INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH

Nr 4/2/2006, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 129–139
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Zbigniew Popek

WPŁYW RENATURYZACJI RZEKI NA WARUNKI RUCHU RUMOWISKA WLECZONEGO

Streszczenie

W pracy przedstawiono procedurę obliczania parametrów przepływu wody oraz natężenia transportu rumowiska wleczonego w małej rzece nizinnej z dnem piaszczystym, w której w wyniku procesu renaturyzacji zmieni się szorstkość skarp koryta. W obliczeniach wykorzystano wyniki badań terenowych oporów przepływu i ruchu rumowiska wleczonego, przeprowadzone w naturalnym korycie rzeki Zagożdżonki, na terenie zlewni badawczej Katedry Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW. Koryto rzeki na odcinku badawczym charakteryzuje się następującymi parametrami: szerokość koryta przy poziomie wody brzegowej – 3 ÷ 4 m, szerokość dna – 2 ÷ 3 m, głębokość maksymalna – 0,6 ÷ 0, 7 m, spadek podłużny – około 1 ‰, materiał denny stanowi piasek o średnicy d_{50} = 0,41 mm. W badaniach własnych określono funkcję wleczenia, uzależniając jednostkowe natężenie ruchu rumowiska q_r od średniej prędkości V przepływu wody w przekroju poprzecznym koryta. Na podstawie obliczeń porównawczych intensywności wleczenia stwierdzono dużą zgodność wyników badań własnych z wynikami uzyskanymi ze wzoru Bagnolda. Obie funkcje wykorzystano więc do wykonania obliczeń prognostycznych wleczenia w korycie rzeki uregulowanej, przyjmując założenie, że warunki przepływu w naturalnej rzece Zagożdżonce można uznać za docelowy stan koryta poddanego procesowi renaturyzacji. Stwierdzono, że w korycie o tych samych wymiarach i reżimie przepływu, w wyniku renaturyzacji nastąpi wzrost intensywności wleczenia, co spowoduje erozję wgłębną koryta. W celu niedopuszczenia do erozji w korycie renaturyzowanym konieczne jest zapewnienie takiej samej intensywności wleczenia, co można uzyskać przez zastosowanie dwudzielnego przekroju poprzecznego lub jednodzielnego o większej szerokości dna niż posiada koryto uregulowane.

Słowa kluczowe: Renaturyzacja koryta rzecznego, ruch rumowiska wleczonego, obliczenia prognostyczne

WSTĘP

Jednym z zasadniczych celów renaturyzacji jest przywracanie rzekom uregulowanym zróżnicowanej morfologii koryta, którą można uzyskać między innymi przez ukształtowanie bardziej krzywoliniowego układu poziomego trasy rzeki, przekrojów poprzecznych o zmiennym kształcie i wymiarach, wprowadzenie różnorodnej roślinności. Czynniki te wpływają na zmniejszenie się spadku podłużnego rzeki oraz wzrost oporów przepływu. Konieczne jest zatem przeprowadzenie obliczeń prognostycznych w celu określenia wpływu przewidywanych zmian morfologicznych koryta na zmiany warunków przepływu wody i transportu rumowiska wleczonego. W obliczeniach tych należy korzystać z zależności empirycznych, które jednakże wymagają wcześniejszego sprawdzenia, czy mogą być stosowane w warunkach rozpatrywanej rzeki. W szczególnych przypadkach konieczne jest porównanie rezultatów obliczeń prognostycznych z wynikami badań laboratoryjnych na modelach hydraulicznych renaturyzowanego odcinka rzeki, zwłaszcza tam, gdzie ze względu na intensywne zagospodarowanie doliny nie można dopuścić do utraty stabilności koryta i pogorszenia się warunków bezpieczeństwa powodziowego. Jako przykład takiego postępowania można wymienić projekty renaturyzacji rzeki Izary w Monachium oraz rzeki Salzach na odcinku granicznym między Niemcami a Austrią. Założenia projektowe dla odcinków tych rzek oraz wyniki obliczeń numerycznych były sprawdzane w kilku wariantach na modelach hydraulicznych w Instytucie Gospodarki Wodnej Uniwersytetu Wojskowego w Monachium, co pozwoliło na wskazanie najlepszego z proponowanych rozwiązań [Hartmann 1999; Otto 1999; Wieprecht 1999; Żelazo, Popek 2002].

