

WPLYW ZACIENIENIA PRZEZ DRZEWA I KRZEWY NA ZMIANY WARUNKÓW PRZEPLYWU W KORYCIE RZEKI NIZINNEJ

Tomasz Kałuża

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wpływu zacielenia koryta rzeki przez drzewa i krzewy na zmiany warunków przepływu na wybranym odcinku rzeki Wełny. Do badań wybrano sąsiadujące ze sobą przekroje (jeden w niewielkim zagajniku, drugi na terenie otwartym, pozbawionym zadrzewień i zakrzaceń). Na podstawie pomiarów terenowych określono wielkość przepływu i rozkłady prędkości w przekrojach. Dodatkowo wyznaczono spadek zwierciadła wody oraz opracowano krzywe uziarnienia materiału dna cieku. W ramach badań zmierzono indeks LAI roślinności w zagajniku oraz określono ilość i skład gatunkowy makrofitów występujących w badanych przekrojach. Na podstawie wyników badań określono wpływ zacielenia koryta przez roślinność porastającą pasy brzegowe na kształtowanie geometrii i oporów przepływów w korycie cieku.

Słowa kluczowe: zacielenie koryta rzeki, warunki przepływu, współczynnik szorstkości

WSTĘP

Drzewa i krzewy są naturalnym składnikiem krajobrazu dolin rzecznych. Czynniki mające wpływ na bogactwo roślinności otaczającej koryta i tereny zalewowe rzek nizinnych to dużo mniejsza prędkość przepływu wody, większa szerokość doliny zalewowej oraz proces meandrowania rzek i odcinania starorzeczy. Charakter roślinności w bezpośrednim sąsiedztwie koryta cieku oraz terenów zalewowych zależy od rodzaju użytkowania, poziomu wód gruntowych oraz częstotliwości występowania zalewów. Obszar nieużytkowany rolniczo to zazwyczaj teren, który porasta las łęgowy. Podział lasu łęgowego wg Matuszkiewicza [2001] na typy dla siedliska o charakterze niżowym jest następujący: łąg jesionowo-wiązowy, łąg jesionowo-olszowy, łąg wiązowy z fiołkiem wonnym, łąg olszowy gwiazdnicowy. Tereny z roślinnością nieleśną są to zazwy-

Adres do korespondencji – Corresponding Author: dr hab. inż. Tomasz Kałuża, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94A, 60-649 Poznań, e-mail: tomasz.kaluza99@gmail.com.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2015

czaj rozmaite typy łąk i pastwisk, a w miejscach wilgotniejszych szuwały turzycowe lub roślinność torfowisk niższych. Roślinność porastająca brzegi i tereny zalewowe znacząco oddziałuje na kształtowanie warunków przepływu. Oprócz oczywistego wpływu czynników bezpośrednich na opory przepływu podczas przepływów wód wielkich (np. rumowisko, formy denne, lokalne przeszkody), istotny jest także udział czynników pośrednich, np. poprzez cieniowanie koryta rzeki i hamowanie rozwoju roślinności wodnych. Zmiany te przekładają się również na morfologię koryta i rozkłady prędkości [Florek 2006, Radecki-Pawlik 2011].

