

Adam KOZIOŁ

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW
Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Analiza wyników obliczeń przepustowości doliny rzecznej w warunkach występowania roślinności wysokiej Analysis of discharge calculation in river valley overgrown by high vegetation

Słowa kluczowe: koryta wielodzielne, przepustowość, roślinność

Key words: compound channel, discharge, vegetation

Wprowadzenie

Warunki przepływu wody w korytach rzecznych kształtowane są pod wpływem chropowatości powierzchni dna i skarp koryta, form dennych, układu w planie, transportu rumowiska i porastających przekrój roślin. W złożonym przekroju poprzecznym naturalnego koryta występuje wyraźne zróżnicowanie zbiorowisk roślinnych. Powyżej poziomu zwierciadła wody brzegowej występują trawy, krzewy i drzewa. Oceny przepustowości takich koryt muszą więc uwzględniać obecność w przekroju koryta roślinności niskiej (traw), średniej (trzciny i krzewów) oraz wysokiej (drzew). Naturalne zróżnicowanie geometrii koryta, chropowatości powierzchni i sposobu rozmieszczenia roślinności w korycie oznacza prak-

tycznie konieczność uwzględnienia w obliczeniach przepustowości koryta coraz większej liczby parametrów. Nie istnieją jeszcze metody obliczeń, które pozwoliłyby uwzględnić jednocześnie wszystkie te elementy. Pojawiająca się dodatkowa ilość drzew i krzewów w terenie zalewowym powoduje zwiększenie oporów przepływu, a w przyszłości przyczyni się do powstania zatorów lub niedopuszczalnego spiętrzenia wielkich wód, co potwierdzają badania modelowe.

Z punktu widzenia ochrony przed powodzią w dolinie rzecznej powinny być zapewnione dogodne warunki do szybkiego odpływu wód wezbraniowych (Mosiej i Ciepeliowski 1992). Wiąże się to z poprawą przepustowości koryta rzecznoego przez rozbudowę jego przekroju lub oczyszczenie terenów zalewowych z roślinności lub innej zabudowy. Całkowita czy częściowa likwidacja zadrzewień i zakrzewień może nie zapewnić odpowiednich warunków przepływu. Wtedy należy

zmienić rozstawę obwałowania koryta. Rozszerzenie przekroju pozwala na pozostawienie odcinków z nienaruszoną roślinnością, ale wiąże się z większymi kosztami. Na etapie projektowania ochrony przeciwpowodziowej doliny należy uwzględnić występującą w przekroju koryta roślinność wysoką i odpowiednio zwiększyć rozstawę wałów. Celem artykułu jest obliczeniowa analiza przepustowości koryta z uwzględnieniem występujących w jego terenie zalewowym drzew i skupisk krzewów. Pokazano, jak wpływa na zmianę przepustowości koryta zmniejszenie powierzchni krzewów, a jak – liczby skupisk roślinności.