CEL PRACY

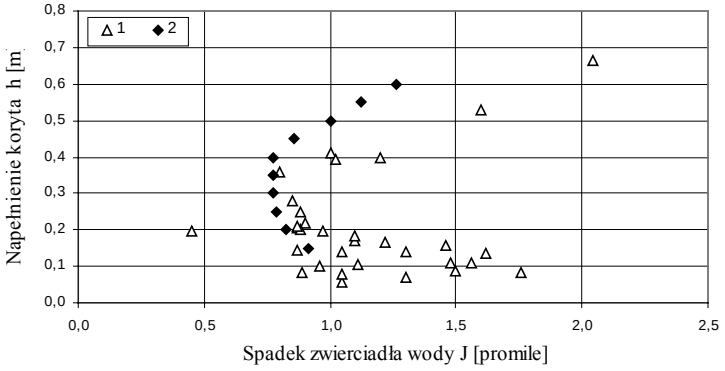
Celem pracy jest określenie wpływu zmian warunków przepływu wody, związanych z renaturyzacją koryta na zmiany intensywności transportu piaszczystego rumowiska wleczonego w małej rzece nizinnej. W tym celu wykorzystano wyniki badań terenowych wykonanych w naturalnym korycie rzeki Zagożdżonki [Popek 2006]. Przyjęto założenie, że warunki przepływu wody i transportu rumowiska wleczonego w badanej rzece można uznać za docelowy stan koryta poddanego procesowi renaturyzacji. Założono ponadto, że koryto uregulowane posiada zbliżone parametry przekroju poprzecznego do występujących w korycie naturalnym, natomiast oba koryta będą istotnie różniły się pod względem szorstkości skarp.

WYNIKI BADAŃ TERENOWYCH

Badania ruchu rumowiska wleczonego prowadzone są w korycie rzeki Zagożdżonki, w przekroju zlokalizowanym powyżej przekroju wodowskazowego Czarna, na terenie zlewni badawczej Katedry Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW. Koryto rzeki na odcinku badawczym charakteryzuje się następującymi parametrami: szerokość koryta przy poziomie wody brzegowej – 3 ÷ 4 m, szerokość dna – 2 ÷ 3 m, głębokość maksymalna – 0,6 ÷ 0,7 m, spadek podłużny – około 1‰, materiał denny stanowi piasek o średnicy d_{50} = 0,41 mm.

Zasadniczym elementem stanowiska do pomiaru wleczenia jest w tzw. łapacz rumowiska, wyposażony w aparaturę do ciągłego pomiaru i automatycznej rejestracji ciężaru rumowiska gromadzącego się w zbiornikach łapacza. W sposób ciągły są mierzone i rejestrowane również stany wody w przekroju stanowiska oraz w przekroju wodowskazowym Czarna, wyposażonym w przelew pomiarowy.

W latach 1999–2004 wykonywano także okresowe pomiary hydrometryczne do określenia zmienności prędkości i natężeń przepływu oraz spadków zwierciadła wody przy różnych napełnieniach koryta. Na rysunku 1 pokazano zależność wyrównanego spadku zwierciadła (na odcinku 30 m powyżej stanowiska pomiarowego) od napełnienia koryta.



Rysunek 1. Zależność $J = f(h)$: 1 – wg pomiarów [Popek 2005], 2 – wg obliczeń dla koryta uregulowanego

Figure 1. Correlation $J = f(h)$: 1 – from measurements in natural river [Popek 2005], 2 – based on results of calculation for regulated river-bed

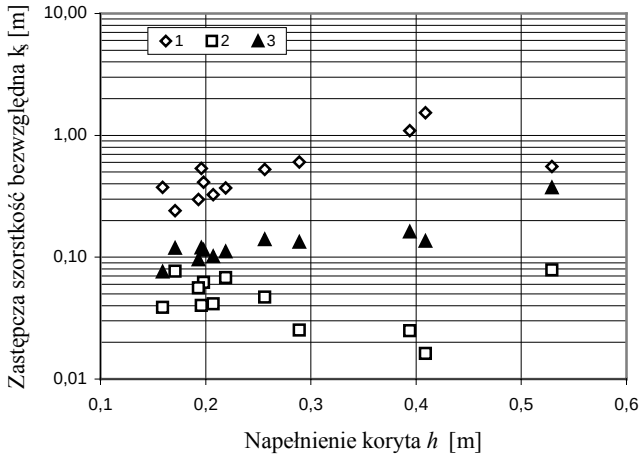
Punkty na wykresie (rys. 1) układają się w kształcie litery „C", tj. względnie duże spadki występują zarówno przy małych, jak i dużych napełnieniach koryta (w okresie wezbrań). Jest to efekt zmiennych oporów przepływu, na które przy małych napełnieniach wpływa przede wszystkim pofałdowanie dna, natomiast przy dużych napełnieniach – oddziaływanie skarp koryta [Popek 2005].

