



You have downloaded a document from  
**RE-BUŚ**  
repository of the University of Silesia in Katowice

**Title:** Dendrochronologiczny zapis erozji koryt potoków górskich w sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych na przykładzie Cernego Potoku (Jesieniki-Sudety Wschodnie)

**Author:** Ireneusz Malik, Piotr Owczarek

**Citation style:** Malik Ireneusz, Owczarek Piotr. (2007). Dendrochronologiczny zapis erozji koryt potoków górskich w sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych na przykładzie Cernego Potoku (Jesieniki-Sudety Wschodnie). "Przegląd Geograficzny" (2007, nr 2, s. 313-334).



Uznanie autorstwa - Licencja ta pozwala na kopiowanie, zmienianie, rozprowadzanie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie pod warunkiem oznaczenia autorstwa.



UNIWERSYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



Biblioteka  
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

## **Dendrochronologiczny zapis erozji koryt potoków górskich w sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych na przykładzie Černego Potoku (Jeseniki – Sudety Wschodnie)**

*A dendrochronological record of erosional processes  
in the channel of mountain streams near check dams  
as exemplified by the Černý Potok (Jeseniki – Eastern Sudetes)*

**IRENEUSZ MALIK**

Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, 41-200 Sosnowiec, ul. Będzińska 60;  
e-mail: irekgeo@wp.pl

**PIOTR OWCZAREK**

Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Wrocławski,  
50-137 Wrocław, Pl. Uniwersytecki 1

**Zarys treści.** W następstwie katastrofalnych zniszczeń spowodowanych przez duże wezbrania, które wystąpiły na przełomie XIX i XX w., w zalesionym dnie doliny Černego Potoku w latach 1920–1930 zbudowano 5 zapór przeciwrumowiskowych. Zmieniły one morfologię dna doliny i przebieg procesów erozji i sedymentacji. Na podstawie analizy redukcji przyrostów rocznych i datowania roku odsłaniania korzeni drzew rosnących w dnie doliny dokonano próby określenia czasu występowania aktywnych geomorfologicznie wezbrań. Stwierdzono, że dno doliny było przekształcane głównie w latach 1921, 1971, 1978–1979, 1984–1987, 1997–1999. Baseny sedymentacyjne położone powyżej zapór zostały całkowicie wypełnione w ciągu 50–60 lat. Nie stwierdzono synchroniczności wypełniania poszczególnych basenów, co wynika z dostawy bocznej materiału do koryta i etapowego przemieszczania grubofrakcyjnego rumowiska rzeczno-

**Słowa kluczowe:** erozja koryt potoków, ekstremalne wezbrania, zapory przeciwrumowiskowe, metody dendrochronologiczne.

### **Wstęp**

Zapory przeciwrumowiskowe są jednym z najczęściej budowanych obiektów hydrotechnicznych w górnych odcinkach potoków górskich (Bojarski i inni, 2005). Są to budowle kamienne lub betonowe przegradzające koryto lub dolinę rzeczno, z przepustami dla wody. Celem budowy zapór jest zatrzymywanie transportowanego rumowiska.

Baseny sedymentacyjne powyżej zapór przeciwrumowiskowych, zależnie od swej pojemności, od częstości i amplitudy wezbrań, wielkości transportowanego ładunku rumowiska oraz cech fizjograficznych zlewni mogą być całkowicie wypełnione lub nawet ulec zniszczeniu podczas jednego dużego wezbrania (Froehlich, 1982; Gutiérrez i inni, 1998). Mogą jednakże funkcjonować i magazynować rumowisko wleczone w ciągu wielu mniejszych wezbrań. Wpływają one w istotny sposób na modyfikację przebiegu procesów fluwialnych w korycie rzeczonym (Parzóch, 2005). W zbiorniku powyżej zapory ma miejsce akumulacja osadów rzecznych (Ciszewski i inni, 2005). Deponowany jest zarówno materiał mineralny o zróżnicowanej frakcji, jak i organiczny w formie kłód, gałęzi i liści drzew. Poniżej zapory, przy braku korekcji progowej koryta obserwuje się często wzmoczoną erozję wgłębną (Ratomski, 1991).

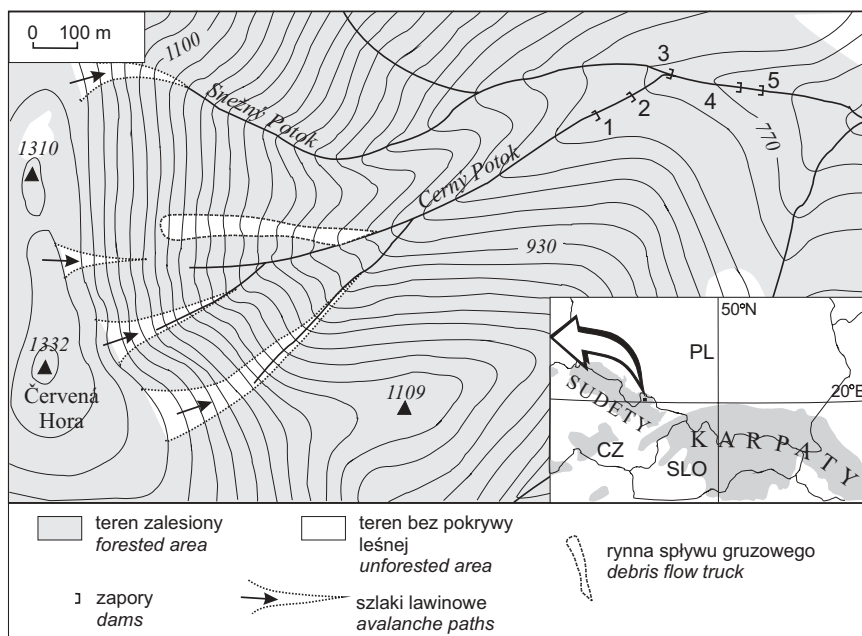
Na obszarze Republiki Czeskiej doliny potoków górskich są zabudowane na około 6,5% długości. Inwentaryzacja z 1981 r. wskazuje na istnienie co najmniej 850 dużych zapór i 1500 progów przeciwrumowiskowych (Bělský i Jařabáč, 2004). Prace zmierzające do zabudowy koryt rzecznych, rozpoczęto na obszarze Sudetów Wschodnich w ostatniej dekadzie XIX w. (Bělský i Jařabáč, 2004; Bělský i inni, 2004). Zapory budowano w korytach w celu ograniczenia skutków katastrofalnych wezbrań u schyłku małej epoki lodowej. Szczególnie duże wezbrania wystąpiły w Jeseníkach w latach 1845, 1872, 1883 (Polách i Gába, 1998; Štekl i inni, 2001). Na tym obszarze istotnym czynnikiem wpływającym na wzrost częstości wysokich przepływów wody i ładunku transportowanego rumowiska rzecznoego była intensywna wycinka i zmiany składu gatunkowego lasów. Naturalne lasy bukowe zastępowano monokulturą świerkową, co mogło ograniczyć zdolności retencyjne gleb.

Drzewa rosnące wzdłuż koryt są narażone na uszkodzenia mechaniczne spowodowane transportem sedymentu podczas wezbrań (Hupp, 1988). W okresie kilku lat po zranieniu drzewa przyrastają wolniej, czego dowodem są zredukowane przyrosty roczne (Schweingruber, 1996). Początek redukcji przyrostów wyznacza zatem moment, w którym doszło do zranienia drzewa spowodowanego dużym transportem sedymentu. Korzenie drzew rosnących w sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych są często odsłaniane w wyniku erozji. Po odsłonięciu komórki drewna w obrębie przyrostów rocznych korzeni stają się mniejsze i liczniejsze (Gärtner i inni, 2001; Hitz i inni, 2006). Obliczając liczbę przyrostów rocznych ze zmianami anatomicznymi można wyznaczyć czas odsłonięcia korzenia, czyli czas, jaki upłynął od wystąpienia procesów erozji (Malik, 2006a i b).

Celem opracowania jest odtworzenie procesów erozji koryt potoków górskich w sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych, przy wykorzystaniu metod dendrochronologicznych.

## Teren badań

Badany teren znajduje się w północno-wschodniej części Republiki Czeskiej. Dolina Černego Potoku rozcina wschodnie zbocza Červenej Hory (1332 m npm.), położonej w masywie Wysokiego Jesenika (Praděd, 1491 m npm.) w Sudetach Wschodnich (ryc. 1). Dolina jest wypreparowana w proterozoicznych skałach metamorficznych, głównie gnejsach i łupkach łyszczykowych.



