

Określanie wielkości wcięcia się rzek i jego wpływu na hydraulikę przepływów wezbraniowych – przykłady z rzek karpackich

Bartłomiej Wyźga^{*1}, Joanna Zawiejska², Artur Radecki-Pawlik³

¹*Instytut Ochrony Przyrody PAN, al. Mickiewicza 33, 31-120 Kraków*

²*Akademia Pedagogiczna, Instytut Geografii, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków*

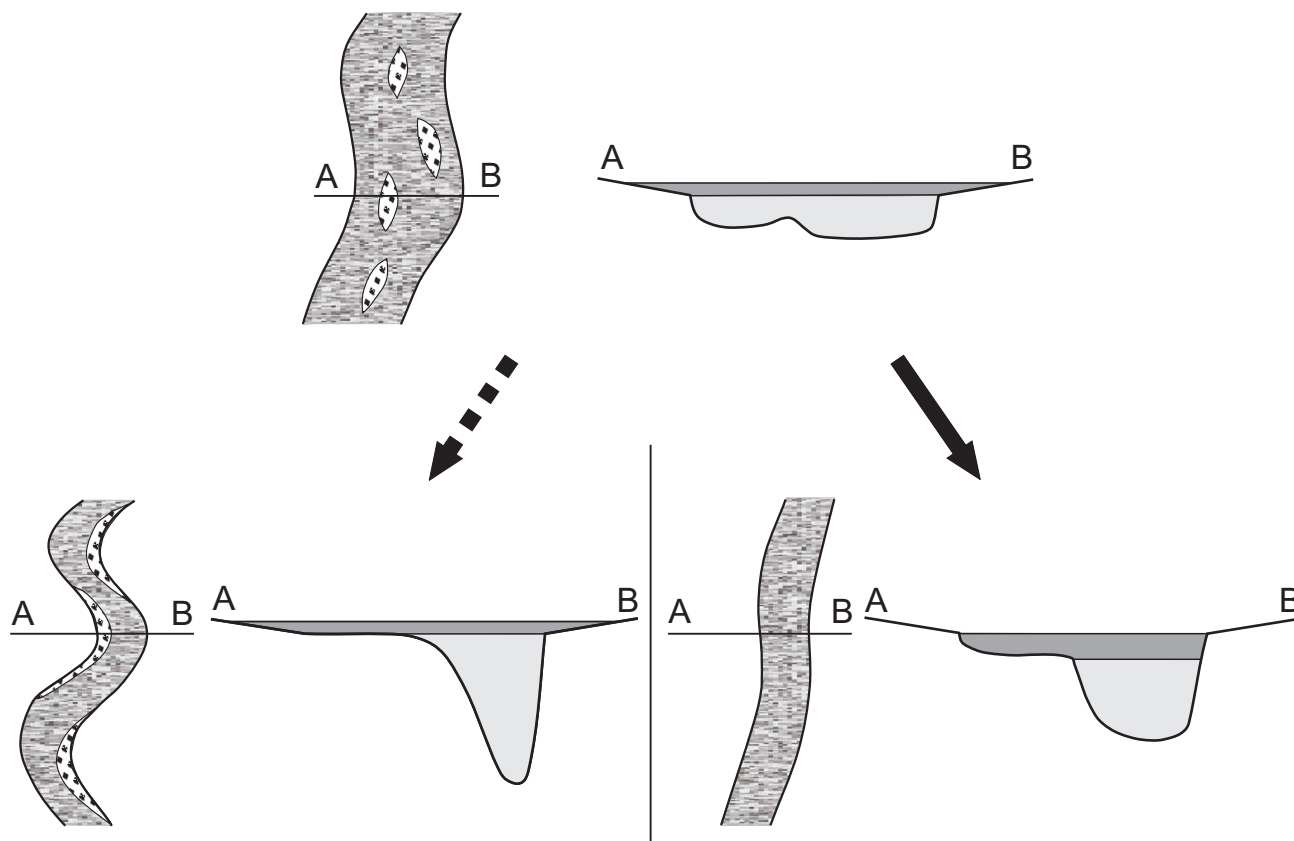
³*Uniwersytet Rolniczy, Katedra Inżynierii Wodnej, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków*

