

## PRZEKSZTAŁCANIE DNA KORYTA RZEKI GÓRSKIEJ W CZASIE DUŻYCH WEZBRAŃ NA PRZYKŁADZIE ROPY

*Łukasz Wiejaczka, Witold Bochenek*

### Transformation of a mountain river bed during high flood events on the example of the Ropa River

*Abstract:* The article presents the results of research on morphological changes of the Carpathian river Ropa caused by high flood events. The analysis was based on the surveys of river cross-profiles located above (1 profile) and below (3 profiles) the Klimkówka Reservoir that were performed in 2009 and 2010. Data on the discharges and water stages of the Ropa River at the gauging station at Szymbark (near Gorlice) were also used in the study. Attention was paid to the possible role of the Klimkówka Reservoir in the transformation of the morphology of the Ropa River channel.

*Keywords:* Ropa River, channel morphology, Klimkówka Reservoir, Polish Carpathians

*Zarys treści:* Przedstawiono wyniki badań nad zmianami morfologicznymi dna koryta karpackiej rzeki Ropy spowodowanymi dużymi wezbraniem. Analizę oparto na wynikach pomiarów niwelacyjnych wykonanych w latach 2009 i 2010 w wybranych profilach poprzecznych koryta rzeki, zlokalizowanych powyżej (1 profil) i poniżej (3 profile) zbiornika retencyjnego Klimkówka. Wykorzystano także dane dotyczące stanów wody i przepływów Ropy w przekroju wodowskazowym Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku koło Gorlic. Zwrócono uwagę na możliwą rolę zbiornika Klimkówka w kształtowaniu morfologii koryta Ropy.

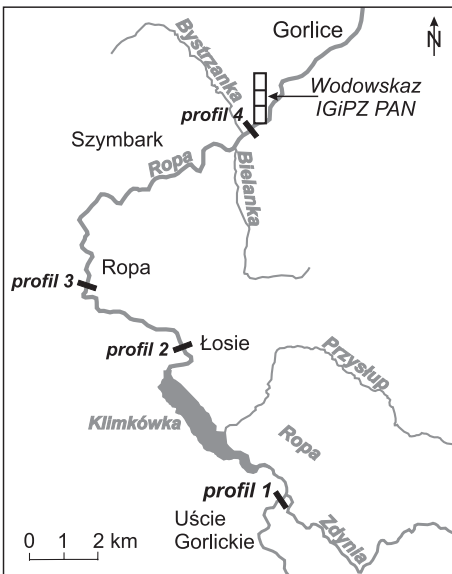
*Słowa kluczowe:* rzeka Ropa, morfologia koryt, zbiornik Klimkówka, polskie Karpaty

## Wprowadzenie

Przekształcanie morfologii koryt rzecznych jest procesem uzależnionym zarówno od czynników naturalnych, jak i antropogenicznych. W karpackich dopływach Wisły szczególnie zauważalne jest pogłębianie się koryt, które osiągnęło w ostatnich dziesięcioleciach znaczne rozmiary, wynoszące od 0,5 m do 3,8 m (Wyźga 2008). Za główną przyczynę współczesnego pogłębiania się koryt uznaje się antropogeniczne oddziaływanie na systemy korytowe rzek górskich, a zwłaszcza rabunkową eksploatację żwirów (m.in. Osuch 1968; Wyźga 2005, 2008; Rinaldi i in. 2005; Korpak i in. 2009; Wyźga i in. 2010) oraz regulację koryt (m.in. Klimek 1987; Wyźga 1992, 2001; Kościelniak 2004; Korpak 2008; Korpak i in. 2009; Krzemiń, Gorczyca 2010; Zawiejska, Wyźga 2010). Dużą rolę odgrywają jednak czynniki naturalne w postaci pojawiających się incydentalnie wezbrań, odznaczających się ekstremalnymi dla danej rzeki przepływami (m.in. Gorczyca 2004; Korpak 2008) spowodowanymi opadami o dużym natężeniu. Często wezbrania te występują w formie klasteringu (Starckel 2003).

Pogłębianie się koryt rzek karpackich w czasie wezbrań wynika z niedostateczności dostawy rumowiska w stosunku do siły transportowej rzeki. W takiej sytuacji energia rzeki zużywana jest na erozję dna koryta. Ostatnie wezbrania tego typu na rzekach karpackich wystąpiły w 2010 r., m.in. na Ropie odwadniającej zachodnią część Beskidu Niskiego, będącej lewobrzeżnym dopływem Wisłoki.

Celem opracowania jest dokumentacja zmian morfologii dna koryta Ropy, będących skutkiem dwóch dużych wezbrań, które wystąpiły w maju i czerwcu 2010 r. Zawartą w artykule analizę oparto na wynikach pomiarów niwelacyjnych koryta przeprowadzonych na przełomie sierpnia i września 2009 r. oraz w październiku 2010 r. Badania wykonano w czterech kontrolnych profilach poprzecznych koryta – jeden profil powyżej i trzy poniżej zbiornika Klimkówka (ryc. 1).

