

Wykształcenie strefy marginalnej stożka napływowego Czarnego Dunajca i jego rola w kształtowaniu doliny Czarnej Orawy

Paweł Krzaklewski

*Zakład Geomorfologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków*

Słowa kluczowe: stożek napływowy, rozwój, procesy fluwialne, Kotlina Orawska

Keywords: alluvial fan, development, fluvial processes, the Orawa Basin

Streszczenie

Przedmiotem niniejszego opracowania jest charakterystyka wykształcenia stożka napływowego Czarnego Dunajca w obrębie doliny Czarnej Orawy oraz poznanie jego wpływu na rozwój doliny.

Stożek Czarnego Dunajca zajmuje całą centralną część Kotliny Orawskiej od okolic Chyżnego na zachodzie, aż po rejon Rogoźnika na wschodzie. Przy czym w części zachodniej budowany był najwcześniej, a w części wschodniej (w okolicach Nowego Targu) najpóźniej. Proces kształtowania przypada na okres gūnz, poprzez mindel, aż być może po początki zlodowacenia wisły. W późniejszym okresie wody Czarnego Dunajca skierowały się na północny-wschód.

W ramach badań wykonano kartowanie geomorfologiczne, badania terenowe i laboratoryjne osadów. Osady mineralne zostały przeanalizowane w laboratorium geomorfologicznym, a organiczne przekazane do datowania.

Strefa marginalna stożka zmieniona jest przez poziom vistuliański tworząc spłaszczenie około 6-7 m ponad dnem doliny. Wcinają się w nią doliny boczne na głębokość od 15 do 40 m.

W stropie stożka mamy do czynienia z osadami drobnymi mineralno-organicznymi o miąższości od 1,0 do 2,1 m. Występują tu drobne piaski lub pyły słabo wysortowane. Poniżej zaczynają się przewarstwione drobnymi osadami serie żwirów, o średniej miąższości ok. 70–100 cm, maksymalnie 170 cm. Wyróżnia się tu dwie do trzech takich warstw na głębokości od 1,5 m do ponad 6,0 m. Warstwy te są poprzecinane osadami drobnymi. Poniżej żwirów na głębokości od 5,0 do ponad 8,0 m zaczynają się serie ilów przedczwartorzędowych. Serie żwirowe składają się w ponad 50-60 % z otoczków krystalicznych.

Obecność żwirów hamuje tempo erozji bocznej. Na północnym niskim (holocenijskim) brzegu Czarnej Ora-

wy tempo erozji bocznej oceniam na 1,5–4,0 m/5 lat, to na południowym wysokim brzegu (tworzonym przez w/w stożek) tempo jest o 40–60% mniejsze. Procesy te bardzo wyraźnie wpływają na morfologię zboczy doliny.

Wstęp

Budowa i wykształcenie stożka napływowego Czarnego Dunajca były obiektem opracowań naukowych już od pierwszej połowy XX wieku (Halicki 1930, Klimaszewski 1952, Watycha 1976, Baumgart-Kotarba 1992, Struska 2008). Prace skupiały się głównie na powstaniu stożka oraz jego etapach rozwoju w powiązaniu ze skomplikowaną tektoniką Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Nie dotyczyły natomiast współczesnego rozwoju jego powierzchni, a także roli, jaką pełni we współczesnych procesach fluwialnych. Wykształcenie stożka napływowego poddane zostało głębszej analizie w pracy M. Baumgart-Kotarby (1992). W pracach klasyfikowany jest jako stożek fluwioglacjalny powstający w kilku etapach. Początkowo (okresy mindel i gūnz) wody rzeki prowadzone były na zachód, dopiero najpewniej po okresie wūrm, w związku z powstaniem zapadliska Wróblówki na zachód od Nowego Targu Czarny Dunajec skierował swe wody na wschód (Birkenmajer 1958, Watycha 1976, Baumgart-Kotarba 1992). Od tego momentu stożek napływowy w swej zachodniej części ulega erozji, wpływając jednocześnie na rozwój systemu doliny Czarnej Orawy w dnie Kotliny Orawskiej.

Celem badań i niniejszego artykułu jest scharakteryzowanie współczesnego wykształcenia marginalnej części stożka i poznanie jego roli w kształtowaniu dna doliny Czarnej Orawy.