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań

Location of the study area

Przedpole Sudetów Wschodnich było dwukrotnie pokryte lądolodem skandynawskim i pod wpływem klimatu peryglacjalnego na stokach Wysokiego Jesenika powstały dużej miąższości pokrywy zwietrzelinowe (Czudek, 1964). Współcześnie zwietrzelina ta jest uruchamiana głównie przez spływy gruzowe (Migoń i inni, 2002). Mogą one mieć szerokość kilkudziesięciu metrów i długość do 800 m (Gába, 1992). Duże znaczenie w przemieszczaniu pokryw stokowych, szczególnie w masywach Červenej Hory i Praděda, mają również lawiny.

Średnia roczna suma opadów w Hrubym Jeseniku wynosi około 1500 mm. W Jesenikach szczególnie intensywne opady występują pomiędzy czerwcem

a sierpniem – mogą osiągać nawet  $300 \text{ dm}^3\text{m}^{-2}$  w ciągu 2 godzin (Štekl i inni, 2001). Są one spowodowane przez często nasuwające się na obszar Sudetów Wschodnich układy niżowe z centralnej i północno-zachodniej części Europy. Wielkie powodzie występowały tu kilkadziesiąt razy w ciągu ostatnich 500 lat (Polách i Gába, 1998). Były one szczególnie częste na przełomie XIX i XX wieku. Jedną z największych to powódź w 1903 r., która spowodowała przekształcenie wielu odcinków koryt rzecznych w Jeseníkach. Koryto Bílej Opavy, sąsiadującej z terenem badań zostało wówczas przekształcone na koryto rzeki roztokowej (Klimek i inni, 2002). Liczne koryta przelewowe są tu datowane dendrochronologicznie na początek XX wieku (Klimek i inni, 2003). Z analizy źródeł historycznych wynika, że w Jeseníkach w ciągu ostatnich 100 lat powodzie/duże opady występowały w latach 1910, 1913, 1914, 1921, 1930, 1931, 1940, 1948, 1958, 1965, 1972, 1977, 1991 (Polách i Gába, 1998). Do dużych przekształceń koryt rzecznych doszło także podczas ekstremalnych opadów w lipcu 1997 r. W górnych, skalnych odcinkach koryt miała wówczas miejsce erozja boczna (Malik i Matyja, 2006), natomiast w rozszerzeniach dolin następowała sedymentacja i tworzyły się koryta okresowe (Hrádek i Lacina, 2003; Zieliński, 2003). Poszerzenie koryt spowodowało rozwój dużych podcięć erozyjnych (Owczarek 2004; Malik i Owczarek, 2006).

Gospodarka leśna na stokach Červenej Hory rozpoczęła się prawdopodobnie we wczesnym średniowieczu. Masowe wylesienia, związane głównie z rozwojem hutnictwa i eksploatacją złota, wpłynęły na przyspieszenie dostawy materiału do den dolin (Klimek i Večeřa, 2005). Badany odcinek zboczy i dna doliny Černego Potoku porastają nasadzone świerki, z których najstarsze mają 110 lat. Powyżej występują miejscami płaty buków, jednak dominują lasy świerkowe. W górnych partiach, na wysokości 1200–1300 m rosną miejscami grupy świerków o wieku do 250 lat.

Wzrost częstości wysokich opadów na przełomie XIX i XX w. był przyczyną wzmożonej erozji i dostawy materiału ze stoków do den dolin. Spowodowało to konieczność budowy zapór przeciwrumowiskowych. Między innymi na Černym Potoku w latach 1920–1930 zbudowano 5 zapór (siedziba Chráněná Krajinná Oblast Jeseníki – inf. ustna), (fot. 1).

## Metody badań

Na 350-metrowym odcinku dna doliny Černego Potoku wybrano 5 stanowisk położonych w sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych. Latem i jesienią 2005 r. przeprowadzono kartowanie geomorfologiczne koryta i badania wypełnienia zbiorników powyżej zapór. Oszacowano kubaturę osadów zgromadzonych w zbiornikach przeciwrumowiskowych oraz sporządzono plany koryt i przekroje poprzeczne przy wykorzystaniu klizymetru, taśmy i tyczki mierniczej oraz kompasu Freiberg 59.

Tabela 1. Pozycja badanych drzew względem zapór i dna koryta;  
lata występowania redukcji przyrostów

Stanowisko (zapora)	Numer drzewa (P – prawe zboczne)	Odległość od zapory (m) W – powyżej N – poniżej	Wysokość ponad dno koryta (m)	Szacunkowy rok rozpoczęcia wzrostu drzew	Lata występowania redukcji przyrostów	Współczynnik redukcji przyrostów
1	Z24, P	N, 1,5	1,2	1944	1958	1,5
					1973	2,3
					1979	2,3
					1985	2,5
					1998	4,4
	Z26, P	W, 8	0,0	1952	1973	2,3
					1983	1,6
					1995	2,3
				1999	2,8	
2	Z19, P	N, 16	1,3	1946	1975	1,6
					1979	1,8
					1986	3,2
	Z20, P	W, 1	0,0	1962	1968	1,5
					1945	1,4
	Z21, P	W, 13	0,8	1945	1962	1,4
					1979	2,8
				1987	2,4	
3	Z15, P	N, 2	1,6	1958	1972	2,7
4	Z7, P	N, 6	1,6	1913	1979	2,0
					1985	1,5
					1973	3,3
	Z12, P	W, 27	0,8	1929	1979	5,1
					1998	8,0
					1948	3,1
	Z13, P	W, 28,5	0,6	1926	1957	2,3
					1973	2,5
					1921	2,1
	Z14, P	W, 31	0,3	1909	1968	2,7
					1972	10,1
					1987	2,4
					1998	4,5
5	Z1, P	W, 20	0,7	1911	1935	1,9
					1948	1,8
					1957	2,8
					1962	3,2
					1996	2,3
	Z2, P	W, 2	0,5	1913	1957	1,7
					1948	1,7
	Z3, P	W, 23	1,4	1916	1957	1,7
					1957	1,7
					1985	1,7

Metoda dendrochronologiczna została użyta w odniesieniu do pni drzew oraz systemów korzeniowych. Datowano wiek i redukcje przyrostów rocznych w świerkach uszkodzonych przez transportowany materiał, rosnących powyżej i poniżej zapór. Poniżej i powyżej zapór pobrano 14 rdzeni z drzew rosnących w dnie doliny lub na zboczu (tab. 1). Odwiercane drzewa miały z reguły silnie zredukowane przyrosty w porównaniu do drzew rosnących poza strefą intensywnego oddziaływania procesów rzeźbotwórczych. Wynika to z częstego ich ranienia, o czym świadczą liczne blizny oraz zakrzywienie pni. Dlatego obwód drzew rosnących w sąsiedztwie koryta jest stosunkowo niewielki jak na ich wiek (fot. 1, 2).



Fot. 1. Zapora/stanowisko 4 w korycie Černego Potoku  
The check dams in the Černý Potok channel at site 4

Z każdego drzewa zgodnie z kierunkiem biegu koryta pobrano dwa rdzenie na wysokości około 1,2 m. Drzewa miały zranienia lub blizny będące efektem uszkodzeń przez transportowany materiał, z kolei wynikiem zranień jest redukcja wielkości przyrostów rocznych. Założono, że pierwszy ze zredukowanych przyrostów określał rok, w którym doszło do zranienia (gdy zranienie miało miejsce przed lub w czasie okresu wegetacyjnego) lub rok następny po tym, w którym doszło do zranienia (zranienie miało miejsce po zakończeniu okre-



Fot. 2. Aluwia wypełniające koryto Černego Potoku powyżej zapory na stanowisku 4  
Alluvium filling the Černý Potok channel above the check dam located at site 4

su wegetacyjnego). Zredukowane przyrosty roczne drzew rosnących poniżej zapór informują o ich ranieniu wynikającym z transportu materiału, przyrosty drzew rosnących powyżej mogą zaś dodatkowo informować o zasypywaniu pni (Schweingruber, 1996).

Nie wszystkie redukcje przyrostów rocznych wynikają z uszkodzeń mechanicznych drzew. Część z nich może być spowodowana czynnikami klimatycznymi lub ekspansją szkodników, jednak czynniki te oddziałują na wszystkie drzewa lub na ich większość. Dlatego sporządzono wzorzec dendrochronologiczny obejmujący lata 1910–2005. Do tego celu pobrano po jednym rdzeniu z 15 drzew rosnących na stoku w promieniu 300 m od badanych stanowisk. Do pobrania rdzeni dobierano drzewa bez zranień i blizn. Przy opracowaniu lokalnej skali dendrochronologicznej, zgodnie z klasycznym wzorcem postępowania, przyrosty roczne uśredniano (Zielski i Krąpiec, 2004). Następnie wpasowywano w lokalną skalę poszczególne krzywe dendrochronologiczne uzyskane z porównanych drzew. Kolejny etap badań stanowiło wyszukiwanie redukcji przyrostów w obrębie uprzednio skonstruowanych krzywych.

