

Erozyjna działalność wód schyłkowego stadium powodzi na podstawie form utworzonych w lipcu 1997 r. na terenie parku w Koźlu

Leszek Kurowski*

Powodzie w dorzeczu Odry nie są zjawiskiem sporadycznym. Co roku, na tym terenie, notuje się okresy wezbrań wód. Jednak powódź w lipcu 1997 r. ze względu na duży zasięg i rozmiar zniszczeń zaliczyć należy do wyjątkowych. W pracy tej zostały opisane struktury erozyjne, związane z etapem opadania i odpływem wód powodziowych. Według autora, działalność erozyjna wód schyłkowego stadium powodzi może być znacząca, uzależniona jednak od wielu różnych czynników. Do najważniejszych zaliczyć należy różnice wysokości względnej między zalewiskiem i normalnym poziomem rzeki, stanowiącej bazę erozyjną dla obszarów zalanych, a także od tempa opadania wód, podatności gruntu na erozję oraz występowania i charakteru szaty roślinnej. Opisane w pracy struktury erozyjne występowały i były badane na terenie parku miejskiego w Koźlu.

Słowa kluczowe: powódź, działalność erozyjna wód powodziowych, powodziowe jamy wirowe, ślady opływania, rynny erozyjne, bruzdy ściekowe

Leszek Kurowski — **Erosional activity of last stadium of flood on basis of forms created in July 1997 within the area of the City Park in Koźle (SW Poland).** Prz. Geol. 46: 1179–1185.

Summary. Floods in the drainage-basin of the Odra river are rather frequent than occasional events. Every year, there occur periods when the river rises. Nevertheless, the flood in 1997 can be considered an exceptional event due to its large extent and large resultant devastation. This paper provides a brief description of erosional structures related to the period of water descent and outflow from the flooded area. In the author's opinion, the erosional potential of water during the late phase of the flood can be significant but it is dependent, however, on several factors. The most important among them are (1) elevation of the water level in the flooded area above an average water level in river channel, (2) rate of water outflow, (3) sensitivity of the ground for erosion and (4) presence and character of vegetation. Erosional structures described in the paper were studied by the author within the area of the City Park in Koźle.

Key words: flood, erosional activity of flood water, flute marks, crescent marks, erosional channels, drainage grooves

Powodzie w dorzeczu Odry nie są zjawiskiem wyjątkowym. Zdarzenia te należy traktować raczej jako normalny proces, będący pochodną złożonych czynników naturalnych. Konsekwencją tego jest regularne zalewanie wielkich połaci terenu w sąsiedztwie rzek, w tym także wiosek i miast leżących nad nimi. Koźle (ryc. 1) pod tym względem nie należy do wyjątków. Położone nad Odrą, na podmokłym terenie, w jeszcze większym stopniu niż inne miasta narażone jest na kaprysy rzeki. Już średniowieczni kronikarze wspominali o pogranicznym grodzie, który *...położeniem swoim więcej niżeli sztuką umocniony, Odra bowiem rzeka i przyległe bagna czynią go niedostępnym ..., bronił dostępu do państwa Bolesława Krzywoustego od strony Bramy Morawskiej* (Jonca, 1963). Co roku na tym terenie notuje się, typowe dla naszej szerokości geograficznej, okresy wezbrań wód, natomiast co kilka lat mają one przebieg katastrofalny (por. ryc. 2). Ostatnia powódź, w lipcu 1997 roku, ze względu na duży zasięg i rozmiar zniszczeń jeszcze długo pozostanie w pamięci mieszkańców miejscowości położonych w dorzeczu Odry.