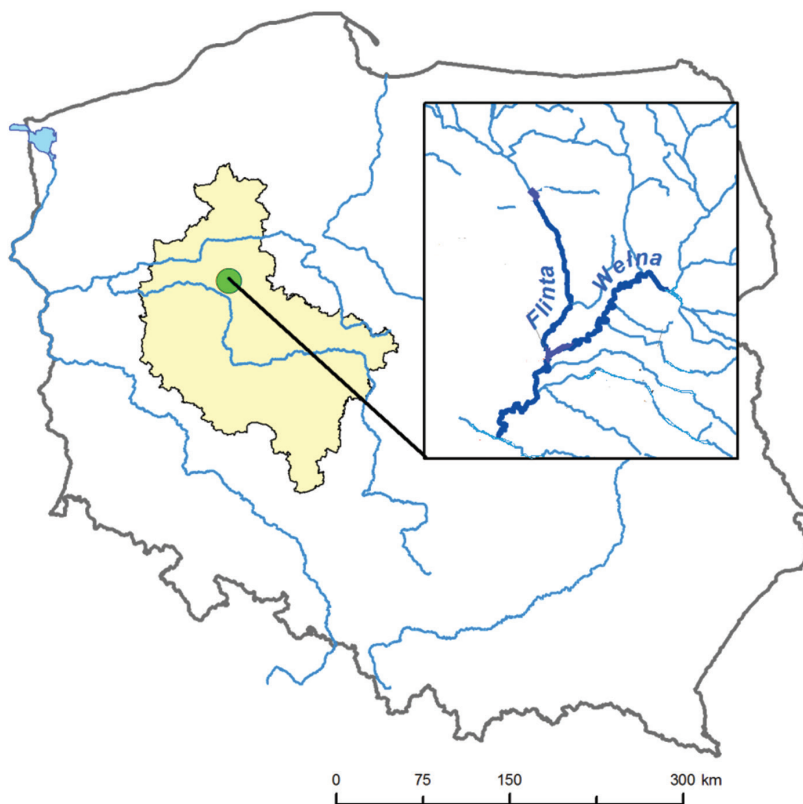
Celem pracy było określenie wpływu roślinności porastającej brzegi rzeki Wełny na zmiany warunków przepływu na stosunkowo krótkim odcinku rzeki. Badania wykonano w pełni sezonu wegetacyjnego. Pomiarów terenowych polegały na ocenie zarówno parametrów hydrometrycznych cieków, jak i ilości oraz składu gatunkowego roślinności porastającej dno cieków. Na podstawie wyników badań określono wpływ zacienienia koryta przez roślinność porastającą brzegi Wełny na kształtowanie geometrii i oporów przepływów w korycie cieków.

METODYKA BADAŃ

Badania terenowe przeprowadzono w dniach 11–12 lipca 2014 na rzece Wełnie (ryc. 1). Wełna to prawy dopływ Warty. Jej długość wynosi 118 km, a powierzchnia zlewni 2621 km². Ciek wypływa z jeziora Wierzbiczany położonego w odległości 10 km na północny wschód od Gniezna. Wełna jest typem rzeki nizinnej. W celu przeprowadzenia badań należało wytypować odcinek rzeki, gdzie między terenem zadrzewionym a terenem bez drzew i krzewów nie będą występować zbiorniki naturalne czy sztuczne, budowle wodne oraz dopływy innych cieków, gdyż elementy te mogłyby mieć wpływ na zakłócenie przepływu między poszczególnymi przekrojami. Na podstawie analizy map, zdjęć lotniczych i rozpoznania w terenie wybrano odcinek rzeki w pobliżu miejscowości Cotoń. W miejscu tym Wełna wyznacza granicę między powiatem gnieźnieńskim i powiatem żnińskim, a jednocześnie granicę między województwami wielkopolskim i kujawsko-pomorskim.

Wytypowany do badań odcinek rzeki Wełny znajduje się na terenie Nadleśnictwa Gniezno, Leśnictwo Kowalewko, obręb Popowo Podleśne. Wełna w tym miejscu przepływa przez oddział leśny nr 32 o powierzchni 40,52 ha. W Nadleśnictwie Gniezno pozyskano opis taksacyjny i mapę gospodarczo-przeładową dla tego terenu. Z analizy opisów i mapy wynika, że prawy brzeg badanego odcinka rzeki graniczy z pododdziałem 32a o powierzchni 0,17 ha. Powierzchnię stanowi pastwisko VI klasy według systemu bonitacyjnego użytków zielonych. Drzewostan i krzewy występują w sąsiedztwie rzeki. Dominującym gatunkiem jest olsza czarna (*Alnus glutinosa*). Wiek tego drzewostanu wynosi 69 lat. Występujące na tym terenie krzewy to wierzba szara (*Salix cinerea*).