W wielu rzekach z różnych regionów świata stwierdzono tendencję do erozji wgłębnej w ciągu XX w. Niekiedy tendencja ta była wynikiem oddziaływania pojedynczego czynnika zaburzającego stan równowagi dynamicznej, takiego jak regulacja koryta (Brookes 1987), przegrodzenie rzeki zbiornikiem zaporowym (Williams, Wolman 1984) czy eksploatacja żwirów z koryta (Collins, Dunne 1989). Częstsze jednak wydają się sytuacje, gdy wcięcie się rzeki było wynikiem dwóch lub więcej czynników zwiększających jej zdolność transportową lub ograniczających dostępność materiału mogącego podlegać transportowi fluwialnemu (np. Landon i in. 1998, Surian, Rinaldi 2003). Również rzeki polskich Karpat cechowała w XX w. tendencja do erozji wgłębnej (Klimek 1983, Wyźga 1991, 2008). Wcinanie się rzek karpackich było wynikiem zwiększenia ich zdolności transportowej w toku prac regulacyjnych (Wyźga 2001a), ograniczenia dostawy rumowiska do koryt w wyniku zmian gospodarowania w zlewniach (Lach, Wyźga 2002) oraz eksploatacji żwirów z koryt (Rinaldi i in. 2005). Wcięcie się tych rzek spowodowało ujawnienie się w ich korytach i dnach dolin szeregu niekorzystnych następstw (Wyźga 2001a, 2008), spośród których najbardziej rozległe, regionalne znaczenie miało ograniczenie możliwości akumulacji osadów pozakorytowych w dnach dolin (Wyźga 2001b) oraz retencji wód wezbraniowych na obszarach zalewowych, skutkujące wzrostem zagrożenia powodziowego w niższych odcinkach rzek (Wyźga 1997). Z uwagi na istotne znaczenie tych zmian dla gospodarki wodnej, konieczne jest właściwe rozpoznanie wiel-

kości wcięcia się rzek i jego wpływu na hydraulikę przepływów wezbraniowych.

Wielkość wcięcia się rzek w wielu publikacjach określono na podstawie obniżenia się dna koryta, odtworzonego albo na podstawie powtarzanych niwelacji przekroju rzeki, albo porównania wysokości dna współczesnego koryta i dna paleokoryt. Należy jednak pamiętać, że obniżenie się dna koryta może nastąpić albo w wyniku wcięcia się rzeki (ang. channel incision), albo transformacji (ang. river metamorphosis) szerokiego i płytkiego koryta rzeki w koryto wąskie i głębokie, jaka towarzyszy zmianie dominującego typu obciążenia rzeki z dennego na zawieszinowe (Schumm 1969). Jednak tylko w wypadku wcięcia się rzeki zmiana geometrii jej koryta wiąże się ze zmianą jego przepustowości. Jeśli natomiast rzeka ma możliwość swobodnego kształtowania swego koryta, jej dostosowanie się do zmniejszonego obciążenia rumowiskiem następuje poprzez wzrost krętości i zmniejszenie spadku (Schumm 1968), bez istotnej zmiany pojemności koryta oraz wysokości stanów osiągniętych przy określonych przepływach (ryc. 1). Wzrost głębokości koryta jest bowiem wówczas kompensowany zmniejszeniem jego szerokości oraz spadku rzeki. Dopiero gdy równowaga pomiędzy zdolnością transportową rzeki i jej obciążeniem rumowiskiem nie może być osiągnięta w drodze wzrostu krętości rzeki – tak jak ma to miejsce w rzekach, których brzegi są umocnione zabudową regulacyjną – obniżanie się dna koryta pociąga za sobą obniżanie się stanów związanych z określonymi przepływami (ryc. 1), w tym

* e-mail: wyzga@iop.krakow.pl



Ryc. 1. Schemat zmian geometrii koryta oraz poziomu i pionowego zasięgu stanów wezbraniowych zaistniałych w trakcie naturalnej transformacji rzeki o obciążeniu dennym w rzekę o obciążeniu zawieszinowym (przerwana strzałka) oraz regulacji koryta i wcięcia się rzeki (pełna strzałka). Na przekrojach kolorem jasnoszarym zaznaczono zasięg wód przy stanie pełnokorytowym, kolorem ciemnoszarym zasięg wód pozakorytowych

zwłaszcza stanów niskich i średnich. Zatem wskaźką wcięcia się rzeki będzie obniżenie się stanów związanych z określonym przepływem, a nie samo obniżenie się dna koryta.