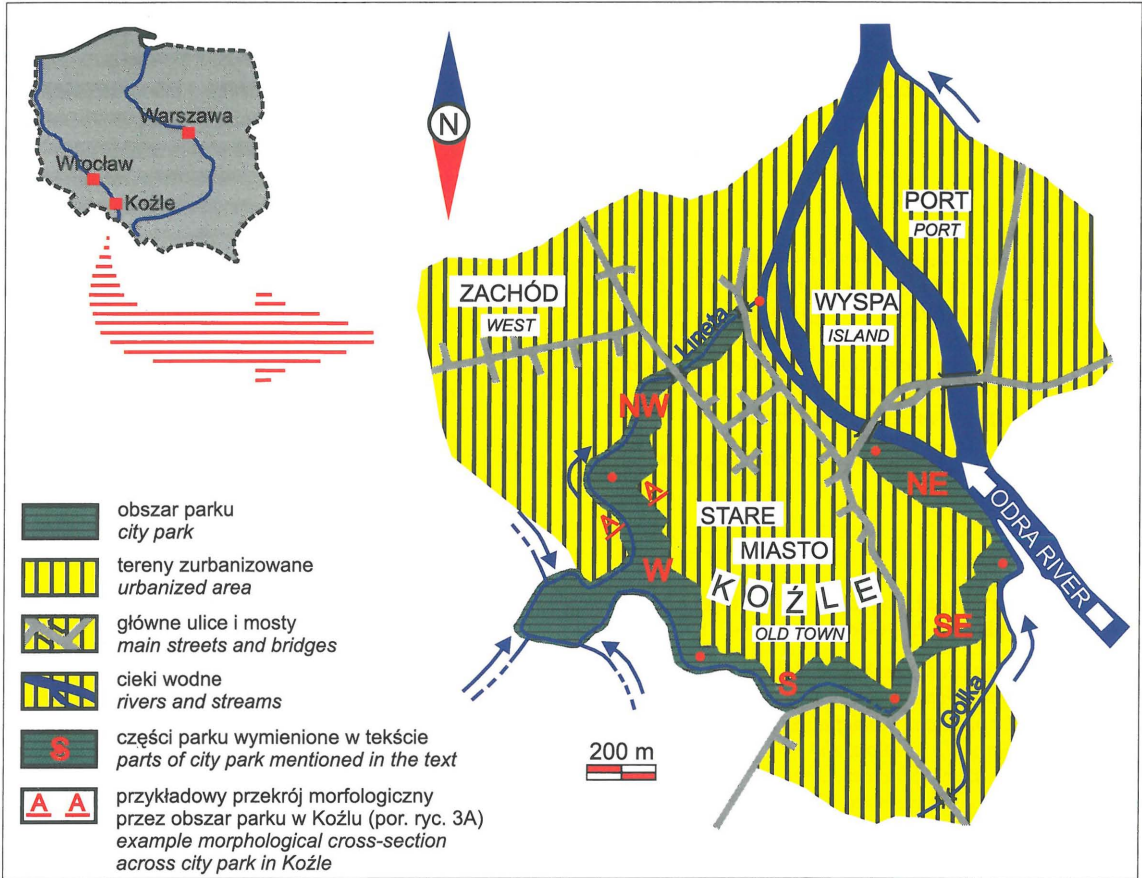
Przedmiotem tego opracowania nie jest jednak niszczyielska działalność wzbierających wód fali powodziowej. Zainteresowanie autora wzbudziły stosunkowo duże struktury erozyjne związane niewątpliwie z etapem opadania i odpływem wód powodziowych. Świadczą o tym chociażby określone na podstawie ułożenia tych form kierunki przepływu. Należy przy tym zaznaczyć, że kierunki te w pewnym stopniu były narzucone przez ukształtowanie

powierzchni obszaru badań (ryc. 4B). Struktury tego typu były dość powszechnie spotykane na terenie parku miejskiego w Koźlu (ryc. 1), który jest położony na poziomie wyższej części terasy zalewowej Odry (Waga, 1993). Park jest ciekawym przykładem obszaru pierwotnie w dużym stopniu zmienionym przez działalność człowieka, związaną z budową od połowy XVIII w. fos i obwałowań dawnej twierdzy kozielskiej (por. ryc. 1 oraz ryc. 4A), a następnie przywracania tych obszarów do stanu naturalnego. Po likwidacji w latach siedemdziesiątych XIX w. twierdzy w Koźlu obwałowania zostały częściowo zniwelowane, a w ich miejscu utworzono park. Współcześnie teren parku porasta ponad stuletni, w przewadze dębowy drzewostan i tylko zaznaczające się w morfologii zarysy dawnych fortyfikacji świadczą o dumnej przeszłości miasta (ryc. 1 oraz 4A).