Przyjęto, że redukcja występuje, gdy trzy kolejne przyrosty roczne są znacznie mniejsze od poprzednich. Aby określić wielkość redukcji przyrostów wpro-



wadzono współczynnik nasilenia redukcji. Wyliczano go ze stosunku średniej trzech kolejnych przyrostów z lokalnej skali do średniej trzech kolejnych przyrostów ze zranionego drzewa. Przyjmowano że redukcja wystąpiła, gdy współczynnik był większy od 1,4. Wydzielono redukcję przyrostów silną i słabą; słaba redukcja zachodziła, gdy współczynnik redukcji mieścił się w granicach 1,4–2,0, a silna gdy był większy od 2.

Szacowano także wiek badanych drzew i wyznaczano go przez obliczanie nawierconych przyrostów do których dodawano 7 lat, czyli minimalną liczbę lat przez jaką drzewo osiąga wysokość 1,2 m. Założono, że w okresach kiedy materiał nie był intensywnie transportowany, drzewa kolonizowały sąsiedztwo zapór rumowiskowych. Dlatego analiza wieku drzew pozwoliła wskazać okresy stabilności koryta Černego Potoku.

Przeprowadzono również badania dendrochronologiczne polegające na datowaniu erozji brzegów prowadzącej do odsłaniania korzeni buków i świerków rosnących powyżej i poniżej zapór. Przy użyciu piły ręcznej pobrano 10-centymetrowe fragmenty 6 korzeni drzew odsłanianych powyżej zapór i 5 korzeni drzew odsłanianych poniżej (tab. 2). Określono bieg korzenia względem brzegu (równoległy, skośny i prostopadły) oraz wysokość korzenia nad poziom dna koryta i jego odległość od podcinanej powierzchni. W drewnie odsłoniętych korzeni zachodzą zmiany anatomiczne. W przyrostach rocznych wykształconych po odsłonięciu można wydzielić drewno wczesne i późne. Cewki w tych przyrostach stają się mniejsze i liczniejsze. Obliczając ilość przyrostów rocznych ze zmianami anatomicznymi można określić liczbę lat, które upłynęły od

Tabela 2. Pozycja badanych korzeni względem zapór i osadów; lata ich odsłonięcia

Stano- wisko	Numer korzenia (P – prawe zbocze L – lewe zbocze)	Odległość od zapory (m) W – powyżej N – poniżej	Pozycja korzenia	Wysokość ponad dno koryta (m)	Odległość od podcinanego poziomu (m)	Rok odsłoni- ęcia
1	Z25, P	N, 1,7	horyzontalna	1,3	0,3	1957
2	Z22, P Z23, P	W, 12 W, 11	horyzontalna skośna	0,7 0,8–1,1	0,3 0,2	1972 1986
3	Z17, L Z18	W, 15 W, 15,5	pionowa horyzontalna	0,3–0,6 0,7	0,2 0,1	1983 1983
4	Z8, P Z9, P Z10, L Z11, L	N, 6 N, 22 W, 20 W, 24	pionowa skośna horyzontalna horyzontalna	1,1–1,4 4,1–4,3 0,6 0,8	0,3 0,4 0,1 0,2	1978 1967 1978 1991
5	Z4, L Z5, L	N, 14 N, 12,5	skośna horyzontalna	2,1–2,5 2,7	0,3 0,4	1936 1983

odsłonięcia korzenia a zarazem epizodu erozyjnego, który do tego odsłonięcia doprowadził. Korzenie odsłaniane powyżej zapory mogą rejestrować moment, w którym zapory były już wypełniane i rozpoczął się proces podcinania zboczy. Niewykluczone, że mogły być one odsłaniane także podczas bardzo dużych wezbrań. Z kolei korzenie odsłaniane poniżej zapór rejestrują proces pogłębiania i poszerzania koryta wskutek erozji charakterystycznej dla odcinków koryta położonych poniżej przegród.

## Wyniki badań

### Morfologia koryta Černego Potoku w sąsiedztwie zapór przeciwrumowiskowych

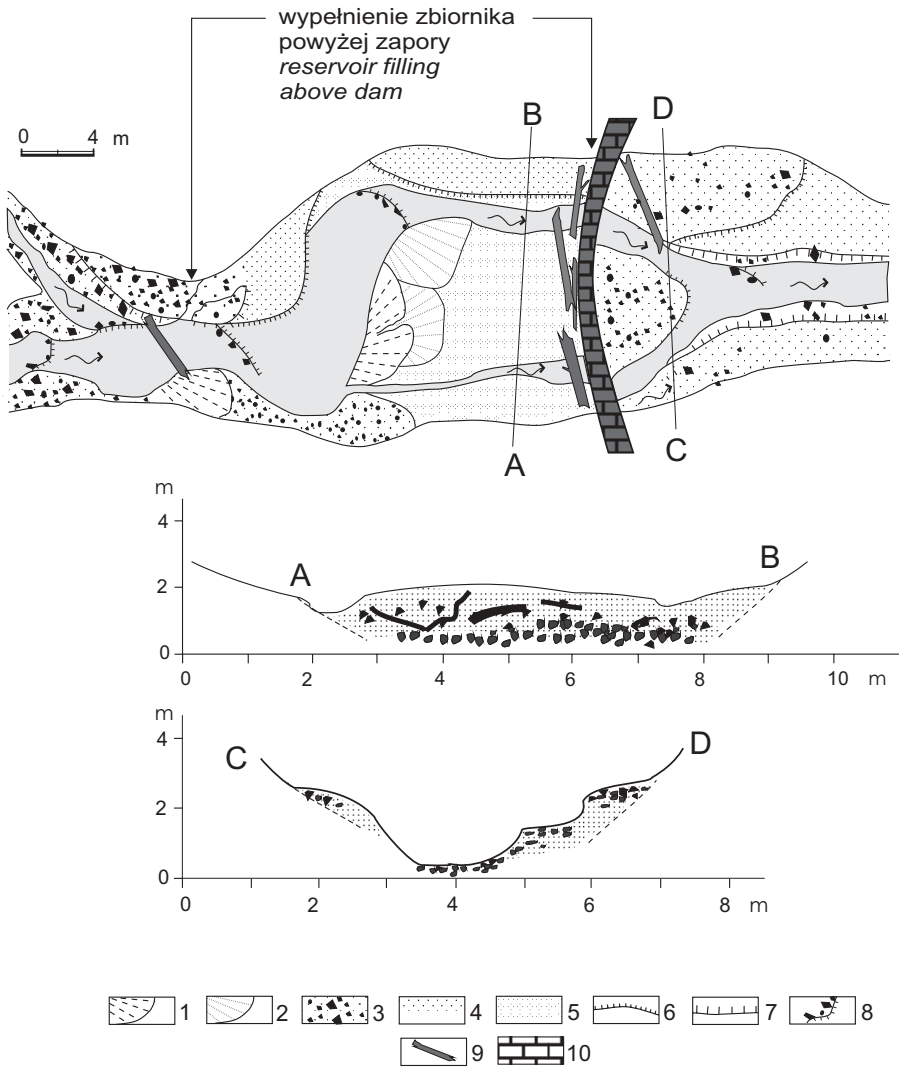
Źródła Černego Potoku znajdują się na wysokości 1150–1190 m npm. Zapory zostały zbudowane na wysokości 740–840 m npm. Szerokość badanego odcinka koryta wynosi 5,5–10,5 m. Jest ono wcięte w grubofrakcyjne pokrywy stokowe i starsze osady aluwialne na głębokość 1,0–5,0 m. Na krótkich odcinkach występuje podłoże skalne. Profil podłużny koryta jest niewyrównany, a jego średni spadek wynosi 11°. W rozszerzeniach koryta obserwuje się niewielkie boczne i centralne odsypy o maksymalnej wysokości 1,2 m (ryc. 2).

