

Juliusz Twardy

Uniwersytet Łódzki
Wydział Nauk Geograficznych
Katedra Badań Czwartorzędu
twardy@geo.uni.lodz.pl

**PRZYKŁADY DŁUGIEGO TRANSPORTU STOKOWEGO
Z CENTRALNEJ POLSKI W ŚWIETLE OBSERWACJI TERENOWYCH
I ANALIZ ZDJĘĆ LOTNICZYCH**

**Cases of long distance slope transport in central Poland in the light
of field studies and aerial photos analyses**

Abstract: Long distance slope transport has been relatively rarely observed in the Polish lowlands. This study concerns the observation of this process which occurred in:

- the large denudational valley at Bartochów which cuts the consistent complex of morainic hillocks named the Warta Hillocks,
- the large gully at Jasień locality which cuts the right side of the Mroga river valley in the area of the Łódź Heights,
- the denudational valley and the long road holweg which cut the high terrace of the Mroga river at the Rogów site.

The long transport at Bartochów at the distance of nearly 2000 m followed the short thought heavy downpour in May 2004. On the slopes of the denudational valley numerous erosional furrows developed while its bottom became coated with slope covers. At the end of this rainfall, the covers became cut by episodic erosional channels while at the valley outlet the extensive accumulation fan was formed. The traces of slope processes forming the gully at Jasień have been detected from air photos from 1958. In the spring 2004, after the abundant melt, the soil erosion and the long distance slope transport of about 500 m occurred in this gully. The floor of the lower section of the gully was covered by slope deposits and transformed by erosional holes and channels. The aerial photos took in 1957 show that both the denudational valley and the road holweg at Rogów were modelled by episodic erosional channels at the distance of about 400 m. The total length of these channels was 600 m. The processes of soil erosion and long distance slope transport occur there every year and continue up to now.

The long distance slope transport is entirely connected with concave landforms (e.g. denudational valleys, gullies, road holwegs) and areas built of deposits susceptible to erosion (e.g. sandy alluvia, slope silts and sands, occasionally fluvioglacial sediments). It is generated by heavy downpours when crops are poorly developed and also by rapid melt over frozen ground. Long distance slope transport is entirely present in agricultural areas and its occurrence is facilitated by errors in agricultural management.

Słowa kluczowe: procesy stokowe, erozja gleb, parów
Key words: slope processes, soil erosion, gully

WSTĘP

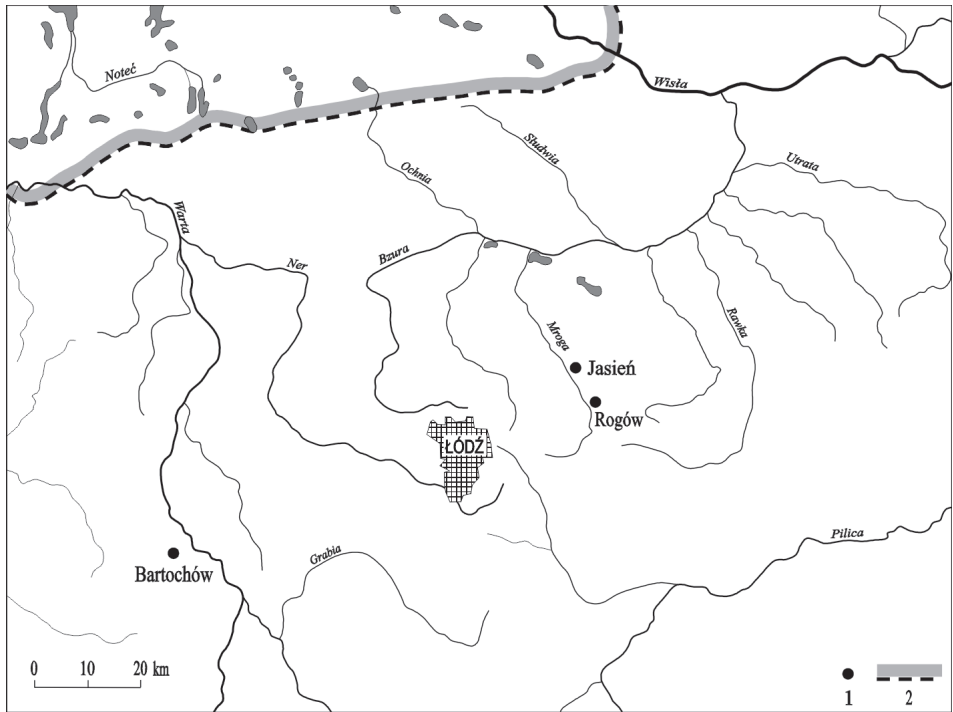
Z obszaru centralnej Polski dotychczas zebrano stosunkowo mało danych o przebiegu współczesnych procesów stokowych (Twardy, Klimek 2008). Wiadomo, że w warunkach dużych intensywności opadów ulewnych i nawałnych, a także podczas wyjątkowo wydajnych roztopów na zamrożonym podłożu, spływ powierzchniowy na stokach może organizować się w epizodyczne koryta erozyjno-transportowe (Teisseyre 1992, 1994), rozwijające się na dystansach wielu setek metrów. Występuje duży kontrast pomiędzy obszerną literaturą, w której omawiano geomorfologiczne skutki opadów ulewnych i nawałnych na wyżynach polskich, zestawioną przez Starkla (1997, 1998) w postaci tomów monograficznych oraz Rodzika i innych (1998) pod postacią syntetycznego artykułu, a rejestracją podobnych przypadków w Polsce centralnej. Powstaje zatem pytanie o geomorfologiczną rolę długiego transportu stokowego na terenach nizinnych, zbudowanych z morenowych osadów czwartorzędowych, mniej erodobilnych niż południowopolskie lessy i utwory lessopodobne.

Nadrzędnym celem badań było pogłębienie wiedzy o długim transporcie stokowym, zachodzącym współcześnie na nizinach. Wśród celów szczegółowych można wymienić: udokumentowanie przejawów długiego transportu stokowego w terenie, określenie warunków w jakich on występuje, sprecyzowanie czynników które go warunkują oraz uchwycenie jego geomorfologicznej roli.

WYKORZYSTANE MATERIAŁY I METODY BADAŃ

W czasie ostatnich 30 lat w centralnej Polsce długi transport stokowy obserwowano zaledwie kilka razy. Do niniejszej pracy wybrano trzy przykłady:

- długiego transportu stokowego, zachodzącego wzdłuż stoków i dna dużej doliny denudacyjnej w Bartochowie, rozcinającej zwarty masyw warciańskich, czołowomorenowych, glicitektonicznie spiętrzonych form, znanych jako tzw. Pagórki Warciańskie (ryc. 1),
- długiego transportu stokowego, który wystąpił na dnie dolnego odcinka dużego parowu, uchodzącego na dno doliny rzeki Mrogi w miejscowości Jasień na Wzniesieniach Łódzkich,
- oraz długiego transportu stokowego zachodzącego w epizodycznych korytach rozwiniętych w rozcięciu drogowym i dolinie denudacyjnej w Rogowie nad tą samą rzeką, także na Wzniesieniach Łódzkich.



Ryc. 1. Położenie badanych stanowisk (1) na tle sieci rzecznej regionu łódzkiego i zasięgu zlodowacenia wisły (2).

Fig. 1. Location of study sites (1) in relation to river network of Łódź region and LGM extent.

Wybrane przykłady obrazują długi transport stokowy, zachodzący w różnych porach roku, w powiązaniu z różnymi zjawiskami hydrologiczno-meteorologicznymi o ponadprzeciętnym natężeniu, na stokach i we wklęsłych formach o różnej genezie i wieku. Zdaniem autora, poprzez swoją różnorodność mogą one stanowić podstawę do regionalnych uogólnień i ostrożnych wniosków.

W pracy przedstawiono zgeneralizowane z przyczyn technicznych wyniki rejestracji polowych skutków ulew i roztopów, przeprowadzonej w latach 2004-2006 w trzech wyżej wymienionych obszarach. Zastosowano także analizę panchromatycznych zdjęć lotniczych, pochodzących z lat 50. XX wieku, w celu wykazania ciągłości procesów stokowych, kształtujących wybrane formy w wieloleciu. Podczas prac terenowych wykorzystywano w charakterze podkładu zarówno mapę topograficzną w skali 1:10 000, jak i zdjęcia lotnicze w tej samej skali, a także własne, wielkoskalowe zdjęcia hipsometryczne terenu, sporządzone metodami geodezyjno-topograficznymi.