W badaniach stwierdzono również, że występuje duża zgodność między zmierzonymi prędkościami średnimi w przekroju poprzecznym koryta a prędkościami obliczonymi ze wzoru Darcy-Weisbacha, w którym wartość współczynnika oporu [–], obliczono ze wzoru Ajvazjana [Żelazo 1992]:

$$\lambda = 0{,}02 + 106J \tag{1}$$

gdzie: J – spadek zwierciadła wody, [–].

Zgodnie z założeniem Einsteina [Dąbkowski i in. 1982], na podstawie pomierzonego rozkładu prędkości w przekroju poprzecznym można określić opory przepływu na dnie i skarpach koryta. Na rysunku 2 pokazano zmienność zastępczej szorstkości bezwzględnej, k_s, określonej dla skarp (k_{ss}), dna (k_{sd}) i całego przekroju, na podstawie pomiarów wykonanych przy różnych napełnieniach koryta.



Rysunek 2. Zależność $k_s = f(h)$: 1 – dla skarp (k_{ss}), 2 – dla dna (k_{sd}), 3 – dla przekroju poprzecznego koryta [Popek 2002]
Figure 2. Correlation $k_s = f(h)$: 1 – for bank slopes (k_{ss}), 2 for bottom (k_{sd}), 3 – for cross-section of river-bed [Popek 2002]

Na wykresie (rys. 2) widać wyraźnie, że przy h = 0,3–0,4 m opory na dnie są najmniejsze – jest to strefa ruchu rumowiska w postaci zmarszczek. Zarówno przy mniejszych, jak i większych napełnieniach wpływ ukształtowania dna na opory przepływu jest większy. Z rysunku 2. wynika również, że opory przepływu związane ze skarpami koryta wzrastają wraz ze wzrostem napełnienia. Jedynie ostatni punkt (przy h = 0,53 m) ma znacznie mniejszą wartość k_{ss} – jest to związane ze zmniejszonym nachyleniem skarp w rzece Zagożdżonce przy poziomach wody zbliżonych do wody brzegowej.

Pomiary intensywności wleczenia, wykonane w warunkach przepływu *quasi*-ustalonego (zmiany natężenia przepływu w kolejnych krokach czasowych $\Delta Q \le \pm 10\%$), pozwoliły na określenie zależności między natężeniem wleczenia, q_r [m^3·s^{-1}·m^{-1}] a średnią prędkością, V, w przekroju poprzecznym koryta [Popek 2006]:

$$q_r = a + bV + cV^2 \ln V + \frac{d}{\ln V} + \frac{e}{V} \tag{2}$$

gdzie: a, b, c, d, e – współczynniki liczbowe: a = 9,981·10^{-5}, b = – 6,430·10^{-3}, c = – 8,237·10^{-3}, d = – 1,202·10^{-3}, e = – 1,818·10^{-5}.

Na podstawie analizy wyników obliczeń intensywności wleczenia stwierdzono, że najlepszą zgodność z wynikami badań własnych daje wzór Bagnolda [Bartnik, Michalik 2000; Michalik 2000]:

$$\frac{q_r}{q_r^*} = \left(\frac{\omega - \omega_0}{(\omega - \omega_0)^*} \right)^{3/2} \left(\frac{h}{h^*} \right)^{-2/3} \left(\frac{d}{d^*} \right)^{-1/2} \tag{3}$$

gdzie: q_r – jednostkowe natężenie wleczenia, [kg·s^{-1}·m^{-1}]; $\omega = \tau_d \cdot V$ – jednostkowa moc strumienia, [kg·s^{-1}·m^{-1}]; $\tau_d = \rho_w h J$ – naprężenie styczne w jednostkach masowych, [kg·m^{-2}]; $\omega_0 = \tau_{gr} V$ – wartość graniczna, zależna od τ_{gr} – granicznego naprężenia stycznego i prędkości przepływu, V; h – głębokość wody, [m]; d – średnica rumowiska wleczonego, [m]; parametry oznaczone gwiazdkami są wartościami stałymi: $q_r^* = 0{,}1$ kg·s^{-1}·m^{-1}, $(\omega - \omega_0)^* = 0{,}5$ kg·s^{-1}·m^{-1}, $h^* = 0{,}1$ m, $d^* = 0{,}0011$ m.

