

HIERARCHIA ODDZIAŁYWANIA WYBRANYCH ELEMENTÓW SYSTEMU KORYTA CIEKU NA ROŚLINY WODNE

Justyna Hachoł, Elżbieta Bondar-Nowakowska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy podjęto próbę określenia hierarchii elementów systemu koryta cieków, które są kształtowane przez roboty regulacyjne i konserwacyjne, decydujących o składzie jakościowym i ilościowym zbiorowisk makrofitów wodnych. Badania terenowe wykonano w korytach 29 małych i średnich cieków nizinnych Dolnego Śląska. Na ciekach tych wyznaczono 100 odcinków badawczych. Badania obejmowały pomiar i opis wybranych elementów złożonego systemu koryta cieków, takich jak: spadek podłużny, szerokość dna, głębokość koryta, nachylenie skarp oraz sposób ich umocnienia, substrat dna, liczba gatunków roślin wodnych oraz pokrycie dna przez rośliny. Do określenia hierarchii oddziaływania rozpatrywanych elementów systemu cieków na skład jakościowy i ilościowy zbiorowisk roślin wodnych wykorzystano teorię zbiorów przybliżonych. Jej zastosowanie pozwoliło na określenie kolejności oddziaływania: pojedynczych elementów rozpatrywanego systemu koryta cieków, par tych elementów, zespołów złożonych z trzech oraz z czterech elementów na liczbę gatunków roślin wodnych występujących w cieku oraz na stopień pokrycia przez nie dna.

Słowa kluczowe: makrofity wodne, rzeki, regulacja rzek, konserwacja

WSTĘP

Jednym z komponentów biologicznych, składających się na ekologiczny stan wód płynących i służących jego ocenie są naczyniowe rośliny wodne. Pełnią one w rzekach szereg ważnych funkcji ekologicznych [Biggs 1996, Collier 2002, Żelazo i Popek 2002, Vereecken i in. 2006, O'Hare i in. 2011, Lorenz i in. 2012].

Do tej pory przeprowadzono liczne badania wpływu elementów środowiska na rozwój roślin wodnych. Najszerzej zbadanymi i opisanymi czynnikami wpływającymi

Adres do korespondencji – Corresponding Authors: dr inż. Justyna Hachoł, dr hab. inż. Elżbieta Bondar-Nowakowska, prof. UP, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: justyna.hachol@up.wroc.pl

na zbiorowiska roślin wód płynących są prędkość przepływu [Riis i in. 2000, Riis i Biggs 2003, Garbey i in. 2006], substrat dna [Baatrup-Pedersen i Riis 1999, Madsen i in. 2001] oraz dostępność światła [Vermaat i de Bruyne 1997, Herb i Stefan 2003]. Tymczasem czynniki wpływające na zbiorowiska roślin wodnych często działają synergicznie i pojedyncze korelacje między elementami środowiskowymi, oddziaływaniami antropogenicznymi oraz roślinami wodnymi są raczej rzadko spotykane [Demars i Harper 1998, Caffrey i in. 2006, Bondar-Nowakowska i Hachoł 2014]. Z tego powodu w badaniach nad oddziaływaniem elementów środowiska na ekosystemy wodne, rzeki należy traktować, jako złożone i dynamiczne systemy ekologiczne.

Celem pracy jest ocena wpływu wybranych elementów koryta cieku, które mogą być kształtowane w wyniku robót regulacyjnych lub konserwacyjnych, na liczbę gatunków i zagęszczenie naczyniowych roślin wodnych – w ujęciu systemowym. W pracy podjęto próbę określenia kolejności oddziaływania tych elementów na skład jakościowy i ilościowy roślin wodnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe prowadzono w sezonach wegetacyjnych 2007 i 2008 roku na 29 małych i średnich ciekach nizinnych Dolnego Śląska, zlokalizowanych w zlewniach sześciu rzek: Baryczy, Bystrzycy, Odry, Oławy, Ślęzy i Widawy.