Obniżenie się minimalnych rocznych stanów rzek w wieloletniu powszechnie wykorzystuje się jako wskaźnik pogłębienia się koryt (np. Punzet 1981, Klimek 1983, Wyźga 1991), a wielkość tego obniżenia się stanów stanowi podstawę określania rozmiarów wcięcia się rzek. Rzeki polskich Karpat wcięły się w ciągu XX w. o 0,5–3,8 m (Wyźga 2008), przy czym w dolnym i środkowym biegu karpaccich dopływów Wisły wielkość pogłębienia się koryt była z reguły

większa niż w górnym biegu tych rzek oraz w ich bekskidzkich i podhalańskich dopływach. Inny obraz wyłania się jednak, gdy dla przekrojów wodowskazowych zamykających zlewnie o różnej wielkości porówna się wpływ dokonanego wcięcia się rzek na przepustowość ich koryt i częstotliwość zatapienia określonego poziomu na dnie doliny. Na podstawie obniżenia się minimalnych rocznych stanów Dunajca na posterunku Żabno w Kotlinie Sandomierskiej (zlewnia o powierzchni 6735 km²) można stwierdzić, że w latach 1925–1998 nastąpiło tu wcięcie się rzeki o 1,17 m. Wraz z wcięciem się rzeki częstotliwość zatapienia określonego poziomu na dnie doliny zmniejsza

Tabela 1. Zmiany wielkości przepływu i okresu powtarzalności jego wystąpienia dla przepływów osiągniętych przy tych samych stanach przed i po okresie szybkiego wcinania się Dunajca na posterunku wodowskazowym Żabno

Żabno						
1925			1998			
Okres powt. [lata]	Przepływ [m ³ /s]	Stan [m n.p.m.]	Przepływ przy tym samym stanie [m ³ /s]	Okres powt. [lata]	Zwiększenie przepływu przy tym samym stanie	
1,5	580	178,98	850	2,1	× 1,5	
2,33	940	180,14	1160	2,9	× 1,2	
5	1700	181,78	1790	5,5	× 1,05	
10	2290	182,78	2320	10,3	× 1,01	

Tabela 2. Zmiany wielkości przepływu i okresu powtarzalności jego wystąpienia dla przepływów osiąganych przy tych samych stanach przed i po okresie szybkiego wcinania się Potoku Kościeliskiego na posterunku wodowskazowym Kiry

Kościelisko-Kiry						
1962				1998		
Okres powt. [lata]	Przepływ [m ³ /s]	Stan [m n.p.m.]	Przepływ przy tym samym stanie [m ³ /s]	Okres powt. [lata]	Zwiększenie przepływu przy tym samym stanie	
1,5	9,6	922,34	39,1	16,3	× 4,1	
2,33	14,4	922,45	49,4	34,0	× 3,4	
5	22,8	922,60	70,0	140,0	× 3,1	
10	32,0	922,73	?	?	?	

szła się w stosunkowo małym stopniu (tab. 1). Na przykład poziom osiągnięty w 1925 r. przez 5-letnie wezbranie w 1998 r. mógł zostać osiągnięty przez przepływ o 5% większy, o okresie powtarzalności 5,5 r. Natomiast na posterunku Kościelisko-Kiry na Potoku Kościeliskim (zlewnia o powierzchni 34,5 km²) w latach 1962–1998 doszło do wcięcia się potoku o 0,37 m. Przy trzykrotnie mniejszej nominalnej wielkości wcięcia się cieku wpływ pogłębienia się koryta na możliwość zatapiania dna doliny był tu znacznie większy niż w dolnym biegu Dunajca (tab. 2). Na przykład stan osiągnięty w 1962 r. przez 5-letnie wezbranie w 1998 r. mógłby zostać osiągnięty przez przepływ ponad trzykrotnie większy, o częstotliwości wystąpienia raz na 140 lat. Z kolei w przekroju wodowskazowym Gólkowice w środkowym biegu Dunajca (zlewnia o powierzchni 2047 km²), gdzie w latach 1925–1998 rzeka wcięła się o 0,53 m, pogłębienie się koryta w umiarkowanym stopniu zwiększyło jego przepustowość. W rezultacie poziom związany w 1925 r. z 5-letnim wezbraniem w 1998 r. mógł zostać osiągnięty przez przepływ o 57% większy, o okresie powtarzalności wystąpienia 17 lat. Powyższe porównanie wskazuje, że w górnym biegu tej i innych rzek karpacczych wpływ pogłębienia się koryt na ich przepustowość i zmniejszenie częstotliwości zatapiania dna doliny był znacznie większy niż w dolnym biegu rzek, gdzie notuje się większe nominalne wielkości wcięcia się rzek.

Wpływ wcięcia się rzeki na zmianę częstotliwości zatapiania dna doliny jest także uzależniony od bocznej stabilności jej koryta w trakcie obniżania się dna (Wyźga 2001b, 2008). Rzeki odwadniające wschodnią część polskich Karpat mają mniejsze spadki i cechują się stosunkowo niską energią przepływów wezbraniowych. Po regulacji, która spowodowała wyprostowanie i zwężenie koryt, rzeki te zachowały stabilną poziomą pozycję w trakcie obniżania się ich dna. Efektem wcięcia się tych rzek było znaczne obniżenie się stanów związanych z niskimi przepływami wezbraniowymi i znacznie mniejsze w przypadku wysokich przepływów wezbraniowych, a także znaczne zmniejszenie prędkości strumienia pozakorytowego.