Obecnie, badane zbiorniki przeciwrumowiskowe są całkowicie (zapory 1 i 5) lub niemal całkowicie (2, 3 i 4) wypełnione rumowiskiem. Gromadzą one od około 198 do 387 m<sup>3</sup> osadów organiczno-mineralnych (tab. 3). W każdym zbiorniku występuje podobna pozioma sekwencja osadów. Część proksymalną tworzą frakcje glazowe i żwirowe (ryc. 2; fot. 1). Poniżej rozcięć, na powierzchni wypełnień zapór 2, 3 i 4, występują pokrywy piaszczysto-żwirowe tworzące niewielkie stożki o miąższości 0,2–0,4 m (ryc. 2). Część dystalną wypełnień zbiorników tworzą osady mułowo-piaszczyste warstwowane poziomo oraz materiał organiczny. Osady te, podobnie jak w Karpatach fliszowych mogą być deponowane nawet podczas niewielkich wezbrań (Froehlich, 1982). Ich miąższość

Tabela 3. Wybrane cechy morfometryczne zapór w korycie Černego Potoku

Nr zapory	$H_z / H_w$ (m)	$W_1$ (m)	$W_2$ (m)	$L$ (m)	Kubatura osadów (m <sup>3</sup> )
1	3,8 / 3,8	11,5	5,2	29,0	303
2	4,2 / 3,6	16,0	5,4	29,5	387
3	5,8 / 4,8	11,2	6,5	27,5	385
4	3,8 / 3,6	10,5	5,9	20,0	198
5	3,5 / 3,5	11,5	5,5	28,0	277

$H_z$  – wysokość korony zapory,  $H_w$  – miąższość wypełnienia,  $W_1$  – maksymalna szerokość zbiornika,  $W_2$  – szerokość koryta powyżej wypełnienia zbiornika zapory,  $L$  – długość wypełnienia zbiornika.



Ryc. 2. Morfologia zbiornika przeciwrumowiskowego zapory na stan. 3 i koryta Černego Potoku

- 1 – stożki piaszczysto-żwirowe, 2 – stożki piaszczyste, 3 – pokrywy żwirowo-głazowe,  
4 – pokrywy piaszczysto-żwirowe, 5 – pokrywy piaszczysto-mułowe, 6 – krawędzie erozyjne < 0,5 m,  
7 – krawędzie erozyjne 0,5–1,0 m, 8 – progi rumowiskowe,  
9 – nagromadzenie kłód, 10 – korona zapory

The morphology of the dam at site 3 and the Černý Potok riverbed

- 1 – sandy-gravelly fan, 2 – sandy fan, 3 – cover of gravel and boulders,  
4 – cover of sands and gravels, 5 – cover of sands and silts, 6 – erosional edges < 0.5 m,  
7 – erosional edges 0.5–1.0 m, 8 – debris steps, 9 – coarse woody debris, 10 – top of dam

wynosi od 0,3 m (zapora 2) do 1,0 m (zapora 4). W spągu drobnoziarniste osady przechodzą w gruboziarniste frakcje żwirowe. W tej części zapór zdeponowany jest również gruby rumosz drzewny. W całkowicie wypełnionych zbiornikach zapór 1 i 5 część dystalną powierzchni wypełnień buduje materiał żwirowy. Matriks stanowią osady mułowo-piaszczyste z dużą ilością materiału organicznego. Na stanowisku 1 materiał ten tworzy rozległą pokrywę w formie stożka obejmującego niemal całą powierzchnię wypełnienia zapory. Strop tej pokrywy jest wyższy od prześwitu zapory. W budowie wewnętrznej badanych stożków występują naprzemianległe warstwy grubo- i drobnoziarniste.

Koryto Černego Potoku poniżej badanych zapór jest wcięte w osady aluwialne na głębokość 1,0–1,8 m (ryc. 2). Głębokość tego wcięcia jest uzależniona przede wszystkim od wysokości zapór. Największą wartość (1,8 m) osiąga poniżej zapory 3. Należy jednak zaznaczyć, że ma to miejsce około 3 m poniżej zapór, co związane jest z kamiennym umocnieniem dna w ich bezpośredniej bliskości. O intensyfikacji procesów erozji świadczą świeże podcięcia erozyjne brzegów koryta, zbudowanych z luźnych osadów stokowych i fluwialnych. W tych odcinkach obserwuje się 2–3 poziomy wąskich teras o szerokości 3,0–4,5 m, tworzących spłaszczenia o długości 15,0–25,0 m. Stanowią one dawne poziomy koryta sukcesywnie rozcinane przez wody potoku.

### **Występowanie redukcji przyrostów w pniach i lata odsłaniania korzeni drzew**

#### *Stanowisko/zapora 1*

Zapora 1 położona jest na wysokości około 805 m n.p.m., na 1,15 km biegu Černego Potoku; ma wysokość 3,5 m, powyżej niej spadek wynosi 11°, poniżej 12°. Analiza dendrochronologiczna obejmowała jeden korzeń (Z25) rosnący 1,7 m poniżej zapory i dwa drzewa – Z24 i Z26 rosnące po prawej stronie koryta. Drzewo Z24 rosło poniżej zapory, w odległości 5 m od niej i 1,2 m powyżej dna koryta. Drzewo Z26 rosło 8 m powyżej zapory, na poziomie osadów wypełniających dno koryta (tab. 1, 2).

Korzeń odsłaniany był w 1957 r. Szacowany rok rozpoczęcia wzrostu drzew to 1944 i 1952 r. W przyrostach rocznych drzewa Z24 zidentyfikowano silne redukcje w latach 1973, 1979, 1985 i 1998 i słabą w 1958 r. W przyrostach drzewa Z26 silna redukcja wystąpiła w latach 1973, 1995 i 1999, słaba w 1983r.

#### *Stanowisko/zapora 2*

Zapora 2 położona jest 65 m poniżej zapory 1 i ma wysokość 3,8 m; powyżej niej spadek wynosi 9°, poniżej 12°. Analiza dendrochronologiczna obejmowała dwa korzenie – Z22 i Z23 – po prawej stronie koryta, odpowiednio 12 i 11 m powyżej zapory i trzy drzewa: Z19, Z20 i Z21, rosnące po prawej stronie. Pierwsze rośnie 20 m poniżej zapory, a dwa pozostałe powyżej odpowiednio 1 i 13 m

powyżej niej. Drzewo Z19 rośnie 1,3 m ponad dno koryta, Z20 na poziomie osadów wypełniających dno koryta, Z21 – 0,8 m ponad nimi (tab. 1, 2).

Korzeń Z22 był odslaniany w 1972 r., korzeń Z23 w 1986. Szacowane lata rozpoczęcia wzrostu drzew to 1946, 1962 i 1945. W przyrostach rocznych drzewa Z19 zidentyfikowano silną redukcję w 1986 oraz słabe redukcje w latach 1975 i 1979. W przyrostach drzewa Z20 wystąpiła słaba redukcja w 1968 r., w przyrostach drzewa Z21 – dwie redukcje silne: w 1979 i 1987 oraz słaba w 1962 r.

### *Stanowisko/zapora 3*

Zapora 3 położona jest 110 m poniżej zapory 2. Ma wysokość 5,8 m, powyżej niej spadek wynosi 8°, poniżej 9°. Analiza dendrochronologiczna obejmowała dwa korzenie: Z17 i Z18 po lewej stronie koryta, odpowiednio 15 m i 15,5 m powyżej zapory i jedno drzewo – Z15, rosnące 2 m poniżej zapory, po prawej stronie koryta, na wysokości 1,6 m od niego (tab. 1, 2).

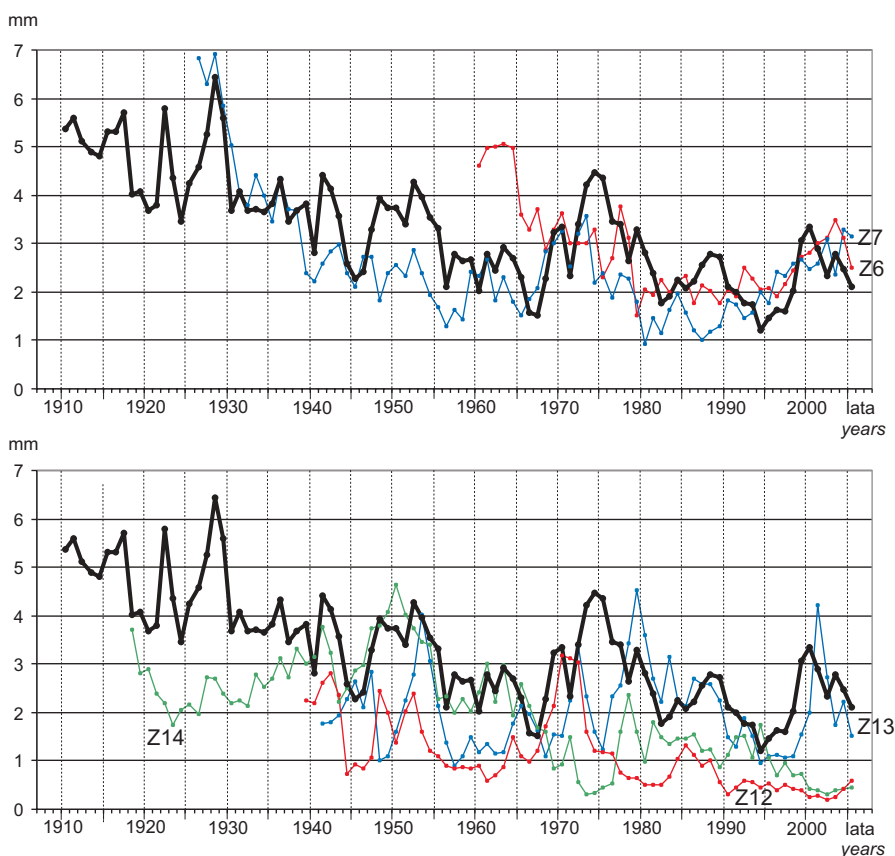
Korzenie Z17 i Z18 były odslaniane w 1983 r. Szacowany rok rozpoczęcia wzrostu drzewa Z15 to 1958; w obrębie jego przyrostów odnotowano silną redukcję w 1972 r.