Na rzekach tych wyznaczono 100 odcinków badawczych (tab. 1). Długość każdego z nich wynosiła 100 m [Szoszkiwicz i in. 2010]. Odcinki te były położone na obszarach o podobnych warunkach klimatycznych, geologicznych i glebowych. Różniły się stopniem przekształcenia antropogenicznego. Starano się w taki sposób dobrać obiekty badawcze, aby reprezentowały zróżnicowane parametry profili podłużnych i poprzecznych koryt, różny substrat dna i materiał wykorzystany do umocnienia skarp.

Sześćdziesiąt pięć odcinków znajdowało się w korytach sztucznych lub naturalnych, w których w ostatnim dziesięcioleciu wykonano roboty regulacyjne lub konserwacyjne. Wśród odcinków przekształconych znajdowały się również takie, na których w ciągu ostatnich 10 lat nie prowadzono żadnych robót, jednak pozostałości umocnień skarp lub dna świadczą o tym, że w przeszłości były one wykonane. Pozostałe trzydzieści pięć odcinków badawczych zlokalizowano w korytach cieków, które nie były objęte ingerencją techniczną lub czas od ingerencji był dłuższy niż 10 lat, ale ciek miał charakter zbliżony do naturalnego, tzn. brak w nim było pozostałości umocnień dna i skarp czy widocznego profilowania biegu rzeki.

Badania terenowe na każdym odcinku obejmowały identyfikację gatunków naczyniowych roślin wodnych oraz określenie stopnia pokrycia przez nie dna. Pod uwagę brano wszystkie rośliny naczyniowe zakorzenione w wodzie przez przynajmniej 90% okresu wegetacji, a także rośliny wyższe, swobodnie pływające na powierzchni wody lub pod nią. Gatunki roślin wodnych oznaczano bezpośrednio na stanowisku badawczym. Do określenia stopnia zagęszczenia roślin w korycie zastosowano skalę 5-stopniową [Kohler 1978].

Na każdym odcinku badawczym dokonano szczegółowej inwentaryzacji wybranych elementów systemu cieku, kształtowanych przez roboty regulacyjne lub konserwacyjne.

Były to: spadek podłużny, szerokość dna, głębokość koryta, nachylenie skarp, sposób ich umocnienia oraz substrat dna. Pomiarów spadku podłużnego, szerokości dna, głębokości koryta oraz nachylenia skarp dokonywano na całej długości odcinka badawczego, w profilach poprzecznych rozmieszczonych co 10 m. Następnie obliczano wartość średnią dla całego odcinka. W tych samych profilach oceniano rodzaj umocnienia skarp oraz substrat dna. W formularzu terenowym wpisywano ten rodzaj umocnienia i ten materiał dna, który dominował na całym odcinku badawczym.

Tabela 1. Liczba odcinków badawczych na ciekach
Table 1. Number of the study sections on the investigated watercourses

Lp.	Nazwa ciek Watercourse	Liczba odcinków badawczych Number of study sections		Lp.	Nazwa ciek Watercourse	Liczba odcinków badawczych Number of study sections	
		N*	P**			N*	P**
1	Czarna Woda	2	5	15	Orla	2	1
2	Czarna Sławka	4	0	16	Poręba	1	0
3	Dobra	6	4	17	Potok Sulistrowicki	1	2
4	Głęboki Rów	0	4	18	Psarski Potok	1	0
5	Graniczna	0	1	19	Przyleski Potok	1	0
6	Grobelka	1	0	20	Sąsiedzka	0	6
7	Kanał Książęcy	0	2	21	Sławka	0	2
8	Kanał Młynówka Sułowski-Radziądzka	0	3	22	Smolna	0	2
				23	Smortawa	1	3
9	Kanał Przerzutowy	0	4	24	Struga II	0	1
10	Kanał Sowina	0	1	25	Ślęza	1	7
11	Leniwka	2	2	26	Topór	2	0
12	Masłówka	0	2	27	Widawa	0	2
13	Oleszna	3	2	28	Żalina	2	4
14	Oleśnica	5	1	29	Żurawka	0	4

* N – odcinki naturalne lub nieprzekształcone w ciągu ostatnich 10 lat – unmodified sections or sections where more than 10 years had elapsed from the completion of the works