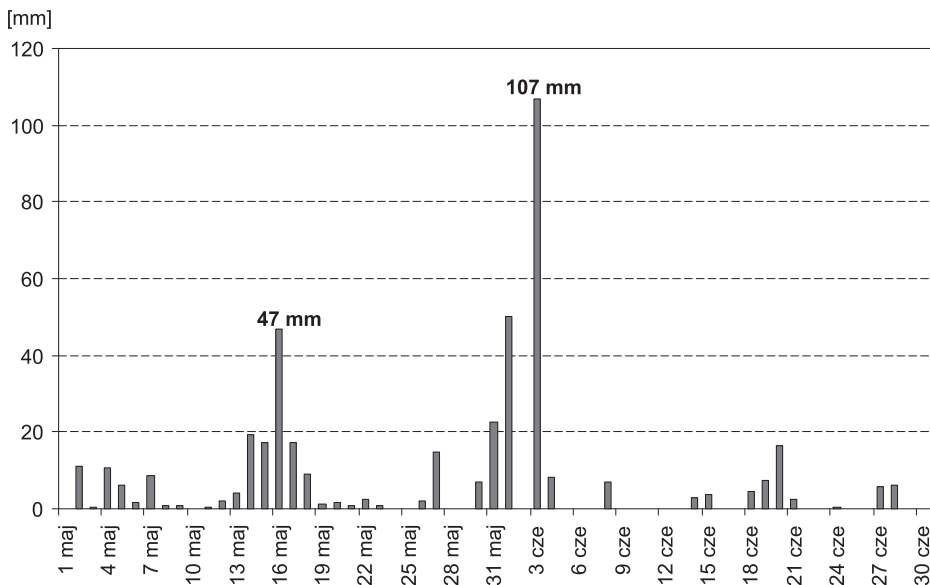


Ryc. 1. Obszar badań oraz lokalizacja profili pomiarowych

Fig. 1. Study area and the location of measurement profiles

## Sytuacja opadowa oraz przebieg wezbrań w maju i czerwcu 2010 r.

Sytuację opadową w zlewni Ropy w maju i czerwcu 2010 r. zaprezentowano, opierając się na dobowych sumach opadów zarejestrowanych na Stacji Naukowej IGiPZ PAN w Szymbarku koło Gorlic (ryc. 2). Miesięczna suma opadów w maju wyniosła 210 mm, a w czerwcu 222 mm. Opady, które spowodowały wezbranie majowe, wystąpiły pomiędzy 11 a 23 maja, a ich kulminacja o wysokości 47 mm przypadła na 16 maja. Wspomniany okres opadowy można ogólnie scharakteryzować jako typowy dla zlewni Ropy, a podobne okresy mogą pojawić się na badanym obszarze nawet kilka razy w roku. Opady, które spowodowały czerwcowe wezbranie, rozpoczęły się zaledwie tydzień później – 30 maja – i trwały z krótką przerwą do 4 czerwca. Maksymalna dobowo suma opadów w tym okresie wyniosła 107 mm (3 czerwca) i była jedną z najwyższych notowanych do tej pory w tym rejonie. Tak duże natężenie opadu (przy pełnym nasyceniu gruntu wodą, a więc i braku wsiąkania) spowodowało gwałtowne powstanie fali wezbraniowej w górnym biegu Ropy, o ekstremalnym przepływie (maksymalny dopływ do zbiornika retencyjnego Klimkówka wynoszący  $450 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  przewyższał o  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  przepływ, którego prawdopodobieństwo pojawienia się w przekroju zapory zbiornika wynosi 0,1%).