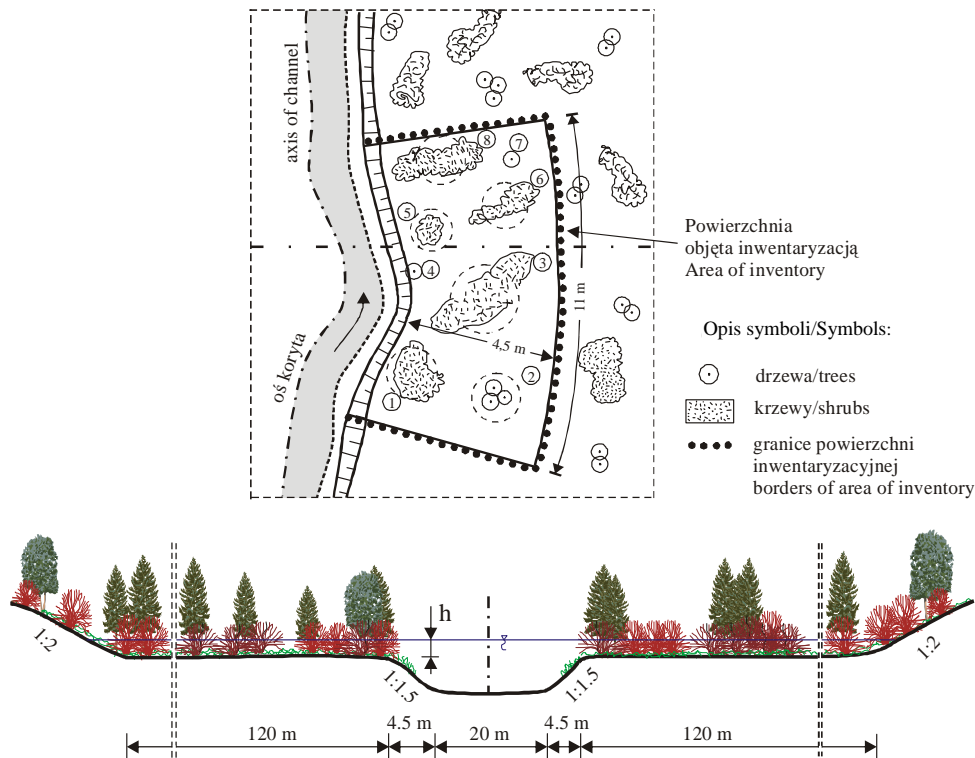
Przykłady obliczeń

Do określenia wpływu roślinności wysokiej na przepustowość koryta wielodzielnego wybrano odcinek koryta z przekrojem poprzecznym przedstawionym na rysunku 1.

Wielodzielny przekrój poprzeczny koryta (rys. 1) składa się z koryta głównego i dwóch terenów zalewowych. Założono, że na obu terenach zalewowych występuje podobna struktura roślinności. Wymiary koryta i granica obszaru wybranego do inwentaryzacji roślinności przedstawiono na rysunku 1. Spadek podłużny koryta głównego i terenów zalewowych jest równy $i = 1\%$. Absolutne chropowatości powierzchni (k_s) przyjęto odpowiednio równe: dna koryta – 0,05 m, skarp koryta głównego – 0,15 m, a dla terenów zalewowych – 0,25 m (DVWK 1991).

Obliczenia przepustowości koryta wykonano metodą przedstawioną w

wytycznych hydraulicznych obliczeń przepustowości koryt wielodzielnych przy występowaniu roślinności wysokiej opracowanej przez Związek Inżynierów Gospodarki Wodnej i Inżynierii Środowiska w Niemczech (DVWK 1991, Koziół i in. 1996, Kubrak i Koziół 2000). Weryfikację wspomnianej metodyki obliczeń na podstawie wyników pomiarów laboratoryjnych prowadzono w Katedrze Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (Koziół 1999). W celu kreślenia średnich parametrów roślinności porastającej skarpy koryta i tereny zalewowe dokonano inwentaryzacji roślinności tych obszarów. Podstawą hydraulicznych obliczeń przepustowości koryt z uwzględnieniem roślinności jest przyjęcie, że opory przepływu przy opływie naturalnie zróżnicowanej roślinności są takie same, jak przy równomiernie rozmieszczonej roślinności o stałych parametrach geometrycznych, takich jak średnica drzew i zastępcza średnica krzewów obliczonych na podstawie inwentaryzacji (Pasche 1984). Występująca w przykładzie roślinność składa się z krzewów, drzew, trzcin i traw. Do inwentaryzacji roślinności wybrano powierzchnię terenu zalewowego o wymiarach 4,5 m na 11 m (rys. 1). Następnie dokonano obmiaru średnic wszystkich drzew i krzewów i określono pola powierzchni ich podstawy. Dalej obliczono średnią powierzchnię przekroju roślin, zastępczą średnicę skupisk roślin (d_p) oraz średnią rozstawę roślin w kierunku przepływu (a_x) i poprzecznym do niego (a_y) – tabela 1. Sposób określania zastępczej średnicy drzew i krzewów oraz średniej rozstawy



RYSUNEK 1. Wielodzielny przekrój poprzeczny koryta i obszar terenu zalewowego wybrany do inwentaryzacji roślinności: h – głębokość wody w terenie zalewowym
 FIGURE 1. Chosen compound channel's cross section and the floodplain area for inventorying vegetation: h – depth of water in a floodplain

roślin wykorzystywanych w obliczeniach przepustowości terenów zalewowych opisano w pracy Kozioła (2003).

W celu zilustrowania wpływu roślinności wysokiej na przepustowość wielodzielnego koryta wykonano następujące przykłady obliczeń (dane w tab. 1):

Przykład A: brak roślinności w przekroju poprzecznym koryta. Przykład ten ilustruje przepustowość koryta bez roślinności.

Przykład B: na terenach zalewowych koryta występują drzewa i skupiska krzewów pokazane na rysunku 2a. Zastępcze parametry roślin ustalono na

podstawie inwentaryzacji zestawiono w tabeli 1.