**PRZYKŁADY DŁUGIEGO TRANSPORTU STOKOWEGO
Z CENTRALNEJ POLSKI**

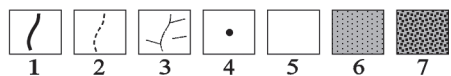
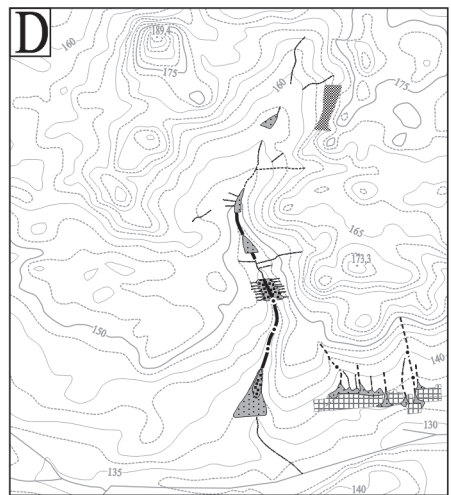
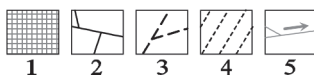
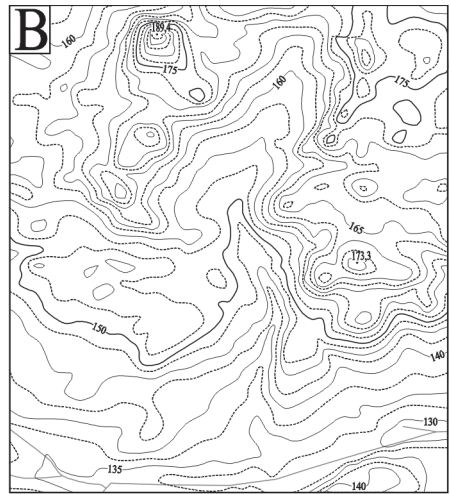
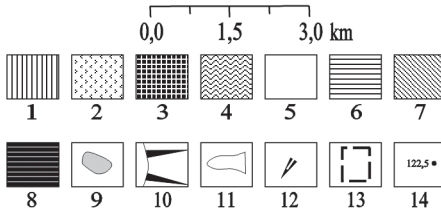
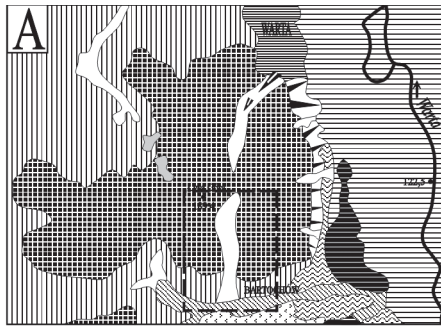
**Stanowisko Bartochów – Pagórki Warciańskie,
Wysoczyzna Złoczewska (318.22)**

Według fizycznogeograficznego podziału Polski (Kondracki 2001) Pagórki Warciańskie są położone w północno-wschodniej części Wysoczyzny Złoczewskiej (318.22). Stanowią one zwarty, wyraźnie wyodrębniający się zespół wypukłych form glacialnych, których powierzchnie szczytowe sięgają 189,4 m n.p.m. (szczyt Łysej Góry, ryc. 2A, fot. 1). W sąsiadującej z Pagórkami od wschodu dolinie Warty lustro wody w korycie układa się na wysokości 122,5 m n.p.m., co powoduje, że deniwelacje osiągają tu rzadko spotykane na Nizinach Środkowopolskich wartości rzędu 65-70 m. Geneza Pagórków Warciańskich jest nadal kwestią dyskusji. Kwalifikowano je jako moreny czołowe (Baranowski, Mańkowska 1970, 1979; Krygowski 1972; Klatkova, Załoba 1991, 1992 a,b; Załoba 1992, 1996 a,b, Forysiak 2005 i inni) lub zespół form szczelinowych (Klatkova 1972, Krzemiński 1997, Jaks 2006, Rdzany 2009). Dla ich budowy geologicznej charakterystyczne są zakorzenione do 40 m, a więc mezoskalowe deformacje gla-

Ryc. 2. Stanowisko Bartochów: A – szkic geomorfologiczny Pagórków Warciańskich (wg Forysiaka 2005, nieco zmienione) z badaną doliną denudacyjną w Bartochowie. 1 – wysoczyzna morenowa płaska, 2 – wysoczyzna morenowa falista, 3 – pagórki czołowomorenowe, 4 – równiny rozlewiskowo-jeziorne, 5 – terasa erozyjna Warty, 6 – dno doliny Warty, 7 – dno doliny pobocznej, 8 – równiny torfowe, 9 – zagłębienia bezodpływowe, 10 – stoki, 11 – suche doliny denudacyjne, 12 – parowy, 13 – obszar pokazany w częściach B, C i D, 14 – koty wysokościowe (m n.p.m.); B – rzeźba doliny denudacyjnej w Bartochowie; C – infrastruktura: 1 – zabudowa zwarta wsi Bartochów, 2 – szosy, 3 – drogi polne, 4 – kierunki upraw, 5 – ciekі permanentne; D – formy erozyjne i akumulacyjne powstałe po gwałtownym spływie epizodycznym: 1 – koryta erozyjno-transportowe, 2 – silna erozja bruzdowa, 3 – ślady spływu liniowego, 4 – eworsja, 5 – obszary intensywnie modelowane przez splukiwanie rozproszone, 6 – stożki deluwialne piaszczysto-mułkowe, 7 – stożki deluwialne piaszczysto-żwirowe.

Fig. 2. Bartochów site: A – geomorphological sketch of Warta Hillocks (after Forysiak 2005, slightly modified) with studied dry valley at Bartochów. 1 – flat morainic plain, 2 – undulated morainic plains, 3 – end-morainic hillocks, 4 – lacustrine plains, 5 – erosional terrace, 6 – Warta valley floor, 7 – tributary valley floor, 8 – peatbog plains, 9 – closed depressions, 10 – slopes, 11 – dry valleys, 12 – gullies, 13 – study area (see fig. 2 B, C and D), 14 – altitudes (m a.s.l.); B – configuration of dry valley at Bartochów; C – land use: 1 – settlement (Bartochów village), 2 – roads, 3 – dirt-tracks, 4 – tillage directions, 5 – permanent streams; D – changes in relief after heavy rainfall: 1 – erosional channels, 2 – strong soil erosion, 3 – directions of surface run-off, 4 – erosional pit-holes, 5 – areas modified by slope-wash, 6 – sandy-silty deluvial fans, 7 – sandy-gravelly deluvial fans.

tektoniczne, w szczególności badane przez Załobę (1985, 1992, 1996 a,b). Uwzględniając ten niewątpliwy fakt, określa się je jako moreny czołowe spiętrzone (np. Załoba 1996 a,b), pagórki i wzgórza moren glacitektonicznych (Turkowska 2006) lub „wzgórza glacialne typu moreny pchniętej o strukturze kemu glacialnego, diapirowego” (Rdzany 2009). Z punktu widzenia przebiegu współczesnych procesów stokowych w obrębie Pagórków Warciańskich istotna jest duża zmienność powierzchniowej budowy geologicznej (por.





Fot. 1. Pagórki Warciańskie w Bartochowie. Widok na górny odcinek doliny denudacyjnej ze śladami długiego transportu. Na ostatnim planie kulminacja Pagórków Warciańskich – Łysa Góra (189,4 m n.p.m.) (fot. J. Twardy, 2004).

Photo 1. Warta Hillocks at Bartochów. Upper section of large dry valley with evidences of long-distance slope run-off. At the back the highest point of Warta Hillocks (Łysa Góra – 189.4 m a.s.l.) (photo by J. Twardy, 2004).

Załoba 1996a, tamże fot. 2), spowodowana powszechnością struktur glacictonicznych. Układ osadów bezpośredniej i pośredniej akumulacji glacialnej jest chaotyczny, niemniej w powierzchniowej budowie geologicznej zaznacza się przewaga utworów piaszczystych i żwirowych.

Wiek Pagórków Warciańskich wiąże się ze zdarzeniami jakie nastąpiły w lobie południowielkopolskim lądolodu warciańskiego. Krzemiński (1997) zakładał postój czoła lądolodu na linii tzw. strefy sieradzkiej i sypanie łańcucha form szczelinowych podczas jego arealnego zaniku. Klatkowa i Załoba (1991) oraz Załoba (1992, 1996 a,b) powstanie Pagórków i ich galcitektonicznego zdeformowania wiązali z krótkotrwałą oscylacją, która nastąpiła podczas recesji zlodowacenia warty. Podobnie zagadnienie to ujmuje Rdzany (2009), nazywając ten awans lądolodu subfazą neru.

W rzeźbie Pagórków Warciańskich zaznacza się kilkanaście niewybitnych kulminacji, pomiędzy którymi po zlodowaceniu warty wykształciły się doliny denudacyjne o różnej skali (ryc. 2A, sygnatura 11). Przyjmują one układ dekoncentryczny, rozczłonkując zespół Pagórków na mniejsze płaty. Najwyraźniej



Fot. 2. Środkowy odcinek doliny denudacyjnej w Bartochowie po gwałtownej ulewie. Pokrywa stokowa na dnie doliny i ślady transportu w jej osiowej części (fot. J. Twardy, 2004).

