–135.
- MARUSZCZAK H. 1991 — Zróżnicowanie stratygraficzne lessów w Polsce. [W:] H. Maruszczak (red.) — Podstawowe profile lessów w Polsce. Wyd. UMCS, Lublin; A: 13–35.
- MARUSZCZAK H., MICHAŁCZYK Z. & RODZIK J. 1984 — Warunki geomorfologiczne i hydrogeologiczne rozwoju denudacji w dorzeczu Grodarza na Wyżynie Lubelskiej. Ann. UMCS, sec. B., 39: 117–145.
- MAZUR Z. & PAŁYS S. 1992 — Erozja wodna w zlewni lessowej na Lubelszczyźnie w latach 1956–1991. Ann. UMCS, sec. E, 47: 219–229.
- MONTUSIEWICZ R. 1991 — Reportaż z 1644 roku, Dziennik Lubelski z dnia 23.10.1991 r.: 8.
- NOGAJ-CHACHAJ J. 2000 — W epoce kamienia. [W:] E. Banasiewicz-Szykuła (red.) — Archeologiczne odkrycia na obszarze Kazimierskiego Parku Krajobrazowego. Lubelski Wojewódzki Konserwator Zabytków, Lublin: 9–32.
- NOWOCIEN E. 1996 — Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych. Pam. Puł. Pr. IUNG, 107: 101–111.
- PARCZEWSKI W. 1960 — Warunki występowania nagłych wezbrań na małych ciekach, Wiad. Służby Hydrolog. i Meteorol., t. 8, z. 3, PIHM, Warszawa: 5–79.
- POŻARYSKA K. 1967 — Badania warstw pogranicznych kredy i trzeciorzędu w Polsce pozakarpacciej. Kwart. Geol., 11: 61–672.
- POŻARYSKI W. 1948 — Jura i kreda między Radomiem, Zawichostem i Kraśnikiem. Poland Institute of Geology Bulletin, 46: 1–141.
- POŻARYSKI W. 1953 — Kreda. [W:] W. Pożaryski (red.) — Regionalna Geologia Polski. T. II. Region Lubelski. PTGeol, PWN Kraków: 14–62.
- POŻARYSKI W., MARUSZCZAK H. & LINDNER L. 1994 — Chronostratygrafia osadów plejstoceniowych i rozwój doliny Wisły środkowej ze szczególnym uwzględnieniem przełomu przez wyżyny południowopolskie. Pr. Państw. Inst. Geol., 147. Warszawa.
- RENIGER A. 1959 — Erozja gleb w okresie ulew i wpływów wód wiosennych w zależności od przebiegu pogody. Roczn. Nauk Rolniczych, t. 73, ser. F, 4: 599–641.
- REPELEWSKA-PĘKAŁOWA J. & PĘKAŁA K. 1988 — Charakterystyka geomorfologiczna zlewni wąwozu lessowego w aspekcie potrzeb projektów melioracji przeciwerozyjnych. Z. Probl. Post. Nauk Rol., 357: 17–35.
- RODZIK J., JANICKI G. & ZGŁOBICKI W. 1996 — Reakcja agroekosystemu zlewni lessowej na epizodyczny wpływ podczas gwałtownej ulewy. [W:] A. Józefaciuk (red.) — Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją, IUNG K(11/1) Pr. Nauk. cz. I: 201–214.
- RODZIK J., JANICKI G., ZAGÓRSKI P. & ZGŁOBICKI W. 1998 — Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych. Dok. Geogr., 11: 45–68.
- RODZIK J. & ZGŁOBICKI W. 2000 — Współczesny rozwój wąwozu lessowego na tle układu pól. [W:] S. Radwan, Z. Lorkiewicz (red.) — Problemy ochrony i użytkowania obszarów wiejskich o dużych walorach przyrodniczych. Wyd. UMCS, Lublin. 257–261.