** P – odcinki przekształcone w ciągu ostatnich 10 lat – sections modified over the last 10 years

Do określenia hierarchii oddziaływania rozpatrywanych elementów systemu cieków na skład jakościowy i ilościowy naczyniowych roślin wodnych zastosowano teorię zbiorów przybliżonych (*rough set theory*) [Pawlak 1982]. Metoda ta wymaga opracowania tablicy decyzyjnej, zawierającej atrybuty warunkowe oraz atrybut decyzyjny. Atrybuty warunkowe to czynniki, których wpływ na atrybut decyzyjny jest oceniany. Atrybut decyzyjny jest elementem, który podlega ich oddziaływaniom.

Parametrem, określającym oddziaływanie atrybutów warunkowych na atrybut decyzyjny, jest współczynnik aproksymacji γ_p . Współczynnik ten, obliczony dla wszystkich rozpatrywanych czynników, może przyjmować wartości od 0 (gdy brak jest jakichkolwiek związków zachodzących pomiędzy badanymi atrybutami) do 1 (gdy związki takie istnieją). W celu określenia hierarchii oddziaływania poszczególnych elementów koryta na rośliny wodne, z zespołu czynników kolejno usuwano jeden element, obserwując jak zmienia się wartość współczynnika aproksymacji. Element, po którego usunięciu współczynnik γ_p przyjął najmniejszą wartość, miał największy wpływ na rośliny wodne. Dalszy wzrost wartości γ_p oznacza kolejność wpływu następujących atrybutów.

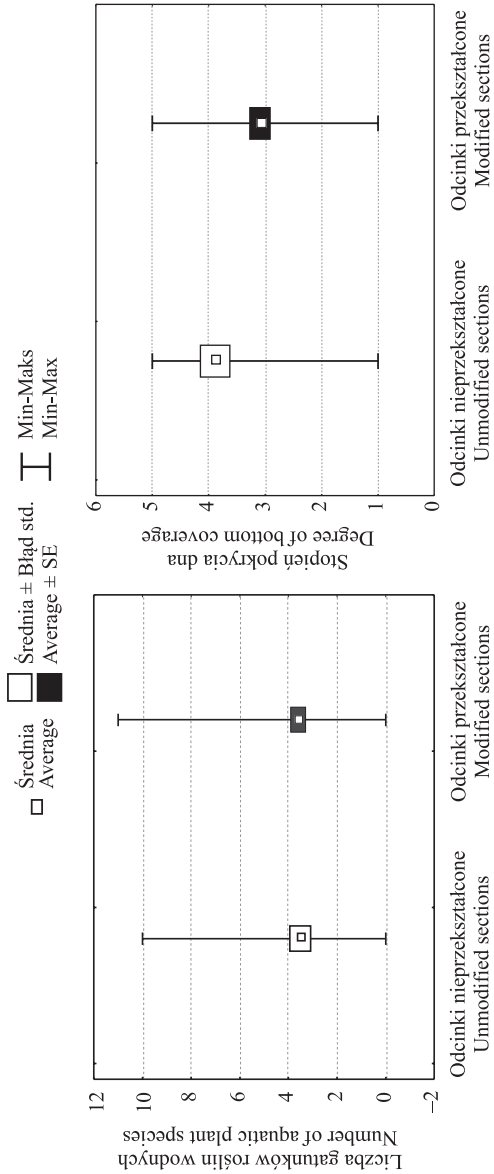
Zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych wymaga odpowiedniego przygotowania danych. W tym celu dane zapisano w skali punktowej. Elementy, takie jak: spadek podłużny, szerokość dna, głębokość koryta, nachylenie skarp zakwalifikowano do pięciu klas. Substrat dna i sposób umocnienia skarp rozpatrywano w czterech klasach. Atrybuty decyzyjne, tj. liczbę gatunków roślin wodnych oraz stopień pokrycia przez nie dna, podzielono odpowiednio na trzy i pięć klas.