Photo 2. Middle section of dry valley at Bartochów after heavy rainfall. Slope cover on dry valley floor and evidences of surface run-off (photo by J. Twardy, 2004).

wykształcone są dwie doliny – jedna z nich skierowana jest ku północy i nawiązuje do erozyjnej terasy Warty (ryc. 2A, sygnatura 5), druga natomiast zachowując południkową orientację kieruje się ku S i we wsi Bartochów łączy się z poboczną doliną z ciekim permanentnym (ryc. 2A, sygnatura 7). Rzeźbę tej doliny denudacyjnej wyraża rycina 4B. Dolina ma nieco kręty przebieg i składa się z trzech części: 1) rozległego, górnego odcinka o szerokim i słabo nachylnym dnie (fot. 1), 2) przewężenia w części środkowej, które można identyfikować jako swoisty „przełom” przez południowy skraj brzeżnej strefy Pagórków oraz 3) dolnej, rozległej i najsłabiej urzeźbionej części doliny, wykształconej już w strefie wysoczyzny morenowej falistej (ryc. 2A, sygnatura 1). Badana dolina w Bartochowie cechuje się intensywnym rolniczym zagospodarowaniem. Lesistość terenu jest bliska 0%, dominują tam grunty rolne z uprawami zbóż i ziemniaków. Z uwagi na brak warunków naturalnych prawie nie ma łąk i pastwisk oraz innych obszarów o trwałym zadarnieniu. Z punktu widzenia ochrony przed erozją gleb (Chołupiak 1978), układ pól można ocenić jako nieprawidłowy, albowiem w badanej dolinie denudacyjnej dominują pola wzdłużstokowe.

W dniu 07.05.2004 r. w Bartochowie wystąpił silny opad ulewny, który wywołał długi transport w suchej dolinie denudacyjnej. Ze względu na wybitnie lokalny charakter tego gwałtownego zdarzenia pogodowego nie istnieje jego charakterystyka meteorologiczna. Po śladach spływu powierzchniowego zasięg ulewy można oszacować na kilka do kilkunastu km² z centrum nad wsią Bartochów oraz położonymi 1,5-2 km na E wsiami Łabędzie i Gołuchy. Biorąc pod uwagę roczny i dobowy rozkład silnych opadów ulewnych i nawałnych na obszarze starogłacialnym (Twardy, Klimek 2008), ulewę w Bartochowie można uznać za nietypową. Maksymalna częstość tego rodzaju zdarzeń podczas wiosny jest jeszcze stosunkowo niska w porównaniu do miesięcy letnich (VI-VIII). Godziny nocne (22-23), podczas których wystąpił opad, cechują się także mniejszą częstością w stosunku do godzin wczesnopołudniowych (14-15). Porównując skutki morfologiczne ulewy w Bartochowie z innymi przypadkami, zestawionymi przez Rodzika i innych (1998), sumę opadu można oszacować na kilkadziesiąt mm, a jego maksymalne natężenie zapewne przekraczało 1 mm·min⁻¹. Z autopsji (udział w kartowaniu arkusza Warta SzMGP w skali 1:50 000, Twardy 1992) oraz informacji ustnych od mieszkańców wynika, że często powtarzające się, gwałtowne ulewy są charakterystyczne dla trzech wyżej wymienionych wsi. Można to wiązać z sąsiedztwem zupełnie wylesionego, silnie nagrzewającego się, wyżej wyniesionego obszaru Pagórków Warciańskich i rozległego, wilgotnego dna pobliskiej doliny Warty.

Podkreślić należy, że na początku maja gleboochronna funkcja roślinności uprawnej (Józefaciuk, Józefaciuk 1995) zaznacza się jeszcze stosunkowo słabo, na poziomie 25-50%. Zboża były wówczas w fazie tzw. szczotki, a uprawy okopowe jeszcze nie wzeszły. Spływ powierzchniowy po polach ziemniaczanych mógł być wzmocniony przez obszerne płyty przezroczystych folii polietylenowych, którymi przykryto wąskie zagony. Ich zadaniem było przyspieszenie wzrostu roślin oraz ochrona przed uszkodzaniem upraw przez dzikie zwierzęta i ptactwo. Częściowo blokują one jednak infiltrację i wywołują szybki spływ wód opadowych na dno dolinne.

Wskutek w wielu wypadkach niczym nie blokowanego spływu powierzchniowego na dnie doliny denudacyjnej rozwinęło się **jednocześnie** wiele form erozyjnych i akumulacyjnych (ryc. 2D). Z uwagi na bliskie i powszechne sąsiedztwo tych form, a także geomorfologiczne przejawy intensywnego transportu osadów, dno doliny denudacyjnej w Bartochowie można potraktować jako strefę długiego transportu, wykształconą na dystansie około 2 km. Źródłem osadów do transportu były przeważnie wzdłużstokowe pola ziemniaczane, na których wzdłuż każdej z redlin materiał frakcji piaszczystych i żwirowych był dostarczany na dno doliny i tam akumulowany (fot. 2, także Twardy, Klimek 2008, tamże fot. 7.3). Dno doliny na całej jej szerokości, a także dolne segmenty stoków, zajęte zostały przez stożki lub pokrywy deluwalne o nieregularnych kształtach

(ryc. 2D, sygnatura 7), składające się z wielu lateralnie połączonych mniejszych stożków, utworzonych indywidualnie u wylotu każdej z redlin. Mechanizm powstawania pokrywy deluwalnej u podnóża stoku rolniczego z wzdłużstokową uprawą roślin okopowych jest w generalnych zarysach podobny do opisanego przez Czyżowską (1997), przy czym w centralnej części pokrywy wspomniane pojedyncze stożki stawały się już nierozróżnialne. Część materiału podlegała dalszemu transportowi wzdłuż płytkich i szerokich, epizodycznych koryt transportowych (Teisseyre 1992, 1994), co ilustruje centralna część kadru na fotografii 2 oraz rycina 2D (sygnatura 1). Koryta te zwykle występowały pojedynczo, niemniej na najbardziej zasypanych polach tworzyły się złożone układy wielokorytowe. Ich charakterystyczną cechą była nieciągłość wzdłuż dna dolinowego, co jest często podkreślane w literaturze (Rodzik 1984; Teisseyre 1992, 1994; Rodzik i inni 1996, 2008). Występowała także charakterystyczna naprzemiennność odcinków erozyjnych, transportowych oraz akumulacyjnych, a jej przyczyną były liczne miedze, ułożone poprzecznie do kierunku spływu powierzchniowego wzdłuż osi doliny denudacyjnej. Poniżej miedz dochodziło do erozji, a także eworsji (fot. 3, ryc. 2D, sygnatura 4) i tworzenia się kolejnego odcinka epizodycznego koryta erozyjnego. Barięą dla dalszego wcinania się



Fot. 3. Ślady po eworsji w osiowej części dna doliny denudacyjnej w Bartochowie (fot. J. Twardy, 2004).

Photo 3. Evorsional pit-hole in axis zone of dry valley floor at Bartochów (photo by J. Twardy, 2004).



Fot. 4. Zagon całkowicie przykryty deluwiami w dolinie denudacyjnej w Bartochowie (fot. J. Twardy, 2004).

Photo 4. Crops covered by deluvial sands in dry valley at Bartochów (Photo by J. Twardy, 2004).

koryta uwidocznionego na fot. 3 była warstwa silnie skompresowanego osadu, sztucznie zagęszczonego podczas zmechanizowanej uprawy gleby (Hodara 1984), tworzącego tzw. podszwę płużną (por. także Twardy 2008, tamże fot. 61). Niektóre z zadarnionych miedz, wyeksponowanych ponad powierzchnię terenu na około 0,3 m, zostały rozerwane na dystansie kilku metrów. Tam gdzie moc epizodycznego strumienia nie była dostateczna, miedza stercząca ponad powierzchnię sąsiednich pól oddziaływała jak grobla i wywoływała znaczną akumulację (centralna część ryc. 2D, fot. 4). Dochodziło tam do zupełnego zasypiania upraw i akumulacji pokryw o miąższości do 0,3 m. Zarys tak powstających pokryw był geometryczny, często prostokątny lub kwadratowy, albowiem kształty pokryw były warunkowane przebiegiem granic użytków rolnych.

