

Elżbieta Bondar-Nowakowska, Justyna Hachol

**ZMIANY W ZBIOROWISKACH NACZYNIOWYCH
ROŚLIN WODNYCH JAKO CZYNNIK RYZYKA
EKOLOGICZNEGO W REGULOWANYCH
I KONSERWOWANYCH CIEKACH**

***CHANGES OF AQUATIC VASCULAR PLANT
COMMUNITIES AS AN ECOLOGICAL RISK FACTOR
IN THE WATERCOURSES AFTER REGULATION
AND MAINTENANCE WORKS***

Streszczenie

W pracy przedstawiono czynniki ryzyka ekologicznego w wykonawstwie robót regulacyjnych i konserwacyjnych na małych i średnich ciekach nizinnych. Do czynników tych należą zdarzenia związane z realizacją robót, które mają wpływ na stan ekologiczny cieku, prawdopodobieństwo wystąpienia tych zdarzeń oraz ich konsekwencje w postaci niekorzystnych zmian ekologicznych w korytach cieków. Na podstawie zaobserwowanych reakcji naczyniowych roślin wodnych na działania techniczne w korycie rzeki, dokonano szczegółowej oceny jednego z tych czynników – zmian ekologicznych w korycie cieku. Badania terenowe prowadzono w latach 2007-2008, na 44 odcinkach nizinnych cieków Dolnego Śląska. Były one zlokalizowane w korytach uregulowanych lub konserwowanych oraz na odcinkach nieprzekształconych w wyniku działań antropogenicznych. Badania obejmowały identyfikację występujących w korycie gatunków naczyniowych roślin wodnych oraz określenie stopnia pokrycia przez nie dna.

Badania wykazały, że wykonanie robót zarówno regulacyjnych jak i konserwacyjnych miało niekorzystny wpływ na skład gatunkowy naczyniowej roślinności wodnej. W większości przypadków usunięte w wyniku robót gatunki nie odtworzyły swego udziału w korytach przekształconych. Na niektórych odcinkach koryt obserwowano zagęszczenie gatunku mniejsze niż na odcinku nieobjętym działaniami technicznymi. Tylko w nielicznych przypadkach zagęszczenie danego gatunku na porównywanych odcinkach cieków było podobne. Wyniki te wskazują, że rozpatrywany w pracy czynnik ryzyka - ekologiczne skutki wykonania robót –

kształtuje się na ogół na wysokim poziomie. Konsekwencją tego jest wysoki poziom ryzyka ekologicznego w przekształcanych ciekach. Z tego powodu każdy projekt związany z ingerencją techniczną w koryto cieków powinien mieć opracowany plan zarządzania ryzykiem ekologicznym.

Słowa kluczowe: czynniki ryzyka ekologicznego, naczyniowe rośliny wodne, regulacja i konserwacja cieków

Summary

This paper presents the ecological risk factors related to the watercourses regulation and maintenance works on the small and medium-sized lowland watercourses found in Lower Silesia. These factors include: occurrences related to the execution of regulation and maintenance works, which have an impact on the ecological condition of the watercourses, probability of these occurrences and their consequences in the form of adverse ecological changes in the river beds. Based on the observed responses of aquatic vascular plants species to the technical interference on a watercourse's bed, a detailed assessment of one of these factors – ecological changes in the watercourse's bed was made. Field studies were conducted during 2007-2008 on 44 sections of various unregulated, conserved and regulated watercourses. Research included identifying the species of aquatic macrophytes found in the streambed as well as determining the degree of coverage.

The field studies showed, that the regulation and maintenance works had an adverse impact on the aquatic plant species composition. In most cases species removed during the technical interference did not regenerate. In some transformed study sections the plant species abundant was lower than on the unregulated transects. Only in rare cases the plant species abundant in the compared study sections was similar. The results show, that in this paper examined risk factor – ecological effects of works, is generally at a high level. The consequence is a high level of ecological risk in the transformed watercourses. Therefore for each project related to technical interference in the watercourse's bed the ecological risk management plan should be drawn up.

Key words: aquatic vascular plants, maintenance works, risk factors, watercourses regulation

WSTĘP

Zarządzanie ryzykiem w projektach wymaga określania i klasyfikowania jego różnych rodzajów. W projektach, których celem jest zwiększenie ochrony przeciwpowodziowej w dolinach rzecznych, obok ryzyka związanego z działalnością gospodarczą takiego jak : techniczne, kosztowe czy harmonogramowe, należy także odpowiednią wagę przypisać ryzyku ekologicznemu. Wynika to ze szczególnej roli cieków w środowisku przyrodniczym oraz z obowiązujących przepisów prawa (Dyrektywa 2000/60/WE). Wg Pritcharda (2002) ryzyko to stopień narażenia na niekorzystne zdarzenia oraz ich możliwe konsekwencje.