W warunkach rzeki Zagożdżonki stwierdzono, że ukształtowanie i szorstkość brzegów ma istotny wpływ na opory przepływu w przekroju poprzecznym oraz oddziaływanie strumienia na dno koryta.

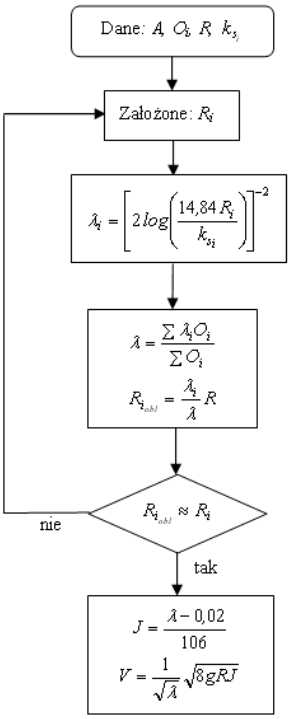
Z tego względu we wzorze (3) zastąpiono głębokość wody, h, promieniem hydraulicznym R_d – odnoszącym się do dna koryta. Ponadto naprężenie graniczne, τ_{gr}, określano według zależności autora, ustalonej na podstawie badań laboratoryjnych materiału korytowego pobranego z rzeki Zagożdżonki [Popek, Marisch 2004; Popek 2006].

WYNIKI OBLICZEŃ PORÓWNANWCZYCH

W obliczeniach porównawczych przyjęto założenie, że naturalne koryto rzeki Zagożdżonki może stanowić „model" docelowego stanu rzeki poddanej zabiegom renaturyzacyjnym. W związku z tym obliczenia wykonano dla koryta o tych samych wymiarach przekroju poprzecznego (szerokość dna 1,75 m, nachylenie skarp 1:1) i z tym samym materiałem na dnie (d_{50} = 0,41 mm). Przyjęto, że opory związane z przemieszczaniem się form dennych będą zmieniały się podobnie jak w korycie naturalnym. Z tego względu, na podstawie wyników badań terenowych, przyjęto podobne wartości zastępczej szorstkości bezwzględnej dla dna k_{sd} (rys. 2). Zmniejszono natomiast odpowiednie wartości dla skarp k_{ss}, gdyż w korycie uregulowanym skarpy zwykle mają jednakowe i stałe nachylenie, są także słabiej pokryte roślinnością. W tabeli 1, dla założonych głębokości wody h = 0,1–0,6 m i wielkości k_{ss} i k_{sd} podano wyniki obliczeń pozostałych parametrów przepływu. W obliczeniach do określenia wartości promieni hydraulicznych dla dna, R_d, i dla skarp, R_s, zastosowano procedurę iteracyjną, której schemat pokazano na rysunku 3 [Popek, Żelazo 1995]. Warto zauważyć, że obliczone wartości spadków zwierciadła w korycie uregulowanym zmieniają się w podobny sposób jak w korycie naturalnym (rys. 1).

Dla określonych parametrów przepływu, według wzorów (2) i (3) obliczono następnie natężenie wleczenia w korycie uregulowanym (tab. 2), przy czym ze względu na potrzebną zgodność jednostek, wartości q_r obliczone ze wzoru autora (2) przeliczono na [kg·s^{-1}·m^{-1}].

Na rysunku 4 pokazano porównanie zależności $q_r = f(Q)$, określonej na podstawie obliczeń (tab. 1 i 2) oraz pomiarów terenowych w naturalnym korycie rzeki Zagożdżonki [Popek 2006].