### *Stanowisko/zapora 4*

Zapora 4 położona jest 100 m poniżej zapory 3, ma wysokość 4,2 m, spadek powyżej niej wynosi 10°, poniżej 8°. Analiza dendrochronologiczna obejmowała dwa korzenie – Z8, Z9 i dwa drzewa – Z6 i Z7 rosnące poniżej zapory oraz dwa korzenie (Z10, Z11) i trzy drzewa (Z12, Z13 i Z14) rosnące powyżej. Drzewa i korzenie Z8 i Z9 rosły po prawej stronie koryta, korzenie Z10 i Z11 po lewej; korzenie Z8 i Z9 odpowiednio w odległości 6 i 35 m poniżej zapory. Drzewa Z6 i Z7 rosły odpowiednio 14 i 6 m poniżej zapory, na wysokości 1,4 m i 1,6 m ponad dno. Drzewa Z12, Z13 i Z14 rosły w odległości odpowiednio 27, 28,5 i 31 m od zapory, na wysokości 0,8; 0,6 i 0,3 m ponad dno koryta (tab. 1, 2).

Korzeń Z10 był eksponowany 20 m powyżej zapory. Drugi korzeń Z11 rósł 24 m od zapory, na wysokości 0,8 m ponad dno płaskiego wypełnienia koryta i 0,2 m od powierzchni zbocza. Drzewa Z12, Z13 i Z14 rosły w odległości odpowiednio 27, 19 i 17 m. Drzewa Z12 i Z13 rosły 0,8 i 0,6 m ponad wypełnienie zapory, drzewo Z14 – 0,3 m ponad to wypełnienie (tab. 1, 2).

Korzenie Z8, Z9, Z10 i Z11 były odslaniane odpowiednio w 1978, 1967, 1978 i 1991 r. Szacowany rok rozpoczęcia wzrostu drzew to 1913, 1929, 1926 i 1909. W obrębie przyrostów rocznych drzewa Z6 nie odnotowano redukcji. W przyrostach drzewa Z7 słabe redukcje wystąpiły w 1979 i w 1985 r. W przyrostach rocznych drzewa Z12 silne redukcje wystąpiły w 1973, 1979, 1998; drzewa Z13 – w latach 1948, 1957, 1973, natomiast Z14 – w latach 1921, 1968, 1972, 1987 i 1998 (ryc. 3).



Ryc. 3. Wykresy wielkości przyrostów rocznych drzew ze stanowiska 4 (kolorowe linie) na tle skali dendrochronologicznej (czarna linia)

Ring width curves of trees studied at site 4 (coloured lines) and local chronology (black line)

### Stanowisko/zapora 5

Zapora 5 położona jest 60 m poniżej zapory 4, ma wysokość 3,8 m, a spadek wynosi  $8^\circ$  powyżej niej i  $11^\circ$  poniżej. Analiza dendrochronologiczna obejmowała dwa korzenie: Z4, Z5 rosnące po lewej stronie koryta odpowiednio 14 i 12,5 m poniżej zapory i trzy drzewa: Z1, Z2 i Z3, rosnące powyżej zapory odpowiednio 20, 2 i 43 m, na wysokości 0,7, 0,5 i 1,4 m ponad dno koryta (tab. 1, 2).

Korzeń Z4 i był odślaniany w 1936, a Z5 w 1983 r. Szacowany rok rozpoczęcia wzrostu drzew to 1911, 1913, 1916. W przyrostach drzewa Z1 silne redukcje wystąpiły w 1957, 1962 i 1996, słabe w 1935 i 1948 r. W przyrostach drzewa Z2 słaba redukcja wystąpiła w 1957, a drzewa Z3 – w latach 1948, 1957 i 1985.

## Dyskusja

### **Dokładność datowania zmian morfologii koryta za pomocą wyznaczania redukcji przyrostów rocznych drzew i czasu ekspozycji korzeni**

Szacowany wiek badanych drzew w stanowiskach 1–3 mieści się w przedziale 43–61 lat, co oznacza, że możliwość wnioskowania o transporcie materiału na podstawie redukcji przyrostów obejmuje ostatnie 50 lat. W stanowiskach 4 i 5 drzewa mają od 76 do 96 lat, daje to możliwość wyznaczania redukcji przyrostów rocznych w ciągu ostatnich około 90 lat.

Odsłaniane korzenie są najczęściej młodsze, około 60-letnie, co ogranicza wnioskowanie o erozji na podstawie ekspozycji korzeni do około 50 lat. Korzenie świadczące o erozji mogą być wyłamywane przez transportowany materiał. Drzewa z odsłoniętymi systemami korzeniowymi są często podcinane i obalane do koryta, dlatego ilość odsłoniętych korzeni świadczących o starszych epizodach erozyjnych jest stosunkowo niewielka, jednocześnie młodsze epizody erozyjne są dobrze zapisane w drewnie odsłanianych korzeni. Prawdopodobnie dlatego 9 z 11 odsłanianych w dnie doliny korzeni dokumentuje epizody erozji z ostatnich 30 lat.

Gdy epizod erozji lub sedymentacji zapisany jest w postaci odsłonięcia pojedynczego korzenia lub pojedynczej redukcji przyrostów istnieje prawdopodobieństwo, że wystąpił on przypadkowo. Epizod przekształcania rzeźby można uznać za pewny, gdy potwierdzi go kilka datowań dendrochronologicznych.

Zarówno w pniach jak i w korzeniach zdarzają się przyrosty fałszywe, brakujące lub wyklinowujące się (Fritts, 1972; Schweingruber, 1988). Mogą one zawyżyć lub zmniejszyć obliczoną liczbę lat, które minęły od epizodu transportu lub erozji. W przypadku rdzeni pobieranych z drzew trzeba przyjąć, że mógł zdarzyć się błąd wynikający z występowania tych przyrostów. Przy bardzo dużych redukcjach przyrostów i związanym z tym zniekształceniem przebiegu wykresów przyrostów ze zranionych drzew w stosunku do skali lokalnej, wyeliminowanie przyrostów fałszywych lub brakujących było niemożliwe. Jak jednak wykazały wcześniejsze badania, przyrosty brakujące lub fałszywe pojawiają się tylko w jednym na kilka badanych rdzeni. W przypadku korzeni błąd z powodu przyrostów fałszywych, brakujących lub wyklinowujących się nie jest duży, ponieważ badany jest cały przekrój poprzeczny korzenia, co ułatwia identyfikację przyrostów zakłócających obliczenia.

Czas wystąpienia redukcji przyrostów i wiek ekspozycji korzenia nie zawsze pokrywa się z rzeczywistym czasem transportu lub erozji materiału. Przyrosty roczne kształtują się w klimacie umiarkowanym zwykle w okresie od kwietnia do października (Zielski i Krąpiec, 2004). Gdy do redukcji przyrostów lub do ekspozycji korzenia dochodzi w tym czasie, zmiany anatomiczne widoczne są

w obrębie powstającego przyrostu rocznego. Jeśli redukcja przyrostów lub ekspozycja korzenia zachodziła między styczniem a marcem, przyrost roczny w jego obrębie może kształtować się w roku, w którym doszło do jego odsłonięcia. Jeśli redukcja lub ekspozycja miała miejsce w okresie listopad–grudzień, to przyrost roczny ze zmianami anatomicznymi pojawi się w następnym roku. Sygnał o odsłonięciu może być zatem zapisany w pniach i korzeniach w rok po epizodzie morfotwórczym.