Decydują o nim trzy czynniki ryzyka: zdarzenia generujące niekorzystne zjawiska, prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz dotkliwość ich skutków. Ocena tych czynników w odniesieniu do cieków, w których planuje się działania techniczne wymaga dobrego rozpoznania przyjętych rozwiązań technicznych, technologicznych i organizacyjnych oraz elementów ekosystemu koryta cieku. Celem niniejszej pracy jest rozpoznanie jednego z tych czynników ryzyka t.j. ekologicznych skutków działań technicznych. Badania prowadzono na przykładzie naczyniowych roślin wodnych ze względu na ich szczególną rolę w systemie wód płynących. Są one bowiem producentami dostarczającymi do cieku substancję organiczną. Odgrywają ważną rolę w tworzeniu różnorodności środowiska oraz w kształtowaniu warunków środowiskowych. Wpływają na bilans tlenu i dwutlenku węgla w wodzie, odczyn wody, stężenie soli mineralnych, a także substancji organicznej rozpuszczonej. Rośliny te poprawiają zdolności samooczyszczania się cieków, a także zmniejszają natężenie procesów erozji wodnej [Biggs 1996; Sand-Jensen 1997; Sand-Jensen 1998; Collier 2002; Vereecken i in. 2006).

Z tych względów ryzyko związane ze zmianami w składzie gatunkowym i zagęszczeniu naczyniowej roślinności wodnej w następstwie działań technicznych w korytach cieków, powinno być jak najlepiej rozpoznane. Jest to zadanie trudne ze względu na znaczne zróżnicowanie i niepowtarzalność czynników, które należy uwzględnić w przeprowadzanych analizach. Ocena tych czynników często ma subiektywny charakter. Potrzebne jest zatem opracowanie metodologii do tego rodzaju analiz. W pracy podjęto ten problem ponieważ ochrona przeciwpowodziowa oraz właściwa eksploatacja systemów wodnych będą wymagały coraz częstszych ingerencji technicznych w koryto cieku.

OBIEKTY I METODY BADAWCZE

Badania terenowe przeprowadzono w okresach wegetacyjnych 2007 i 2008 roku, na dziewięciu ciekach nizinnych Dolnego Śląska. Są one przedstawione w tabeli 1. Na ciekach tych wyznaczono 44 odcinki badawcze, każdy o długości 100 metrów. Były one zlokalizowane na obszarach o podobnych warunkach klimatycznych, geologicznych i glebowych. Wody cieków na odcinkach badawczych nie były zanieczyszczone ściekami.

Poszczególne odcinki badawcze charakteryzowały się zróżnicowanym stopniem przekształcenia antropogenicznego. W korytach cieków przekształconych w następstwie robót regulacyjnych bądź konserwacyjnych było zlokalizowanych 30 odcinków. Obok nich na każdym cieku przyjęto do badań co najmniej jeden odcinek, w którym robót nie prowadzono. W przeprowadzonych analizach porównawczych służyły one jako punkty odniesienia.

Tabela 1. Obiekty badawcze
Table 1. Study objects

L.p	Ujście River-mouth	Długość rzeki Watercourse's length [km]	Liczba odcinków badawczych Number of study sections	
			nieprzekształconych unregulated	konserwowanych lub regulowanych conserved or regulated
1.	Bystrzyca	43,8	2	5
2.	Widawa	36,1	2	4
3.	Oława	27,0	1	4
4.	Widawa	46,6	2	1
5.	Barycz	95,1	2	1
6.	Czarna Woda	14,7	1	2
7.	Odra	39,0	1	3
8.	Odra	84,1	1	6
9.	Żurawka	27,5	2	4

Roboty regulacyjne w rozpatrywanych ciekach obejmowały najczęściej pogłębienie koryta, zmianę pochylenia skarp oraz wykonanie umocnień brzegowych. Natomiast główną czynnością wykonywaną w ramach robót konserwacyjnych było mechaniczne odmulenie dna. Działania te, prawie w każdym przypadku wymagały likwidacji drzew i zakrzaczeń, wykoszenia strefy przybrzeżnej oraz skarp, odspojenia gruntu z koryta cieku wraz z jego przemieszczeniem oraz rozplantowania lub wywiezienia pozyskanego urobku. Wiązało się to z pracą ciężkich maszyn do robót ziemnych oraz ruchem środków transportowych wzdłuż cieku.

Badania terenowe obejmowały identyfikację gatunków roślin wodnych występujących na odcinkach badawczych oraz określenie stopnia ich zagęszczenia. Pod uwagę brano wszystkie rośliny naczyniowe, zakorzenione w wodzie przynajmniej przez 90% okresu wegetacji, a także rośliny wyższe, swobodnie pływające na powierzchni wody lub pod nią. Do określenia stopnia zagęszczenia roślin w korycie zastosowano pięciostopniową skalę Braun-Blanqueta [Faliński 2001].