Natomiast rzeki z zachodniej części polskich Karpat, o większych spadkach i większej energii przepływów wezbraniowych, cechowało w XX w. przemienne występowanie okresów pogłębienia się uregulowanych koryt oraz bocznej migracji koryt następującej po zniszczeniu zabudowy regulacyjnej brzegów. Doprowadziło to do uformowania się wciętych pasów meandrowych, z wąskimi równiami zalewowymi rozwiniętymi wzdłuż wciętych koryt. Efektem tych zmian było znaczne obniżenie się stanów przy wszystkich przepływach wezbraniowych i znaczny wzrost prędkości wód wezbraniowych przenoszonych ponad wąskimi, nisko położonymi równiami zalewowymi.

Wpływ wcięcia się rzeki na hydraulikę przepływów wezbraniowych będzie zatem uzależniony od wielkości rzeki oraz od zmian morfologii obszaru zalewowego towarzyszących pogłębieniu się koryta. Przy takiej samej nominalnej wielkości wcięcia się rzeki zmniejszenie częstotliwości zatapiania dna doliny i utrata możliwości retencjonowania wód wezbraniowych na terenach zalewowych są znacznie większe w górnych biegach rzek oraz tam, gdzie wzdłuż pogłębionych koryt doszło do uformowania się wąskich, nisko położonych równi zalewowych.

Badania sfinansowano ze środków na naukę w latach 2005–2008 w ramach realizacji projektu badawczego nr P 04G 092 29.

Literatura

- Brookes A. 1987. River channel adjustment downstream from channelization works in England and Wales. *Earth Surface Processes and Landforms*, 12: 337–351.
- Collins B., Dunne T. 1989. Gravel transport, gravel harvesting, and channel-bed degradation in rivers draining the southern Olympic Mountains, Washington, USA. *Environmental Geology and Water Science*, 13(3): 213–224.
- Klimek K. 1983. Erozja wgłębna dopływów Wisły na przedpolu Karpat. [W:] Z. Kajak (red.), *Ekologicz-*

- ne podstawy zagospodarowania Wisły i jej dorzecza. PWN, Warszawa–Łódź, s. 97–108.
- Lach J., Wyżga B. 2002. Channel incision and flow increase of the upper Wisłoka River, southern Poland, subsequent to the reafforestation of its catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27: 445–462.
- Landon N., Piégay H., Bravard J.P. 1998. The Drôme river incision (France): From assessment to management. *Landscape and Urban Planning*, 43: 119–131.
- Punzet J. 1981. Zmiany w przebiegu stanów wody w dorzeczu górnej Wisły na przestrzeni 100 lat (1871–1970). *Folia Geographica. Series Geographica Physica*, 14: 5–28.
- Rinaldi M., Wyżga B., Surian N. 2005. Sediment mining in alluvial rivers: physical effects and management perspectives. *River Research and Application*, 21: 805–828.
- Schumm S.A. 1968. River adjustment to altered hydrologic regimen – Murrumbidgee River and paleochannels, Australia. *US Geological Survey Professional Paper*, 598: 1–65.
- Schumm S.A. 1969. River metamorphosis. *Journal of Hydraulic Division, American Association of Civil Engineers*, 95: 255–273.
- Surian N., Rinaldi M. 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50: 307–326.
- Williams G.P., Wolman M.G. 1984. Downstream effects of dams on alluvial rivers. *US Geological Survey Professional Paper*, 1286: 1–83.
- Wyżga B. 1991. Present-day downcutting of the Raba River channel (Western Carpathians, Poland) and its environmental effects. *Catena*, 18: 551–566.
- Wyżga B. 1997. Methods for studying the response of flood flows to channel change. *Journal of Hydrology*, 198: 271–288.
- Wyżga B. 2001a. A geomorphologist's criticism of the engineering approach to channelization of gravel-bed rivers: case study of the Raba River, Polish Carpathians. *Environmental Management*, 28: 341–358.
- Wyżga B. 2001b. Impact of the channelization-induced incision of the Skawa and Wisłoka Rivers, southern Poland, on the conditions of overbank deposition. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17: 85–100.
- Wyżga B. 2008. A review on channel incision in the Polish Carpathian rivers during the 20th century. [W:] H. Habersack, H. Piégay, M. Rinaldi (red.), *Gravel-Bed Rivers VI: From Process understanding to River Restoration*. Elsevier, Amsterdam, s. 525–555.