- STARKEL L. 1988 — Działalność człowieka jako przyczyna zmian procesów denudacji i sedymentacji w holocenie. Prz. Geograf., 60: 251–265.
- ŚNIESZKO Z. 1991 — Reflection of extreme events in evolution of dry valleys in loess Roztocze Upland. [W:] J. Jersak (red.) — Less i osady dolinne. Pr. Nauk. UŚ, 1107: 119–128.
- ŚNIESZKO Z. 1995 — Ewolucja obszarów lessowych Wyżyn Polskich w czasie ostatnich 15 000 lat. Pr. Nauk. UŚ, 1496.
- ŚNIESZKO Z. & GRYGIERCZYK S. 1991 — Osady kopalnej brzozy w Bronocicach i ich związek z działalnością człowieka w neolicie. [W:] J. Jersak (red.) — Less i osady dolinne. Pr. Nauk. UŚ w Katowicach nr 1107: 129–146.
- TEODOROWICZ-CZEREPÍŃSKA J. 1981 — Kazimierz Dolny (Monografia historyczno-urbanistyczna). Towarzystwo Przyjaciół Kazimierza, Kazimierz.
- VANWALLEGHEM T., VAN DEN ECKHAUT M., POESEN J., DECKERS J., NACHTERGAELE J., VAN OOST K. & SLENTERS C. 2003 — Characteristics and controlling factors of old gullies under forest in a temperate humid climate: a case study from the Meerdaal Forest (Central Belgium). Geomorphology, 56: 15–29.
- VANWALLEGHEM T., POESEN J., VAN DEN ECKHAUT M., NACHTERGAELE J. & DECKERS J. 2005 — Reconstructing rainfall and land use conditions leading to the development of old gullies. Holocene, 15: 378–386.
- VANWALLEGHEM T., BORK H.-R., POESEN J., DOTTERWEICH M., SCHMIDTCHEN G., DECKERS J., SCHEERS S. & MARTENS M. 2006 — Prehistoric and Roman gullying in the European loess belt: a case study from central Belgium. Holocene, 16: 393–401.
- ZGŁOBICKI W. 1998 — Wąwozy drogowe północno-zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego. [W:] Dobrowolski R. (red.) — Główne kierunki badań geomorfologicznych w Polsce. Stan aktualny i perspektywy. IV Zjazd Geomorfologów Polskich. III. Przewodnik wycieczkowy. Wyd. UMCS, Lublin 1998: 175–179.
- ZGŁOBICKI W. 2002 — Dynamika współczesnych procesów denudacyjnych w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- ZGŁOBICKI W., RODZIK J., SCHMITT A., SCHMIDTCHEN G., DOTTERWEICH M., ZAMHOFFER S. & BORK H.-R. 2003 — Fazy erozji wąwozowej w okolicach Kazimierza Dolnego. [W:] J. M. Waga, K. Kocel (red.) — Człowiek w środowisku przyrodniczym — zapis działalności. Sosnowiec: 234–238.
- ZIEMNICKI S. & NAKLICKI J. 1971 — Stan i rozwój trzech wąwozów na Wyżynie Lubelskiej. Z. Probl. Post. Nauk Rol., 119: 23–45.
- ZIEMNICKI S., MAZUR Z. & PAŁYS S. 1975 — Rozwój wąwozu lessowego na Kwaskowej Górze. Z. Probl. Post. Nauk Rol., 170: 7–24.
- ŻARSKI M. 1988 — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1: 50 000, arkusz Puławy. Wydawnictwa Geologiczne.
- ŻARSKI M., JAKUBOWSKI G. & GAWOR-BIEDOWA E. 1998 — The first Polish find of Lower Paleocene crocodile *Thoracosaurus* Leidy, 1852: geological and paleontological description. Kwart. Geol., 42: 141–160.

Praca wpłynęła do redakcji 24.05.2006 r.

Akceptowano do druku 12.07.2006 r.