Powodziowe jamy wirowe

Geneza struktur erozyjnych tego typu jest związana z turbulencją i tworzeniem wirów dużej skali w prądach o znacznych prędkościach powstających przy odpływie wód powodziowych z obszarów o znacznych różnicach wysokości względnej między zalewiskiem a normalnym poziomem rzeki (por. ryc. 4). Formy te wykazują pewne podobieństwo do opisywanych często ze strefy korytowej środowiska aluwialnego dużych struktur — kotłów wirowych (kotłów erozyjnych, marmitów) (por. Simons i in., 1965). Jednak znaczne odległości od koryta, na jakich stwierdzano występowanie tych form (ok. 1 km w linii prostej od Odry — por. ryc. 1) sprawiają, że nie można traktować ich równoznacz-

*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław



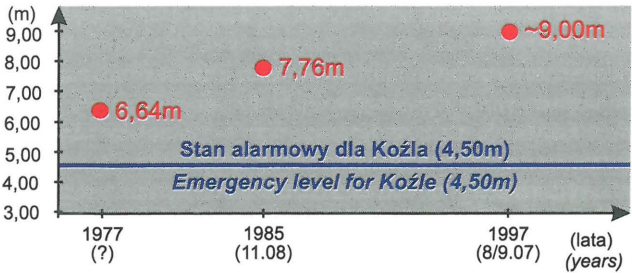
Ryc. 1. Szkic sytuacyjny parku w Koźle na podstawie mapy topograficznej 1 : 10 000, arkusz 484.122 — Reńska Wieś oraz 484.211 — Stare Koźle

Fig. 1. Sketch map of the City Park in Koźle based on topographic maps 1 : 10 000, quadrangles 484.112 — Reńska Wieś and 484.211 — Stare Koźle

nie. Dlatego w dalszej części pracy struktury te opisywane będą jako powodziowe jamy wirowe.

W początkowej fazie ustępowania powodzi odpływ ma charakter warstwowy. W zaawansowanej fazie odpływ koncentruje się w obniżeniach morfologicznych, w postaci wartkich strumieni o znacznej energii, a tym samym dużej sile erozji gruntu. Taki przepływ hydrodynamicznie jest podobny do przepływu korytowego. W związku z tym na obszarach zalanych, odległych od rzeki mogą rozwijać się duże wiry o osi pionowej (stacjonarne lub migrujące), których efektem działalności erozyjnej są opisywane struktury. Jamy wirowe obserwowane w parku w Koźle wykazują różną geometrię. W najprostszym przypadku są to pojedyn-

cze, owalne lub koliste formy o średnicy od 1,0 do 1,5 m i głębokości nie przekraczającej 0,3 m (ryc. 3). Krawędzie ich, szczególnie od strony podprądowej są strome, wyraźnie erozyjnie wcięte. Po stronie zaprądowej o nieco łagodniejszym zarysie, częściowo rozmyte. Koncentryczne jamy wirowe są prawdopodobnie efektem oddziaływania na dno pojedynczych, stacjonarnych dużych wirów o osi pionowej (ryc. 5A). O sile prądów wirowych i skali turbulencji może pośrednio świadczyć fakt, że strukturom tego typu po stronie

