



**TENDENCJE ZMIAN  
W ZBIOROWISKACH ROŚLIN WODNYCH W CIEKACH  
O RÓŻNYM SPOSOBIE UMOCNIENIA SKARP**

*Elżbieta Bondar-Nowakowska, Justyna Hachol*

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**TENDENCIES OF DEVELOPMENTS  
IN WATER PLANT COMMUNITIES IN WATERCOURSES  
OF DIFFERENT BANK PROTECTION**

*Streszczenie*

W pracy przedstawiono ocenę wpływu faszynowych i kamiennych umocnień skarp cieków na skład ilościowy i jakościowy zbiorowisk naczyniowych roślin wodnych. Analizę oparto na wynikach badań terenowych, prowadzonych w latach 2007-2008 oraz 2011-2012. Badania prowadzono na czterech małych i średnich ciekach nizinnych zlokalizowanych na terenie Dolnego Śląska, na których wyznaczono 16 odcinków badawczych. Odcinki te różniły się materiałem, którym umocniono skarpy. Badania terenowe obejmowały identyfikację występujących w korycie cieków gatunków naczyniowych roślin wodnych oraz określenie stopnia pokrycia przez nie dna. Na tej podstawie dla każdego odcinka obliczono wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera. Do oceny podobieństwa zbiorowisk roślin wodnych na odcinkach badawczych wykorzystano współczynnik podobieństwa gatunkowego Jaccarda.

Z przeprowadzonych badań wynika, że sposób umocnienia skarp ma wpływ na analizowane wskaźniki roślinne. Wpływ ten nie uległ zmianie wraz z upływem czasu. Zaobserwowano natomiast korzystną zmianę wskaźników charakteryzujących zbiorowiska roślin wodnych.

**Słowa kluczowe:** regulacja rzek, umocnienie skarp, naczyniowe rośliny wodne, podobieństwo gatunkowe

### Summary

*The following study presents an assessment of the influence of fascine and stone scarp's reinforcement on the quantitative and qualitative composition of vascular water plants. The analysis was based on field results obtained between 2007 and 2008, and 2011-2012. The research was performed in four small and medium lowland watercourses located in Lower Silesia where 16 study sections were established. These sections varied in the material used for scarps' reinforcement. The field research included identification of vascular water plants occurrence in the river bed and determination of the degree of their bottom coverage. These factors served as the basis for Shannon-Wiener biodiversity index calculation. Jaccard's species similarity index was used for the assessment of similarities among water plants communities in different study sections.*

*Conducted research indicates that the choice of the scarp's reinforcement has an impact on analyzed plant indexes and it does not undergo any changes related to time. However, positive indexes change has been reported in water plants communities.*

**Key words:** river regulation, bank protection, aquatic vascular plants, species similarity

### WSTĘP

Koryta cieków narażone są na niszczące działanie płynącej wody, falowanie, przemieszczanie się kry lodowej oraz innych elementów, często o dużych gabarytach, takich jak na przykład pnie i korzenie drzew. Oddziaływanie tych czynników przyczynia się do miejscowych, a w niektórych przypadkach całkowitych uszkodzeń dna i skarp. W celu ich ograniczenia, w korycie cieków, powinny być wykonane umocnienia dna i skarp. Umocnienia te powinny spełniać szereg wymagań, do których m.in. należą:

- prosta konstrukcja,
- wykonanie z materiałów „przyjaznych środowisku”,
- dobre wkomponowanie w krajobraz nadrzeczny,
- swobodny rozwój oraz przemieszczanie się organizmów wodnych.

Wymagania te spełniają umocnienia biotechniczne [Wołoszyn i in. 1994]. Posiadają one jednak szereg wad. Są trudniejsze do wykonania, wymagają pozyskania coraz bardziej deficytowego materiału, są kosztowne w eksploatacji, a ich trwałość jest znacznie krótsza niż umocnień technicznych [Jędryka E., 2006]. Mimo że umocnienia te stosowane są od dawna, nie jest rozpoznane ich oddziaływanie na biocenozę koryt cieków.