Obszar badań i jego poznanie

Dolina Czarnej Orawy o powierzchni 232,9 km² położona jest na styku dwóch jednostek fizyczno-geograficznych: Beskidu Orawsko-Podhalańskiego i Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (Kondracki 2002).

Część położona w górnej części zlewni to obszar fli-szowy zbudowany z piaskowców cienko i średnioław-

cowych serii magurskiej i podmagurskiej przewarstwionych łupkami pstryimi i marglami. Poniżej Jabłonki rzeka rozcina osady czwartorzędowe, których część to serie tatrzańskie pochodzące z omawianego stożka Czarne Dunajca. Osady czwartorzędowe o miąższości w dnies doliny 2–5 m zalegają na osadach neogenu o miąższości od 500 do 700 m (Watycha 1976, Oszast, Stuchlik 1977).

Czarna Orawa wypływa na stokach Żeleźnicy na wysokości ok. 865 m, kierując się początkowo na północ. Po 1,5 km zmienia kierunek na zachodni, a po 15 km na południowo-zachodni. W pobliżu 25 km uchodzi w Jabłonkę do Kotliny Orawskiej. Całkowita długość Czarnej Orawy w granicach Polski wynosi 32,2 km (licząc od źródeł do Zbiornika Orawskiego – przy średnim stanie napełnienia).

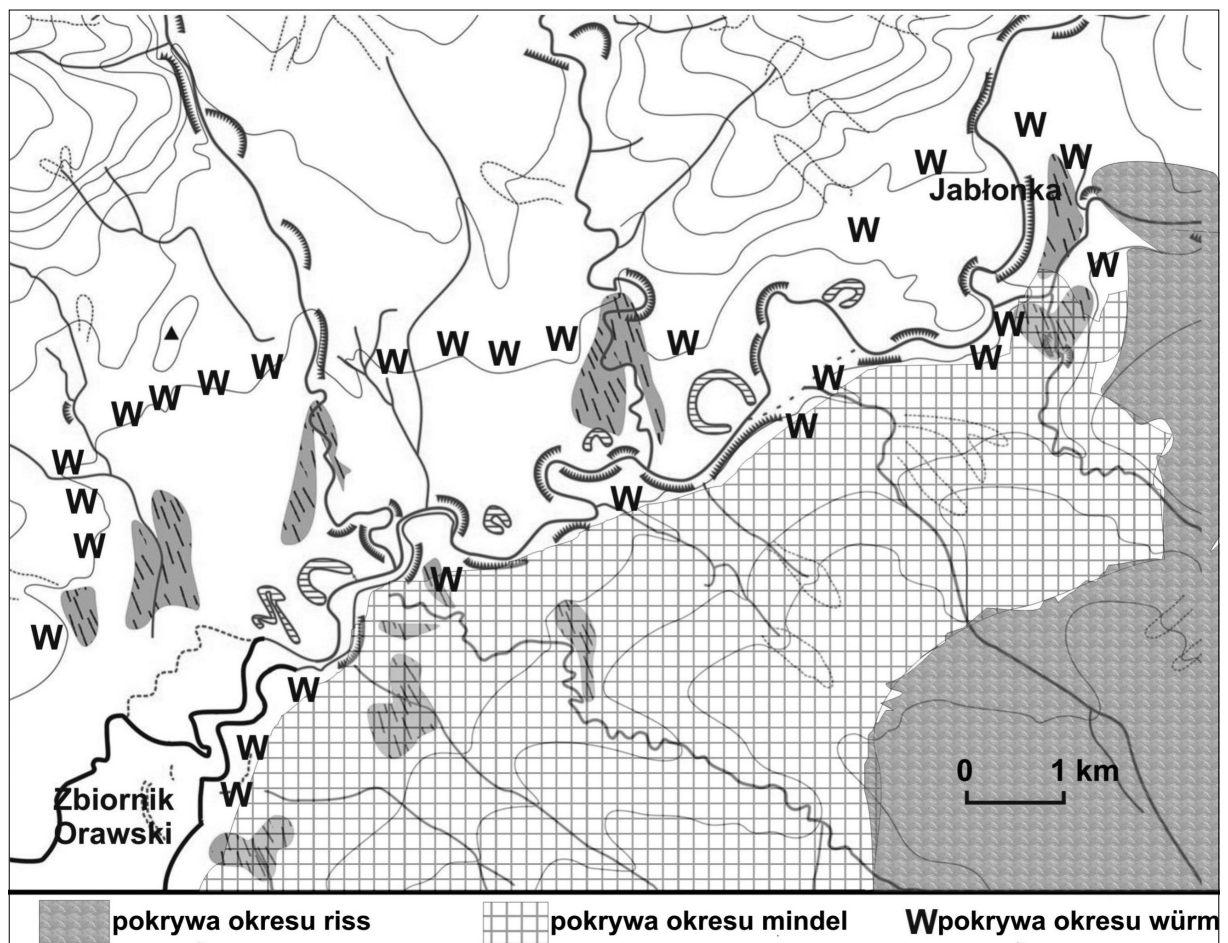
Czarna Orawa w obrębie Kotliny Orawskiej charakteryzuje się meandrowym lub krętym typem koryta. Obecność stożka zaznacza się w zróżnicowanej wysokości brzegów i zróżnicowanym składzie petrograficznym. Brzeg południowy to najczęściej podcinana terasa wistuliańska (o wys. 6–7 m), zaś brzeg północny jest niski (1–2 m) i wykształcony został w holocenie. Czarna Orawa podcina tu poboczną stożka, która jest dźwigana