WYNIKI I DISKUSJA

Podczas badań terenowych na badanych odcinkach cieków oznaczono łącznie 27 gatunków naczyniowych roślin wodnych. Najczęściej występującymi gatunkami we wszystkich ciekach były: jeżogłówka pojedyncza (*Sparganium emersum* Rehm) – oznaczona na 42 odcinkach, oraz mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea* L.) i rzęsa drobna (*Lemna minor* L.) – zinwentaryzowane na 41 odcinkach badawczych. Według Kłosowskiego i Kłosowskiego [2007] są to gatunki pospolite i powszechnie występujące w wodach eutroficznym na niżu Polski. Średnia liczba gatunków roślin wodnych zarówno na odcinkach nieprzekształconych, jak i przekształconych wynosiła 4 (ryc. 1). Wartości te są małe w porównaniu z wynikami otrzymanymi przez innych autorów w podobnych badaniach [Adynkiewicz-Piragas i Drabiński 2001, Riis i in. 2008, Pietruczuk i Szoszkiewicz 2009]. Mała liczba gatunków może być spowodowana tym, że wśród obiektów badawczych dominowały cieki objęte w przeszłości ingerencją techniczną oraz znajdujące się w mało urozmaiconym krajobrazie rolniczym. Zarówno odcinki nieprzekształcone, jak i przekształcone reprezentowały pełny gradient pokrycia dna przez rośliny wodne. Średnie pokrycie dna na odcinkach nieprzekształconych było wyższe niż na odcinkach, na których wykonano roboty (ryc. 1).

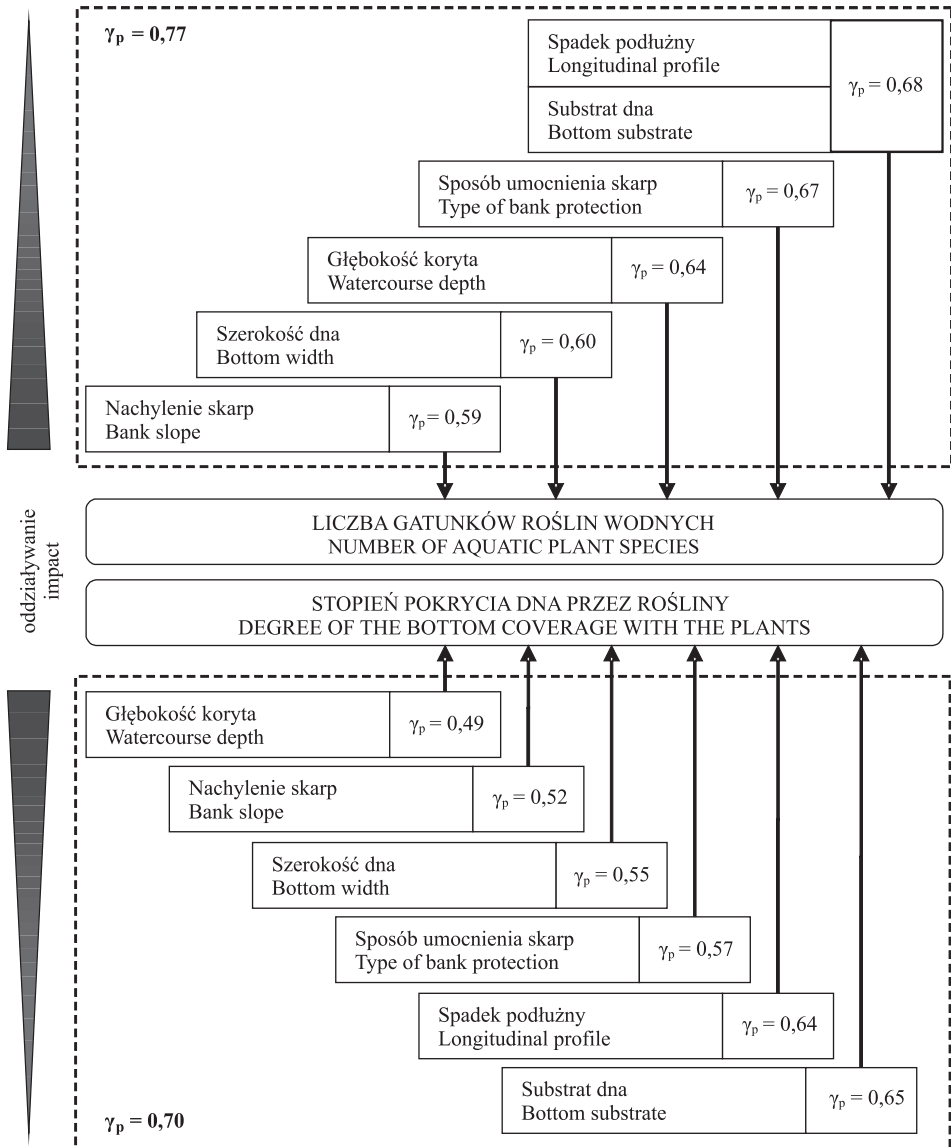
W celu oceny oddziaływania rozpatrywanych parametrów koryta cieków, kształtowanych w wyniku robót regulacyjnych i konserwacyjnych, na zbiorowiska roślin wodnych, zastosowano teorię zbiorów przybliżonych. Wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono na ryc. 2 i 3.