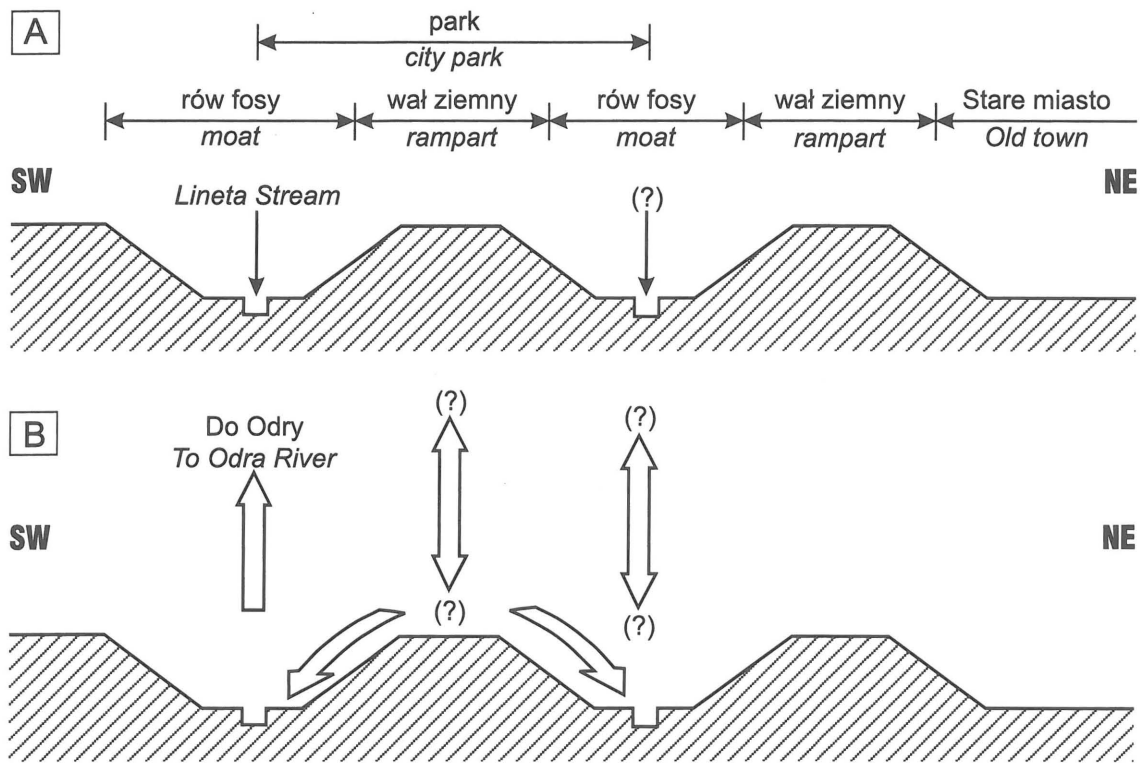


Ryc. 2. Maksymalne stany wezbranych wód Odry w Koźle w czasie największych powodzi w ostatnich dwudziestu latach



Ryc. 3. Przykład koncentrycznej jamy wirowej, widok w kierunku pod prąd

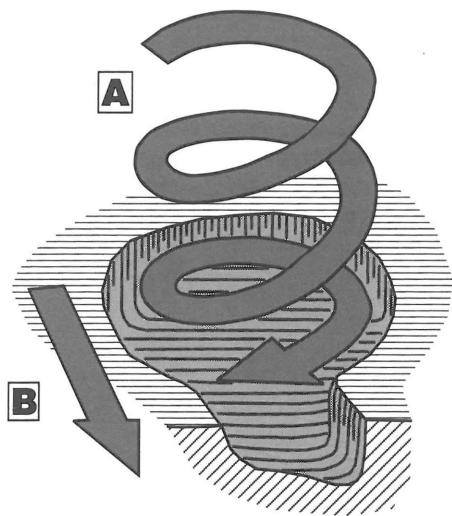
Fig. 3. Example of the flute mark, view in the direction opposite to the direction of flow



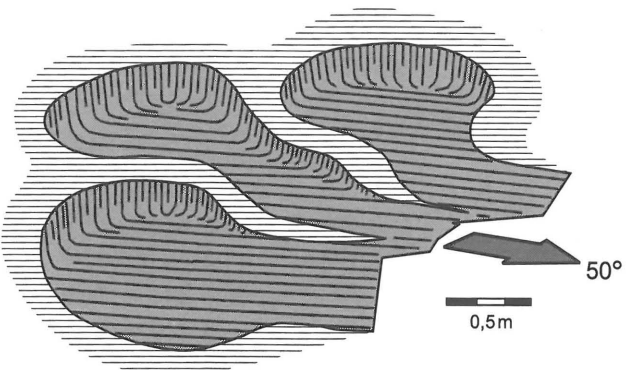
Ryc. 4. Przykładowy, schematyczny, przekrój morfologiczny (A) i stwierdzone kierunki odpływu wód powodziowych (B) z obszaru parku w Koźlu
Fig. 4. Exemplary morphological cross-section (A) and directions of water outflow (B) observed in the area of the City Park in Koźle

zaprawowej nie towarzyszą formy akumulacyjne powstałe z nagromadzenia materiału erodowanego z jamy. Prawdopodobnie na skutek znacznej energii materiał okruchowy i fragmenty gleby były rozproszone na znacznym obszarze. Czasami koncentryczne jamy wirowe występują w zespołach po kilka (ryc. 6), jednak w takich przypadkach ich cechy

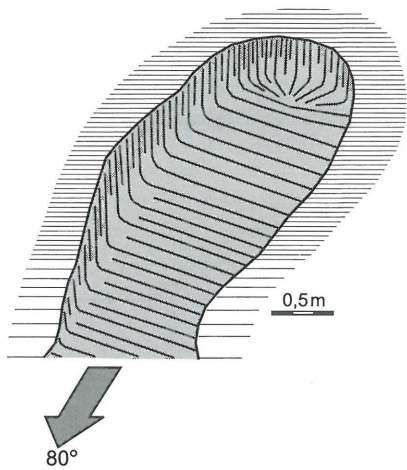
są takie same jak u form pojedynczych. Pewną odmianą jam wirowych są jamy podłużne (ryc. 7). Są to struktury, które powstawały na skutek oddziaływania na dno prądu wirowego o orientacji pionowej, przy znaczącym współdziałale przemieszczania w płaszczyźnie poziomej — wiry migrujące (ryc. 5B). Struktury tego typu wykazują znaczne rozmiary (ryc. 8). Ich długość dochodzi do 5,0–7,0 m, a szerokość do 2,0 m. Charakteryzuje je także większa niż u form koncentrycznych głębokość, sięgająca 0,5–0,6 m. Ściany boczne, szczególnie od strony podprądowej mocno erozyjnie wcięte, prawie pionowe (ryc. 8). W kierunku zaprawowym obniżające się, wyraźnie rozmyte (ryc. 9). Jamom podłużnym, podobnie jak koncentrycznym, nie towarzyszą żadne formy akumulacyjne. Jamy wirowe, obserwowane głównie