Przykład C: zmniejszono o 33% powierzchnię krzewów w stosunku do przykładu B (rys. 2b).

Przykład D: zmniejszono o 50% powierzchnię krzewów w stosunku do przykładu B (rys. 2b).

Przykład E: zmniejszono o 70% powierzchnię krzewów w stosunku do przykładu B (rys. 2b).

Przykład F: zmniejszono o 38% liczbę skupisk roślinności w stosunku do przykładu B (rys. 2c).

TABELA 1. Charakterystyki skupisk roślin w przykładach
TABLE 1. Characteristics of the plants' groups in examples

Lp. No	Rośliny/Plants	Przykład/Example					
		B	C	D	E	F	G
		pole przekroju krzewów lub drzew [m ²] area of cross section shrubs or trees					
1	krzewy/shrubs	0,80	0,52	0,40	0,20	–	–
2	drzewa/trees	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
3	krzewy/shrubs	2,45	1,60	1,00	0,50	2,45	2,45
4	drzewa/trees	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1	–
5	krzewy/shrubs	0,20	0,13	0,10	0,10	–	0,20
6	krzewy/shrubs	0,65	0,40	0,30	0,25	–	–
7	drzewa/trees	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
8	krzewy/shrubs	1,65	1,00	0,80	0,30	1,65	–
		Powierzchnia roślin w powierzchni inwentaryzacyjnej Area of plants on area of inventory					
		100%	67%	50%	30%	74%	49%
	Liczba skupisk roślin Number of plant groups	8	8	8	8	5	4
	d_p [m]	1,00	0,82	0,71	0,55	1,09	0,99
	a_v [m]	2,84	2,84	2,84	2,84	3,59	4,01
	a_v [m]	2,18	2,18	2,18	2,18	2,76	3,09

Przykład G: zmniejszono o 50% liczbę skupisk roślinności w stosunku do przykładu B (rys. 2d).