Z ryc. 2 wynika, że oddziaływanie parametrów koryta, rozpatrywanych łącznie, na skład jakościowy i ilościowy naczyniowych roślin wodnych, było istotne. Współczynnik jakości aproksymacji γ_p wyniósł 0,77 w odniesieniu do liczby gatunków oraz 0,70 do stopnia pokrycia dna przez rośliny wodne.



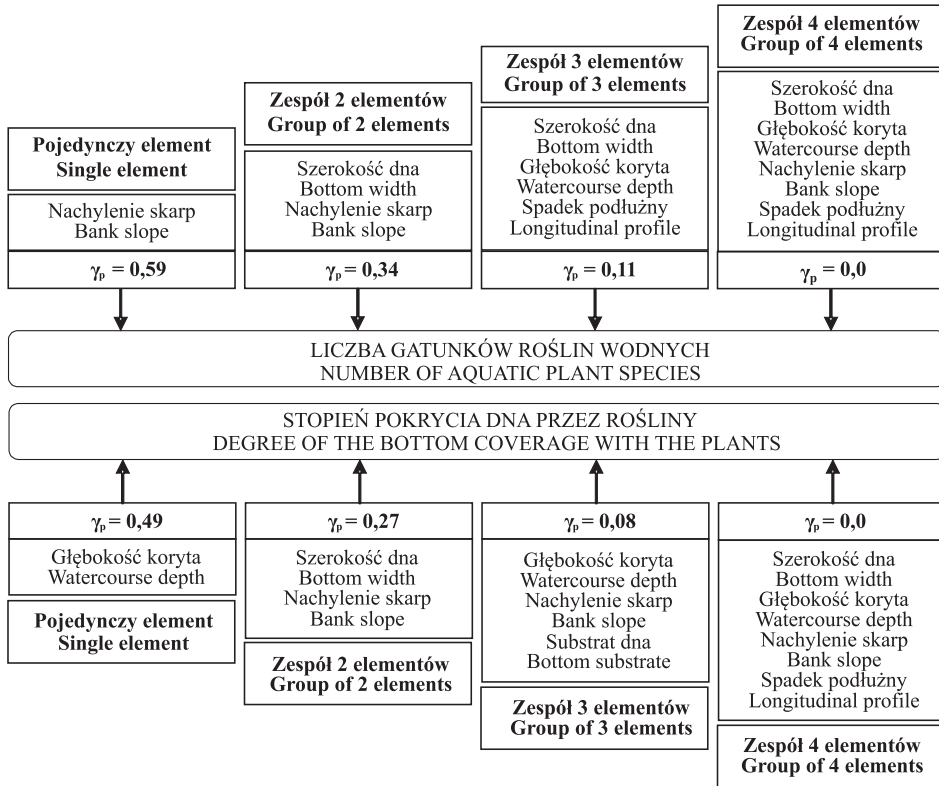
Ryc. 1. Średnie i ekstremalne wartości liczby gatunków roślin wodnych oraz stopnia pokrycia dna na nieprzekształconych i przekształconych odcinkach cieków

Fig. 1. Mean and extreme values of the number of aquatic plants species and their bottom coverage in the unmodified and modified sections