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu faszynowych i kamiennych umocnień skarp na naczyniowe rośliny wodne. Do badań przyjęto ten element biocenozy koryta cieków ze względu na jego istotne znaczenie ekologiczne w systemie wód płynących. Według takich autorów jak: Biggs [1996], Sand-Jensen

[1997, 1998], Riis i in. [2000], Kajak [2001], Collier [2002], Żelazo i Poppek [2002], Vereecken i in. [2006] naczyniowe rośliny wodne:

- tworzą różnorodność środowiska koryta cieków,
- przyczyniają się do produkcji substancji organicznej,
- wpływają na bilans tlenu, dwutlenku węgla, odczyn wody oraz natężenie soli w wodzie,
- kształtują warunki środowiskowe, takie jak: temperatura wody, natężenie światła, ruch wody, prędkość przepływu,
- kształtują zdolność cieków do samooczyszczania,
- jako źródło pokarmu i schronienia umożliwiają zasiedlanie rzek przez bezkręgowce i kręgowce wodne,
- zmniejszają natężenie procesów erozji wodnej.

W ostatnich latach naczyniowe rośliny wodne są wykorzystywane również do oceny stanu ekologicznego cieków [Schaumburg i in., 2006, Szoszkiewicz i in., 2010].

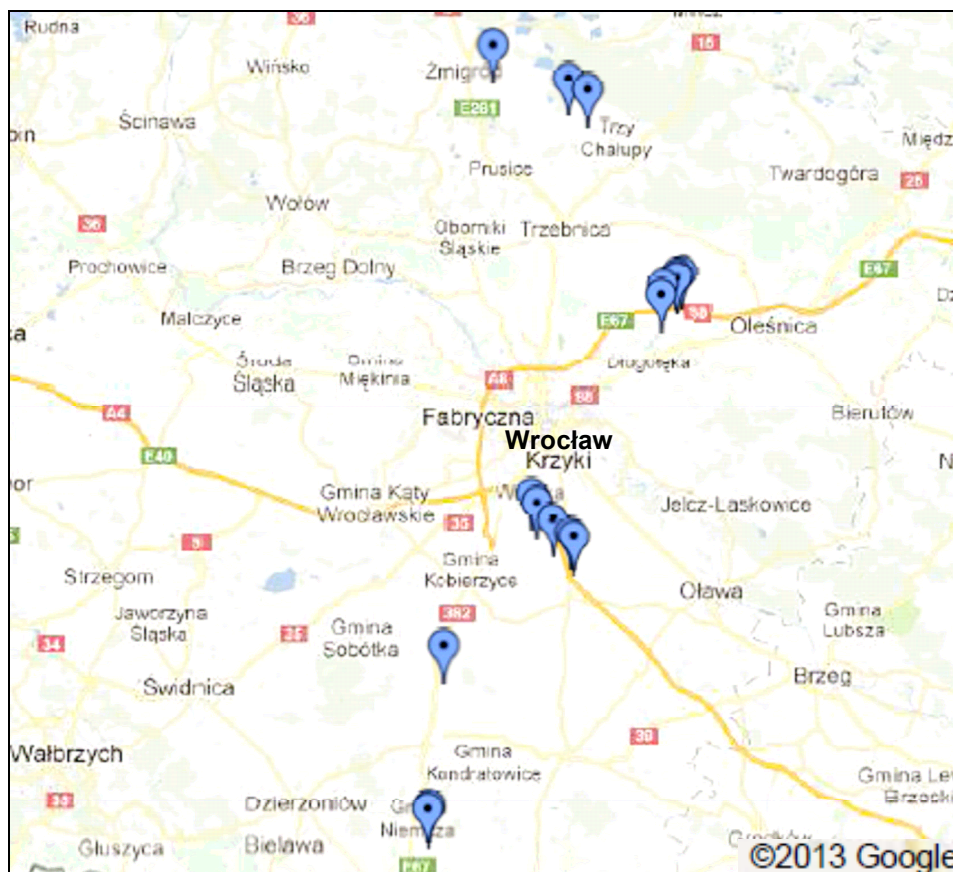
#### OBIEKTY BADAWCZE

Badania terenowe prowadzono w dwóch sezonach badawczych. Sezon I obejmował okresy wegetacyjne 2007 i 2008 roku, natomiast sezon II okresy wegetacyjne 2011 i 2012 roku. Badania wykonano na czterech małych i średnich ciekach nizinnych Dolnego Śląska. Były to rzeki: Dobra (prawobrzeżny dopływ Widawy), Sąsiedzka (lewobrzeżny dopływ Baryczy), Śleza (lewobrzeżny dopływ Odry) oraz Żurawka (prawobrzeżny dopływ Ślezy) (tab. 1).