U wylotu doliny denudacyjnej w Bartochowie utworzył się rozległy stożek deluwialny o szerokości do 150 m i długości około 200 m (ryc. 2D, por. także Twardy 2008, tamże fot. 58 i 59). Jest to największa z tego typu współczesnych form, zarejestrowanych dotychczas przez autora w regionie łódzkim podczas 30-letniej praktyki terenowej. Stożek powstał dzięki podparciu wód spływu epizodycznego przez nasyp szosy biegnącej równoleżnikowo przez Bartochów. Głębokość wód w okresowym basenie sedymentacyjnym można było oszacować na blisko 1 m, a maksymalną miąższość zdeponowanych deluwii na

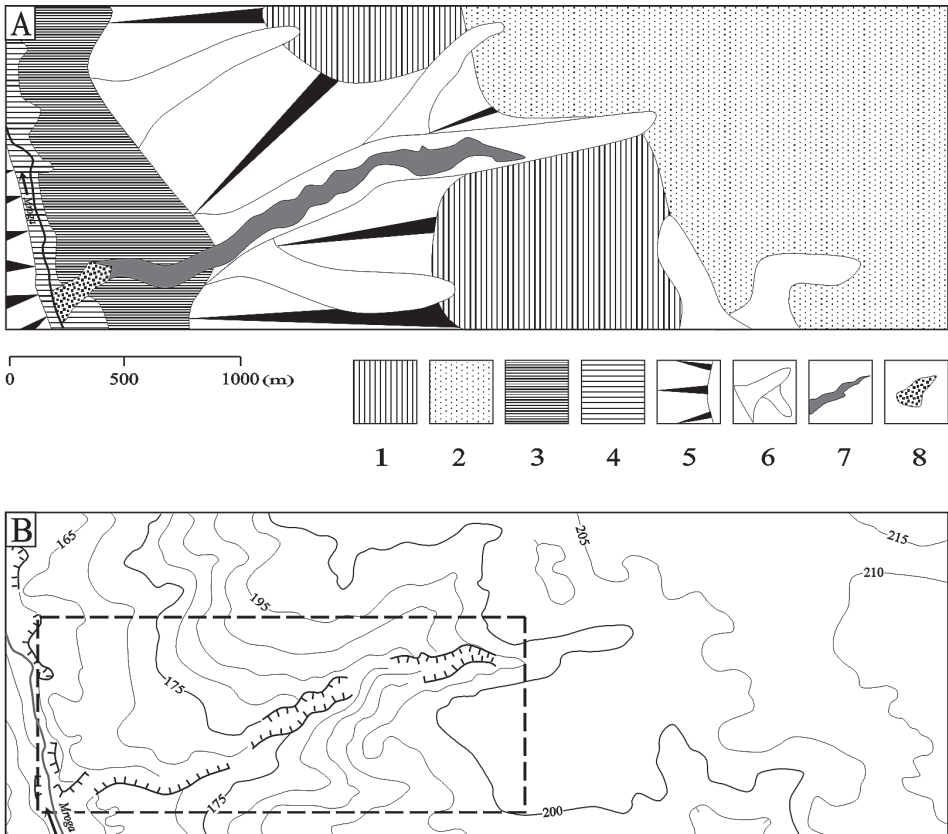
około 0,5 m w strefie nasady stożka. Materiał budujący stożek wykazywał segregację charakterystyczną dla środowiska wód płynących (Klimaszewski 1978). Na stożek zbudowany z materiału ilasto-mulasto-piaszczystego (ryc. 2D, sygnatura 6) w proksymalnej części nałożony został mniejszy stożek piaszczysto-żwirowy (ryc. 2D, sygnatura 7), z zachowanym frontem progradacyjnym (Zieliński 1998) o wysokości 0,2 m.

Pomimo dużego nagromadzenia form erozyjnych i akumulacyjnych w suchej dolinie denudacyjnej w Bartochowie, skutki morfogenetyczne silnej ulewy były stosunkowo znikome, albowiem zostały zatarte przez kolejno wykonywane prace polowe. Nie powstały żadne nowe i trwałe formy, zapisem ulewy są jedynie niewielkie zmiany w morfologii terenu. Sprowadzają się one do kilkunastocentymetrowego podwyższenia powierzchni niektórych pól ornych (np. fot. 2 i 4). Proksymalna, najwyższa część stożka deluwialnego została rozorzana, a tworzący go materiał włączony w skład poziomu orno-próchnicznego (Ap) gleby uprawnej i tam zagęszczony przez ciężkie maszyny rolnicze.

Stanowisko Jasień – dolina Mrogi, Wzniesienia Łódzkie (318.82)

Stanowisko Jasień jest położone w północnej części Wzniesień Łódzkich (Kondracki 2001). Znajduje się ono w środkowym odcinku doliny rzeki Mrogi (ryc. 1), w jej orograficznie prawej części. Rzeźbę otoczenia doliny Mrogi tworzą warciańskie wysoczyzny morenowe (ryc. 3, sygnatura 1) oraz równiny wodnolodowcowe (ryc. 3, sygnatura 2), rozciągające się na rzędnych 200-215 m n.p.m. Mała dolina rzeczna Mrogi jest w niej wcięta na około 50-60 m. Zbocze tej doliny (ryc. 3, sygnatura 5) o około 30-metrowej deniwelacji, jest urozmaicone licznymi peryglacialnymi nieckami i dolinami denudacyjnymi (ryc. 3, sygnatura 6), nawiązującymi do plenivistuliańskiego wysokiego poziomu dolinnego (ryc. 3, sygnatura 3), zawieszono go do 10 m ponad dnem doliny Mrogi. W okolicach Jasieni poziom ten osiąga około 0,5 km szerokości, lecz w kierunku południowym rozszerza się jeszcze bardziej, do blisko 1 km. We wsi Mroga Dolna, sąsiadującej od S z badanym terenem, jego osady były szczegółowo analizowane przez Turkowską (1975, 1988, 2006). Badane stanowisko znajduje się zatem w północnej części lokalnego rozszerzenia doliny Mrogi, nazywanego „basenem Mrogi Dolnej”.

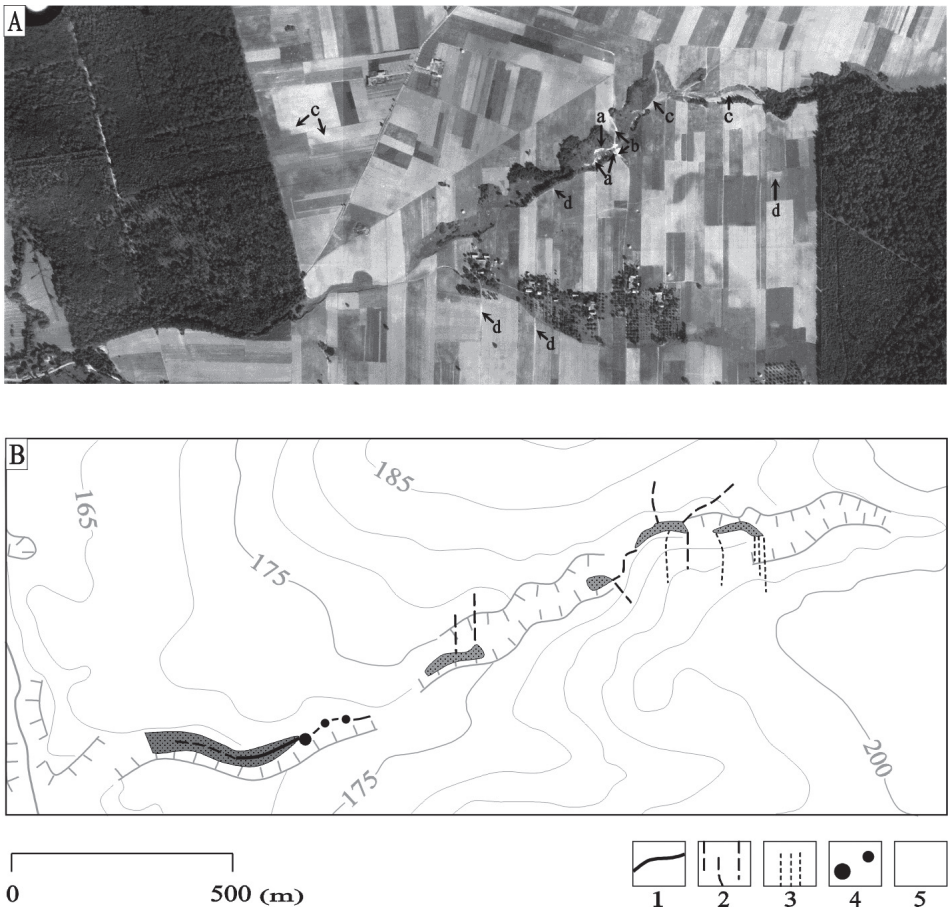
Najmłodszymi formami rzeźby, związanymi już z morfogenezą klimatu umiarkowanego (holocenijską) są: 1) wciosa, holocenijska dolina Mrogi o wąskim dnie (ryc. 3, sygnatura 4) położonym na rzędnych 156-158 m n.p.m., z krętym, a miejscami meandrującym korytem rzeczonym, 2) duży parów o długości 2,3 km (ryc. 3, sygnatura 7) wraz ze stożkiem proluwialnym (ryc. 3, sygnatura 8), wcięty w dolinę denudacyjną i wysoki poziom dolinny. Jest to przykład pa-



Ryc. 3. Stanowisko Jasień. Szkic geomorfologiczny (A) i rzeźba (B) suchej doliny denudacyjnej z parowem. Objaśnienia do części A: 1 – wysoczyzna morenowa, 2 – równina wodnolodowcowa, 3 – wysoki poziom doliny Mrogi, 4 – dno doliny Mrogi, 5 – stoki, 6 – niecki i doliny denudacyjne, 7 – parów, 8 – stożek proluwialny; B – zaznaczono zasięg zdjęcia lotniczego (ryc. 4A).