tektonicznie (Struska 2008). Dowodem na to jest radialne wcięcie dolin, na głębokość do 40 m (Baumgart-Kotarba 1992).

Wiek teras stożka w strefie marginalnej oceniany jest na okres würm. Po okresie günz w dnies synkliny współczesnej Kotliny Orawskiej wody Czarne Dunajca kierowały się na zachód i północny-zachód w kierunku doliny Czarnej Orawy. Zrzucany był przy tym transportowany materiał, deponowany następnie w zachodniej części stożka w okolicy dzisiejszego Chyżnego, Jabłonki i Piekielnika (Baumgart-Kotarba 1992).

Największy problem badawczy dotyczy poznania etapów rozwoju stożka napływowego Czarne Dunajca. W okresie mindel i günz wody Czarne Dunajca płynęły na zachód, by przed würem skierować się na wschód. Potwierdzają to badania M. Klimaszewskiego (1952), L. Watychy (1976), M. Baumgart-Kotarby (1992). W związku z powyższym rozcinanie teras w würem i późniejszych okresach odbywało się już wyłącznie w wyniku erozji wód Czarnej Orawy (patrz ryc. 1).

W zachodniej części stożka wyróżnione zostały 2 podstawowe poziomy w strefie marginalnej. Zaznacza się tu ich obniżanie w kierunku dna doliny Czarnej Orawy. Obserwowane są tu warstwowane żwiru, wykazujące



Ryc. 1. Mapa zasięgu stożka napływowego Czarne Dunajca w okolicach doliny Czarnej Orawy

Fig. 1. The map of the range alluvial fan of the Czarna Orawa river on the neighbourhood Czarna Orawa valley

ślady imbrakacji, które zawierają otoczaki pochodzące z Tatr. Należą do nich białe granity (alaskity) i granitognejsy o średnicy od 2 do 8 cm, a maksymalnie do 20 cm. Warstwy żwirowe układają się w charakterystyczne poziomy oddzielone osadami drobniejszymi.