Ryc. 2. Kolejność oddziaływania elementów systemu cieku na liczbę gatunków roślin wodnych oraz na stopień pokrycia przez nie dna

Fig. 2. The order of the watercourse system elements influencing the number of aquatic plant species and their bottom coverage



Ryc. 3. Pojedyncze elementy koryta ciekia, ich pary oraz zespoły złożone z trzech i czterech elementów, znajdujące się na pierwszym miejscu w hierarchii ich oddziaływania na liczbę gatunków roślin wodnych i stopień pokrycia dna

Fig. 3. Individual elements of the streambed, their pairs and groups of three and four elements, which are in first place in the hierarchy of their impact on the number of aquatic plant species and their coverage of the bottom

Analizując wpływ pojedynczych parametrów, można stwierdzić, że najsilniejszym oddziaływaniem na liczbę gatunków roślin wodnych w badanych ciekach charakteryzowały się kolejno: nachylenie skarp, szerokość dna, głębokość koryta oraz sposób umocnienia skarp. Najniżej w hierarchii oddziaływania znalazły się spadek podłużny i substrat dna. Podobną kolejność parametrów koryta zaobserwowano w przypadku ich oddziaływania na stopień pokrycia dna przez rośliny. Na pierwszym miejscu należy wymienić głębokość koryta, a następnie: nachylenie skarp, szerokość dna, sposób umocnienia skarp, spadek podłużny i substrat dna (ryc. 2). Wartości współczynników aproksymacji wskazywały jednak, że oddziaływanie pojedynczych elementów jest niewielkie. Potwierdza to tezę, że ciek są złożonymi systemami, a czynniki wpływające na florę wodną działają w nich synergicznie [Caffrey i in. 2006, Allan i in. 2012, Bondar-Nowakowska i in. 2013].

Dlatego podobną analizę wykonano dla par rozpatrywanych elementów systemu koryta, a także zespołów złożonych z trzech oraz z czterech elementów. Na ryc. 3 przed-

stawiono elementy charakteryzujące koryto cieką i ich zespoły, które w rozpatrywanych hierarchiach oddziaływania na liczbę gatunków roślin wodnych i ich zagęszczenie wystąpiły na pierwszych miejscach.

Z ryc. 3 wynika, że największym oddziaływaniem na liczbę gatunków roślin wodnych charakteryzowały się: szerokość dna oraz nachylenie skarp. Największy wpływ na stopień pokrycia dna przez rośliny wykazały natomiast: szerokość dna, głębokość koryta oraz nachylenie skarp. Szerokość dna cieką jest czynnikiem zapewniającym organizmom wodnym przestrzeń życiową. Im większa szerokość cieką, tym większa potencjalna różnorodność strukturalna dna, a co za tym idzie większe zróżnicowanie biotopów wodnych. Takie warunki sprzyjają rozwojowi roślin wodnych, ponieważ wraz ze wzrostem fizycznej heterogeniczności, zwiększa się różnorodność gatunkowa [Milner i Gilvear 2012]. Głębokość koryta i nachylenie skarp decydują o ilości światła docierającego do dna rzeki, a będącego jednym z podstawowych czynników wpływających na rozwój roślin wodnych [Chambers i Kaiff 1985]. Spośród sześciu analizowanych parametrów koryta najsłabszym oddziaływaniem na skład jakościowy i ilościowy roślin wodnych charakteryzował się sposób umocnienia skarp. Należy zwrócić uwagę, że spadek podłużny rozpatrywany pojedynczo nie wykazywał silnego oddziaływania na rośliny wodne. Jego znaczenie w hierarchii oddziaływania wzrosło dopiero we współdziałaniu z innymi elementami. Świadczy to o synergicznym oddziaływaniu rozpatrywanych elementów.

Naczyniowe rośliny wodne podlegają kształtowaniu przez wszystkie uwzględnione w badaniach elementy rozpatrywanego systemu cieką. Ponieważ rośliny wodne są jednym z elementów decydujących o stanie ekologicznym rzek [Dyrektywa 2000/60/EC], elementy, które je kształtują oraz zakres ich oddziaływania, powinny być szczegółowo rozpoznane już na etapie planowania inwestycji w korycie, a ich cechy należy uwzględnić w rozwiązaniach projektowych [Bondar-Nowakowska 2008].