Fig. 3. Jasień site. Geomorphological sketch (A) and configuration (B) of dry valley and gully. A: 1 – morainic plain, 2 – fluvioglacial plain, 3 – high terrace of Mroga valley, 4 – Mroga valley floor, 5 – Mroga valley floor, 6 – dells and dry valleys, 7 – gully, 8 – accumulative fan of gully; B – extent of aerial photo (see fig. 4 A).

rowu nieciągłego (*discontinuous gully* – Leopold i in. 1964), albowiem jego charakterystyczny, ostro zarysowany profil jest wykształcony jedynie miejscami (ryc. 4). Parów jest formą kształtowaną współcześnie przez procesy stokowe. Przykładów jego rozwoju przed około 50 laty dostarcza panchromatyczne zdjęcie lotnicze w skali 1:10 000, wykonane 9 września 1958 r. (ryc. 4A). Można dostrzec dwa stożki akumulacyjne, złożone na dnie parowu (ryc. 4A, sygnatura a), związane z tzw. erozją kołową (Koreleski 1971) powierzchni drogi polnej przecinającej tę formę (ryc. 4A, sygnatura b). Charakteryzują się one najjaśniejsz-

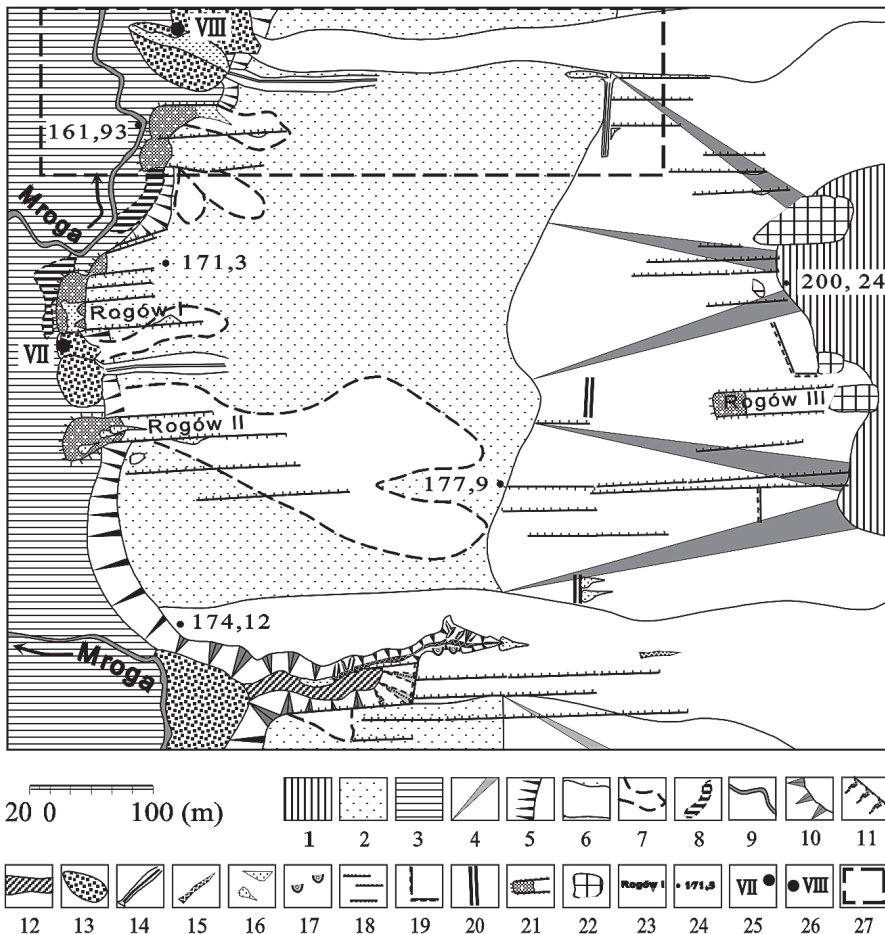


Ryc. 4. Stanowisko Jasiień: A – fotomozajka z panchromatycznych zdjęć lotniczych w skali 1:10 000; B – rzeźba doliny denudacyjnej i parowu: 1 – koryto erozyjno-transportowe, 2 – silna erozja bruzdowa, 3 – erozja bruzdowa o umiarkowanym natężeniu, 4 – eworsja, 5 – stożki akumulacyjne. Zdjęcia lotnicze z zasobów Pracowni Kartografii i Teledetekcji UŁ.

Fig. 4. Jasiień site: A – combined aerial photos, 1:10 000 scale; B – configuration of dry valley and gully: 1 – erosional channel, 2 – large erosional furrows, 3 – small erosional furrows, 4 – evorsional pit-holes, 5 – accumulative fans. Aerial photos by permission of Laboratory of Cartography and Remote Sensing, University of Łódź.

szym fototonem i kształtem dopasowanym do przebiegu i konfiguracji dna parowu. Oprócz tego na zdjęciu lotniczym zaznaczają się także nieco starsze pokrywy (ryc. 4A, sygnatura c) i stożki deluwialne (ryc. 4A, sygnatura d). Cechują się ciemniejszymi fototonami, nieostrym konturem i kształtem związanym z przebiegiem dna parowu lub granicami pól uprawnych.

Procesy współczesne, przebiegające w zlewni parowu w pierwszej dekadzie XXI w. ilustruje ryc. 4B. Erozja bruzdowa (ryc. 4B, sygnatury 2 i 3) inicjowana jest poza samym parowem, głównie na polach ornych przebiegających wzdłużstokowo zboczami doliny denudacyjnej. Nieco więcej bruzd erozyjnych zarejestrowano na stoku o ekspozycji północnej, co niekoniecznie potwierdza geomorfologiczną rolę ekspozycji stoku, ale jest przede wszystkim związane z jego większym nachyleniem w porównaniu do stoku przeciwległego. Najbardziej aktywne morfogenetycznie są częściowo zrehabilitowane strefy parowu, gdzie na jego dno wprowadzono pola orne (por. Twardy 2008, tamże fot. 60). Do akumulacji (ryc. 4B, sygnatura 5) dochodziło na wąskim dnie parowu w kilku niepowiązanych ze sobą miejscach, występujących głównie w górnej części formy o najbardziej żywej rzeźbie. Nigdy nie zaobserwowano ciągłości transportu wzdłuż całego parowu, co wynikało z wygaszania procesów podłużnych



współcześnie kształtujących parów przez kozuch roślinny, pokrywający nieużytkowane rolniczo dno parowu.

Wiosną 2004 roku nastąpiły w Jasienu wydajne roztopy po stopieniu się pokrywy śnieżnej o miąższości do 0,5 m, zalegającej przez całą zimę 2003/2004. Doszło wówczas do rozwoju dolnego odcinka parowu na długości około 550 m. Poczynając od miejsca, gdzie do parowu dołącza się od południa mniejsza sucha dolina, na jego dnie rozwinęło się epizodyczne koryto erozyjno-transportowe (ryc. 4B, sygnatura 1) z 3 kotłami eworsyjnymi. Dno parowu jest tu najszersze (do około 50 m), użytkowane rolniczo, a jego stan po roztopach roku 2004 przedstawia fot. 5. Kubatura kotłów eworsyjnych wzrastała wraz z biegiem parowu – najwyżej położony (fot. 5) miał okrągławy kształt, około 1,5 m średnicy i 0,4 m głębokości, natomiast środkowy około 2 m szerokości, 4 m długości i 0,6 m głębokości. Największy kocioł wytworzył się na granicy pól ornych i lasu (ryc. 4B); cechował się eliptycznym kształtem (3,5 x 5 m) i głębokością 1,3 m. W ścianach kotłów odsłoniły się próchniczne, bezstrukturalne diamiktony rolne, co dowodzi długotrwałego rolniczego użytkowania orograficznie prawej części dolnego odcinka parowu.

Poniżej kotłów eworsyjnych rozciągał się stożek proluwialny (ryc. 4B, sygnatura 5), w górnej części rozcięty korytem erozyjnym o głębokości 0,7 m,

Ryc. 5. Stanowisko Rogów. Szczegółowy szkic geomorfologiczny prawej części doliny Mrogi w Rogowie: 1 – wysoczyzna, 2 – wysoki poziom dolinny, 3 – dno doliny, 4 – najstarsze zbocze doliny Mrogi, 5 – holocenijskie zbocze doliny Mrogi, 6 – dna dużych dolin denudacyjnych, 7 – niecki i dolinki denudacyjne II generacji, 8 – paleomeandry, 9 – koryto rzeczne, 10 – naturalne zbocza parowu, 11 – zbocza parowu zmienione przez denudację agrotechniczną, 12 – akumulacyjne dno parowu, 13 – stożki proluwialne i deluwialne dolinek denudacyjnych, parowów i rozcięć drogowych, 14 – rozcięcia drogowe, 15 – bruzdy erozyjne, 16 – współczesne stożki deluwialne, 17 – nisze osuwiskowe na zboczach parowu, 18 – wysokie miedze, 19 – antropogeniczne skarpy degradacyjne, 20 – antropogeniczne skarpy akumulacyjne, 21 – terasy rolne, 22 – żwirownie, 23 – stoki testowe “Rogów I, II i III”, 24 – wysokości w m n.p.m., 25 – odsłonięcie Rogów VII (Twardy 2000), odsłonięcie Rogów VIII (ryc. 6), 27 – zasięg zdjęcia lotniczego (fot. 8).