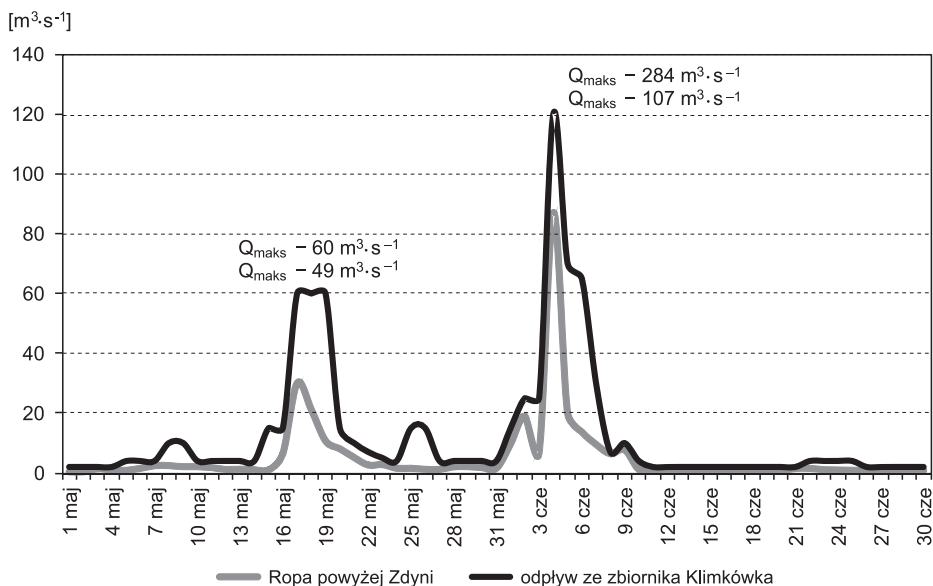


Ryc. 2. Dobowe sumy opadów w maju i czerwcu 2010 r. w Szymbarku

Fig. 2. Daily rainfall in May and June 2010 at Szymbark

Przebieg wspomnianych wezbrań na rzece Ropie przedstawiono na ryc. 3. Pierwsze wezbranie wystąpiło pomiędzy 14 a 19 maja. Maksymalny przepływ Ropy powyżej ujścia Zdyny wyniósł w Uściu Gorlickim  $48 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , bezpośrednio zaś poniżej zbiornika Klimkówka był on równy odpływowi ze zbiornika wynosząc  $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i dalej wraz z biegiem rzeki wzrastał na skutek zasilania przez boczne dopływy. Drugie wezbranie o zdecydowanie większym przepływie nastąpiło między 4 a 6 czerwca. Maksymalny przepływ Ropy powyżej ujścia Zdyny wyniósł  $107 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a poniżej zbiornika  $284 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (podana wysokość odpływu ze zbiornika Klimkówka była bliska przepływowi o prawdopodobieństwie pojawienia się w przekroju zapory zbiornika wynoszącym 1%). Ze względu na intensywne zasilanie Ropy przez dopływy przepływ poniżej zapory bardzo szybko wzrastał z biegiem rzeki.

Należy zaznaczyć, że decydującą rolę w przekształceniu morfologii koryta Ropy odegrało wezbranie czerwcowe, o ekstremalnej kulminacji przepływu wzdłuż całego biegu rzeki. Bezpośrednio poprzedzające je wezbranie majowe mogło być etapem wstępnym zaistniałych zmian.



Ryc. 3. Przepływ Ropy w Uściu Gorlickim oraz odpływ ze zbiornika Klimkówka z godz. 6 UTC w maju i czerwcu 2010 r. (źródło: RZGW w Krakowie)

Fig. 3. Discharge of the Ropa River at Uście Gorlickie and outflow from the Klimkówka Reservoir in May and June 2010 (source: Regional Water Management Board in Kraków)

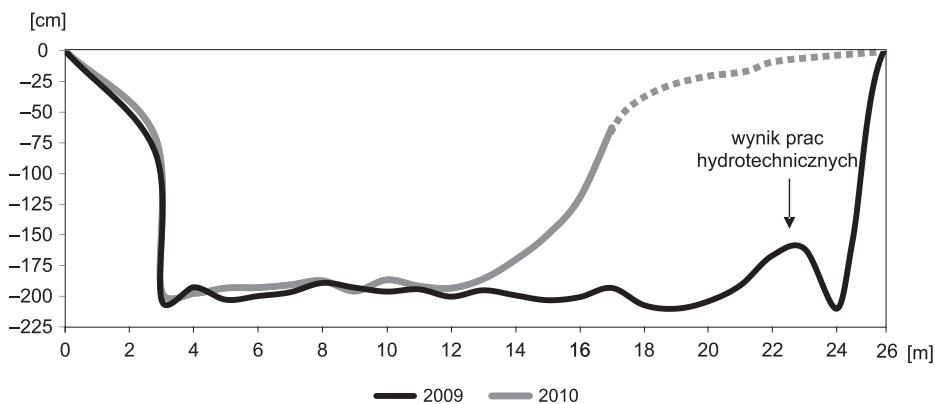
### 3. Badania zmian położenia dna koryta Ropy w przeszłości

Badania zmian położenia dna koryta Ropy na rozpatrywanym odcinku rzeki prowadził w latach 1969–1974 R. Soja (1977), który w dwóch profilach poprzecznych koryta zlokalizowanych w Szymbarku (powyżej wodowskazu IGiPZ PAN – ryc. 1), oddalonych od siebie o 120 m, wykonywał po każdym wezbraniu pomiary geodezyjne. Według tego autora w rozpatrywanym wieloleciu w korycie Ropy zaznaczała się wyraźna tendencja do obniżania się dna, z niewielkim udziałem erozji bocznej. Na podstawie analizy materiałów hydrologicznych Soja (1977) szacował, że w latach 1916–1945 średnie tempo obniżania się dna koryta Ropy wynosiło 0,4 cm/r., a po 1945 wzrosło do 4,8 cm/r., w okresie zaś 1968–1974 sięgało aż 8,2 cm/r. Szybki proces pogłębiania się koryta Ropy tłumaczy on nałożeniem się na naturalną tendencję do pogłębiania dwóch dodatkowych czynników – antropogenicznego i klimatycznego. Na czynnik antropogeniczny składa się sposób użytkowania zlewni Ropy, pobór żwiru z dna koryta rzeki oraz prace regulacyjne. Czynnik klimatyczny przejawia się w wyjątkowo wysokich i częstych wezbraniach pochodzących z deszczów rozlewnych o sumach opadów sięgających 300 mm.