Na rzekach tych wyznaczono 16 jednorodnych morfologicznie odcinków badawczych. Ich lokalizację przedstawiono na rysunku 1. Długość każdego odcinka, zgodnie z metodyką [Schaumburg i in., 2006, Szoszkiewicz i in., 2010] wynosiła 100 m. Odcinki te były położone na obszarach o podobnych warunkach klimatycznych, geologicznych i glebowych. Strefy przybrzeżne wszystkich odcinków badawczych użytkowane były rolniczo. Koryta cieków na odcinkach badawczych charakteryzowały się niewielkim zacienieniem lub jego brakiem. W czasie badań terenowych nie stwierdzono by wody rozpatrywanych cieków były zanieczyszczone ściekami miejskimi lub przemysłowymi.

**Tabela 1.** Obiekty badawcze  
**Table 1.** Study objects

Nazwa cieków River name	Powierzchnia zlewni The catchment area [km <sup>2</sup> ]	Długość cieków Length [km]
Dobra	284,3	32,0
Sąsiedzka	545,0	43,3
Śleza	971,7	78,6
Żurawka	173,6	28,5



**Rysunek 1.** Lokalizacja odcinków badawczych  
**Figure 1.** Location of the study sections

Przyjęte do badań odcinki cieków różniły się sposobem umocnienia skarp. W pięciu przypadkach były one nieumocnione. Stanowiły je fragmenty koryt w stanie zbliżonym do naturalnego. Analiza dokumentów udostępnionych przez Dolnośląski Zarząd Melioracji i Urzędzeń Wodnych wykazała, że po 2000 roku nie były wykonywane w nich roboty regulacyjne lub konserwacyjne. W sześciu odcinkach cieków podstawy skarp umocnione były kiszka lub płótkiem faszynowym. W dwóch przypadkach do umocnienia skarp zastosowano maty kamienne. Należą one do ubezpieczeń technicznych. Stosuje się je w miejscach, gdzie występują duże prędkości wody. Ich zaletą jest elastyczność, gdyż dobrze dopasowują się do podłoża i są odporne na działanie czynników mechanicznych. Na trzech odcinkach badawczych skarpy cieków tworzył murek oporowy. Szczegółowy wykaz umocnień zastosowanych na przyjętych do badań odcinkach przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Rodzaj umocnienia skarp na odcinkach badawczych  
**Table 2.** Types of bank protection in the study sites

Rzeka River	Brak umocnienia Lack of protection	Faszyna Fascine	Narzut kamienny Stone coating	Murek oporowy Retaining wall	Liczba odcinków badawczych Number of study sections
	Numer odcinka badawczego Study sections				
Dobra	1	2, 3	5	4	5
Sąsiedzka	6, 7	8	-	-	3
Śleza	9	10	12	11	4
Żurawka	14	13, 15	-	16	4
Liczba odcinków badawczych Number of study sections	5	6	2	3	16

Źródło: badania własne  
 Source: own research

## METODY BADAŃ

Badania terenowe obejmowały identyfikację gatunków naczyniowych roślin wodnych występujących na poszczególnych odcinkach badawczych 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. Identyfikację gatunków roślin wodnych wykonywano brodząc w korycie rzeki od jednego brzegu do drugiego. W miejscach, do których dostęp był utrudniony posługiwano się grabkami do wyławiania roślin. Gatunki roślin wodnych oznaczano bezpośrednio na stanowisku badawczym. Do określenia stopnia zagęszczenia roślin w korycie zastosowano pięciostopniową skalę Kohlera [1978], w której 1 oznacza, że rośliny wodne pokrywają do 5% powierzchni dna, 2 – od 5 do 25%, 3 – od 25 do 50%, 4 – od 50 do 75%, a 5 – od 75 do 100% jego powierzchni.