Fig. 5. Rogów site. Detailed geomorphological sketch of right side of Mroga valley at Rogów: 1 – plain, 2 – high terrace of Mroga valley, 3 – valley floor, 4 – oldest slopes of Mroga valley, 5 – the Holocene slopes of Mroga valley, 6 – large dry valley floor, 7 – dells and dry valleys transformed in the Holocene, 8 – palaeochannels, 9 – river channel, 10 – natural slopes of gully, 11 – gully slopes transformed by tillage, 12 – gully floor, 13 – stabilized accumulative fans of dry valleys, gullies and road holwegs, 14 – road holwegs, 15 – erosional furrows, 16 – modern accumulative fans, 17 – landslides on gully slopes, 18 – tillage escarpments, 19 – degradational scarps, 20 – accumulative scarps, 21 – arable terraces, 22 – sand and gravel pits, 23 – experimental slopes “Rogów I, II and III”, 24 – altitudes (m asl), 25 – study pit Rogów VII (see Twardy 2000), 26 – study pit Rogów VIII (see fig. 6), 27 – extent of aerial photo (see Photo 8).



Fot. 5. Dno dolnego odcinka parowu w Jasieni rozcięte po roztopach epizodycznym korytem erozyjno-transportowym z kotłami eworsyjnymi (fot. J. Twardy, 2004).

Photo 5. Floor of the lower section of gully at Jasień dissected by episodic erosional channel and evorsional pit-holes (photo by J. Twardy, 2004).

stopniowo zanikającym w masie proluwiów (fot. 6). W dystalnej części stożek zajął całą szerokość dna parowu i przyjął lekko wypukły profil poprzeczny, co powodowało, że spływ wód roztopowych następował wzdłuż brzeżnych części jego dna. Z analizy ryciny 3A (sygnatura 7) i ryciny 4B (sygnatura 5) wynika, że nastąpiło przesunięcie się obszaru akumulacji na stożku proluwialnym w górę parowu. Przyczyną była grobla drogowa duktu leśnego, przecinającego poprzecznie ujściowy odcinek parowu, doskonale czytelny na zdjęciu lotniczym. Spowodowała ona podpiętrzenie spływu powierzchniowego i w ten sposób wymusiła akumulację piaszczysto-żwirowych proluwiów o miąższości do 0,4 m.

Morfogenetyczny efekt roztopów w parowie w Jasieni okazał się częściowo trwały. Nowy stożek proluwialny nadbudowuje kopalne dno parowu, w rzeźbie dobrze zaznacza się najniżej położony i największy kocioł eworsyjny. Pozosta-



Fot. 6. Dno dolnego odcinka parowu w Jasieni przykryte proluwiami (fot. J. Twardy, 2004).

Photo 6. Floor of the lower section of gully at Jasień covered by sands and gravels of slope cover (photo by J. Twardy, 2004).

łośnią po dwóch wyżej położonych kotłach eworsyjnych i korycie epizodycznym są jedynie miejsca z częściej i dłużej stagnującymi wodami opadowymi i roztopowymi. Natomiast w wyżej położonej, użytkowanej rolniczo części parowu, ślady epizodycznego spływu wód roztopowych zostały zatarte przez rolników podczas prac polowych.

Stanowisko Rogów – dolina Mrogi, Wzniesienia Łódzkie (318.82)

Stanowisko Rogów jest położone około 7,5 km na południe od stanowiska Jasień (ryc. 1), w obrębie tego samego mezoregionu fizycznogeograficznego. Stanowisko zajmuje północną część kolejnego, wyżej położonego i nieco mniej-

szezo rozszerzenia doliny Mrogi, które można nazywać „basenem Rogowa”. Rzeźba doliny Mrogi w Rogowie jest podobna do opisanej na poprzednim stanowisku. Główne formy rzeźby i jej elementy oraz zróżnicowanie wysokościowe terenu określa rycina 5. Wysoki poziom dolinny (ryc. 5, sygnatura 2) w północnej i południowej części „basenu Rogowa” przecinają dwie duże doliny denudacyjne (ryc. 5, sygnatura 6), swymi górnymi odcinkami sięgające na kilkaset metrów w strefę wysoczyznową, już poza obręb ryciny 5. W litologii terenu dominują osady piaszczyste, zarówno aluwialne jak i stokowe, szczegółowo badane przez Turkowską (1975). Obszar „basenu Rogowa” był także badany przez autora – w odsłonięciu Rogów VII (ryc. 5, sygnatura 25) analizowano cechy litologiczne neoholocenijskich deluwiów i zagadnienia rozwoju rzeźby w warunkach antropopresji (Twardy 2000) oraz na trzech polach testowych (ryc. 5, sygnatura 23) prowadzono ilościowe obserwacje procesu denudacji agrotechnicznej (Twardy 2002a,b).

Współczesnej działalności procesów stokowych w Rogowie sprzyjają przynajmniej dwa czynniki. Z jednej strony przyczynia się do tego powszechny tutaj wzdłużstokowy układ pól. Pola uprawne rozpoczynają się na wysoczyźnie, na-

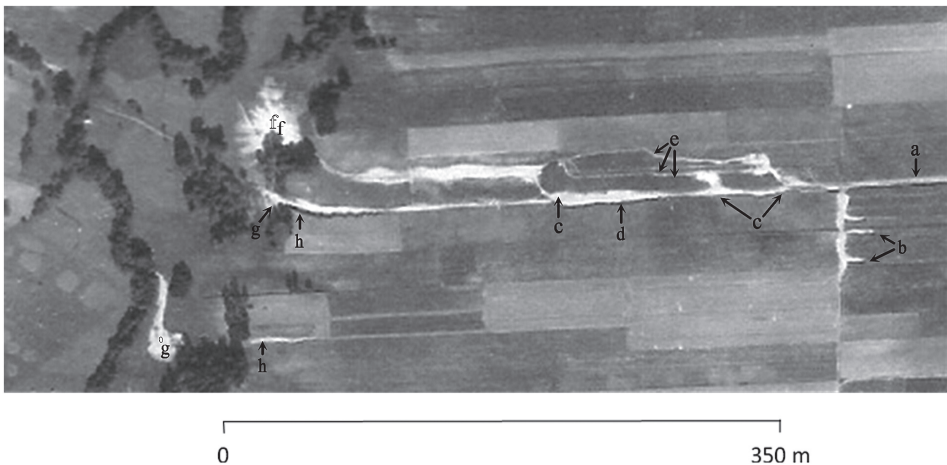


Fot. 7. Stanowisko Rogów. Wysoki poziom dolinny Mrogi rozcięty aktywnie modelowanym wciosem drogowym (centralna część kadru) i suchą doliną denudacyjną (z prawej) (fot. J. Twardy, 2006).

Photo 7. Rogów site. High terrace of Mroga valley dissected by active road holweg (middle section of frame) and dry valley (right side of frame) (photo by J. Twardy, 2006).

stępnie są prowadzone wzdłuż linii maksymalnego spadku prawego zbocza doliny Mrogi i dalej powierzchnią wysokiego poziomu dolinnego, lekko nachylnego ku osi doliny rzecznej. Pola kończą się w strefie krawędzi wysokiego poziomu dolinnego, a także, jeśli pozwala na to nachylenie holocenijskiego zbocza doliny Mrogi (ryc. 5, sygnatura 5), dopiero na dnie dolinnym (ryc. 5, sygnatura 21). Drugim czynnikiem jest predyspozycja litologiczna – do łatwo podlegających erozji zaliczyć można zarówno vistuliańskie osady stokowe, jak i vistuliańskie, różnoziarniste aluwia, budujące stropowe ogniwo wysokiego poziomu dolinnego (Turkowska 1975).

Północna część wysokiego poziomu dolinnego jest rozcięta przez dużą dolinę denudacyjną oraz równoległy do niej wąwóz drogowy (ryc. 5, sygnatura 14, fot. 7). Obie te formy są współcześnie aktywne – u ich wylotu utworzyły się stożki deluwialne (ryc. 5, sygnatura 13), stale nadbudowywane (ryc. 5, sygnatura 16). W roku 1957, po letniej ulewie, w rozcięciu drogowym i dolinie denudacyjnej wystąpił długi transport stokowy na dystansie około 400 m (fot. 8). Widoczne na zdjęciu lotniczym epizodyczne koryta erozyjno-transportowe w swej górnej części powstały wzdłuż kolein drogi polnej (fot. 8, sygnatura a) oraz granic pól uprawnych (sygnatura b). Po około 100-150 m epizodyczne koryta przesunęły się poza strefę drogi polnej i „przełamały” się w trzech miejscach ku północy, w kierunku dna doliny denudacyjnej (sygnatura c). Przyczyną zmiany biegu koryt była znaczna akumulacja na najmniej nachylnym od-



Fot. 8. Panchromatyczne zdjęcie lotnicze z Rogowa z epizodycznymi korytami erozyjno-transportowymi. Z zasobów Pracowni Kartografii i Teledetekcji UŁ.