Przy lewym brzegu znajduje się pododdział 32c o powierzchni 7,7 ha. Stanowi on graniczący z rzeką pas bagien o szerokości około 50 m. Drzewostan tu występujący to olsza czarna, a dominującym krzewem jest wierzba szara. W dalszej odległości od brzegu znajduje się pododdział 32d o powierzchni 12,35 ha. Jest to las mieszany z przewagą dębu i sosny. Widok na odcinek rzeki w trakcie przeprowadzania badań przedstawia ryc. 2.



Ryc. 1. Lokalizacja zlewni rzeki Welny
 Fig. 1. Location of Welna River catchment

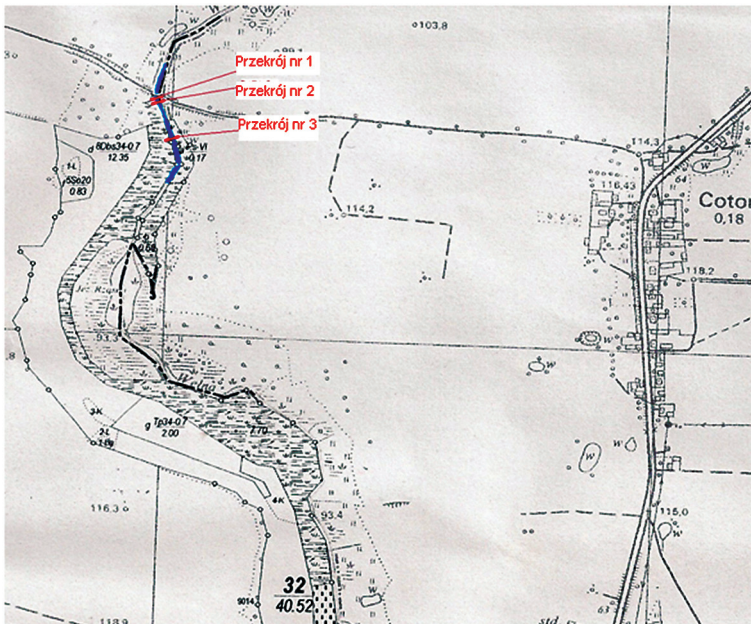
Na wybranym odcinku wyznaczono 3 przekroje pomiarowe. Przekroje nr 1 i nr 2 wyznaczono w miejscach bez drzew i krzewów, natomiast przekrój nr 3 w miejscu z brzegami zadrzewionymi i zakrzewionymi. Odległość między przekrojem nr 1 a przekrojem nr 2 wynosi 13 m. Natomiast odległość między przekrojami nr 2 i 3 to 80 m. Położenie przekrojów zaznaczono na mapie przeglądowo-gospodarczej obrębu Popowo Podleśne (ryc. 3).

W poszczególnych przekrojach wykonano pomiary przepływu. Do tego celu został użyty miniaturowy prądomierz ADCP StreamPro (ryc. 4).

Dla każdego przekroju wykonano pomiary geodezyjne polegające na wyznaczeniu rzędnych wysokościowych zwierciadła wody, dła i brzegów, zmierzeniu szerokości koryta oraz określeniu nachylenia skarp. Uzyskane wyniki pomiarów posłużyły do wykonania rysunków przekrojów poprzecznych koryta, a następnie do obliczenia obwodu zwilżonego O , promienia hydraulicznego R_h i spadku zwierciadła wody I . Do pomiarów geodezyjnych wykorzystano niwelator optyczny oraz urządzenie TOPCON GRS-1 (GIS), co w znacznym stopniu ułatwiło dokonanie pomiarów geodezyjnych. W przekroju nr 3, gdzie występowały gęste zadrzewienia i zakrzewienia, wykonano pomiar indeksu LAI na obu brzegach rzeki. Pomiar wykonano urządzeniem LAI 2000.