Rysunek 3. Schemat obliczania wartości parametrów przepływu
Figure 3. Schema of calculation of the flow parameter values

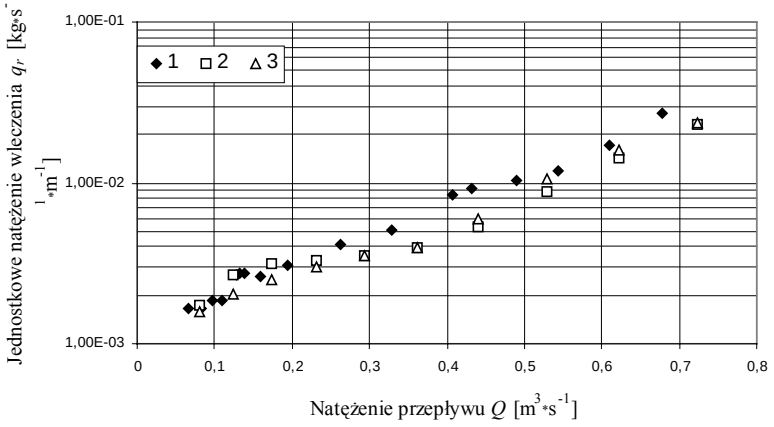
Tabela 1. Wyniki obliczeń parametrów przepływu w korycie uregulowanym
Table 1. Calculation results of the flow parameters in regulated river-bed

h [m]	k_{ss} [m]	k_{sd} [m]	R [m]	R_s [m]	R_d [m]	λ [–]	J [‰]	V [m·s^{-1}]	Q [m^3·s^{-1}]
0,15	0,10	0,050	0,131	0,162	0,124	0,117	0,914	0,284	0,081
0,20	0,15	0,045	0,168	0,233	0,148	0,107	0,823	0,319	0,124
0,25	0,20	0,040	0,203	0,300	0,165	0,103	0,784	0,348	0,174
0,30	0,25	0,035	0,237	0,361	0,176	0,102	0,772	0,375	0,231
0,35	0,30	0,030	0,268	0,420	0,182	0,102	0,771	0,399	0,294
0,40	0,35	0,025	0,298	0,475	0,185	0,102	0,776	0,422	0,363
0,45	0,40	0,030	0,328	0,506	0,197	0,111	0,856	0,446	0,441
0,50	0,45	0,050	0,356	0,517	0,225	0,126	1,00	0,471	0,530
0,55	0,50	0,070	0,383	0,534	0,248	0,139	1,13	0,493	0,623
0,60	0,55	0,100	0,409	0,547	0,276	0,154	1,26	0,513	0,724

Tabela 2. Wyniki obliczeń parametrów transportu rumowiska wleczonego w korycie uregulowanym
Table 2. Calculation results of the bedload transport parameters in regulated river-bed

h [m]	τ_d [kg·m^{-2}]	τ_{gr} [kg·m^{-2}]	ω [kg·s^{-1}·m^{-1}]	ω_o [kg·s^{-1}·m^{-1}]	q_r wg (3) [kg·s^{-1}·m^{-1}]	q_r wg (2)[1)] [kg·s^{-1}·m^{-1}]
0,15	0,113	0,0525	0,0321	0,0149	$1{,}58\cdot10^{-3}$	$1{,}75\cdot10^{-3}$
0,20	0,122	0,0528	0,0387	0,0168	$2{,}03\cdot10^{-3}$	$2{,}67\cdot10^{-3}$
0,25	0,129	0,0531	0,0451	0,0185	$2{,}51\cdot10^{-3}$	$3{,}15\cdot10^{-3}$
0,30	0,136	0,0534	0,0510	0,0200	$3{,}03\cdot10^{-3}$	$3{,}33\cdot10^{-3}$
0,35	0,141	0,0535	0,0562	0,0214	$3{,}53\cdot10^{-3}$	$3{,}49\cdot10^{-3}$
0,40	0,143	0,0536	0,0605	0,0226	$3{,}97\cdot10^{-3}$	$3{,}96\cdot10^{-3}$
0,45	0,169	0,0544	0,0754	0,0243	$5{,}95\cdot10^{-3}$	$5{,}37\cdot10^{-3}$
0,50	0,226	0,0557	0,106	0,0262	$1{,}07\cdot10^{-2}$	$8{,}73\cdot10^{-3}$
0,55	0,280	0,0567	0,138	0,0279	$1{,}61\cdot10^{-2}$	$1{,}43\cdot10^{-2}$
0,60	0,348	0,0576	0,179	0,0296	$2{,}37\cdot10^{-2}$	$2{,}29\cdot10^{-2}$