W celu oceny różnorodności gatunkowej, na każdym odcinku badawczym, obliczono wskaźnik Shannona-Wienera. Wyznaczono go na podstawie wzoru 1 [Schaumburg i in., 2006]:

$$H = - \sum_{i=1}^s (N_i \times \ln N_i) \quad [1]$$

w którym:

- H – wskaźnik różnorodności gatunkowej,
- s – liczba gatunków roślin wodnych na stanowisku badawczym,

$N_i$  – wskaźnik obliczony ze wzoru 2:

$$N_i = \frac{Q_i}{Q} \quad [2]$$

$Q_i$  – sześcián wartości stopnia pokrycia dna przez rośliny i-tego gatunku,  
 $Q$  – sześcián wartości stopnia pokrycia dna przez rośliny wszystkich gatunków.

Do oceny podobieństwa gatunkowego zbiorowisk roślin wodnych na odcinkach badawczych wykorzystano indeks Jaccarda (P), obliczony według wzoru 3 [Bondar-Nowakowska E., 2000]:

$$P = \frac{2 \times C}{A + B} \quad [3]$$

gdzie:

- $P$  – indeks Jaccarda (współczynnik podobieństwa),
- $A$  – liczba gatunków na pierwszym porównywanym odcinku badawczym,
- $B$  – liczba gatunków na drugim porównywanym odcinku badawczym,
- $C$  – liczba gatunków wspólnych na porównywanych odcinkach badawczych.

## WYNIKI

Na objętych badaniami odcinkach koryt cieków oznaczono łącznie 20 gatunków roślin wodnych. Były to: grążel żółty (*Nuphar lutea* (L.) Sibth. & Sm.), jeżogłówka gałęzista (*Sparganium erectum* L. em. Rchb. s.s.), jeżogłówka pojedyncza (*Sparganium emersum* Rehm.), kropidło wodne (*Oenanthe aquatica* (L.) Poir.), manna mielec (*Glyceria Maxima* (Hartm.) Holmb.), mięta wodna (*Mentha aquatica* L.), moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis* L.), mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea* L.), niezapominajka wodna (*Myosotis palustris* (L.) L. em. Rchb.), pałka szerokolistna (*Typha latifolia* L.), pałka wąskolistna (*Typha angustifolia* L.), potocznik wąskolistny (*Berula erecta* (Huds.) Coville), przetacznik bobowiczek (*Veronica beccabunga* L.), rdestnica grzebieniasta (*Potamogeton pectinatus* L.), rdestnica kędzierzawa (*Potamogeton crispus* L.), rogatek sztywny (*Ceratophyllum demersum* L.), rzęsa drobna (*Lemna minor* L.), rzęśl wiosenna (*Callitriche palustris* L.), strzałka wodna (*Sagittaria sagittifolia* L.) oraz trzcina pospolita (*Phragmites communis* Trin.).

Gatunki te należą do pospolitych, często występujących w ciekach nizinnych [Kłosowski S., Kłosowski G. 2007, Hachoł, Bondar-Nowakowska 2012].

W tabeli 3 przedstawiono występowanie tych roślin w rozpatrywanych odcinkach koryt cieków, w pierwszym i drugim sezonie badawczym.