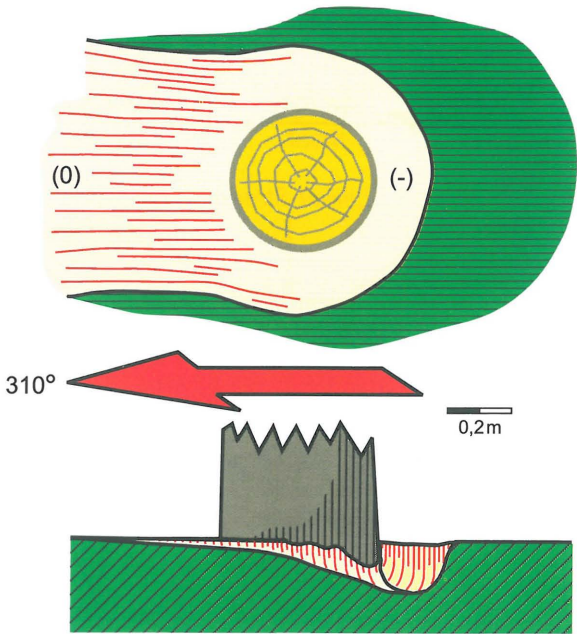
Ryc. 5. Schemat powstawania koncentrycznej (A) i podłużnej (B) jamy wirowej. Strzałka A wskazuje kierunek działania prądu wirowego (wir stacjonarny), B — kierunek przemieszczania w płaszczyźnie poziomej (wir migrujący)
Fig. 5. Scheme illustrating development of concentric (A) and elongated (B) flute mark. The arrow A indicates direction of eddying current (stationary eddy), B — direction of displacement in the horizontal plane (migrating eddy)



Ryc. 6. Schemat zespołu koncentrycznych jam wirowych. Strzałka wskazuje kierunek przepływu
Fig. 6. Scheme showing the set of concentric flute marks. The arrow indicates the direction of flow



Ryc. 7. Schemat podłużnej jamy wirowej. Strzałka wskazuje kierunek przepływu
Fig. 7. Scheme of elongated flute mark. The arrow indicates the flow direction



Ryc. 10. Schemat śladu opływania, strzałka wskazuje kierunek przepływu
Fig. 10. Scheme of a crescent mark, the arrow indicates the flow direction



Ryc. 8. Przykład podłużnej jamy wirowej, widok w kierunku pod prąd
Fig. 8. Example of elongated flute mark, view in the direction opposite to the direction of flow



Ryc. 11. Przykład śladu opływania z terenu parku w Koźlu, widok w kierunku pod prąd
Fig. 11. Example of a crescent mark from the area of the City Park in Koźle, view in the direction opposite to the direction of flow



Ryc. 9. Przykład podłużnej jamy wirowej, widok w kierunku za prądem
Fig. 9. Example of elongated flute mark, view in the direction concordant with the direction of flow



Ryc. 12. Przykład śladu opływania, widok od strony zaprądowej
Fig. 12. Example of a crescent mark from the area of the City Park in Koźle, view in the direction concordant with the direction of flow

w zachodniej części obszaru badań wskazują na przepływ ku E (jamy podłużne) i NE (jamy koncentryczne).