Metody badań

Badania dna doliny Czarnej Orawy w Kotlinie Orawskiej rozpoczęte zostały od kartowania geomorfologicznego w skali 1:10 000. Dotyczyło ono zarówno dna doliny w Kotlinie Orawskiej, jak i cieków bocznych oraz systemów terasowych po południowo-wschodniej stronie doliny, stanowiących fazy rozcinania stożka przez Czarą Orawę. W kolejnych etapach prac prowadzony był pobór osadów z podcięć, wkopów i wierceń umożliwiających pobór osadów z głębokości do 7 m. Istotne były badania żwirów zalegających w korycie, ale także pochodzące ze wspomnianych wierceń na wyższych poziomach terasowych. Zaprezentowane w pracy wyniki pochodzą z badań opartych głównie o metody A. Olszewskiego (1974) i J. Rutkowskiego (1995). Umożliwiają one poznanie zróżnicowania struktury osadów gruboziarnistych, morfologii, zróżnicowania wielkości ziarna wraz z miarą wysortowania osadu, a także poznanie zróżnicowania średniej wielkości osadów żwirowych. To zróżnicowanie osadów jest związane przede wszystkim z budową geologiczną, a zwłaszcza składem petrograficznym (Krzaklewski 2011). Ponadto zastosowana została analiza obtoczenia frakcji żwirowo-głazowej wg A. Olszewskiego (1974) w pięciostopniowej skali. A. Olszewski wyróżnia: klasę 0 – wszystkie ściany chropowate, klasę 1 – ściany podległe obtoczeniu są zrównoważone ze ścianami klasy 0, klasę 2 – wszystkie ściany podobnie oszlifowane, klasę 3 – wszystkie ściany w całości oszlifowane, klasę 4 – cała powierzchnia oszlifowana.

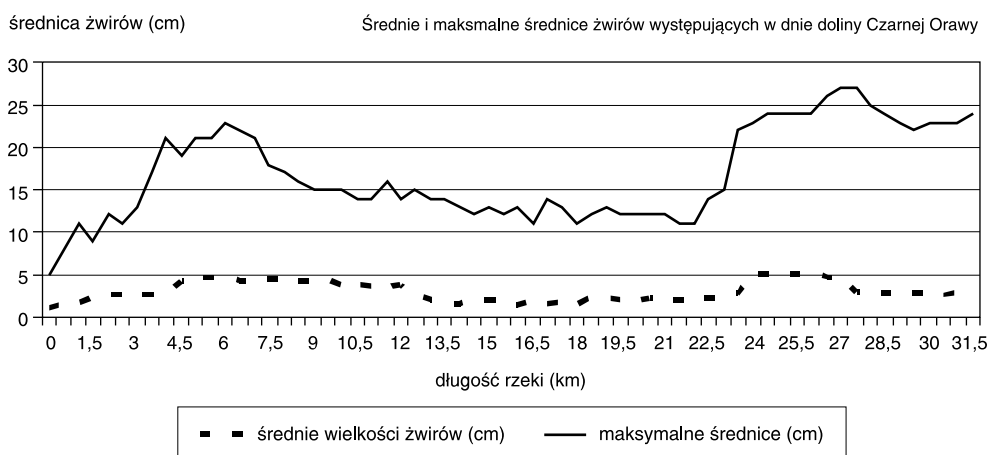
Badania zróżnicowania frakcyjnego wykonywane były w typowych klasach co $0,5 \Phi$, od -10Φ do 0Φ ,

przy czym klasy największe od -11Φ do -7Φ co 1Φ . Następnie zastosowana została metoda sitowa dla zwerifikowania rozkładu granulometrycznego osadów, przy zastosowaniu podstawowych miar statystycznych. Badania dla największych frakcji wykonywane były w terenie, pozostałe w warunkach laboratoryjnych.