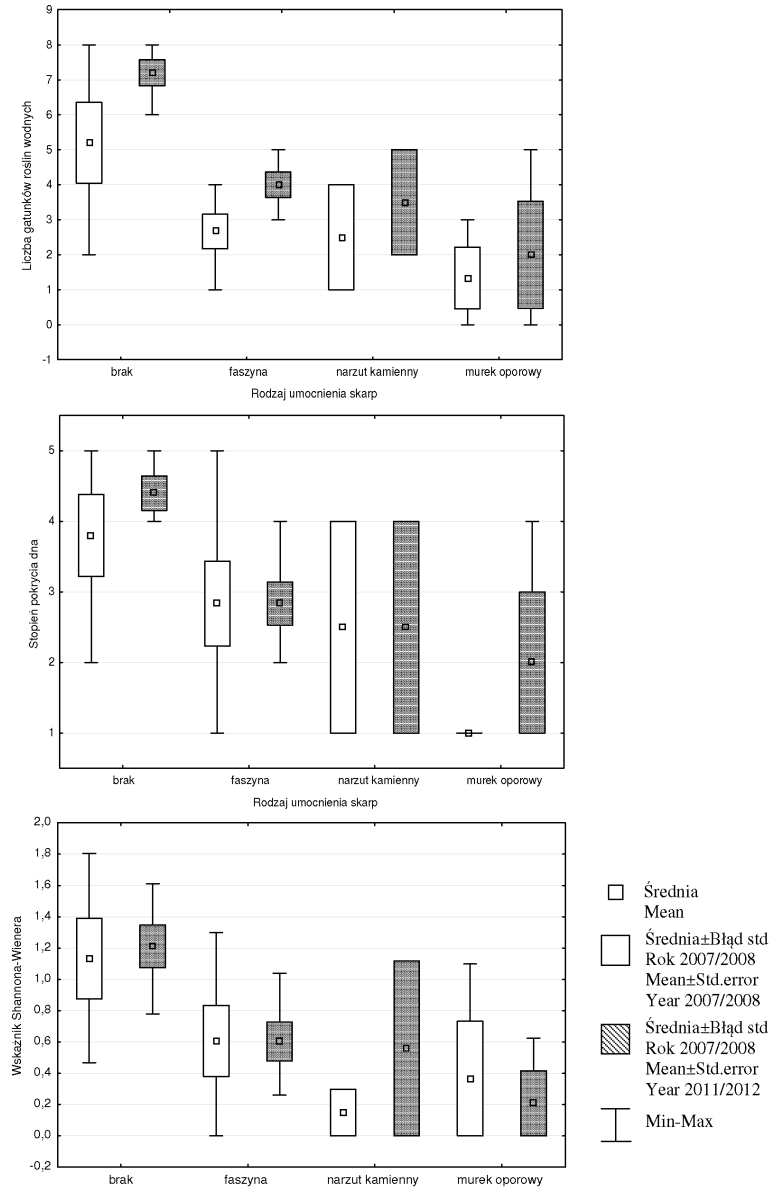
**Tabela 3.** Występowanie roślin wodnych na odcinkach badawczych  
**Table 3.** The frequency of aquatic plants in the study sections

	Gatunek Species	Liczba odcinków badawczych Number of the study sections							
		Brak umocnienia Lack of protection		Faszyna Fascine		Narzut kamienny Stone coating		Murek oporowy Retaining wall	
		I	II	I	II	I	II	I	II
1	Jeżogłówka gałęzista	-	-	-	2	-	-	-	-
2	Jeżogłówka pojedyncza	4	5	4	4	1	1	1	2
3	Kropidło wodne	-	-	1	-	-	-	-	-
4	Manna mielec	1	2	3	1	1	-	-	-
5	Mięta wodna	-	-	-	-	-	1	-	-
6	Moczarka kanadyjska	2	2	1	3	1	1	1	1
7	Mozga trzciniowata	2	2	2	-	1	1	-	-
8	Niezapominajka wodna	1	3	-	1	-	-	-	-
9	Pałka szerokolistna	-	-	-	1	-	-	-	-
10	Pałka wąskolistna	1	1	-	-	-	-	-	-
11	Potocznik wąskolistny	2	4	-	2	1	2	1	1
12	Przetacznik bobowiczek	-	-	-	1	-	1	-	-
13	Rdestnica grzebieniasta	-	1	-	1	-	-	-	1
14	Rdestnica kędzierzawa	-	1	-	-	-	-	-	-
15	Rogatek sztywny	1	1	-	-	-	-	-	-
16	Rzęsa drobna	4	4	2	2	-	-	-	-
17	Rzęśl wiosenna	2	2	1	2	-	-	1	-
18	Strzałka wodna	3	4	1	3	-	-	-	1
19	Trzcina pospolita	3	3	1	1	-	-	-	-
	Liczba gatunków Species number	12	14	9	13	5	6	4	5