Ryc. 13. Przykład śladu opływu z rozwiniętą wokół pnia rynną w kształcie pierścienia

Fig. 13. Example of a crescent mark with a circular channel developed around the tree trunk



Ryc. 14. Przykład rynny erozyjnej o prostych brzegach. Widok w kierunku pod prąd

Fig. 14. Example of the erosional channel with straight margins and regular shape of the bottom, view in the direction opposite to the direction of flow



Ryc. 15. Przykład rynny erozyjnej o zmiennej morfologii brzegów i dna. Przepływ w prawo

Fig. 15. Example of the erosional channel with variable shape of margins and bottom. The direction of flow is to the right



Ryc. 16. Przykład rynny erozyjnej o zmiennej morfologii brzegów i dna. Widok w kierunku pod prąd

Fig. 16. Example of the erosional channel with variable shape of margins and bottom, view in the direction opposite to the direction of flow



Ryc. 17. Przykład pojedynczej bruzdy ściekowej

Fig. 17. Example of a single drainage groove



Ryc. 18. Fragment systemu dendrytycznie rozgałęziających się bruzd ściekowych

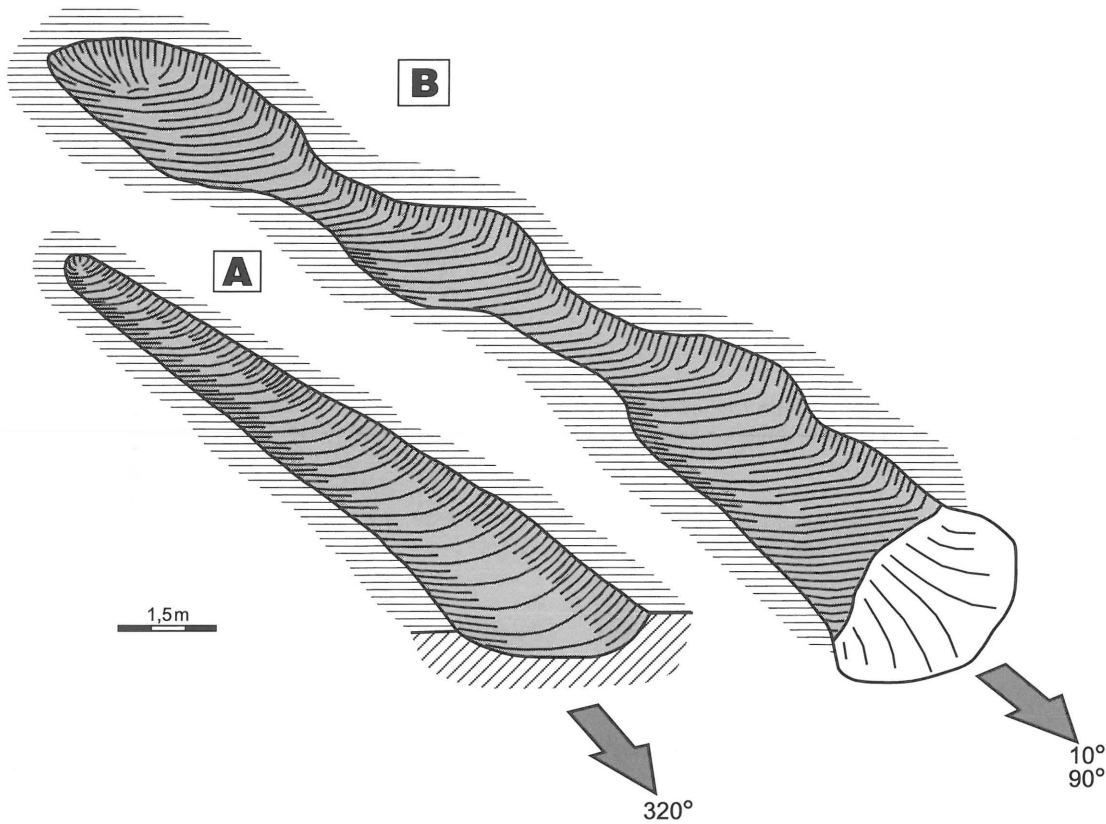
Fig. 18. Fragment of dendrite-shape system of drainage grooves