Wykształcenie osadów strefy marginalnej stożka

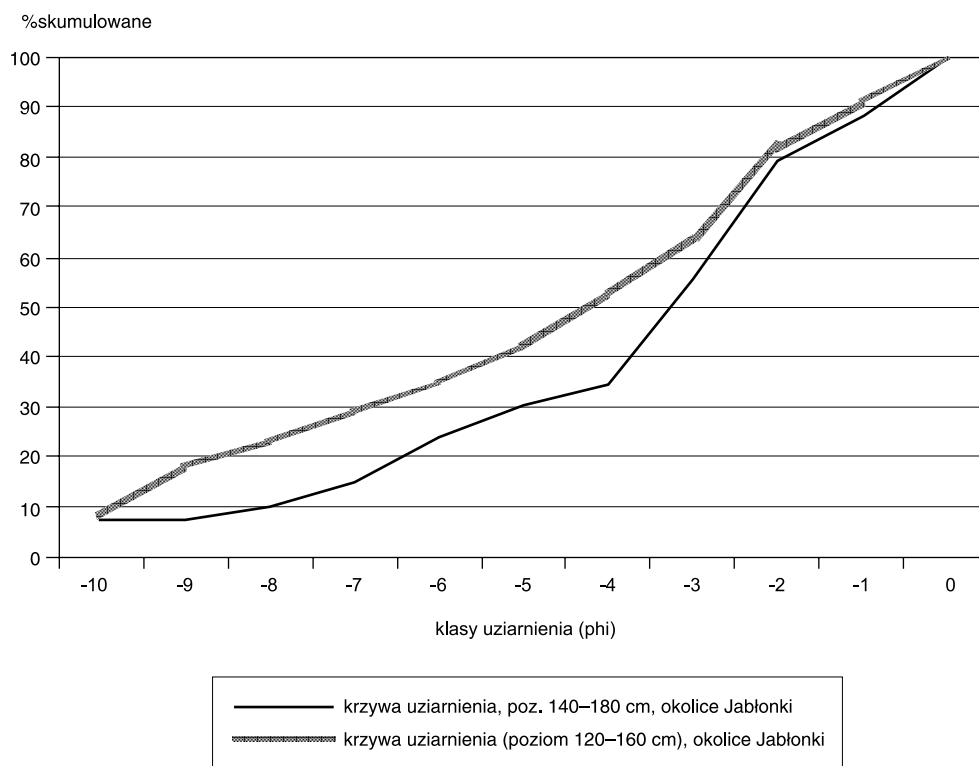
W stropie równiny aluwialnej występują serie drobnofrakcyjne – najczęściej drobne piaski lub grube pyły, sięgają one głębokości ok. 1,3 m. Poniżej występują przewarstwione poziomy żwirowe (o przeciętnej średnicy od 2,5 do 4 cm (średnio $-4,6 \Phi$). Maksymalnie na południowym brzegu spotykane są otoczaki o średnicy do 20 cm średnicy. Przeciętna ich miąższość wynosi 30–60 cm, maksymalnie zaś nawet do 160 cm. Z wszystkich osadów badanych wzdłuż linii koryta Czarnej Orawy od okolic Jabłonki na północnym-wschodzie po rejon Zbiornika Orawskiego na południowym-zachodzie poziomy żwirowe charakteryzują się bardzo słabym wysortowaniem. Wartość odchylenia standardowego wynosi od 0,5 do 4, na poziomie koryta oraz 2–3 na poziomie vistuliańskim (15 m pod współczesną powierzchnią). Stopień wysortowania maleje wraz ze spadkiem doliny. Poziom wysortowania osadów żwirowych jest lepszy w osadach po południowej stronie doliny, w stosunku do północnej. Miąższość warstw żwirów w obrębie strefy marginalnej wynosi od 100 cm do ponad 300 cm (dla porównania na poziomach holocenijskich 30–160 cm). Pomiedzy warstwami żwirów występują grube pyły lub drobne piaski.

Badania granulometryczne żwirów wskazały w okolicach Jabłonki na największy udział otoczków o średnicach ok. -2 i -3Φ . Przy czym na północnym brzegu obserwuje się większy udział utworów z przedziału mniejszych od -3Φ , a na południowym brzegu rozkład



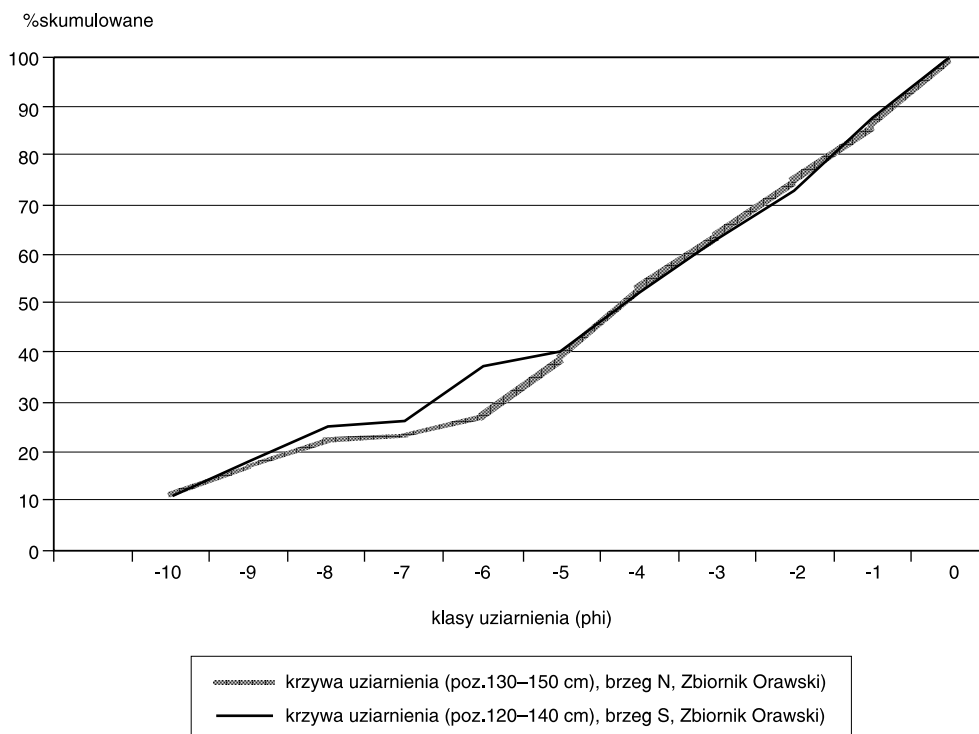
Ryc. 2. Zmiany wielkości żwirów wzdłuż koryta i poziomu zalewowego Czarnej Orawy