Analiza stanów minimalnych wody Ropy w latach 1995–2010 w przekroju wodowskazowym wchodzącym w skład osnowy hydrologicznej zbiornika Klimkówka (zlokalizowanym ok. 1 km powyżej zbiornika oraz ok. 250 m powyżej ujścia Zdyni), przeprowadzona w opracowaniu Ł. Wiejaczki i M. Kijowskiej (2011) wskazuje z kolei na okresowe wahania położenia dna koryta Ropy wynikające z przyczyn naturalnych oraz antropogenicznych. Naturalne podnoszenie się dna koryta Ropy (szczególnie intensywne w czasie wezbrania w czerwcu 2010 r.) było związane ze wzmożonym procesem akumulacji materiału, spowodowanym spadkiem zdolności transportowej rzeki powyżej ujścia Zdyni. Podwyższenie na przełomie 2003/2004 r. położenia dna koryta Ropy było skutkiem przeprowadzonych prac regulacyjnych na rozpatrywanym odcinku rzeki. Według Wiejaczki i Kijowskiej (2011) na zmiany położenia dna koryta Ropy wskazuje fakt, że przepływowi ok.  $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , odpowiadał w 2010 r. stan 170 cm, a w 1995 r. – 153 cm. W skali rozpatrywanego wielolecia dominował zatem proces podnoszenia się dna koryta Ropy, a jego średnie tempo autorzy oceniają na 3,5 cm/r.

#### Analiza wyników badań

W 2009 r. koryto Ropy powyżej zbiornika Klimkówka w rozpatrywanym przekroju poprzecznym nr 1 (ryc. 1, 4) w Uściu Gorlickim było szerokie na ok. 15 m. Głębokość koryta w stosunku do reperu umieszczonego na lewym jego brzegu wahała się pomiędzy 198 cm a 170 cm, średnio wynosiła 190 cm. Dno koryta o wyrównanym



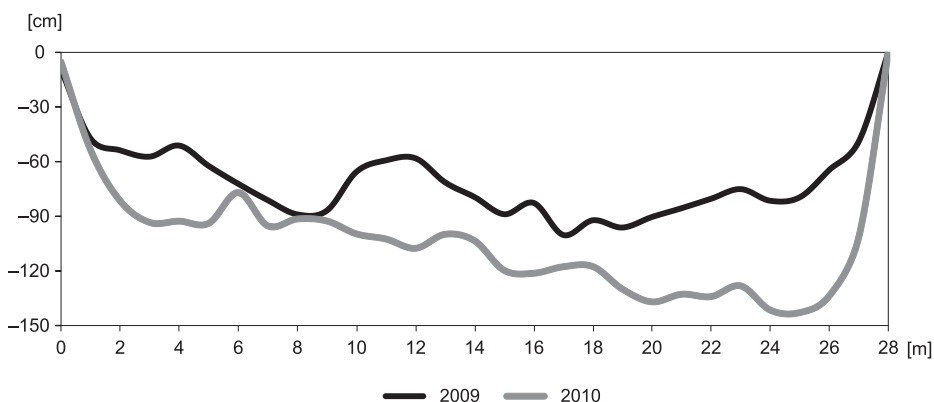
Ryc. 4. Poprzeczny przekrój koryta Ropy w profilu 1 (Uście Gorlickie)

Fig. 4. Cross-section of the Ropa River channel in profile 1 (Uście Gorlickie)

profilu było wyścielone żwirami. Brzeg prawy w dolnej części był nachylony łagodnie, a w górnej części stromo. Porastały go ziołorośla (dolna część), krzewy (środkowa) oraz las łąkowy (górna). Brzeg lewy umocniony narzutem kamiennym charakteryzował się pionowym profilem. Krawędź brzegu porastały zakrzaczenia i pojedyncze drzewa. Pomiary wykonane w 2010 r. wykazały bardzo duże zmiany w morfologii koryta, zaistniałe w czasie czerwcowego wezbrania (niwelację koryta wykonano orientacyjnie w tym samym przekroju poprzecznym co w 2009 r., ponieważ repery na brzegach koryta zostały zniszczone w czasie wezbrania). Najbardziej widoczna różnica to zwiększenie szerokości koryta do ok. 25 m (ryc. 4). Brzeg lewy nie uległ zauważalnym przekształceniom, brzeg prawy natomiast cofnął się od ok. 8 m (górną część profilu) do 11 m (dół profilu). Wielkość erozji na jednym metrze bieżącym brzegu wyniosła w rozpatrywanym profilu ok. 12,5 m<sup>3</sup>. Nowo uformowany profil brzegu prawego obecnie można scharakteryzować jako pionowy z podcięciem w dolnej jego partii. Tuż po wezbraniu profil dna koryta Ropy na rozpatrywanym odcinku rzeki był niewyrównany na skutek depozycji dużej ilości materiału rumowiskowego w postaci łąch śródkorytowych. Analiza przeprowadzona w opracowaniu Wiejaczki i Kijowskiej (2011) wskazuje na bardzo wyraźne podwyższenie się dna koryta Ropy w przekroju wodowskazowym zlokalizowanym ok. 150 m poniżej omawianego profilu poprzecznego koryta rzeki. W celu utrzymania drożności koryta jego dno zostało poddane zabiegom hydrotechnicznym polegającym na zniwelowaniu powstałych łąch (część materiału zepchnięto w stronę prawego brzegu, co jest widoczne na ryc. 4). Obecny wyrównany profil dna w rozpatrywanym przekroju koryta nie jest zatem dziełem natury, ale człowieka. Przeprowadzone prace hydrotechniczne oraz