Ryc. 2. Widok na miejsce przeprowadzenia badań na rzece Welna
Fig. 2. The view of the measurement section of the Welna River



Ryc. 3. Lokalizacja przekrojów pomiarowych na rzece Welna na mapie leśnej
Fig. 3. The location of the measurement section of the Welna River on the forest map

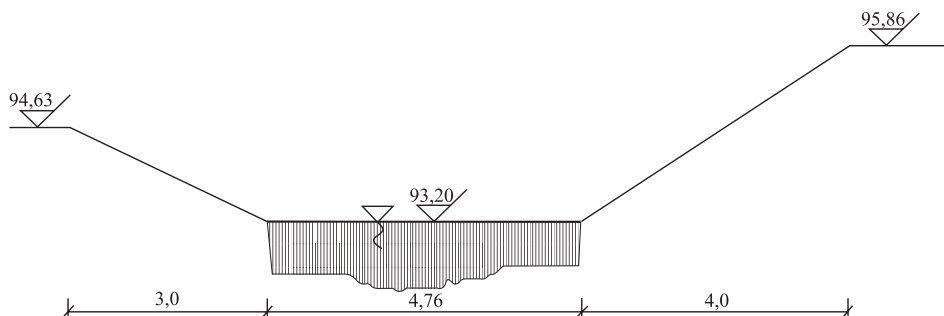


Ryc. 4. Pomiar natężenia przepływu i rozkładu prędkości w przekroju nr 3 wykonany za pomocą profilomierza dopplerowskiego (ADCP) StreamPro

Fig. 4. Measurement of flow and field velocities through a cross section 3 using a Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) StreamPro

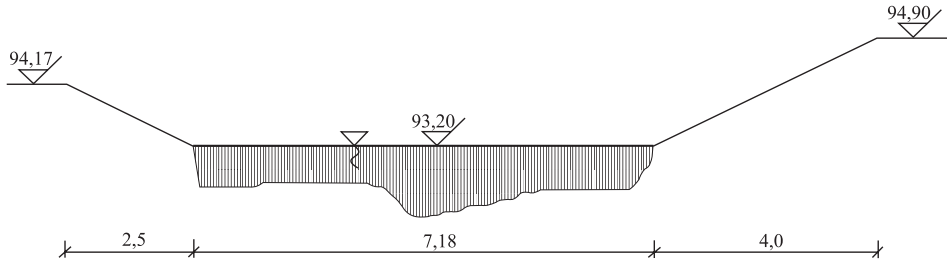
WYNIKI I ICH ANALIZA

Wyniki pomiarów przepływu z miniaturowego prądomierza ADCP StreamPro zostały opracowane w programie WinRiverII [Kościński i Kasprzak 2005]. Na tej podstawie określono wartość przepływu, układu dna w przekrojach i rozkład prędkości. Na podstawie wyników z ADCP i pomiarów geodezyjnych wykonano rysunki przekrojów poprzecznych rzeki. Rysunki wykonano w programie AutoCad (ryc. 5–7).



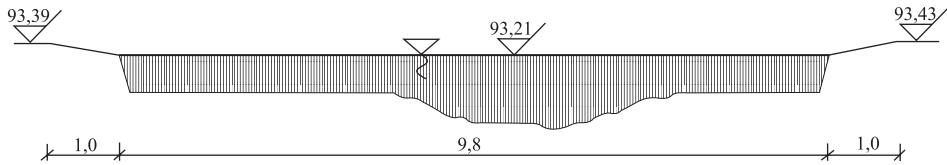
Ryc. 5. Przekrój poprzeczny nr 1

Fig. 5. Cross section 1



Ryc. 6. Przekrój poprzeczny nr 2

Fig. 6. Cross section 2



Ryc. 7. Przekrój poprzeczny nr 3

Fig. 7. Cross section 3

Na potrzeby dalszych obliczeń, na podstawie powyższych rysunków obliczono dla każdego przekroju obwód zwilżony O i powierzchnię przekroju A . Podczas pomiarów wysokości rzędnych zwierciadła wody okazało się, iż spadek zwierciadła jest na tyle mały, że nie było możliwe wyznaczenie spadku na odcinku między przekrojami poprzecznymi. Dla wyznaczenia spadku zwiększono odległość między wykonanymi pomiarami wysokości rzędnych zwierciadła wody do odległości 550 m. Na odcinku o tej długości uzyskano wynik średniego spadku hydraulicznego $I = 0,18\%$.