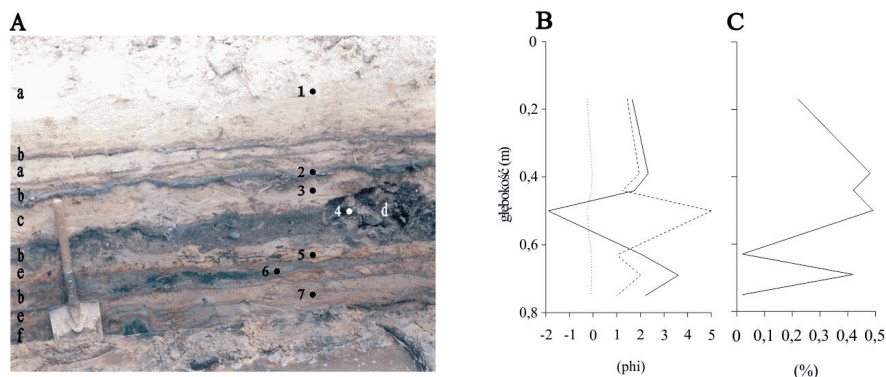
Photo 8. Rogów site. Aerial photo with erosional channels and accumulative fans. Aerial photos by permission of Laboratory of Cartography and Remote Sensing, University of Lodz.

cinku drogi polnej (sygnatura d) i najprawdopodobniej zniszczenie prawego pobocza drogi przez maszyny rolnicze, przejeżdżające tamtędy często wprost na pola uprawne. Na dnie doliny denudacyjnej epizodyczne koryta mają roztokowy układ (sygnatura e). Wywołane to zostało przez przeciążenie wód epizodycznych niesionym materiałem w warunkach raptownie zmniejszającego się spadku na już niemalże płaskim dnie doliny denudacyjnej. Rozwój koryt zakończył się złożeniem stożka deluwialnego na dnie doliny Mrogi (sygnatura f). Nieco mniejsze stożki (sygnatura g) utworzyły się także wskutek rozwoju innych rozcięć drogowych (sygnatura h). Łączna długość epizodycznych koryt erozyjno-transportowych na przedstawionej scenie (fot. 8) osiągnęła około 600 m.

Strefa akumulacyjna doliny denudacyjnej i rozcięcia drogowego rozwija się także współcześnie (fot. 9). Strukturę osadów łączących się lateralnie stożków deluwialnych badał Zakręcki (1999). Wyraźnie zaznaczają się kilku-kilkunastocentymetrowej miąższości warstwy słabo wysortowanych piasków deluwialnych (ryc. 6A, sygnatury a, c, e), o upadach zgodnych z pochyleniem poboczniczy stożka. Udział w rozprowadzaniu osadów po stożku mają bruzdy erozyjne wypełnione niewysortowanym materiałem gruboziarnistym (ryc. 6A, sygnatura d). Wzdłuż takich bruzd najgrubsze frakcje przenoszone są do centralnych lub nawet dystalnych części stożków, a dalszy transport jest wygaszany dopiero na roślinności niezniszczonej przez progradujący stożek. Warstwy piasków deluwialnych przedzielone są przez kilkucentymetrowej miąższości laminy mułów organicznych (ryc. 6A, sygnatura b), których miąższości narastają ku strefie dna doliny rzecznej. Ich genezę można powiązać z wezbraniem i powodzią na Mrodzie, kiedy to wody rzeczne zatapiają dno dolinne, w tym także strefę stożków. Można zauważyć, że miąższości piasków deluwialnych narastają ku stropowi, czemu towarzyszy spadek ilości i miąższości ciemniejszych warstw mulastych. Może to oznaczać, że powierzchnie szczytowe coraz wyżej nadbudowywanych stożków deluwialnych, stopniowo zaczynają znajdować się poza zasięgiem przeciętnych powodzi na Mrodzie.

Na niewielkim obszarze dna dolinnego Mrogi w Rogowie dochodzi zatem do naprzemiennego zazębienia się dwóch środowisk sedymentacyjnych – rzeczno i stokowego. Procesy stokowe należy wiązać ze spłukiwaniem skoncentrowanym, kształtującym epizodyczne koryta erozyjno-transportowe oraz z tzw. erozją kołową (Koreleski 1971), modelującą rozcięcia drogowo. Podobny związek sedymentacyjnych środowisk rzeczno i stokowego opisała wcześniej Turkowska (1975), lecz w odniesieniu do warunków peryglacialnych okresu wistulianu (stanowisko Olsza).

Trwale efekty morfologiczne długiego transportu stokowego w Rogowie zaznaczyły się pogłębieniem rozcięcia drogowego oraz pionowym i lateralnym rozwojem stożków deluwialnych. Ślady po epizodycznych korytach erozyjno-transportowych w dolinie denudacyjnej ze względu na nich niewielką, zwykle



Ryc. 6. Odślonięcie Rogów VIII (lokalizacja na ryc. 5). Budowa stożka deluwiального: A – litologia: a – piaski średnioziarniste ze żwirem, b – muły laminowane, c – piaski średnioziarniste warstwowanie, d – żwir z głazikami wypełniający bruzdę w stożku, e – piaski średnio- i drobnoziarniste, f – muły organiczne ze szczątkami drzew. Cyframi oznaczono numery prób; B – uziarnienie: M_z – linia ciągła, d_1 – linia przerywana, Sk_1 – linia kropkowana; C – koncentracja $CaCO_3$.

Fig. 6. Rogów VIII pit (for location see fig. 5). Structure of the accumulative fan: A – lithologic log: a – medium-grained sands with gravels, b – laminated silts, c – bedded medium-grained sands, d – gravel with stones – infill of erosional furrow, e – fine- and medium-grained sands, f – organic silts with remnants of trees. Sediment samples described by numbers; B – Folk & Ward parameters: solid line – mean size of grains (M_z), broken line – standard deviation (d_1), dotted line – skewness – (Sk_1); C – $CaCO_3$.

kilkunastocentymetrową głębokość, zostały z łatwością zatarte podczas prac polowych w ciągu jednego roku.

UWARUNKOWANIA DŁUGIEGO TRANSPORTU STOKOWEGO

Z przedstawionych materiałów wynika, że istnieje szereg uwarunkowań występowania długiego transportu stokowego na nizinach środkowej Polski. Uwarunkowania te można uporządkować w trzy zasadnicze grupy:

- Uwarunkowania związane z litogenicznymi składowymi środowiska, takimi jak rzeźba terenu i jego budowa geologiczna. Dla występowania długiego transportu stokowego konieczne jest skoncentrowanie się epizodycznych spływów powierzchniowych w stokowych formach wklęsłych (np. doliny denudacyjne, parowy, rozcięcia drogowe). Długi transport stokowy obserwowano przede wszystkim na terenach zbudowanych z osadów łatwo podlegających erozji, tzn. piaszczystych aluwów rzecznych lub vistulańskich i holocenijskich utworów stokowych, rzadziej zachodził na utworach fluwioglacjalnych.

- Uwarunkowania meteorologiczne – długi transport stokowy był pobudzany przez opady nawalne i ulewy, a także gwałtowne roztopy na zamrożonym podłożu. Sumy opadów oszacowano na kilkadziesiąt milimetrów, przy ich maksymalnym natężeniu przekraczającym $1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Do wystąpienia długiego transportu stokowego wystarczające było stopienie się pokrywy śnieżnej o miąższości około 0,5 m, które trwało przez 3-4 dni.

- Uwarunkowania antropogeniczne – przede wszystkim użytkowanie ziemi, lecz także elementy infrastruktury, takie jak drogi polne, dukty leśne, szosy czy rowy odwadniające, często tworzące szlaki długiego transportu stokowego, jak również groble drogowe, nasypy czy zbyt ciasne przepusty, które go blokowały. Długi transport sokowy występował wyłącznie na terenach rolniczych, głównie na polach ornym, które przeprowadzono wzdłużstokowo, a więc w niewłaściwy sposób w stosunku do nachyleń terenu biorąc pod uwagę zasady ochrony przed erozją gleb. Występowanie transportu, stokowego na długich dystansach ułatwiał brak śródpolnych zadrzewień, pasów gruntu użytkowanego inaczej niż pola orne, a także przeprowadzenie dróg polnych i duktów leśnych stromymi stokami i wzdłuż osi form wklęsłych.

WNIOSKI

1. Długi transport stokowy zachodzi w centralnej Polsce na stokach i w dnach wklęsłych form rzeźby. Występuje on współcześnie zarówno w starych formach peryglacialnych – suchych dolinach denudacyjnych, jak i formach których powstanie można wiązać z okresem holocenu – w parowach i rozcięciach drogowych.

2. Długi transport stokowy miał miejsce na dystansie od około 400 m w Rogowie, poprzez około 550 m w Jasieni, do blisko 2 000 m w Bartochowie. Wyżej podane różnice w długościach transportu wynikały zarówno z czynników naturalnych (morfologia stoków i wklęsłych form rzeźby, intensywność i suma opadu), jak i antropogenicznych (użytkowanie ziemi, układ pól uprawnych w stosunku do nachyleń, struktura zasiewów).