zniszczenie reperów sprawiły, że dokładne stwierdzenie zmian położenia dna koryta Ropy na podstawie pomiarów niwelacyjnych było niemożliwe. Głębokość koryta w stosunku do nowo założonego reperu na lewym jego brzegu zawierała się w przedziale 210–153 cm (średnio 194 cm).

W profilu 2 położonym poniżej zbiornika Klimkówka w miejscowości Łosie (ryc. 1, 5) po czerwcowym wezbraniu zaznaczyło się wyraźne pogłębienie się koryta Ropy w całym profilu poprzecznym. Szerokość koryta w 2009 r. wynosiła 26 m, a głębokość dna koryta w odniesieniu do reperu (brzeg lewy) zawierała się między 47 cm a 100 cm, średnio wynosiła 74 cm. Dno koryta było niewyrównane i wyścielone luźnym materiałem, przeważnie różnej wielkości głazami pochodzącymi z erozji dna i brzegów koryta Ropy, przyniesionymi z bliskich odległości (o czym świadczy ich słabe obtoczenie). Pomiar niwelacyjny przeprowadzony w 2010 r. wykazał pogłębienie się koryta Ropy o 2–69 cm. Największa erozja dna miała miejsce w pobliżu prawego brzegu, a więc zostało zachowane poprzednie nachylenie dna w stronę pra-

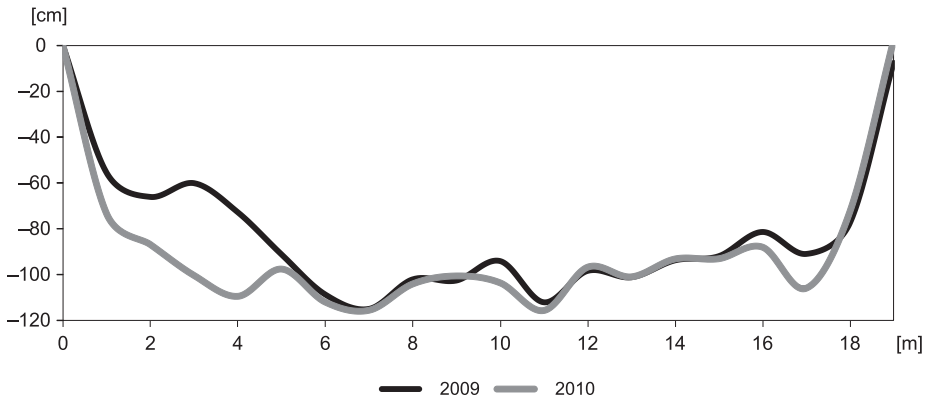


Ryc. 5. Poprzeczny przekrój koryta Ropy w profilu 2 (Łosie)

Fig. 5. Cross-section of the Ropa River channel in profile 2 (Łosie)

wego brzegu. Głębokość koryta w stosunku do reperu wahała się od 53 cm do 143 cm, a średnia głębokość wyniosła 109 cm. Sumaryczną objętość materiału wyerodowanego z 1 m bieżącego koryta oszacowano w omawianym profilu kontrolnym na ok. 7 m<sup>3</sup>.

W profilu 3 w miejscowości Ropa (ryc. 1, 6) zmiany morfologii koryta Ropy nie były już tak duże jak w poprzednim profilu, ponieważ w dnie odsłaniają się tu wychodnie łupków bardziej odporne na erozję. Przemodelowaniu uległy tylko krótkie odcinki profilu poprzecznego zlokalizowane przy brzegach, szczególnie lewym, gdzie



Ryc. 6. Poprzeczny przekrój koryta Ropy w profilu 3 (Ropa)