Fig. 2. The change size of gravel along channel, and floodplain Czarna Orawa river



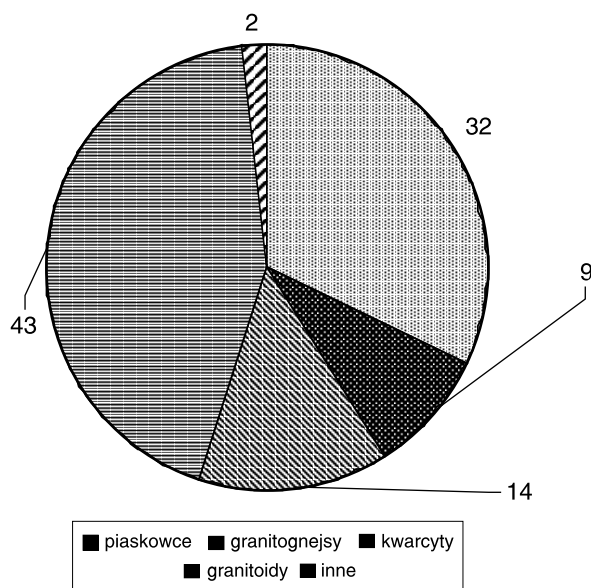
Ryc. 3. Uziarnienie żwirów w okolicy Jabłonki

Fig. 3. The grain size of gravel in the neighbourhood Jablonka



Ryc. 4. Uziarnienie żwirów w okolicy Zbiornika Orawskiego

Fig. 4. The grain size of gravel in the neighbourhood Zbiornik Orawski



Ryc. 5. Skład petrograficzny (w %) poziomu żwirowego (150 cm) na południowym brzegu (terasa vistuliańska)

Fig. 5. The petrographic analysis (in %) gravel level (150 cm depth), on the southern bank (vistulian terrace)

jest bardziej wyrównany, jedynie w okolicach klas z przedziału $< -3; -2 \Phi$ i $-10; -9 \Phi$ > zaznacza się większe nagromadzenie osadów. W poziomach wümskim i vistuliańskim znaleziono żwiry i głązy z całego zakresu średnic od -10 do 0Φ . Najgrubsze frakcje spotyka się na obydwu poziomach, najczęściej na głębokości ok. 1,3–2,2 m. Część z nich odsłaniana w podcięciach dostaje się do koryta i można wówczas je spotkać w łachach akumulacyjnych, gdzie wyróżniają się wielkością i mniejszym o 30–40% stopniem obtoczenia. Zwraca uwagę wyraźne zwiększenie średniej, a zwłaszcza maksymalnej średnicy żwirów wraz z biegiem Czarnej Orawy (ryc. 2).

W odcinku fliszowym doliny Czarnej Orawy maksymalne średnice otoczków nie przekraczają najczęściej 5 cm, a w Kotlinie Orawskiej spotyka się osady o średnicy ponad 10 cm. Dopiero w bezpośredniej bliskości jeziora w wyniku minimalnego spadku i niewielkiej energii rzeki dno jest wyścielone frakcją drobną, piaszczystą, lub grubymi pyłami. Dodatkowo w transportowanym w korycie osadzie zaznacza się większy udział zawiesziny.