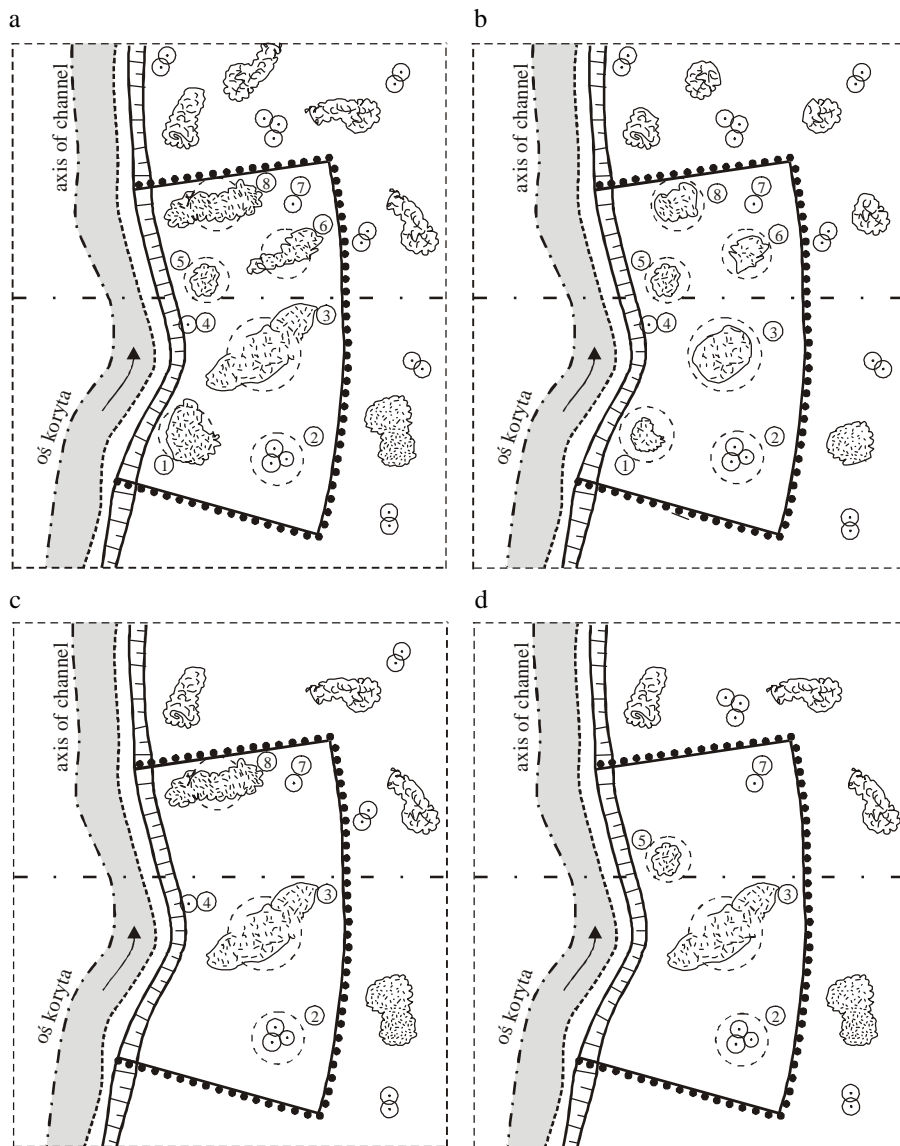
Wyniki obliczeń

Na rysunku 3 porównano krzywe natężenia przepływu w korycie wielodzielnym z terenami zalewowymi bez roślinności (przykład A) i z roślinnością wysoką (przykład B) oraz procentowe zmniejszenie przepływu w korycie pod wpływem roślinności. Z rysunku 3 wynika, że występowanie roślinności wysokiej w terenach zalewowych przekroju koryta wywołuje istotne zmniejszanie jego przepustowości. Różnice w obliczonych natężeniach przepływu w korytach bez roślinności i z roślinnością rosną wraz ze wzrostem głębokości. Występowanie roślinności w terenie zalewowym w przykładzie B spowodowało

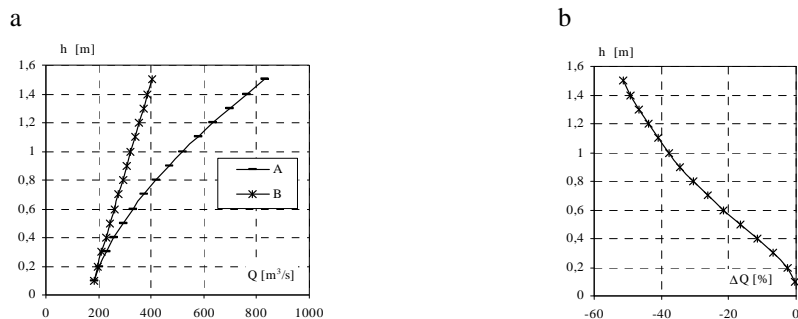
wało przy głębokości $h = 1,2$ m zmniejszenie całkowitego natężenia przepływu mniej więcej o 44% w stosunku do koryta bez roślinności (przykład A).

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki obliczeń natężenia przepływu w korycie z drzewami i krzewami w terenie zalewowym (przykłady od B do G) oraz procentowe zmiany przepływu względem przykładu B, a na rysunku 5 przedstawiono wyniki obliczeń natężenia przepływu na terenach zalewowych oraz procentowe różnice przepływu względem przykładu B.

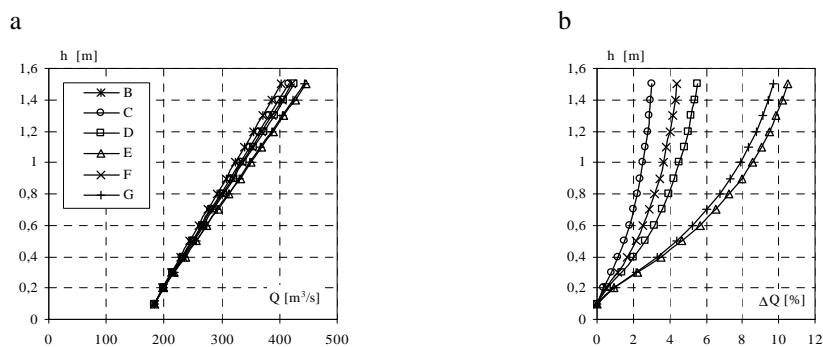
Procentowe różnice natężenia przepływu dla przykładów od C do G w stosunku do przepustowości z przykładu B zestawiono w tabeli 2. Zmniejszenie o 33 i 50% powierzchni krzewów (przykład C i D) względem przykładu B przy głębokości $h = 1,2$ m wywołuje wzrost natężenia przepływu jedynie mniej więcej o 3 i 5%.