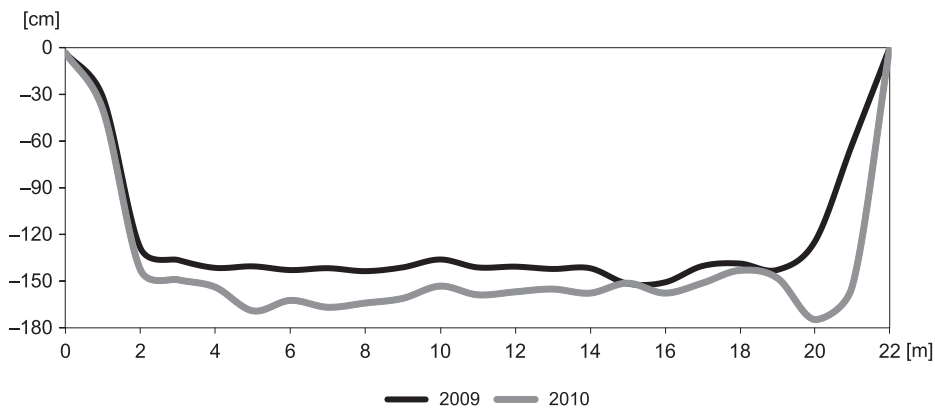
Fig. 6. Cross-section of the Ropa River channel in profile 3 (Ropa)

w czasie ostatniego wezbrania został zabrany przez płynącą wodę drobny materiał pochodzący, z erozji łupków budujących dno koryta. Zarówno w 2009, jak i w 2010 r. szerokość koryta Ropy w rozpatrywanym profilu wynosiła 17 m. Dno koryta jest bardzo niewyrównane, z licznymi zagłębieniami wyłobionymi w wychodniach skalnych. Głębokość dna koryta w stosunku do reperu (lewy brzeg) w 2009 r. mieściła się pomiędzy 56 cm a 108 cm, a średnio wynosiła 90 cm. W 2010 r. głębokość koryta w odniesieniu do reperu wzrosła i zawierała się w przedziale 73–116 cm, średnio do 98 cm. O niewielkich rozmiarach erozji dna na rozpatrywanym odcinku Ropy świadczy stosunkowo mała objętość usuniętego materiału wynosząca w rozpatrywanym profilu pomiarowym 1,2 m<sup>3</sup>/mb koryta.

W profilu 4 zlokalizowanym w miejscowości Szymbark, oddalonym o mniej więcej 16 km od zbiornika Klimkówka (ryc. 1, 7), zmiany zaistniałe w czasie czerwcowego wezbrania są również bardzo dobrze zauważalne. Pogłębienie się koryta nastąpiło w całym profilu poprzecznym. Szerokość koryta uległa nieznacznemu zwiększeniu z 18 m do 19 m. W 2009 r. głębokość koryta w stosunku do reperu (brzeg prawy) wahała się pomiędzy 62 cm a 152 cm, przy czym należy zaznaczyć, że profil poprzeczny koryta był w miarę wyrównany. Średnia głębokość koryta wynosiła 136 cm. Profil dna ukształtowany po czerwcowym wezbraniu nawiązuje swoim przebiegiem do poprzedniego profilu, ale wzrosła głębokość koryta – średnio o 20 cm (głębokość koryta w odniesieniu do reperu mieściła się w przedziale 143–175 cm). Wielkość erozji w tym profilu oszacowano na mniej więcej 4 m<sup>3</sup> materiału wyerozowanego z 1 m bieżącego koryta.

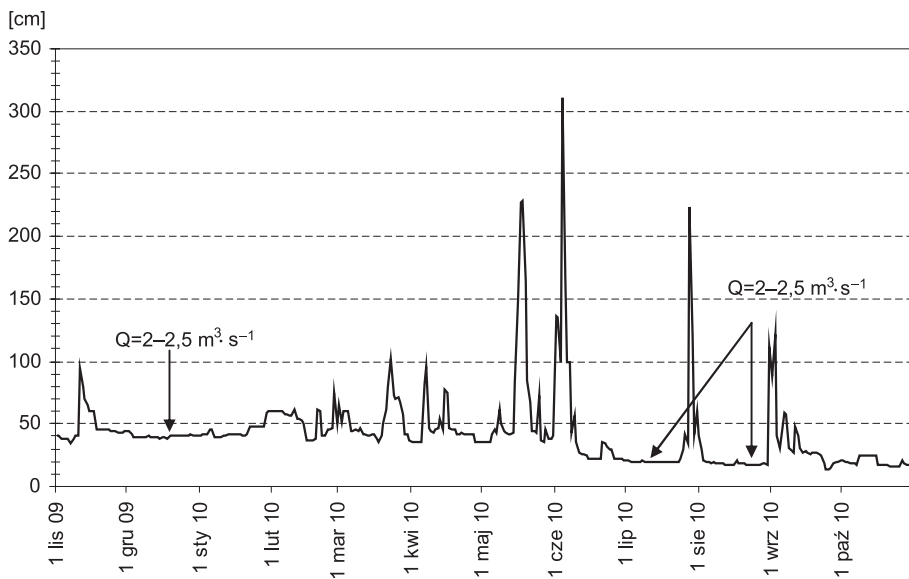
Potwierdzeniem wyników pomiarów niwelacyjnych koryta w profilu 4 jest analiza codziennych stanów wody w Ropie w posterunku wodowskazowym IGiPZ PAN, usytuowanym ok. 100 m poniżej wspomnianego profilu poprzecznego (ryc. 1, 8).