W rejonie ujścia koryta do Zbiornika Orawskiego żwiry o największej częstości są z przedziału $< -5; -6 \Phi$ >. Przy zastosowaniu skali Olszewskiego (1974) wykazałem, iż stopień obtoczenia żwirów w przypadku Czarnej Orawy zależy przede wszystkim od składu petrograficznego. Osady fliszowe znalazły się najczęściej (82% przypadków) w klasie II lub III, osady tatrzańskie I lub II klasa (91% przypadków). Tego typu rozróżnienie określa się jako wskaźnik formy. Ma on szczególne znaczenie tam, gdzie trudno określić jednoznacznie stopień obtoczenia i oszlifowania, ze względu na liczne spękania i pokruszenie ziaren.

Pod względem petrograficznym w Kotlinie Orawskiej w wyniku obecności żwirów z rozcinania stożka, przeważają dość grube żwiry jedynie w 38–45% będące pochodzenia fliszowego, a w ponad 50% są to granodioryty, gnejsy, a także wapienie (poniżej 5%) (ryc. 4).

Cechą charakterystyczną żwirów zwłaszcza na poziomach holocenijskich i vistuliańskim jest większy udział osadów pochodzenia tatrzańkiego na południowym brzegu, w porównaniu do północnego. Na południowym (od strony stożka) brzegu udział granitognejsów wynosi od 11 do 55%, a na północnym odpowiednio od 4 do 50%. Największy wzrost udziału materiału krystalicznego ma miejsce poniżej ujścia Piekielnika do Czarnej Orawy, z którym do głównej rzeki dostarczany jest tatrzański materiał. Osady pochodzenia tatrzańkiego stanowią w korycie materiał z poza obszaru zlewni. Jest on dostarczany do koryta niemal wyłącznie podczas wezbrań, kiedy brzegi rzeki są intensywnie podcinane (tempo cofania brzegów to niemal 1,5 m rocznie).

Rola osadów tatrzańskich w kształtowaniu erozji bocznej

Badania wskazały, iż obecność żwirów tak w korycie, jak i na poziomach aluwialnych ma znaczenie w modelowaniu brzegów. Odsłaniane podczas wezbrań żwiry w podcięciach holocenijskich są zsypywane do koryta. Część z nich jest transportowana (ok. 40%), pozostała tworzy jedynie łachy akumulacyjne przybrzeżne. Podczas wezbrań w 2010 roku średnia wartość przesunięcia linii brzegowej wyniosła 50–90 cm, maksymalnie 400 cm. Dotyczyło to fragmentów koryta rozcinającego równinę zalewową zbudowaną z osadów drobnych, w tym pochodzenia fliszowego. W przypadku odcinków koryta podcinającego terasę vistuliańską, lub niższe poziomy, holocenijskie będące strefą marginalną stożka średnie wartości erozji bocznej wyniosły 20–60 cm, maksymalne do 150 cm. Na tych brzegach wartości roczne przesunięcia brzegów od 100 do 140 cm uważam za ekstremalne. Warto przy tym zaznaczyć, iż południowe brzegi Czarnej Orawy są znacznie wyższe (6–7 m), niż północne (1–1,5 m). Jest to także jeden z powodów, w wyniku którego erozja boczna działa wolniej. Ten wolniejszy proces (względem brzegu północnego) oceniam na 30–40%. Podczas wspomnianych wezbrań w maju, czerwcu i wrześniu 2010 r. tylko w obrębie 1 nowego podcienia kubaturę wyprątniętego materiału oceniam na 20 000 m³.

Podsumowanie

Rola stożka napływowego Czarnej Orawy w kształtowaniu dna doliny, a zwłaszcza strefy korytowej jest znaczna. Jest to spowodowane dostawą do zlewni innego pod względem granulometrycznym i petrograficznym osadu. Materiał tatrzański dostarczony do koryta Czarnej Orawy charakteryzuje się też znacznie większą

odpornością. Zróżnicowane cechy dostarczanego materiału mają wpływ na rodzaje, zasięg i wielkość liczbą procesów. Wpływ innych genetycznie osadów zauważalny jest zwłaszcza podczas zdarzeń ekstremalnych. Ostatnie tego typu zjawiska miały miejsce wiosną i latem 2010 r. w czasie powtarzających się powodzi. Na tej podstawie można wyciągnąć wniosek o konserwującej roli strefy marginalnej stożka bezpośrednio narażonej na procesy fluwialne doliny Czarnej Orawy.