Reakcja drzewa na zranienie jest często opóźniona o 1 rok w stosunku do wystąpienia zranienia, zwłaszcza gdy zranienie nastąpi w drugiej połowie roku. Opóźnienie to obserwowano analizując redukcje przyrostów rocznych w pniach olsz pochylających się w skutek erozji brzegu (Malik, 2004). W przypadku analizy redukcji przyrostów rocznych w pniach pojawia się możliwość mylnego odczytu redukcji związanej z ranieniem drzewa. Redukcje przyrostów związanych z uszkodzeniami mechanicznymi drzew często nakładają się na redukcję przyrostów rocznych w skali lokalnej wynikającą z innych czynników. Sytuacja taka wystąpiła np. w przypadku sekwencji przyrostów rocznych drzewa Z1 w latach 1950–1960. Wtedy trudno jednoznacznie wskazać rok, w którym doszło do redukcji w wyniku uszkodzenia mechanicznego. Dlatego w zależności od zapisu redukcji w przyrostach rocznych konkretnego drzewa, jej wystąpienie może być rozpoznane rok wcześniej lub później.

Zranienia zapisane w pniach drzew rosnących powyżej zapory mogą być związane ze zmianami cyrkulacji wody, np. zmianą przebiegu nurtu wywołaną zmniejszeniem spadku i zmieniającym się w czasie wezbrania obciążeniem w rumowisko. Dlatego zmiany anatomiczne w drzewach rosnących powyżej zapór niekoniecznie świadczą o wypełnianiu koryta powyżej zapory.

Metodę dendrogeomorfologiczną powinno się stosować wspólnie z innymi, tradycyjnymi metodami. Należy przeprowadzić między innymi pomiary morfometryczne i obserwacje osadów. Do badania zmian rzeźby koryt potoków w sąsiedztwie zapór można dodatkowo zastosować np. metodę znaczenia otoczków pozwalającą monitorować ich transport. Zastosowanie kilku metod pozwala na uzyskanie pełniejszych wyników badań geomorfologicznych.

### **Przebieg erozji i depozycji w odcinku koryta Černego Potoku przegrodzonym zaporami przeciwrumowiskowymi**

Zapory w korycie Černego Potoku zostały zbudowane w latach 1920–1930, w następstwie ekstremalnego opadu o wysokości 196,5 mm (Štekl i inni, 2001), który wystąpił 1 czerwca 1921 r. Źródła historyczne informują o powstaniu spływów gruzowych na zboczach Červenej Hory i znacznych zniszczeniach drzewostanu (Sokol, 1959; Polách i Gába, 1998). W dnach dolin zostały wówczas zdeponowane duże ilości materiału mineralno-organicznego. Zapory miały przeciwdziałać szybkiemu przemieszczaniu rumowiska w trakcie wystąpienia następných epizodów.



Najstarsze, pojedyncze redukcje przyrostów z lat 1921 i 1935–36 r. zostały uchwycone w przyrostach rocznych względnie starszych drzew rosnących powyżej zapór 5 i 4, czyli w dolnej części analizowanego odcinka koryta Černego Potoku (ryc. 4). Epizod z 1921 r. wystąpił, gdy koryto nie było zabudowane zaporami. Prawdopodobnie spowodował on wyprzątnięcie drzew rosnących w pobliżu zapór 1–3. Świadczy o tym fakt, że drzewa obecnie porastające ten odcinek Černego Potoku skolonizowały dno doliny w latach 1944–1958 (tab. 1). Jednak niewykluczone, że drzewa rosnące wcześniej zostały wycięte. O kilkadziesiąt lat starsze są drzewa porastające dno doliny w odcinku, gdzie występują zapory 5 i 6 – rosną one tu od 1909–1929 r.

Wzrost aktywności procesów fluwialnych w okresie 1935–1936 pociągnął za sobą erozję poniżej zapory 5 – o czym świadczy odsłonięcie korzenia Z4 i depozycję powyżej tej samej zapory, co potwierdza redukcja przyrostów rocznych w świerku Z1. Epizody redukcji przyrostów rocznych zarejestrowane w latach 1935–1936 wystąpiły w wyniku ranienia drzew podczas powodzi w Wysokim Jeseniku 3 czerwca 1934 r. (Polách i Gába, 1998).

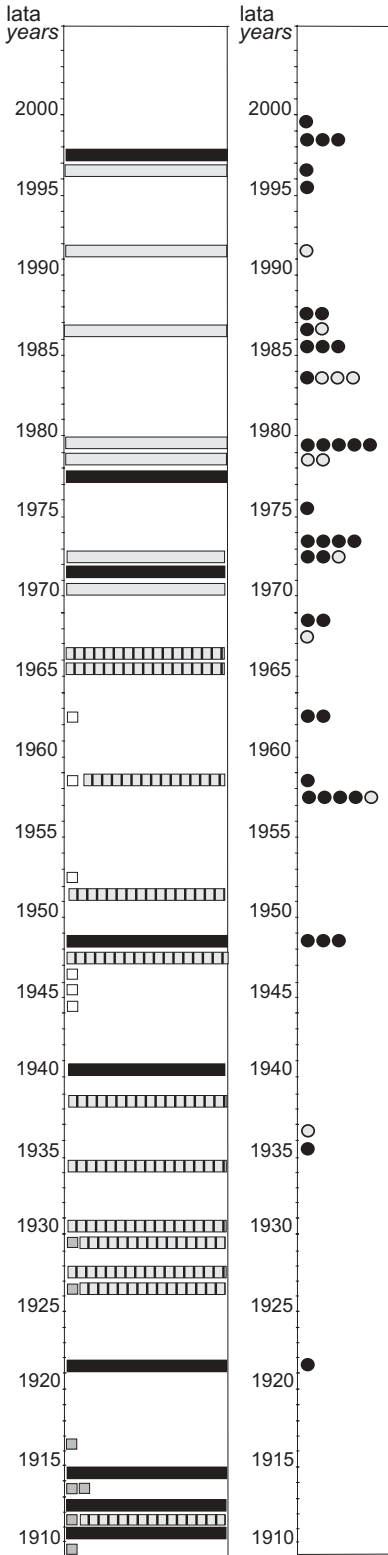
Redukcje przyrostów i odsłanianie korzeni potwierdzone co najmniej dwoma datowaniami zarejestrowano w latach 1948, 1957, 1962, 1967–1968, 1972–1973, 1979, 1983, 1985–1987 i 1997 (ryc. 4). Wezbrania modelujące koryto Černego Potoku mogły wystąpić 1–2 lata wcześniej w stosunku do uzyskanych datowań. Przykładem jest zdarzenie z 29 kwietnia 1971 r., kiedy w Jesenikach opad wyniósł 160 mm. Epizod ten zapisał się w rdzeniach drzew w latach 1972–1973 (ryc. 4).

Po epizodach z lat 1921 i 1935–1936, do połowy wieku XX nie było już dużych zdarzeń modelujących koryto Černego Potoku (ryc. 4). W tym czasie dno doliny obejmujące górną część analizowanego odcinka koryta, pomiędzy zaporami 1 i 3, zostało skolonizowane przez drzewa. W drugiej połowie XX w. koryto było intensywnie przekształcane. Duży epizod rzeźbotwórczy wystąpił podczas marcowej powodzi w 1947 lub sierpniowych opadów z 1948 r. Były wtedy zapełniane zbiorniki powyżej zapór 4 i 5, zapełniania pozostałych zbiorników nie zarejestrowano (ryc. 5); (Polách i Gába, 1998). Jedno z tych wezbrań doprowadziło do zranienia trzech drzew rosnących w dnie doliny Černego Potoku. W efekcie zranień drzewa wykształciły zredukowane przyrosty roczne.