1) Wartości przeliczone z [m^3·s^{-1}·m^{-1}] na [kg·s^{-1}·m^{-1}]



Rysunek 4. Zależność $q_r = f(Q)$: 1 – wg badań w korycie naturalnym, 2, 3 – wartości obliczone dla koryta uregulowanego: 2 – wg równania (2), 3 – wg równania (3)
Figure 4. Relationship $q_r = f(Q)$: 1 – from field investigation in natural river-bed, 2, 3 – calculated values for regulated river-bed: 2 – by using equation (2), 3 – by using equation (3)

Z wykresu na rysunku 4 wynika, że w korycie naturalnym natężenie wleczenia jest wyraźnie większe, zwłaszcza w strefie przepływów wód wielkich, tj. w zakresie od Q = 0,3 $m^3 \cdot s^{-1}$ (~ 4·*SSQ*; *SSQ* – przepływ średni roczny) do Q = 0,5 $m^3 \cdot s^{-1}$ (~ 7·*SSQ*). Oznacza to, że zachowując te same wymiary koryta po renaturyzacji jakie miało koryto uregulowane, w wyniku wzrostu szorstkości skarp należy liczyć się z erozją wgłębną dna. Jeżeli chcemy zachować stabilność dna, należy poszerzyć przekrój poprzeczny koryta renaturyzowanego, a najlepiej wykonać go jako dwudzielny, aby zmniejszyć oddziaływanie strumienia na dno w czasie przepływów wód wielkich.

Podobne jakościowo wyniki obliczeń uzyskał Mertens [1997], który analizował wpływ renaturyzacji rzeki poprzez wprowadzanie roślinności wysokiej na skarpy, przy zachowaniu tych samych wymiarów geometrycznych przekroju poprzecznego koryta. Mertens wykonał obliczenia porównawcze dla koryta o szerokości dna 4 m, głębokości 2 m i nachyleniu skarp 1:1. Stwierdził on, że przy stałym natężeniu przepływu, w wyniku wzrostu szorstkości skarp nastąpi wzrost spadku zwierciadła wody z 0,5‰ do 0,63‰. Wzrost spadku spowoduje wzrost naprężenia stycznego na dnie. W efekcie zwiększy się natężenie ruchu rumowiska wleczonego z q_r = 0,094 $kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$ do q_r = 0,1 $kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$, w wyniku czego koryto pogłębi się o 0,4 m. Również Hey i Thorne [1986] na podstawie badań terenowych stwierdzili, że koryta rzek na odcinkach z wysoką i gęstą roślinnością brzegową są głębsze i mają większy spadek podłużny. Podobne wnioski wynikają z badań wykonanych na naturalnych i uregulowanych odcinkach rzeki Wkry [Wasilewicz, Popek 2005] oraz z badań laboratoryjnych [Żelazo, Popek 2002].

WNIOSKI

1. W wyniku renaturyzacji koryt rzecznych wzrastają opory przepływu, co skutkuje zmianą wielu parametrów charakteryzujących warunki przepływu wody i transportu rumowiska wleczonego.

2. Jeżeli wymiary koryta i reżim przepływu nie ulegną zmianie, to wzrost szorstkości skarp spowoduje wzrost spadków zwierciadła wody, napełnień koryta i oddziaływania strumienia na dno. Przy stałym natężeniu przepływu nastąpi wówczas wzrost natężenia wleczenia, co spowoduje erozję wgłębną koryta.

3. W projektach renaturyzacji rzeki konieczne jest zatem sprawdzenie nie tylko przepustowości koryta, ale również warunków transportu rumowiska wleczonego.

4. Uzyskano dużą zgodność wyników obliczeń porównawczych wykonanych według zależności autora (2) i Bagnolda (3). Daje to podstawę do stwierdzenia, że obie zależności mogą być stosowane w obliczeniach prognostycznych, w warunkach małych rzek nizinnych z dnem piaszczystym, gdzie oddziaływanie brzegów istotnie wpływa na opory przepływu.

BIBLIOGRAFIA

Bartnik W., Michalik A. *Rozwój badań ruchu rumowiska wleczonego i ich praktyczna weryfikacja.* Mat. XX Ogólnopolskiej Szkoły Hydrauliki, Kraków–Ustroń–Jaszowiec, Komitet Gospodarki Wodnej Pan, Gdańsk 2000.