Źródło: badania własne  
Source: own research

Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że w pierwszym sezonie badawczym, tj. w 2007 i 2008 roku, w korytach o nieumocnionych skarpach występowało łącznie 12 gatunków naczyniowych roślin wodnych. Natomiast w korytach z umocnieniem faszynowym było ich 9, w przypadku skarp z narzutem kamiennym – 5, a w miejscach umocnionych murkiem oporowym wystąpiły – 4 gatunki. W sezonach wegetacyjnych 2011 i 2012 roku, liczba oznaczonych gatunków wzrosła do 14 na odcinkach bez umocnień, 13 – w korytach umocnionych faszyną, 6 – narzutem kamiennym i 5 – murkiem oporowym. Dane te wskazują, na występowanie związku między sposobem umocnienia skarp a składem zbiorowisk naczyniowych roślin wodnych. Obrazują go wskaźniki charakteryzujące te zbiorowiska, określone na poszczególnych odcinkach badawczych. Są to: liczba gatunków, pokrycie dna przez te rośliny oraz różnorodność gatunkowa.

Zostały one przedstawione na rysunku 2.



Źródło: badania własne / Source: own research

**Rysunek 2.** Liczba gatunków naczyniowych roślin wodnych, stopień pokrycia dna oraz wskaźnik Shannona-Wienera na odcinkach badawczych w kolejnych sezonach badawczych

**Figure 2.** Number of aquatic vascular plant species, degree of their bottom coverage and Shannon-Wiener Index in study sections in two research seasons



Analiza rysunku 2 wskazuje, że rozpatrywane wskaźniki przyjmują najkorzystniejsze wartości w niezmienionych przez działania techniczne korytach, a w następnej kolejności tam, gdzie zastosowano umocnienie faszynowe. Porównując te wskaźniki w pierwszym i drugim sezonie badawczym można zauważyć, że wraz z upływem czasu wartości ich wzrosły, niezależnie od zastosowanego ubezpieczenia. Tendencja ta jest korzystna i może świadczyć o poprawie stanu ekologicznego rozpatrywanych rzek.

Z rysunku 2 wynika, że liczba gatunków naczyniowych roślin wodnych, stopień pokrycia przez nie dna oraz różnorodność gatunkowa na rozpatrywanych odcinkach badawczych, kształtują się w szerokim zakresie. Dotyczy to szczególnie odcinków koryt zbliżonych do naturalnych oraz z umocnieniem faszynowym. Na podstawie przeprowadzonych badań nie można wyjaśnić tego zróżnicowania. W celu rozpoznania tego problemu potrzebne są dalsze obserwacje i analizy.

W tabeli 4 przedstawiono podobieństwo zbiorowisk naczyniowych roślin wodnych w korytach cieków o skarpace umocnionych do zbiorowisk występujących na odcinkach zbliżonych do naturalnych. Podobieństwo to jest największe na odcinkach umocnionych faszyną i obniża się przyjmując najniższe wartości na odcinkach, w których naturalne skarpy zastąpiono pionowym murkiem oporowym. Tendencja ta występuje w obu sezonach badawczych.

**Tabela 4.** Średnie wartości indeksu Jaccarda dla porównywanych odcinków badawczych

**Table 4.** Mean values of Jaccard index in the compared study sites

Sezon badawczy Study season		Faszyna Fascine	Narzut kamienny Stone coating	Murek oporowy Retaining wall
I	Brak umocnienia	0,44	0,42	0,23
II	Lack of protection	0,42	0,41	0,29

Źródło: badania własne  
Source: own research

Uzyskane z przeprowadzonych badań i analiz wyniki mogą być bardzo przydatne w planowaniu i projektowaniu robót wodnych. Przedstawione w tabeli 3 i 4 oraz na rys. 2 zależności między sposobem umocnienia skarpy a naczyniową roślinnością wodną, potwierdzają opinie by w ramach robót regulacyjnych i konserwacyjnych na ciekach, tam gdzie jest to możliwe, stosować biotechniczne sposoby umacniania skarpy [Begemann, Schiechl 1999, Jędryka 2006]. Działania takie są niezbędne do tego by użytkowanie małych cieków nizinnych było zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju.