Do oceny reakcji poszczególnych gatunków na wykonane roboty wodne zastosowano 3-stopniową skalę:

- 1- gatunek pojawił się, w korycie objętym ingerencją techniczną, w ilości takiej jak na odcinku nieprzekształconym,
- 2- gatunek pojawił się, na odcinku uregulowanym lub konserwowanym, w ilości mniejszej niż na odcinku nieprzekształconym,
- 3- gatunek nie odtworzył swojego udziału w zbiorowisku roślinnym powstałym w miejscu prowadzenia robót.

WYNIKI BADAŃ

Na odcinkach badawczych oznaczono łącznie 24 gatunki naczyniowych roślin wodnych. Są one przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Występowanie gatunków roślin wodnych na odcinkach badawczych
Table 2. Occurrence of aquatic plant species in the study sections

Lp.	Gatunek Species	Liczba odcinków badawczych Number of the study sections		Lp.	Gatunek Species	Liczba odcinków badawczych Number of the study sections	
		N*	P**			N*	P**
1.	Grążel żółty <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	2	2	13.	Rdestnica grzebieniasta <i>Potamogeton pectinatus</i> L.	2	3
2.	Jeżogłówka gałęzista <i>Sparganium erectum</i> L. em. Rchb. s.s.	3	1	14.	Rdestnica kędzierzawa <i>Potamogeton crispus</i> L.	1	0
3.	Jeżogłówka pojedyncza <i>Sparganium emersum</i> Rehmman	7	9	15.	Rdestnica nitkowata <i>Potamogeton filiformis</i> Pers.	0	2
4.	Kosaciec żółty <i>Iris pseudacorus</i> L.	1	0	16.	Rogatek sztywny <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	0	1
5.	Łączęń baldaszkowaty <i>Butomus umbellatus</i> L.	2	1	17.	Rzęsa drobna <i>Lemna minor</i> L.	6	7
6.	Manna mielec <i>Glyceria Maxima</i> (Hartm.) Holmb.	7	14	18.	Rzęśl <i>Callitriche</i> L.	2	7
7.	Moczarka kanadyjska <i>Elodea canadensis</i> L.	4	5	19.	Spirodela wielokorzeniowa <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	1	1
8.	Mozga trzcinowata <i>Phalaris arundinacea</i> L.	8	16	20.	Strzałka wodna <i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	5	7
9.	Niezapominajka wodna <i>Myosotis palustris</i> (L.) L. em. Rchb.	3	1	21.	Trzcina pospolita <i>Phragmites communis</i> Trin.	4	6
10.	Pałka <i>Typha</i> L.	5	5	22.	Włosienicznik rzeczny <i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	0	2
11.	Potocznik wąskolistny <i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	5	4	23.	Żabieniec babka wodna <i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	2	2
12.	Przetacznik bobowiczek <i>Veronica beccabunga</i> L.	1	0	24.	Żabiściek pływający <i>Hydrocharis morsus ranae</i> L.	0	1

*N – odcinki nieprzekształcone, unregulated transects

**P – odcinki przekształcone w wyniku robot konserwacyjnych lub regulacyjnych, conserved or regulated transects

Do najczęściej obserwowanych w czasie badań terenowych gatunków należały – jeżogłówka pojedyncza (*Sparganium emersum* Rehmman), manna mielec (*Glyceria Maxima* (Hartm.) Holmb.), moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis* L.), mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea* L.), pałka (*Typha* L.), potocznik wąskolistny (*Berula erecta* (Huds.) Coville), rzęsa drobna (*Lemna*

minor L.), rzęśl (*Callitriche* L.), strzałka wodna (*Sagittaria sagittifolia* L.) i trzcina pospolita (*Phragmites communis* Trin.). Są to gatunki pospolite, często występujące w naszych ciekach nizinnych [Kłosowski, Kłosowski 2007].