RYSUNEK 2. Roślinność na powierzchni inwentaryzacyjnej terenu zalewowego: a – przykład B, b – przykłady C, D, E, c – przykład F, d – przykład G
 FIGURE 2. Vegetation on the inventory area of the floodplain: a – example B, b – examples C, D, E, c – example F, d – example G



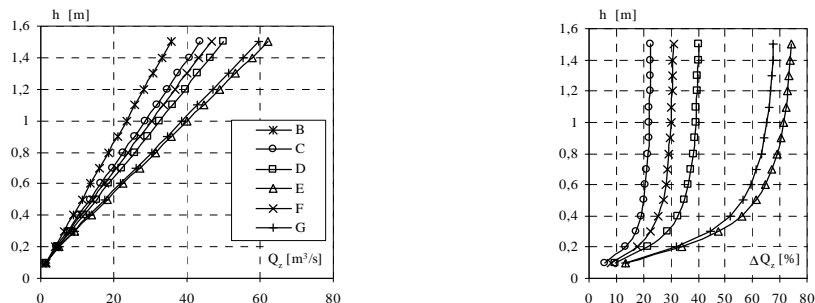
RYSUNEK 3. Krzywe natężenia przepływu (Q) w korycie o wielodzielnym przekroju (a) oraz procentowe zmniejszenie natężenia przepływu pod wpływem roślinności w przykładzie A i B (b)
 FIGURE 3. Discharge curve (Q) in a compound channel (a) and percentages discharge's decrease under the influence of vegetation in example A and B (b)



RYSUNEK 4. Krzywe natężenia przepływu (Q) w korycie o wielodzielnym przekroju (a) oraz procentowy wzrost przepływu wskutek zmniejszenia roślinności w przekroju w stosunku do przykładu B (b)
 FIGURE 4. Discharge curves (Q) in a compound channel (a) and percentages discharge's increase under the influence of vegetation reduction in relation to example B (b)

a

b



RYSUNEK 5. Krzywe natężenia przepływu (Q_z) na terenie zalewowym (a) oraz procentowy wzrost natężenia przepływu wskutek zmniejszenia roślinności w przekroju w stosunku do przykładu B (b)
 FIGURE 5. Discharge curves (Q_z) on a floodplain (a) and the discharge's percentages increase under influence of vegetation reduction in relation to example B (b)

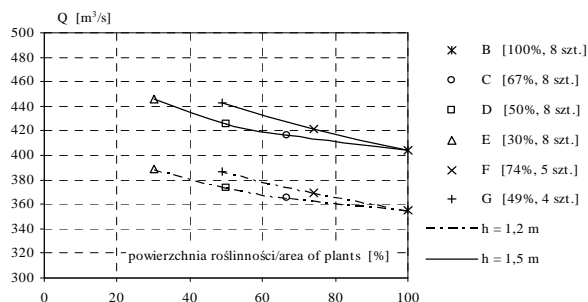
TABELA 2. Wyniki obliczeń natężenia przepływu w korycie
 TABLE 2. Results of discharge calculations in a channel

Opis/Description	Przykład/Example					
	B	C	D	E	F	G
Redukcja powierzchni krzewów Reduction of the shrubs' area	–	–33%	–50%	–70%	–	–
Redukcja ilości skupisk roślinności Reduction of plant groups	–	–	–	–	–38%	–50%
Liczba skupisk roślin Number of plant groups	8	8	8	8	5	4
Powierzchni roślin w powierzchni inwentaryzacyjnej Area of plants on area of inventory	100%	67%	50%	30%	74%	49%
Lokalizacja Localization	ΔQ [%] względem przykładu 2 dla $h = 1,2$ m ΔQ [%] in relation to example 2 for $h = 1,2$ m					
W całym korycie In whole channel	–	+3	+5	+10	+4	+9
W terenach zalewowych In floodplains	–	+22	+40	+73	+30	+66

Natomiast przy zmniejszeniu o 70% powierzchni roślinności w przykładzie E wystąpił wzrost natężenia przepływu mniej więcej o 10% w stosunku do przykładu B. Redukcja powierzchni roślinności w przekroju spowodowała wzrost natężenia przepływu na terenach zalewowych w przykładzie C, D i E odpowiednio o 22, 40 i 73%. W przykładzie F i G zredukowano o 38 i 50% liczbę skupisk roślinności, co spowodowało zwiększenie całkowitego natężenia przepływu odpowiednio o 4 i 9%. Na terenach zalewowych w przykładzie F wystąpił wzrost przepływu o 30%, a w przykładzie G o 66%. Z porównania wyników obliczeń przepływu w przykładach D i G, gdzie powierzchnia roślin w przekroju jest o 50% mniejsza wynika, że w przykładzie G natężenie przepływu na terenie zalewowym wzra-

sta o 26%, a całkowite natężenie przepływu w korycie rośnie o prawie 4%. Redukcja nawet o 70% powierzchni roślinności wysokiej w przekroju poprzecznym powoduje tylko kilkuprocentowe zwiększenie natężenia przepływu w korycie.