Ryc. 7. Poprzeczny przekrój koryta Ropy w profilu 4 (Szymbark)

Fig. 7. Cross-section of the Ropa River channel in profile 4 (Szymbark)



Ryc. 8. Stan wody Ropy w przekroju wodowskazowym Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku

Fig. 8. Water stage of the Ropa River at the gauge cross-section at Szymbark

Przepływ Ropy poniżej zbiornika Klimkówka jest warunkowany ilością wody odpływającej ze zbiornika. Odpływ ze zbiornika poza okresem wezbrań utrzymywany jest na poziomie  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W okresie niżówek przepływ Ropy w Szymbarku ze względu na brak większego zasilania przez dopływy oraz wody podziemne nie odstaje znacząco od wielkości odpływu ze zbiornika Klimkówka i wynosi  $2\text{--}2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Przed czerwcowym wezbraniem w czasie przepływów o podanej wielkości stan wody w rzece na wodowskazie IGiPZ PAN utrzymywał się między 36 a 42 cm. Po rozpatrywanym okresie wezbraniowym stan wody w Ropie w podobnych warunkach hydrologicznych kształtował się tu na wysokości 17–22 cm. Średnie obniżenie się dna koryta Ropy w profilu wodowskazu w Szymbarku wyniosło 19 cm. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że pogłębienie się dna w rozpatrywanym przekroju wodowskazowym wystąpiło na ok. 15 m szerokości koryta (całkowita szerokość 21 m). Zakładając, że podana powyżej średnia wielkość obniżenia się dna koryta Ropy na tym odcinku jest stała, kubatura usuniętego materiału w omawianym przekroju sięga ok.  $3 \text{ m}^3/\text{mb}$  koryta.

Na podstawie analizy materiałów hydrologicznych można zatem stwierdzić wyraźne obniżenie dna koryta Ropy wywołane zaledwie jednym ekstremalnym zdarzeniem hydrologicznym.

## Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym opracowaniu wyniki badań terenowych oraz analiza danych hydrologicznych wykazały istotną rolę dużych wezbrań w kształtowaniu dna koryta Ropy będącej przykładem rzeki karpackiej. Rezultaty badań wskazują także na wpływ zbiornika retencyjnego Klimkówka na przebieg procesów fluwialnych w Ropie, a tym samym na kształtowanie morfologii koryta rzeki.

W Ropie powyżej ujścia Zdyni (oraz zbiornika Klimkówka) w czasie wezbrań dominuje akumulacja materiału (profil 1) transportowanego z odcinka koryta w górnym biegu rzeki. Jest to spowodowane spowalnianiem przepływu wody w Ropie, a więc i spadkiem zdolności transportowej rzeki w czasie wezbrań. Wynika to z podparcia wód Ropy przez dopływ Zdyni (o większych przepływach niż Ropa) oraz wytwarzania się w okresie nadmiaru wody w zbiorniku Klimkówka cofki sięgającej ok. 1 km w górę koryta Ropy. Skutkiem akumulacji rumowiska jest powstawanie łach korytowych oraz podwyższenie dna koryta. Prace regulacyjne mające na celu utrzymanie drożności koryta (oraz prawdopodobnie eksploatacja materiału rzecznoego) prowadzone po większych wezbraniach powodują zmianę morfologii koryta. Dno koryta na rozpatrywanym odcinku rzeki po wezbraniu jest sztucznie modyfikowane, przez co jego położenie może ulegać obniżeniu do poziomu obserwowanego przed wezbraniem.

Poniżej zbiornika Klimkówka dominującym procesem w czasie ekstremalnych wezbrań jest erozja dna koryta Ropy. Wynika to zapewne stąd, że pozbawione materiału rumowiskowego duże ilości wody wypływające ze zbiornika Klimkówka w czasie przechodzenia fal wezbraniowych zużywają swoją energię na erozję koryta. W wyniku wezbrania czerwcowego doszło do wyraźnego obniżenia poziomu dna koryta Ropy, szczególnie na odcinkach z aluwialnym dnem (profile 2 i 4). W odcinkach koryta ze skalnym dnem (profil 3) zmiany jego poziomu spowodowane przejściem fal wezbraniowych były niewielkie. Fakt, że w profilu 4, zlokalizowanym dalej od zbiornika, erozja dna była mniejsza (średnio 20 cm) niż w profilu 2 (średnio 35 cm) umiejscowionym bliżej zapory, sugeruje, że wraz z odległością od zbiornika rozmiary erozji dna są coraz mniejsze. Wiązałoby się to ze zmniejszeniem siły erozyjnej rzeki wraz z jej biegiem wskutek zwiększonej dostawy materiału rumowiskowego (z erozji koryta oraz bocznych dopływów), który podlega transportowi. Wnioskowanie o tendencjach zmian morfologii koryta zachodzących wraz z biegiem rzeki wyłącznie na podstawie badania dwóch profili nie jest jednak w pełni uzasadnione. Wiarygodne wyniki mogłyby dać pomiary przeprowadzone w znacznie większej liczbie profili poprzecznych koryta.