PODSUMOWANIE

1. Rośliny wodne, występujące w małych i średnich ciekach nizinnych Dolnego Śląska, w większości należą do gatunków pospolitych, wykazujących dużą zdolność przystosowawczą do zmieniających się warunków siedliskowych. Sprawia to, że liczba gatunków w korytach przekształconych oraz w korytach nieobjętych działaniami była podobna. W korytach uregulowanych i konserwowanych stwierdzono zmniejszenie stopnia pokrycia dna przez naczyniowe rośliny wodne.
2. Poszczególne elementy charakteryzowały się słabym oddziaływaniem na roślinność wodną. Silniejsze oddziaływanie, niż pojedyncze elementy rozpatrywanego systemu wykazały ich pary, jeszcze silniejsze zespoły złożone z trzech i czterech elementów. Najsilniejszym oddziaływaniem na roślinność cechował się zespół złożony ze wszystkich analizowanych elementów.
3. W hierarchii oddziaływania na liczbę gatunków roślin wodnych, największe znaczenie miały szerokość dna i nachylenie skarp. Największy wpływ na stopień pokrycia dna przez rośliny wykazały natomiast: szerokość dna, głębokość koryta oraz nachylenie skarp. Dlatego przy planowaniu inwestycji w korycie rzeczonym, należy zapewnić niezbędny dla organizmów wodnych zakres szerokości dna oraz dostępność światła.

PIŚMIENNICTWO

- Adynkiewicz-Piragas, M., Drabiński, A. (2001). Wpływ inwestycji hydrotechnicznych na ekosystem rzeki Smortawy. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 417, 7–28.
- Allan, J.D., Yuan, L.L., Black, P., Stockton, T., Davies, P.E., Magierowski, R.H., Read, S.M. (2012). Investigating the relationships between environmental stressors and stream condition using Bayesian belief networks. *Freshwater Biology*, 57, 58–73.
- Baatrup-Pedersen, A., Riis, T. (1999). Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. *Freshwater Biology*, 42, 375–385.
- Biggs, B.J.F. (1996). Hydraulic habitat of plants in streams. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12, 131–144.
- Bondar-Nowakowska, E. (2008). Systemowe ujęcie ochrony środowiska w konserwowanych ciekach wodnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 528, 23–31.
- Bondar-Nowakowska, E., Hachoł, J. (2014). The risk as a measure of ecological safety in watercourses. *J. Water Land Develop.*, 20, 3–10.
- Bondar-Nowakowska, E., Hachoł, J., Lubczyński, A. (2013). Wpływ przekształceń koryta na makrofity wodne na przykładzie rzeki Smortawy. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 3, 4, 229–242.
- Caffrey, J.M., Monahan, C., Tierney, D. (2006). Factors influencing the distribution of aquatic plant communities in Irish canals. *Hydrobiologia*, 570, 133–139.
- Chambers, P.A., Kaiff, J. (1985). Depth distribution and biomass of submersed aquatic macrophyte communities in relation to Secchi depth. *Canad. J. Fisher. Aquat. Sci.*, 42, 701–709.
- Collier, K.J. (2002). Effects of flow regulation and sediment flushing on instream habitat and benthic invertebrates in a New Zealand River influenced by a volcanic eruption. *River Res. Applic.*, 18, 213–226.
- Demars, B.O.L., Harper, D.M. (1998). The aquatic macrophytes of an English lowland river system: assessing response to nutrient enrichment. *Hydrobiologia*, 384, 75–88.
- Dyrektywa 2000/60/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dz.Urz. WE 327 z 22.12.2000.
- Garbey, C., Thiébaud, G., Muller, S. (2006). An experimental study of the plastic responses of *Ranunculus peltatus* Schrank to four environmental parameters. *Hydrobiologia*, 570, 41–46.
- Herb, W.R., Stefan, H.G. (2003). Integral growth of submersed macrophytes in varying light regimes. *Ecological Modelling*, 168, 77–110.
- Kohler, A. (1978). Methods of mapping the flora and vegetation of freshwater habitats. *Landschaft + Stadt*, 10, 73–85.
- Kłosowski, S., Kłosowski, G. (2007). *Rośliny wodne i bagienne*. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- Lorenz, A.W., Korte, T., Sundermann, A., Januschke, K., Haase, P. (2012). Macrophytes respond to reach-scale river restorations. *J. Appl. Ecol.*, 49, 202–212.
- Madsen, J.D., Chambers, P.A., James, W.F., Koch, E.W., Westlake, D.F. (2001). The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, 444, 71–84.
- Milner, V.S., Gilvear, D.J. (2012). Characterization of hydraulic habitat and retention across different channel types; introducing a new field-based technique. *Hydrobiologia*, 694, 219–233.
- O'Hare, J.M., O'Hare, M.T., Gurnell, A.M., Dunbar, M.J., Scarlett, P.M., Laizé, C. (2011). Physical constraints on the distribution of macrophytes linked with flow and sediment dynamics in British rivers. *River Res. Applic.*, 27, 671–683.
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *Intern. J. Parallel Program.*, 11(5), 341–356.
- Pietruczuk, K., Szoszkiewicz, K. (2009). Ocena stanu ekologicznego rzek i jezior w Wielkopolsce na podstawie makrofitów zgodnie z wymaganiami Ramowej Dyrektywy Wodnej. *Nauka Przyr. Technol.*, 3(3), #96.