Ślady opływania

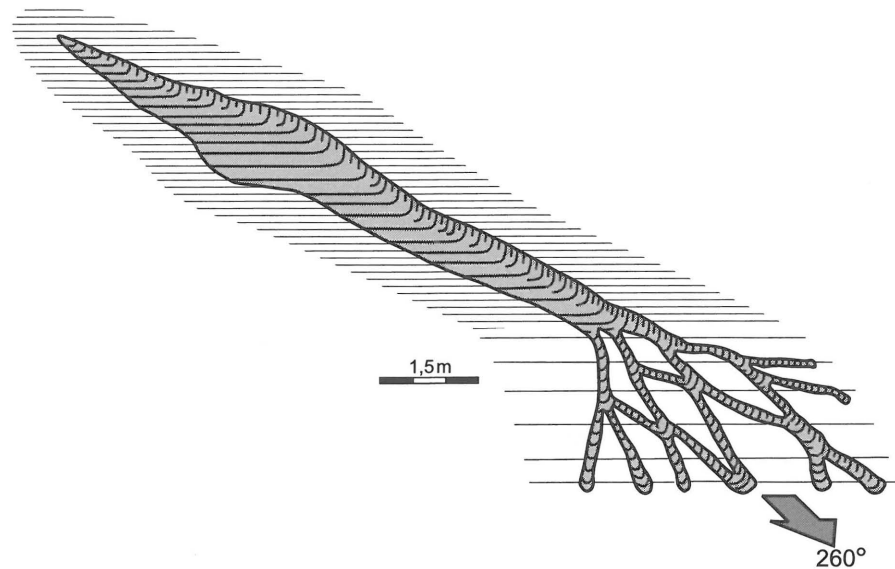
Geneza tych form, podobnie jak np. w środowisku aluwialnym, lub środowisku prądów zawieszinowych (por. Dżułyński, 1963) jest związana z zaburzeniami w przepływie. Przyczyną zaburzeń jest występowanie przeszkód na drodze prądu. Jednak wielkość tych form, specyfika środowiska, w którym się tworzą, a także osobiwy rodzaj prze-

szkód, z którymi struktury te współwystępują wyklucza rozpatrywanie ich łącznie, mimo że ich nazwa pozostaje taka sama.

Przeszkodami, z którymi są związane ślady opływania na terenie parku w Koźlu są wielkie drzewa, przeważnie dęby, których średnica pnia u podstawy wynosi od kilkunastu centymetrów do ponad 1 m (ryc. 10). Po stronie podprądowej (względem przeszkody) tworzy się rynna o



Ryc. 19. Schemat rynny erozyjnej o prostych brzegach i rynnowym zarysie dna (A) oraz zmiennej morfologii brzegów i dna (B). Uwaga: długość formy w stosunku do podziałki 3-krotnie skrócona
Fig. 19. Scheme of erosional channel with straight margins and regular shape of the bottom (A) and (B). The real length of the structure is three times as large as shown on the figure



Ryc. 20. Schemat rynny erozyjnej z dystrybutywnym systemem bruzd ściekowych w strefie ujściowej. Uwaga: długość formy w stosunku do podziałki 3-krotnie skrócona
Fig. 20. Scheme of erosional channel with distributive system of drainage grooves in the outlet zone

zarysie podkowy, której szerokość i głębokość w obserwowanych przypadkach dochodzi do 0,2–0,3 m (ryc. 11). W kierunku zaprawdowej rynna spłyca się i przechodzi w płaską, lekko wachlarzowo rozwiniętą powierzchnię (ryc. 12). W strefie cienia, za przeszkodą, nie tworzą się formy akumulacyjne.

Dość powszechne natomiast są przejawy słabej erozji w postaci drobnych rozmyć i śladów wypłukiwania (ryc. 12). W niektórych przypadkach wachlarzowa, płaska powierzchnia od strony zaprawdowej wykształcona jest szczątkowo, a wokół pnia, prawie na całym jego obwodzie rozwija się rynna w kształcie pierścienia (ryc. 13), przy czym od strony podprądowej rynna ta jest głębsza i szersza, a w kierunku za prądem spłyca się i jest węższa (ryc. 13). Rozmiary i kształt rynny utworzonej wokół przeszkody w dużym stopniu uzależnione są od warunków energetycznych w środowisku. Ślady opływania w południowej części parku (por. ryc. 1) wskazują na odpływ wód powodziowych w kierunku NE, natomiast występujące w części północno-zachodniej na transport ku NW.

Rynny erozyjne

Struktury tego typu są dość powszechne i często opisywane z różnych środowisk, zarówno kopalnych jak i współczesnych. Mogą one tworzyć się wszędzie tam gdzie występuje strumieniowy przepływ wody. Cechą charakterystyczną tych form jest znaczna długość w stosunku do ich szerokości i głębokości. Rynny erozyjne obserwowane w parku w Koźlu charakteryzują się zmienną, lecz nie przekraczającą 0,5 m głębokością, szerokością od 0,6 do 1,5 m oraz znaczną długością. Najkrótsze mają 10,0–15,0 m, natomiast najdłuższe przekraczały 50,0 m. Rynny erozyjne charakteryzuje stosunkowo urozmaicony kształt. W najprostszym przypadku są to formy o prostych brzegach i rynnowym zarysie dna (ryc. 14, 19A).