Podobnych zmian w morfologii koryt wywołanych ekstremalnymi wezbrańmi należy się spodziewać w przypadku innych koryt rzek górskich przegrodzonych zbiornikami retencyjnymi. Ponieważ każde wezbranie charakteryzuje się indywidualnym przebiegiem procesów korytowych, zagadnienie wpływu ekstremalnych zdarzeń hydrologicznych na zmiany położenia poziomu den koryt rzecznych wymaga dalszych badań. Istotną rolę w tym zakresie mogą odgrywać materiały hydrologiczne dotyczące przebiegu stanów wody na rzekach karpackich i odpowiadających im przepływów, zebrane w drodze ciągłych pomiarów w dłuższym przedziale czasowym.

## Literatura

- Gorczyca E., 2004, *Przekształcanie stoków fliszowych przez procesy masowe podczas katastrofalnych opadów (dorzecze Łososiny)*, Kraków, Wydawnictwo UJ, 1–101.
- Klimek K., 1987, *Man's impact on fluvial processes in the Polish Western Carpathians*, Geografiska Annaler, 69A, 221–226.
- Korpak J., 2008, *Rola maksymalnych wezbrań w funkcjonowaniu systemów uregulowanych koryt górskich*, Landform Analysis, 8, 41–44.
- Korpak J., Krzemień K., Radecki-Pawlik A., 2009, *Wpływ budowy regulacyjnych i poboru rumowiska na koryta rzek i potoków górskich – wybrane przykłady z rzek karpackich*, Gosp. Wodna, 7, 274–281.
- Kościelniak J., 2004, *Influence of river training on functioning of the Biały Dunajec River channel system*, Geomorphol. Slovaca 4 (1), 62–67.

- Krzemień K., Gorczyca E., 2010, *Ewolucja systemów korytowych pod wpływem antropopresji (na przykładzie wybranych rzek karpackich)* [w:] S. Cioka, P. Migoń (red.), *Przekształcenia struktur regionalnych. Aspekty społeczne, ekonomiczne i przyrodnicze*, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego UW, Wrocław, 431–439.
- Osuch B., 1968, *Problemy wynikające z nadmiernej eksploatacji kruszywa rzecznego na przykładzie rzeki Wisłoki*, *Zeszyty Naukowe AGH*, 219, 283–301.
- Rinaldi M., Wyźga B., Surinan N., 2005, *Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives*, *River Res. Appl.*, 21, 805–828.
- Soja R., 1977, *Deepening of channel in the light of the cross profile analysis (Carpathian river as example)*, *Studia Geomorph. Carp. Balc.*, 11, 127–138.
- Starkel L., 2003, *Extreme meteorological events and their role in environmental changes, the economy and history*, *Paper in Global Change*, 10, 7–13.
- Wiejaczka Ł., Kijowska M., 2011, *Zmiany położenia dna koryt rzek karpackich (powyżej zbiornika retencyjnego) w świetle analizy stanów niskich*, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 12, 137–143.
- Wyźga B., 1992, *Reakcja rzeki górskiej na regulację koryta na przykładzie Raby*, *Gospodarka Wodna*, 11, 242–248.
- Wyźga B., 2001, *Regulacja koryt karpackich dopływów Wisły – ocena działań inżynierskich w świetle wiedzy geomorfologicznej i sedymentologicznej*, *Czasopismo Geograficzne*, 72, 1, 23–52.
- Wyźga B., 2005, *Wpływ eksploatacji osadów z koryt na systemy rzeczne* [w:] A. Kotarba, K. Krzemień, J. Świąchowicz (red.), *Współczesna ewolucja rzeźby Polski*, 531–536.
- Wyźga B., 2008, *Wcinanie się rzek polskich Karpat w ciągu XX wieku* [w:] B. Wyźga (red.), *Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty*, Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 7–39.
- Wyźga B., Hajdukiewicz H., Radecki-Pawlik A., Zawiejska J., 2010, *Eksploatacja osadów z koryt rzek górskich – skutki środowiskowe i procedury oceny*, *Gospodarka Wodna*, 6, 243–249.
- Zawiejska J., Wyźga B., 2010, *Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: Patterns, causes and controls*, *Geomorphology*, 117, 234–246.

Lukasz Wiejaczka  
Zakład Badań Geosrodowiska IGiPZ PAN  
ul. Św. Jana 22  
31-018 Kraków  
e-mail: uhasz@poczta.onet.pl

Witold Bochenek  
Stacja Naukowa IGiPZ PAN  
38-311 Szymbark 430  
e-mail: igszybark@poczta.onet.pl