Sześć kolejnych zmian anatomicznych w drewnie drzew pochodzi z 1957–1958 r. (ryc. 4, 5). Są one prawdopodobnie zapisem powodzi w Wysokim Jeseniku w 1958 r. (Polách i Gába, 1998), jednak aż 5 zmian anatomicznych datowano na rok 1957. Niewykluczone, że do erozji koryta Černego Potoku i ranie-

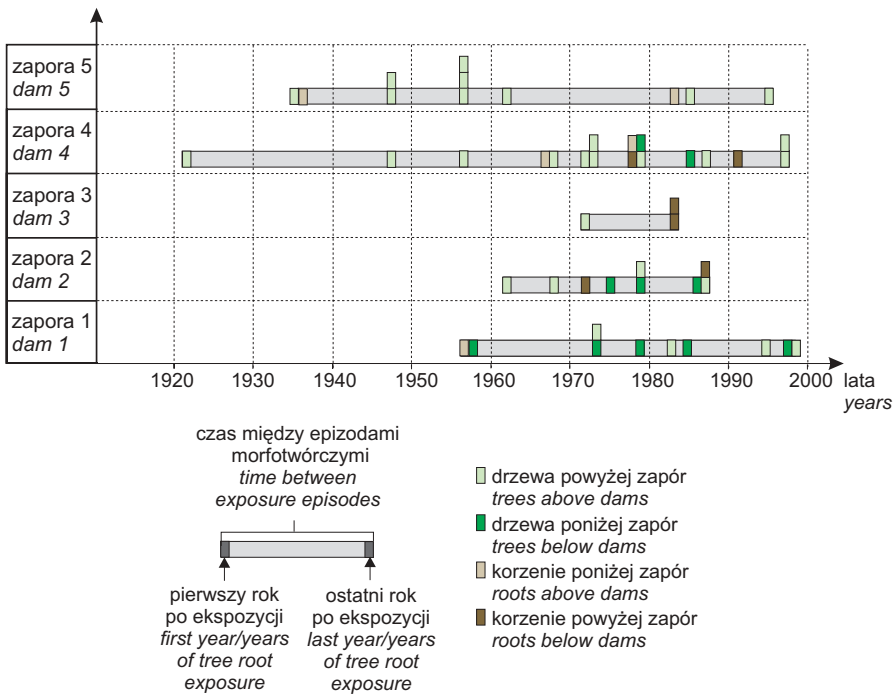
Ryc. 4. Wyniki datowań dendrochronologicznych erozji i depozycji materiału w korycie Černego Potoku powyżej i poniżej zapór

The results of dendrochronological dating of the erosion and deposition of sediment in the Černý Potok channel above and below dams



- wiek drzew stan. 1-2  
age of trees site 1-2
- ▒ wiek drzew stan. 3-5  
age of trees site 3-5
- redukcja przyrostów rocznych  
tree ring reductions
- rok odsłonięcia korzenia  
year of root exposure
- opady < 100 mm/dobę  
w Wysokim Jeseniku (Štekl, 2001)  
the rainfall < 100 mm/day recorded  
in Wysoki Jeseník (Štekl, 2001)
- ▒ opady od 20 do 100 mm/dobę  
w Wysokim Jeseniku (Štekl, 2001)  
the rainfall events between 20 to 100 mm/day recorded  
in Wysoki Jeseník (Štekl, 2001)
- ▨ inne opady/powodzie w Wysokim Jeseniku  
(Polách, Gába, 1998)  
small rainfall/flood events  
in Wysoki Jeseník (Polách, Gába, 1998)

nia drzew rosnących w dnio doliny doszło w trakcie innego lokalnego opadu, który wystąpił w 1957 r. i nie został odnotowany w materiałach źródłowych. W roku 1962 wzmożona depozycja miała miejsce w zbiornikach powyżej zapór 2 i 5 (ryc. 5). W sezonie 1967–1968 doszło ponownie do zapełniania zbiorników zapór 2 i 4 oraz wzmożonej erozji poniżej zapory 4, być może odpowiedzialny za to zdarzenie był opad w 1966 r. (Polách i Gába, 1998). Szczególnie intensywne przekształcanie koryta Černego Potoku nastąpiło w okresie 1972–1973 (ryc. 5). Do zmian morfologii koryta przyczyniła się ulewa z 29 maja 1971 r. Na obszarze Wysokiego Jesenika spadło w tym dniu 120–160 mm deszczu (Štekl i inni, 2001). W latach 1970–1972 wystąpiło w pniach drzew porastających dno doliny Černego Potoku aż 5 redukcji. Jeden z korzeni był odsłaniany w 1972 r., oznacza to, że do erozji w dnio koryta przyczyniły się także opady 21 sierpnia tego roku. W Wysokim Jeseniku spadło wtedy 80–100 mm deszczu (Štekl i inni, 2001). Podczas tego zdarzenia depozycja wystąpiła powyżej zapór 1 i 4, natomiast erozja poniżej 1 i 3 (ryc. 5). Wydaje się, że zbiornik poniżej zapory 2 był już w tym czasie w znacznym stopniu wypełniony materiałem, ponieważ w latach 1970–1972 podcinane były zbocza około 1 m powyżej współczesnego



Ryc. 5. Czas i częstość występowania epizodów erozji i depozycji materiału w korycie Černego Potoku na poszczególnych stanowiskach

The time and frequency of erosional and depositional episodes in the Černý Potok channel at the different sites

wypełnienia zbiornika powyżej zapory. W dniu 1 sierpnia 1977 spadło w Wysokim Jeseniku 120–160 mm deszczu, a rok później, 8 września, opady wyniosły 40–80 mm (Štekl i inni, 2001). Opady w 1978 r. doprowadziły do erozji koryta Černego Potoku, w wyniku której zostały odsłonięte dwa korzenie drzew. W 1979 r. w pniach drzew pojawiło się 5 redukcji przyrostów rocznych świadczących o silnym przekształcaniu koryta potoku związanego z wezbraniem w latach 1977–1979. Zarejestrowano wówczas epizody erozyjne powyżej i poniżej zapory/stanowiska 5 (tab. 1, 2). W roku 1979 zapełniany był zbiornik powyżej zapory 1, erozja i depozycja wystąpiła poniżej i powyżej zapór 2 i 4 (ryc. 5). Podczas kolejnego epizodu, w 1984 r., odsłaniane były głównie korzenie, co świadczy o znacznym wypełnieniu zbiorników powyżej zapór w tym czasie, jednak brak informacji źródłowych o opadach, które doprowadziły do intensywnej erozji w Černym Potoku. Prawdopodobnie erozję uruchomił gwałtowny lokalny opad. Zarejestrowano wówczas epizody erozyjne poniżej zapory 5 oraz powyżej zapory 3. W zbiorniku powyżej zapory 1 odbywała się natomiast depozycja materiału (ryc. 5). Kolejny okres aktywności procesów fluwialnych obejmuje lata 1985–1987. Być może nałożyły się tu dwa duże wezbrania, dlatego sygnały dendrochronologiczne obejmują aż 3 lata (ryc. 5). Z drugiej strony źródła informują o intensywnych opadach w Wysokim Jeseniku w maju i sierpniu 1986 r. (Polách i Gába, 1998; Štekl i inni, 2001). Badania dendrochronologiczne wykazały, że na wysokości około 1 m powyżej zapory 2 zbocza były podcinane. Erozja wystąpiła także poniżej zapory 1 i 2, wypełniane były zbiorniki zapór 2, 4 i 5. Ostatni z zarejestrowanych epizodów kształtujących koryto Černego Potoku wystąpił w 1998 r., doszło wtedy do erozji poniżej zapory 1 i depozycji powyżej zapory 4 (ryc. 5).

## Wnioski

Bezpośrednie pomiary przebiegu procesów erozji i depozycji w korycie rzeki górskiej są utrudnione z uwagi na transport grubofrakcyjnego rumowiska. Zastosowanie metod dendrochronologicznych pozwala natomiast na określenie czasu ich przebiegu.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że depozycja materiału mineralno-organicznego w zbiornikach powyżej zapór przeciwrumowiskowych miała miejsce w trakcie kilku epizodów hydrologicznych. Szczególnie silne przekształcenie koryta Černego Potoku wystąpiło w latach 1921, 1971, 1978–1979, 1984–1987, 1997–1999. Stwierdzono, że całkowite wypełnienie basenów sedymentacyjnych powyżej zapór nastąpiło w ciągu 50–60 lat. Nie można jednak wykluczyć wymiatania osadów – szczególnie drobnoziarnistych – już zdeponowanych w zbiorniku zaporowym przez wody wezbraniowe. Oznacza to, że czas zapełniania zbiorników powyżej zapór może być krótszy.

Wraz z wybudowaniem zapór nasiliła się erozja wgłębna koryta poniżej nich. Obecnie poniżej zapór ma miejsce erozja wgłębna, natomiast powyżej występuje erozja boczna.

Nie stwierdzono udokumentowanej dendrochronologicznie równoczesności przebiegu erozji i depozycji materiału w sąsiedztwie badanych zapór. Brak synchroniczności należy wiązać z etapowym przemieszczaniem grubofrakcyjnego rumowiska, z dostawą zwietrzelin do koryta przez dopływy oraz z erozją w miejscach podcięć zboczy. Potwierdzają to liczne aktywne podcięcia funkcjonujące wzdłuż analizowanego odcinka koryta oraz ślady nieaktywnych już nisz, porośniętych roślinnością.

\*

Autorzy serdecznie dziękują Profesorowi Wojciechowi Froehlichowi i anonimowemu Recenzentowi za wnikliwą analizę tekstu i poczynione uwagi.