Pomiar indeksu LAI wykonano na brzegach rzeki (ryc. 8). Zgodnie z przyjętą metodyką [Kałuża 2009, Kałuża i Strzeleński 2009], pierwszy pomiar wykonano na otwartym terenie bez roślinności (pomiar referencyjny), a 12 następnych przy brzegach rzeki, gdzie występowały drzewa i krzewy. Dla brzegu prawego uzyskano wynik współczynnika ulistowienia LAI $3,03 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, dla brzegu lewego $3,06 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$.

W każdym z trzech przekrojów przy użyciu grabi ogrodniczych wygrabiono dno w celu określenia gatunku roślinności dennej (ryc. 9). Szerokość pasa wygrabionego dna wynosiła około 1 m. Za pomocą wagi zważono próbki roślin. Dla przekroju nr 1 waga pozyskanych roślin wynosiła 0,9 kg, a dla przekroju nr 2 1,25 kg. W przekroju nr 3, z racji dużego zacielenia, nie stwierdzono obecności roślinności dennej. Pobrano również próbki roślinności pływającej i porastającej brzegi koryta. Oznaczenie gatunkowe próbek wykonano w Katedrze Ekologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Wyniki rozpoznania gatunków roślin dla poszczególnych przekroi przedstawia tabela 1.



Ryc. 8. Pomiar indeksu LAI
Fig. 8. Measuring of the index LAI



Ryc. 9. Próbkę roślinności dennej
Fig. 9. Samples of river bottom vegetation

Tabela 1. Gatunki roślin w poszczególnych przekrojach pomiarowych
Table 1. Plant species in the different sections of the measurement

Przekrój Cross section	Roślinność denną Bottom vegetation	Roślinność pływająca Floating vegetation	Roślinność szuwarowa Rush vegetation
1	Rdestnica grzebieniasta (<i>Potamogetan pectinatus</i>)	Żabiściek pływający (<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>), Spirodela wielokorzeniowa (<i>Spirodela polyrhiza</i>)	Jeżogłówka gałęzista (<i>Sparganium erectum</i>)
2	Rdestnica grzebieniasta (<i>Potamogetan pectinatus</i>)	Żabiściek pływający (<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>), Spirodela wielokorzeniowa (<i>Spirodela polyrhiza</i>)	Jeżogłówka gałęzista (<i>Sparganium erectum</i>), Trzcina pospolita (<i>Phragmites australis</i>)
3	Brak roślinności Lack of vegetation	Brak roślinności Lack of vegetation	Jeżogłówka gałęzista (<i>Sparganium erectum</i>)

Z dna rzeki pobrano próbki rumowiska. Próbki gruntu zostały poddane analizie sitowej w celu określenia składu granulometrycznego. Analizę sitową wykonano dla próbek z przekrojów nr 1 i nr 2. Próbką z przekroju nr 3 nie nadawała się do bezpośredniego wykonania badania metodą sitową ze względu na znaczną zawartość materii organicznej. Wyniki analizy sitowej przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wyniki analizy sitowej gruntu z dna rzeki
Table 2. The results of sieve analysis of soil from the riverbed

Zawartość cząstek o średnicy większej niż: The content of particles having a diameter greater than: mm	Próbka nr 1 Sample 1 %	Próbka nr 2 Sample 2 %
2,5	2,66	2,24
1,25	4,23	3,82
1,0	2,39	1,42
0,5	13,82	10,63
0,25	49,16	49,51
0,1	23,56	29,74
0,071	2,84	1,9
> 0,071	1,34	0,74

Obliczenia wskaźnika różnoziarności gruntu C_u i wskaźnika krzywizny C_c .
Przekrój nr 1:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,4}{0,03} = 13$$

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} = \frac{0,25^2}{0,03 \cdot 0,4} = 5,2$$

Przekrój nr 2:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,4}{0,16} = 2,5$$

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} = \frac{0,27^2}{0,16 \cdot 0,4} = 1,8$$