Dąbkowski Sz. L., Skibiński J., Żbikowski A. *Hydrauliczne podstawy projektów wodno- melioracyjnych.* PWRiL, Warszawa 1982.

Hartman S. *Physical model of the Salzach River*. Sediment Transport Course, Warsaw, May 10–14.1999.

Hey R.D., Thorne C.R. *Stable channels with mobile gravel beds*. Journal of Hydraulic Division, Vol. 112, HY 8, 1986, s. 671–689.

Mertens W. *Alteration of river morphology due to vegetation on slopes and flood plains*. International Journal of Sediment Research, Vol. 12, No 3, 1997, s. 343–352.

Michalik A.. *Bedload transport in mountain rivers – measurements and results*. Proceedings of 10th Int. Conf. on Transport and Sedimentation of Solid Particles. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 382, 2000, s. 41–58.

Otto A.J. *Numerical investigattion of the lower Salzach River.* Sediment Transport Course, Warsaw, May 10–14.1999.

Popek Z. (red). *Transport rumowiska w czasie wezbrań w małych zlewniach nizinnych* - Raport końcowy projektu badawczego KBN nr P06H 08117. Maszynopis, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW, Warszawa 2002.

Popek Z. *Flow resistances in small alluvial lowland river-bed*. Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW, Land Reclamation No 36, 2005, s. 55–63.

Popek Z. *Warunki ruchu rumowiska wleczonego w małej rzece nizinnej*. Rozprawy Naukowe i Monografie, nr 200, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2006.

Popek Z., Marisch K. *Naprężenia graniczne w korycie otwartym z płaskim dnem piaszczystym.* Acta Scientiarum Polonorum – Architectura, 3 (1), 2004, s. 37–53.

Popek Z., Żelazo J. *Analiza wpływu roślinności brzegowej na warunki przepływu w korycie rzeki.* Zeszyty Naukowe Akademi Rolniczej we Wrocławiu, Konferencje X (Tom 1), nr 270, 1995, s. 157–166.

Wasilewicz M., Popek Z. *Charakterystyka rozmieszczenia dominujących gatunków roślin w aspekcie zróżnicowania morfologicznego koryta na przykładzie wybranych odcinków rzeki Wkry.* Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 507, 2005, s. 531–540.

Wieprecht S. *Application of physical models.* Sediment Transport Course, Warsaw, May 10–14.1999.

Żelazo J. *Badania prędkości i oporów przepływu w naturalnych korytach rzek nizinnych*. Rozprawy Naukowe i Monografie, nr 149, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1992.

Żelazo J., Popek Z. *Podstawy renaturyzacji rzek*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.

Dr hab. inż. Zbigniew Popek
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Wojciech Bartnik*

Zbigniew Popek

RIVER RESTORATION INFLUENCE ON BEDLOAD TRANSPORT CONDITIONS

SUMMARY

In the paper is presented the procedure of calculation of the water flow parameters and bedload transport in the small lowland river-bed with a sandy bottom, in which the bank slopes will change roughness by restoration process. In calculation the results of field investigation of flow resistances and bedload transport were used, which were carried out in the natural Zagożdżonka River, located in research catchment of Dept. Hydraulic Engineering and Environment Recultivation Warsaw Agricultural University. The river-bed on investigated reach have following parameters: width of bed at bankfull level – 3 ÷ 4m, bottom width – 2 ÷ 3m, maximal depth – 0.6 ÷ 0.7m, longitudinal slope – about 1‰, bed material – sand with medium size d_{50} = 0.41mm. Based on results of field investigations the bedload function was established, in which bedload specific rate q_r depends on average flow velocity V in river cross-section. The comparison's calculation of bedload transport show good agreement of results obtained from Bagnold's and own bedload functions. For prognostic calculations of bedload transport in regulated river-bed both functions were used. In calculation assumption was made that flow conditions in natural Zagożdżonka River can characterize final state of regulated river-bed after restoration process. It was found that in river-bed with the some dimensions and flow regime the restoration process will cause increasing of bedload rate and erosion of river bottom. In order to not allow river-bed erosion the compound cross-section should be used in restorated river-bed or single cross but with wider bottom then in regulated one.

Key words: small lowland river, riverbed restoration, changes of bedload