Inne wykazują większą różnorodność kształtów. Miejscami są szerokie, miejscami zwężające się (ryc. 15, 16, 19B), o brzegach wyraźnie wciętych, stromych, często pionowych. Prawie w każdym przypadku możliwe jest określenie początkowej i końcowej części rynny. Strefa początkowa rynny erozyjnej zawsze jest wąska i płytka, ku końcowi pogłębiająca się i zdecydowanie szersza. Samo ujście tego typu struktur może być wykształcone dwojako. W większości przypadków w części ujściowej występują płaskie, lekko nachylone wachlarzowo rozwinięte powierzchnie, morfologicznie podobne do tych, które towarzyszą czasem śladom opływania po stronie zaprawdowej (ryc. 19B, por. również ryc. 12). Niekiedy w części tej występuje system drobnych korytek podobnych do bruzd ściekowych, tworzący układ dystrybutywny (ryc. 20).

Rozmiary rynien erozyjnych, a szczególnie ich długość w dużym stopniu są uzależnione od siły erozyjnej prądu i czasu jego działania, a także od ukształtowania powierzchni terenu. Ułożenie rynien erozyjnych wskazuje na przepływ ku E w północno-wschodniej części parku (do Odry), w

części północno-zachodniej w kierunku W i NW, a w części zachodniej ich ułożenie wskazuje N kierunek przepływu.

Bruzdy ściekowe

Bruzdy ściekowe są ostatnią z dość powszechnie stwierdzanych w obszarze obserwacji struktur erozyjnych. Są to formy niewielkie o kilkucentymetrowej szerokości i głębokości (ryc. 17). Nie występują one pojedynczo, lecz tworzą system dendrytycznie rozgałęziających się korytek (ryc. 18). Ich geneza jest związana z końcowym epizodem odpływu wód powodziowych w postaci drobnych strug, które charakteryzowały się stosunkowo niską energią, a tym samym ograniczoną zdolnością erozji gruntu. Systemy bruzd ściekowych obserwować można w różnych miejscach kozielskiego parku, szczególnie w strefach skłonów morfologicznych. Czasami, jak wspomniano już wyżej, specyficzny system (dystrybutywny) bruzd ściekowych rozwijał się u wylotu rynien erozyjnych.

Zaprezentowane przykłady struktur jednoznacznie wskazują, że działalność erozyjna wód schyłkowego stadium powodzi może być znacząca. Uzależnione to jest od wielu różnych czynników. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji w obszarze badań do najważniejszych można zaliczyć ukształtowanie powierzchni (morfologię) zalanych terenów i związane z tym różnice wysokości względnej między zalewiskiem i normalnym poziomem rzeki stanowiącym bazę erozyjną dla obszarów zalanych. Kolejnym ważnym czynnikiem jest czas, którego wpływ uwidacznia się przede wszystkim w tempie opadania wód powodziowych. Czym większe różnice wysokości względnej i wyższe tempo opadania wód, tym szybszy odpływ z terenów zalanych. Szybszy odpływ to z kolei wyższa energia oraz związana z nią prędkość i intensywna turbulencja, od których jest uzależniona zdolność erozyjna wód w końcowym stadium powodzi. Ważne są również cechy gruntu zalanych obszarów. Tą grupę czynników można bardzo ogólnie określić jako podatność (lub odporność) gruntu na erozję, tzn. jego zwięzłość, spistość (=kohezyjność) czy stopień zwietrzenia. Nie bez znaczenia jest w tym przypadku również występowanie i charakter szaty roślinnej.

Literatura

- DŻUŁYŃSKI S. 1963 — Wskaźniki kierunkowe transportu w osadach fliszowych. Stud. Geol. Pol., 12: 31–47.
 JONCA J. 1963 — Zarys dziejów społecznych i gospodarczych Koźla i okolicy do 1939 roku. [W:] Ziemia Kozielska, S. Popiołek (red.). Komitet Obchodów 800-lecia Miasta Koźla.
 SIMONS D.B., RICHARDSON E.V. & NORDIN C.F. 1965 — Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. G.V. Middleton (ed.). Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation. Soc. Econ. Pal. Min., Spec. Publ., 12: 34–52.
 WAGA J.M. 1993 — Terasy rzeczne w Niece Kozielskiej — morfologia, wiek i pochodzenie materiału budującego terasy. II Krajowe Spotkanie Sedymetologów. Baseny sedymentacyjne, procesy, osady, architektura — przewodnik. Inst. Nauk Geol. UWrocław.