Na rysunku 6 przedstawiono zmienność natężenia przepływu w korycie wielodzielnym w funkcji powierzchni roślinności na terenie zalewowym przy głębokościach $h = 1,2$ m i $h = 1,5$ m. W przykładzie E i G (rys. 6) otrzymano zbliżone wartości natężenia przepływu w korycie. Przy zmniejszeniu o 70% powierzchni roślin w przykładzie E oraz przy zmniejszeniu o 50% liczby skupisk w przykładzie G stwierdzono zmniejszenie powierzchni roślin tylko o 51%. Z rysunku 6 wynika, że korzystniejsza jest redukcja liczby skupisk roślinności niż zmniejszanie powierzchni skupisk.



RYSUNEK 6. Zmienność natężenia przepływu (Q) w korycie o wielodzielnym przekroju z roślinnością w terenie zalewowym względem koryta bez roślinności (przykład B)
 FIGURE 6. Discharge variation (Q) in a compound channel with vegetation on the floodplain in relation to compound channel without vegetation (example B)

Podsumowanie

Uzyskane wyniki obliczeń umożliwiają analizę przepustowości koryt w warunkach zróżnicowanego stopnia pokrycia powierzchni skarp i terenów zalewowych drzewami i krzewami. Występowanie roślinności wysokiej na terenach zalewowych znacząco zmniejsza przepustowość wielodzielnego przekroju koryta. Nawet 70-procentowe zmniejszenie powierzchni roślinności w przekroju powoduje tylko kilkuprocentowe zwiększenie całkowitego natężenia przepływu. Jak wynika z obliczeń, jedynie redukcja ilości skupisk roślinności w terenie zalewowym wywołuje wyraźne zwiększenie przepustowości całego koryta. Całkowite lub częściowe usunięcie krzewów i drzew z powierzchni dolin powoduje wzrost prędkości przepływu w przekroju, obniżenie stanów, lecz także wzrost zagrożenia stabilności dna koryta. Konserwacja obszarów w dolinach rzek, zwłaszcza w strefie największego zagrożenia i na terenach obwałowanych, powinna być wykonywana konsekwentnie, szczególnie w stosunku do samosiewek roślinności drzewiastej i krzewiastej. Wszystkie działania, zmierzające do zachowania istniejącej roślinności w nowych projektach zagospodarowania koryt i dolin powinny być poparte wynikami obliczeń.

Literatura

- DVWK 220 1991: *Hydraulische Berechnung von Fließgewässern*. Hamburg.
KOZIOŁ A. 1999: Badania laboratoryjne warunków przepływu w korytach o złożonych

przekrojach poprzecznych porośniętych roślinnością wysoką. Rozprawa doktorska, SGGW, Warszawa.

- KOZIOŁ A. 2003: Określenie geometrycznych parametrów roślinności wykorzystywanych w obliczeniach przepustowości terenów zalewowych. *Gospodarka Wodna* 8: 324–327.
KOZIOŁ A. i inni 1996: Obliczanie przepustowości koryt wielodzielnych porośniętych roślinnością wysoką. *Gospodarka Wodna* 12: 363–368.
KUBRAK J., KOZIOŁ A. 2000: Porównanie wyników badań i obliczeń przepustowości koryta o przekroju dwudzielnym z drzewami w terenie zalewowym. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska* 19: 3–14.
MOSIEJ K., CIEPIEŁOWSKI A. 1992: Ochrona przed powodzią. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
PASCHE E. 1984: *Turbulenzmechanismen in naturnahen Fließgewässern und die Möglichkeit ihrer mathematischen Erfassung*. Dysertacja RWTH, Aachen.

Summary

Analysis of discharge calculation in river valley overgrown by high vegetation. The influence of shrubs and trees growing on the floodplain was based on results of the discharge calculation. The discharges in described examples were calculated assuming the decrease of shrubs' surface and concentration of vegetation. All the calculations of discharges were based on the guidelines of hydraulic applied by Union of Engineers of Water Management and Engineering Environment in German (DVWK 220).

Author's address:

Adam Kozioł
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska,
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159
Poland