3. Długi transport stokowy występuje we wszystkich porach roku, za wyjątkiem mroźnych zim typu kontynentalnego. Obserwowano go wiosną, jako skutek wydajnych roztopów na zamrożonym podłożu (Jasień) oraz jako efekt silnych ulew późnowiosennych (Bartochów) i późnego lata (Rogów), najczęściej jednak wiązał się on z okresami, gdy gleboochronna rola roślinności uprawnej była ograniczona.

4. Trwałość morfologicznych efektów erozji i akumulacji towarzyszącej długiemu transportowi stokowemu jest silnie powiązana z użytkowaniem ziemi. Na polach ornym licznie występujące przejawy erozji gleb, jak i odpowiadającej

jej akumulacji, były w każdym przypadku łatwo usuwane podczas kolejno przeprowadzanych prac polowych. Natomiast skutki te utrwały się gdy strefy akumulacyjne występowały na obszarach leśnych lub łąkowo-pastwiskowych.

5. W środowisku Nizin Środkowopolskich geomorfologiczne znaczenie pojedynczego zdarzenia, podczas którego wystąpił długi transport stokowy, jest ograniczone, albowiem nie prowadzi do zasadniczych zmian w morfologii małych form wklęsłych.

Literatura

- Baranowski J., Mańkowska A., 1970, Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000, arkusz Kalisz, WG, Warszawa.
- Baranowski J., Mańkowska A., 1979, Objąsnienia do mapy geologicznej Polski w skali 1:200 000, arkusz Kalisz, WG, Warszawa, 1-47.
- Chołupiak K. Ł., 1978, Podstawy przeciwerozynnej organizacji terenu, [w:] S. Ziemnicki (red.), *Erozja wodna*, PWRiL, Warszawa, 60-88.
- Czyżowska E., 1997, Przebieg erozji i rekonstrukcja spływu, [w:] L. Starkel (red.), *Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku)*, Dok. Geogr. 8, IGiPZ PAN, Wrocław, 54-62.
- Forysiak J., 2005, Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaceniu warty, *Acta Geogr. Lodz.* 90, ŁTN, Łódź, 1-116.
- Hodara J., 1984, Agrofizyczny efekt ugniatania gleb, Pr. dokt. AR w Lublinie, Inst. Glebozn., Chemii Roln. i Mikrobiol., Lublin.
- Jaksa A., 2006, Środowiska sedymentacyjne kemów regionu łódzkiego, *Acta Geogr. Lodz.* 92, ŁTN, Łódź, 1-95.
- Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., 1995, *Erozja agroekosystemów*, Państw. Insp. Ochr. Środ., Bibl. Monit. Środ., Warszawa, 1-168.
- Klatkowa H., 1972, Paleogeografia Wyżyny Łódzkiej i obszarów sąsiednich podczas zlodowacenia warciańskiego, *Acta Geogr. Lodz.* 28, ŁTN, Łódź, 1-220.
- Klatkowa H., Załoba M., 1991, Kształtowanie budowy geologicznej i rzeźby południowego obrzeżenia Basenu Uniejowskiego, [w:] W. Stankowski (red.), *Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin-Turek*, IBCz UAM, Poznań, 33-44.
- Klatkowa H., Załoba M., 1992a, Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Warta (624), PIG, Warszawa.
- Klatkowa H., Załoba M., 1992b, Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Warta (624), PIG, Warszawa, 1-40.
- Klimaszewski M., 1978, *Geomorfologia*, PWN, 1-1064.
- Kondracki J., 2001, *Geografia regionalna Polski*, PWN SA, Warszawa, 1-441.
- Koreleski K., 1971, Próba geomorfologicznej klasyfikacji procesów erozji gleb, *Czas. Geogr.* 42, z. 1, s. 49-55.
- Krygowski B., 1972, *Nizina Wielkopolska*, [w:] R. Galon (red.), *Geomorfologia Polski*, t. 2, PWN, Warszawa.
- Krzemiński T., 1997, Cechy rozwoju i zaniku łądolodu warciańskiego w środkowej Polsce, *Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Physica* 1, s. 47-64.

- Leopold L., Wolman M., Miller J., 1964, Fluvial processes in geomorphology, W. H. Freeman and Co., S-F, London.
- Rdzany Z., 2009, Rekonstrukcja przebiegu zlodowacenia warty w regionie łódzkim, Wyd. UŁ, Łódź, 1-312.
- Rodzik J., 1984, Natężenie współczesnej denudacji w silnie urzeźbionym terenie lessowym w okolicy Kazimierza Dolnego, [w:] Przew. Ogólnopolsk. Zjazdu PTG, Lublin, 13-15. 09. 1984., 125-130.
- Rodzik J., Janicki G., Zgłobicki W., 1996, Reakcja agroekosystemu zlewni lessowej na epizodyczny spływ podczas gwałtownej ulewy, [w:] Ogólnopolskie Symp. Nauk. „Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją“. Prace nauk., cz. 1, Puławy, 11-13.09.96 r., 201-214.
- Rodzik J., Janicki G., Zagórski P., Zgłobicki W., 1998, Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych, [w:] L. Starkel (red.), Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis lokalnych ulew, Dok. Geogr. 11, IGiPZ PAN, Wrocław, 45-68.
- Starkel L. (red.), 1997, Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku), Dok. Geogr. 8, IGiPZ PAN, Wrocław, 1-108.
- Starkel L. (red.), 1998, Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis lokalnych ulew. Dok. Geogr. 11, IGiPZ PAN, Wrocław, 1-108.
- Teisseyre A. K., 1992, Epizodyczne koryta a rozwój suchych dolin w krajobrazie rolniczym, Acta Univ. Wratisl., Prace Geol.-Mineral. 31, 1-88.
- Teisseyre A. K., 1994, Spływ stokowy i współczesne osady deluwialne w lessowym rejonie Henrykowa na Dolnym Śląsku, Acta Univ. Wratisl., Prace Geol.-Mineral. 43, 1-188.
- Turkowska (Kuydowicz) K., 1975, Rzeczne procesy peryglacjalne na tle morfogenezy doliny Mrogi, Acta Geogr. Lodz. 36, ŁTN, Łódź, 1-122.
- Turkowska K., 1988, Rozwój dolin rzecznych na Wyżynie Łódzkiej w późnym czwartorzędzie, Acta Geogr. Lodz. 57, ŁTN, Łódź, 1-157.
- Turkowska K., 2006, Geomorfologia regionu łódzkiego, Wyd. UŁ, Łódź, 1-238.
- Twardy J., 1992, Szkic hydrogeologiczny w skali 1:100 000. Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Warta (629), PIG, Warszawa.
- Twardy J., 2000, Deluwia neoholoceny – przykłady z Wyżyny Łódzkiej, Acta Geogr. Lodz. 78, ŁTN, Łódź, 135-173.
- Twardy J., 2002a, Przebieg erozji gleb w Polsce Środkowej i jej związek z prehistorycznym osadnictwem i gospodarką, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 487, 371-380.
- Twardy J., 2002b, Wpływ denudacji agrotechnicznej na ewolucję stoków rolniczych w świetle wyników badań w okolicach Łodzi, VI Zjazd Geomorfologów Polskich: „Środowiska górskie-ewolucja rzeźby“, Jelenia Góra, 129-130.
- Twardy J., 2008, Transformacja rzeźby centralnej części Polski Środkowej w warunkach antropopresji, Wyd. UŁ, Łódź, 1-292.
- Twardy J., Klimek K., 2008, Współczesna ewolucja strefy staroglacjalnej Nizy Polskiego, [w:] L. Starkel, A. Kostrzewski, A. Kotarba, K. Krzemień (red.), Współczesne przemiany rzeźby Polski, Kraków, 229-270.

- Zakręcki K., 1999, Przeobrażenia przykrawędziowej partii wysokiej terasy środkowego odcinka doliny Mrogi w późnym vistulianie i holocenie, M-pis pracy mag., KBCz UŁ, 1-56.
- Załoba M., 1985, Przykład analizy deformacji osadów plejstocenijskich w Pagórkach Warciańskich, *Acta Geogr. Lodz.* 50, ŁTN, Łódź, 185-195.
- Załoba M., 1992, Przejawy dynamiki podłoża w geologicznym i morfologicznym kształtowaniu wybranego odcinka doliny środkowej Warty, *Acta Geogr. Lodz.* 63, ŁTN, Łódź, 107-116.
- Załoba M., 1996a, Uwagi dotyczące wykształcenia i mechanizmów deformacji struktur glacytektonicznych w Pagórkach Warciańskich, *Acta Geogr. Lodz.* 72, ŁTN, Łódź, 153-210.
- Załoba M., 1996b, Ślady oscylacji lądolodu warciańskiego we wschodniej części międzyrzecza Warty i Prozny, *Acta Geogr. Lodz.* 71, ŁTN, Łódź, 275-288.
- Zieliński T., 1998, Litofacjalna identyfikacja osadów rzecznych, [w:] E. Mycielska-Do-wgiałło (red.), *Struktury sedymentacyjne i postsedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna*, WGiSR UW, Warszawa, 195-257.