The formation marginal zone alluvial fan of the Czarny Dunajec river and role in the shape valley Czarna Orava river

The purpose of this paper is to describe the role of the Czarny Dunajec alluvial fan in Czarna Orava Valley. The fan evolved in the Günz period and proceeded to take shape throughout the Mindel period. Its evolution may have lasted up to the initial glaciation of the Vistula River. The Czarny Dunajec River then turned northeast. The study area was geomorphologically mapped for this paper. Fieldwork and laboratory sediment testing were also performed. Mineral deposits were analyzed in a geomorphological laboratory, while organic deposits were sent to a dating laboratory. The fan's edge zone is altered by a Vistulian level creating a flat zone six to seven meters above the valley floor. The main valley is incised by two lateral valleys at a depth of 15 to 40+ meters. The top of the fan is characterized by fine mineral and organic deposits between 1.0 and 2.1 m deep. Fine sands and poorly sorted particulate matter can be found herein. Layers of gravel – with fine sediments mixed in – can be found underneath. The average thickness of the gravel layer is about 70 cm, with maximum thickness reaching 170 cm. Two or three such layers can be found at depths ranging from 1.5 m to over 6.0 m. All gravel layers contain thin layers of particulate matter. The gravel consists primarily of crystalline pebbles (approx. 60%). Finally, at depths in the 5.0 m to 8.0 m range, pre-Quaternary loam series have been identified. The presence of gravel impedes lateral erosion. The rate of lateral erosion along the northern low shore (Holocene) of the Czarna Orava River has been estimated at 1.5 to 4.5 meters per five years. On the other hand, the south-

ern high shore (created by the alluvial fan) is characterized by about half the “low shore” rate of lateral erosion. The aforesaid processes have a distinct impact on the morphology of lateral valleys.

Literatura

- Baumgart-Kotarba M., 1992. Rozwój geomorfologiczny Kotliny Orawskiej w warunkach ruchów neotektonicznych, *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, XXV–XXVI, 5–27.
- Birkenmajer K., 1958. Przewodnik geologiczny po Pieśnińskim Pasie Skalkowym, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Halicki B., 1930. Dyluwialne zlodowacenie północnych stoków Tatr, *Sprawozdanie Pol. Inst. Geol.* 5, 3–4, 377–534.
- Klimaszewski M., 1952. Rzeźba Podhala, *Podhale, Czas. Geogr.* 21–22.
- Krzaklewski P., 2011. Formation and role of Tatra sediments in the shaping of the Czarna Orava alluvial plain, *Quaestiones Geographicae* (wydanie marzec 2011).
- Kondracki J., 2002. *Geografia regionalna Polski*, PWN Warszawa.
- Olszewski A., 1974. Jednostki litofacjalne glin subglacialnych nad dolną Wisłą w świetle analizy ich makrostruktur i makrotektur (Lithofacial unit of subglacial boulder, Claus on the lower Vistula in the Light of the Analysis macrostructures and macrotektures – Engl. Summ.), *Studia Societatis Scientiarum Torunensis* 8(2), 1–145.
- Oszast J., Stuchlik L., 1977. Roślinność Podhala w neogenie, *Acta Paleobotanica*, 18, 1, 45–86.
- Rutkowski J., 1995. Badania petrograficzne żwirów, [w:] *Badania osadów czwartorzędowych*, WGiSW, Uniwersytet Warszawski, Warszawa, 133–151.
- Struska M., 2008. Neogeńsko-czwartorzędowy rozwój strukturalny Kotliny Orawskiej w świetle badań geologicznych, geomorfologicznych oraz teledetekcyjnych, praca doktorska, *Archiwum Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH*.
- Watycha L., 1976. Neogen niecki orawsko-nowotarskiej, *Kwartalnik Geologiczny* 20, 3, 575–585.