Dla próbki nr 1 otrzymano wynik wskaźnika różnoziarnistości C_u kwalifikujący grunt jako różnoziarnisty ($5 \leq C_u \leq 15$). Wskaźnik krzywizny uziarnienia C_c wskazuje na grunt słabo uziarniony. Dla próbki nr 2 otrzymane C_u odpowiada gruntowi równoziarnistemu ($1 \leq C_u \leq 5$). Wartość C_c odpowiada wartości z przedziału dla gruntów dobrze uziarnionych ($C_c = 1-3$). Poszczególne próbki spalano w piecu w celu określenia zawartości materii organicznej. Uzyskano następujące wyniki:

- Próbka nr 1 – 2,61% MO
- Próbka nr 2 – 2,35% MO
- Próbka nr 3 – 26,48% MO

Wartość procentowego udziału materii organicznej w próbce nr 3 jest znacznie większa niż w próbkach nr 1 i 2. Jest to spowodowane tym, że próbka nr 3 została pobrana z przekroju rzeki, w którym na obu brzegach rosły drzewa i krzewy. Obumierające części roślin wpadają do wody i osiadają na dnie.

Dla poszczególnych przekrojów poprzecznych obliczono średni współczynnik szorstkości, korzystając ze wzoru Manninga [Kubrak i Nachlik 2003]. Otrzymane wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki obliczeń współczynnika szorstkości i prędkości
Table 3. The results of calculation of the roughness and velocity

Przekrój – Cross section	Przepływ – Flow Q $m^3 \cdot h^{-1}$	Pole powierzchni Cross-sectional area A , m^2	Obwód zwilżony Wetted perimeter O , m	Promień hydrauliczny Hydraulic radius R , m	Spadek hydrauliczny Hydraulic slope I	Prędkość średnia Mean velocity v $m \cdot s^{-1}$	Współczynnik szorstkości Roughness coefficient n $m^{-1/3} \cdot s^{-1}$
1	0,74	3,91	7,28	0,537	0,00018	0,19	0,0470
2	0,74	4,69	8,454	0,555	0,00018	0,16	0,0572
3	0,74	6,63	10,79	0,614	0,00018	0,11	0,0866

Podczas wykonywania pomiarów w terenie zwierciadło wody znajdowało się w korycie głównym rzeki. W przekrojach poprzecznych nr 1 i nr 2 stwierdzono obecność roślinności wodnej porastającej brzegi koryta i dna. Paradoksalnie wartości współczynników szorstkości dla tych przekrojów są mniejsze od współczynnika otrzymanego dla przekroju nr 3, gdzie roślinność wodna ani na dnie, ani w strefie brzegowej nie występowała. Wynika to jednak z parametrów przekroju (większa szerokość) oraz wpływu „podpiętrzenia wody” przez będące w bezpośrednim sąsiedztwie przekroje z dużym udziałem roślinności. Powoduje to zmniejszenie prędkości przepływu, co przy przyjęciu stałej uśrednionej wartości spadku hydraulicznego daje większą wartość współczynnika szorstkości. Podobne zjawisko obserwowali Kozioł i Mirosław-Świątek [2005] w korycie Biebrzy.

Duży udział roślinności brzegowej (drzew i krzewów), przesłaniającej praktycznie całe koryto rzeki powoduje z jednej strony zacienienie eliminujące całkowicie udział roślinności wodnej w korycie i na brzegach; z drugiej zaś strony obserwuje się znaczącą akumulację materii organicznej na tym odcinku. Wynika to także z niewielkich prędkości przepływu. Przekrój nr 1 o największym udziale roślinności brzegowej i dennej powoduje zmianę warunków przepływu. Obserwuje się w nim koncentrację prędkości w części nurtowej, która skutkuje również nasileniem się zjawisk erozyjnych. Przekrój ten jest najbardziej zwarty.

PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono przykład badań wpływu różnorodnych, naturalnych czynników wpływających na warunki przepływu wody. Przedstawiona analiza wskazuje, że lokalne uwarunkowania hydromorfologiczne oddziałują na kształtowanie warunków przepływu. Wybrany odcinek rzeki Wełny charakteryzuje się dużą zmiennością zacienienia koryta rzeki wynikającą z obecności zwartego kompleksu leśnego porastającego górny odcinek rzeki (indeks LAI na poziomie 3). Zaraz za granicą lasu rzeka płynie wśród łąk i pól uprawnych, gdzie brak jest drzew. Warunki te wpływają na morfologię koryta i warunki przepływu. Na odcinku leśnym brak z kolei całkowicie roślinności dennej i brzegowej. Koryto jest szerokie, jednak z racji sąsiedztwa drzew i krzewów w korycie następuje duża akumulacja materii organicznej (26,48% MO w przekroju nr 3 w porównaniu do 2,61% MO w przekroju nr 1). Sprzyja temu również niewielka prędkość przepływu (prędkość średnia $v = 0,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Prędkość ta wynika z efektu popiętrzenia na skutek zarastania odcinka znajdującego się zaraz za lasem. Odcinek dolny charakteryzuje się dużym udziałem roślinności porastającej brzegi i dno rzeki. Przekrój jest bardziej zwarty, a prędkości przepływu w części nurtowej większe (prędkość średnia $0,19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Warunki te przełożyły się na wartości współczynników szorstkości dla odcinka leśnego – przekrój nr 3, oraz odcinka gdzie rzeka płynie tylko wśród łąk – przekroje nr 1 i 2. W przekroju nr 3 współczynnik ten wyniósł $n = 0,0866 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ i był prawie dwukrotnie większy niż w wypadku przekroju 1, gdzie wyniósł $n = 0,0470 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$.

PIŚMIENNICTWO

- Florek, J. (2006). Wpływ roślinności terenu zalewowego na przepustowość i stabilność koryta wielkiej wody. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 4(2), 7–15
- Kałuza, T. (2009). Zastosowanie zintegrowanej analizy optycznej w badaniach struktury roślinności krzewiastej terenów zalewowych. *Nauka Przyr. Technol.*, 3(3), 86
- Kałuza, T., Strzebiński, P. (2009). Teledetekcyjne narzędzia w badaniach roślinności wysokopiennej do oceny warunków przepływu na terenach zalewowych. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 11, 2 (21)
- Koziński, M., Kasprzak, K. (2005). Akustyczny Dopplerowski Przepływomierz Profilujący. *Elementarz praktyczny*. IMiGW, Warszawa
- Koziół, A., Mirosław-Świątek, D. (2005). Analiza przepustowości koryta i doliny rzeki Biebrzy w Basenie Dolnym. *Nauka Przyr. Technol.*, 3(3), s. 88
- Kubrak, J., Nachlik, E. (2003). *Hydrauliczne podstawy obliczania przepustowości koryt rzecznych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa
- Matuszkiewicz, J. (2001). *Zespoły Leśne Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Radecki-Pawlik, A. (2011). *Hydromorfologia rzek i potoków górskich*. Wydawnictwo UR, Kraków.

THE INFLUENCE OF THE TREES AND BUSHES SHADOW ON THE CHANGES OF FLOW CONDITIONS IN THE LOWLAND WATERCOURSE

Abstract. The article presents the analysis of influence of river bed shading by the trees and bushes on flow conditions on the selected section of the Welna River. The research area were selected as the lying mutually adjacently sections of the river (one in a small grove, and the second in the open field without of trees and shrubs). The flow rate and velocity distributions were determined in the cross sections based on of field measurements. Additionally, there were measured the decrease in water table and grain size curves developed. The LAI index were measured in the grove and the number and macrophytes species composition was described in the investigated cross sections. Based on the results, the impact of river bed shading by plant community were determined due to the shaping the geometry and flow resistance in the riverbed.

Key words: shading of riverbed, flow conditions, roughness coefficient

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 8.12.2015

Do cytowań – For citation: Kałuza, T. (2015). Wpływ zacienienia przez drzewa i krzewy na zmiany warunków przepływu w korycie rzeki nizinnej. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 14(4), 29–39.