### Piśmiennictwo

- Bělský J., Jařabáč M., 2004, *Experience from the torrent control in the Czech Republic between 1884 and 2003*, [w:] M. Mikoš, D. Gutknecht (red.), *INTERPRAEVENT 2004 – Changes within Natural and Cultural Habitat and Consequences*, Tagungspublikation, 3, s. 13–18.
- Bělský J., Trejbalova K., Vancura K., 2004, *Threat of torrent to the landscape in the Czech Republic*, [w:] M. Mikoš, D. Gutknecht (red.), *INTERPRAEVENT 2004 – Changes within Natural and Cultural Habitat and Consequences*, Tagungspublikation, 3, s. 19–28.
- Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyźga B., Zalewski J., 2005, *Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich*, Ministerstwo Środowiska, Departament Zasobów Wodnych, Warszawa.
- Ciszewski D., Kramarz P., Malik I., Owczarek P., Zygmunt E., 2006, *Geomorfologiczne skutki funkcjonowania i degradacji sztucznych progów wodnych*, *Czasopismo Geograficzne*, 76, 4, s. 329–343.
- Czudek T., 1964, *Periglacial slope development in the area of the Bohemian Massif in the northern Moravia*, *Biuletyn Peryglacjalny*, 14, s. 169–193.
- Fritts H.C., 1971, *Dendroclimatology and dendroecology*, *Quaternary Research*, 1, 4, s. 419–449.
- Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, *Prace Geograficzne, IGiPZ PAN*, 143.
- Gába Z., 1992, *Mury pod Keprníkem v červenci 1991*, *Severní Morava*, 64, 1, s. 43–50.
- Gärtner H., Schweingruber F.H., Dikau R., 2001, *Determination of erosion rates by analysing structural changes in the growth pattern of exposed roots*, *Dendrochronologia*, 19, 1, s. 81–91.
- Gutiérrez F., Gutiérrez M., Sancho C., 1998, *Geomorphological and sedimentological analysis of a catastrophic flash flood in the Arás drainage basin (Central Pyrenees, Spain)*, *Geomorphology*, 22, 3–4, s. 265–283.

- Hitz O., Gärtner H., Monbaron M., 2006, *Reconstruction of erosion rates in Swiss Mountain Torrents*, TRACE – Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, 4, s. 196–202.
- Hrádek M., Lacina J., 2003, *Destructional landforms arisen from extreme events in the Desná River valley and their vegetation*, Moravian Geographical Reports, 11, 2, s. 2–19.
- Hradek M., Malik I., Owczarek P., 2006, *Debris flow events reconstruction based on tree-ring analyses (a case study from the Eastern Sudetes Mt.)*, Geomorfologický sborník, Olomouc, s. 19.
- Hupp C.R., 1988, *Plant ecological aspects of flood geomorphology and paleoflood history*, [w:] V.R. Baker, R.C. Kochel, P.C. Patton (red.), *Flood Geomorphology*, Wiley, New York, s. 335–356.
- Klimek K., Malik I., Owczarek P., Zygmunt E., 2003, *Climatic and human impact on episodic alluviation in small mountain valleys, The Sudetes*, Geographia Polonica, 76, 2, s. 55–64.
- Klimek K., Večeřa J., 2005, *Północny skłon Příčnéj Hory: wpływ eksploatacji złota na środowisko systemów stokowo - dolinnych*, [w:] K. Kocel (red.), *Human Impact on Mid Mountain Ecosystems (HIMME)*, 1, Sosnowiec, s. 15–24.
- Malik I., 2005, *Rates of lateral channel migration along the Mała Panew River (southern Poland) based on dating riparian trees and Coarse Woody Debris*, Dendrochronologia, 23,1, s. 29–38.
- , 2006a, *Erozja wąwozowa zapisana w odstanianych korzeniach drzew na Wysoczyźnie Proboszczowickiej pod górą św. Anny*, Przegląd Geologiczny, 54, 4, s. 326–332.
- , 2006b, *Contribution to understanding the historical evolution of meandering rivers using dendrochronological methods: example of the Mała Panew River in southern Poland*, Earth Surface Processes and Landforms, 31, 10, s. 1227–1245.
- Malik I., Matyja M., 2007, *Bank erosion history on a mountain stream determined by means of anatomical changes in exposed tree roots over the last 100 years (Bílá Opava River – Czech Republic)*, Geomorphology, (w druku).
- Malik I., Owczarek P., 2006, *Wykorzystanie odstąpiętych korzeni drzew do określenia przebiegu erozji zbczy dolin i dostawy zwietrzelin do koryt rzek górskich (Sudety Wschodnie)*, Czasopismo Geograficzne, 76, 3, s. 101–116.
- Migoń P., Hrádek M., Parzóch K., 2002, *Extreme events in the Sudetes Mountains, their long-term geomorphic impact and possible controlling factors*, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 36, 1, s. 29–49.
- Owczarek P., 2004, *Evolution of alluvial channel forms under the influence of hillslope sediment delivery (S Poland)*, [w:] M. Mikoś, D. Gutknecht (red.) *INTERPRAEVENT 2004 – Changes within Natural and Cultural Habitat and Consequences*, Tagungs-publikation, 4, s. 225–232.
- , 2005, *Peryglacialne pokrywy zwietrzelinowe i ich wpływ na morfologię koryta rzecznego (stanowisko: Opava–Kunov, Sudety Wschodnie)*, [w:] K. Kocel (red.), *Human Impact on Mid Mountain Ecosystems (HIMME)*, 1, Sosnowiec, s. 37–43.
- Parzóch K., 2005, *Wpływ zapór przeciwrumowiskowych na przebieg procesów fluwialnych w potoku górskim, na przykładzie Karkonoszy*, [w:] A. Łajczak (red.), *Antropopresja w środowisku górskim – zapis zmian w formach terenu i osadach. Materiały Warsztatów Geomorfologicznych Korbielów–Pilsko (Beskid Żywiecki)*, 27–30 maja 2005, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, s. 123–126.
- Polách D., Gába Z., 1998, *Historie povodní na šumperském a jesenickém okrese*, Severní Morava, 75, 1, s. 3–28.
- Ratomski J., 1991, *Sedymentacja rumowiska w zbiornikach przeciwrumowiskowych na obszarze Karpat fliszowych*, Monografia, Politechnika Krakowska, Kraków.

- Schweingruber F.H., 1988, *Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology*, Reidel, Dordrecht.
- , 1996, *Tree Rings and Environment. Dendroecology*, Paul Haupt Verlag, Berne.
- Sokol F., 1959, *Povodně ve Vysokém Jeseníku*, Severní Morava, 4, 1, s. 33–38.
- Štekl J., Brázdil R., Kakos V., Jež J., Tolasz R., 2001, *Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879–2000 a jejich synoptické příčiny*, Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- Zieliński T., 2003, *Catastrophic flood effects in alpine/foothill fluvial system (a case study from the Sudetes Mts, SW Poland)*, *Geomorphology*, 54, 3-4, s. 293–306.
- Zielski A., Krapiec M., 2004, *Dendrochronologia*, PWN, Warszawa.

[Wpłynęło: czerwiec 2006; poprawiono: kwiecień 2007 r.]

## IRENEUSZ MALIK, PIOTR OWCZAREK

### A DENDROCHRONOLOGICAL RECORD OF EROSIONAL PROCESSES IN THE CHANNEL OF MOUNTAIN STREAMS NEAR CHECK DAMS AS EXEMPLIFIED BY THE ČERNÝ POTOK (JESENÍKI – EASTERN SUDETES)

The system of 5 check dams was built in the forested upper reaches of the Černý Potok River in the 1920s and 1930s in the aftermath of a natural disaster connected with the major floods occurring at the end of the 19th and beginning of the 20th century. The check dams have brought about a change in the course of natural fluvial processes in the Černý Potok. Accumulation of sediment occurs upstream of the dams, whereas intensive erosion is observed downstream. Spruces growing on the valley floor are wounded by transported material during floods and these episodes are followed by ring reductions in stems. The roots of trees growing on the valley floor have been exposed as a result of erosion, exposure being followed by changes in anatomical features of roots. Dating of tree-ring reductions and root exposures allows for the times of date erosional and depositional episodes in the Černý Potok riverbed to be determined. The river channel was intensively transformed in 1921, 1971, 1978–1979, 1984–1987 and 1997–1989. The check dams became filled with organic and mineral sediment over a period of 50–60 years. There are no simultaneous erosional and depositional episodes in individual check dams, this fact being connected with: (i) the nature of the movement of coarse-grained fluvial sediment in the mountain stream (transport over short distances) and (ii) the supply of fresh sediment into the river channel from cut-bank sections which are located between the dams.