- Riis T., Sand-Jensen, K., Vestergaard, O. (2000). Plant communities in lowland streams: species composition and environmental factors. *Aquatic Botany*, 66, 255–272.
- Riis, T., Biggs, B.J.F. (2003). Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams. *Limnol. Oceanogr.*, 48, 1488–1497.
- Riis, T., Suren, A.M., Clausen, B., Sand-Jensen, K. (2008). Vegetation and flow regime in lowland streams. *Freshwater Biology*, 53, 1531–1543.
- Szozkiewicz, K., Jusik, S., Zbierska, J., Zgoła, T. (2010). Makrofitowa Metoda Oceny Rzek. Podręcznik metodyczny do oceny i klasyfikacji stanu ekologicznego wód płynących w oparciu o rośliny wodne. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Vereecken, H., Baetens, J., Viaene, P., Mostaert, F., Meire, P. (2006). Ecological management of aquatic plants: effects in lowland streams. *Hydrobiologia*, 570, 205–210.
- Vermaat, J.E., de Bruyne, R.J. (1993). Factors limiting the distribution of submerged waterplants in the lowland River Vecht (The Netherlands). *Freshwater Biology*, 30, 147–157.
- Żelazo, J., Popek, Z. (2002). Podstawy renaturyzacji rzek. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

HIERARCHY OF STREAM BED SYSTEM ELEMENTS INTERACTIONS ON AQUATIC PLANTS

Abstract. The study presents an attempt of determination of the hierarchy of stream bed system elements, which are shaped by regulatory and preservation works creating qualitative and quantitative composition of aquatic macrophytes communities.

The field study was conducted on 29 small and medium lowland streams in Lower Silesia region. One hundred of research sections were chosen on these streams. The study included measurements and description of selected elements of complex stream bed system, such as: longitudinal profile, bottom width, watercourse depth, bank slope, type of bank protection, type of bottom substrate, number of aquatic plants species and bottom coverage with the plants. Rough set theory was used in order to determine the hierarchy of discussed elements interactions on qualitative and quantitative composition of vascular aquatic plants communities. Its application allowed to determine the sequence of interactions of single elements of discussed stream bed system elements, these elements pairs, as well as sets composed of three or four elements, on the number of aquatic macrophytes species observed in the stream and on degree the bottom coverage by them.

Key words: aquatic macrophytes, rivers, rivers regulation, maintenance works

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 8.09.2015

Do cytowań – For citation: Hachoł, J., Bondar-Nowakowska, E. (2015). Hierarchia oddziaływania wybranych elementów systemu koryta cieku na rośliny wodne. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiecus*, 14(3), 55–64.