## WNIOSKI

1. Badania terenowe, przeprowadzone na czterech ciekach nizinnych wykazały, że naczyniowe rośliny wodne mogą być wykorzystane do porównania oddziaływania różnych sposobów umocnienia skarp na biocenozę koryt cieków. W ocenie tej wzięto pod uwagę liczbę gatunków, zagęszczenie ich w korycie oraz wartość wskaźnika różnorodności gatunkowej.

2. Największa liczba gatunków, największe ich zagęszczenie oraz najwyższa wartość wskaźnika różnorodności gatunkowej występowały na odcinkach cieków, w których skarpy nie były umocnione. Porównanie do tych odcinków, zbiorowisk roślin występujących w ciekach z umocnieniem faszynowym, narzutem kamiennym oraz murkiem oporowym wykazało, że największe podobieństwo charakteryzowało odcinki, gdzie umocnienie skarp stanowiła faszyna.

3. Przeprowadzone badania wykazały, że wraz z upływem czasu, wpływ sposobu umocnienia skarp na rośliny wodne nie uległ zmianie. Zaobserwowano natomiast korzystną zmianę wskaźników charakteryzujących zbiorowiska roślin wodnych.

## BIBLIOGRAFIA

- Begemann, W., Schiechl, H. M. (1999). *Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym*. Warszawa: Arkady.
- Biggs, B. J. F. (1996). Hydraulic habitat of plants in streams. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12, 131–144.
- Bondar-Nowakowska, E. (2000). *Oddziaływanie robót konserwacyjnych na florę i faunę wybranych cieków nizinnych*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- 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 Research and Application*, 18, 213–226.
- Hachol, J., Bondar-Nowakowska, E. (2012). Tendencies in the development of hydromacrophytes after the completion of regulatory and maintenance works in a river bed. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 19, 997–1013.
- Jędryka, E. (2006). *Proekologiczne budowle wodne. Poradnik*. Falenty: IMUZ.
- Kajak, Z. (2001). *Hydrobiologia – limnologia: ekosystemy wód śródlądowych*. Warszawa: PWN.
- Kłosowski, S., Kłosowski, G. (2007). *Rośliny wodne i bagienne*. Warszawa: Multico Oficyna Wydawnicza.
- Kohler, A. (1978). Methods of mapping the flora and vegetation of freshwater habitats. *Landschaft + Stadt*, 10, 73–85.
- Riis, T., Sand-Jensen, K., Vestergaard, O. (2000). Plant communities in lowland streams: species composition and environmental factors. *Aquatic Botany*, 66, 255–272.
- Sand-Jensen, K. (1997). Macrophyte as biological engineers in the ecology of Danish streams. *Freshwater Biology. Priorities and Development in Danish Research*, 74–101.
- Sand-Jensen, K. (1998). Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. *Freshwater Biology*, 39, 663–679.
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, G., Gutowski, A., Foerster, J. (2006). *Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung*

- der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos*. München: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Szoszkiewicz, K., Zbierska, J., Jusik, S., Zgoła, T. (2010). *Makrofitowa Metoda Oceny Rzek. Podręcznik metodyczny do oceny i klasyfikacji stanu ekologicznego wód płynących w oparciu o rośliny wodne*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Vereecken, H., Baetens, J., Viaene, P., Mostaert, F., Meire, P. (2006). Ecological management of aquatic plants: effects in lowland streams. *Hydrobiologia*, 570, 205-210.
- Wołoszyn, J., Czamara, J., Eliasiewicz, R., Krężel, J. (1994). *Regulacja rzek i potoków*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- Żelazo, J., Popek, Z. (2002). *Podstawy renaturyzacji rzek*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.

Dr hab. Elzbieta Bondar-Nowakowska, prof. nadzw.  
Dr inż. Justyna Hachoł  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy  
Plac Grunwaldzki 24  
50-363 Wrocław  
tel. kontaktowy: 71 3205533  
elzbieta.bondar-nowakowska@up.wroc.pl  
justyna.hachol@up.wroc.pl