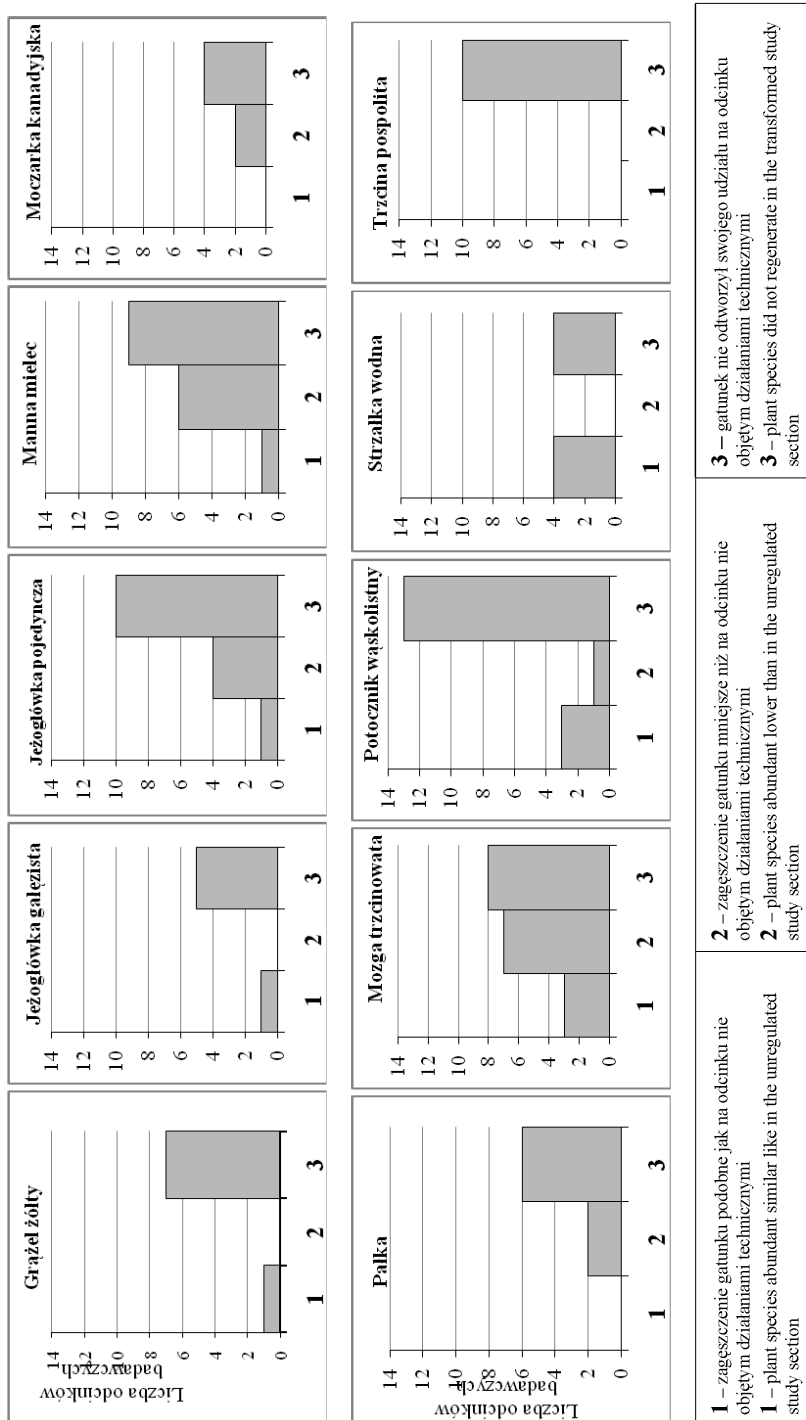
Na podstawie wyników badań terenowych należy stwierdzić, że wykonane prace w większości przypadków wpłynęły na wyeliminowanie osobników należących do tych gatunków. Przedstawia to rysunek 1. Jego analiza wskazuje, że występowały też przypadki, gdy rośliny wodne, w nowych warunkach siedliskowych zmniejszyły swoje zagęszczenie. Najrzadziej obserwowano, że zagęszczenie danego gatunku na porównywanych odcinkach cieków było podobne.

Porównując skład gatunkowy naczyniowej roślinności wodnej na odcinkach pozostawionych w stanie naturalnym oraz na objętych działaniami technicznymi, należy zwrócić uwagę na 4 gatunki. Są to rdestnica nitkowata (*Potamogeton filiformis* Pers.), rogatek sztywny (*Ceratophyllum demersum* L.), włosienicznik rzeczny (*Ranunculus fluitans* Lam.) oraz zabiściek pływający (*Hydrocharis morsus ranae* L.). Rośliny te występowały tylko na odcinkach koryt przekształconych w wyniku wykonania robót (tab. 2). Na podstawie przeprowadzonych badań nie można wykazać, że ma to związek z wykonaną ingerencją techniczną. Problem ten wymaga dalszych badań gdyż takie reakcje roślin powinny również być uwzględniane w analizach ryzyka ekologicznego w regulowanych i konserwowanych ciekach.

Przedstawione na rys. 1 następstwa robót pozwalają sklasyfikować rozpatrywany czynnik ryzyka w 3 stopniowej skali. Poszczególne stopnie w tej skali oznaczają:

- 1- niezbyt dotkliwe skutki robót regulacyjnych lub konserwacyjnych – gatunek odtworzył swój udział na odcinku koryta objętym działaniami technicznymi,
- 2- umiarkowane skutki – gatunek pojawił się w przekształconym korycie, lecz zmniejszył swoje zagęszczenie,
- 3- dotkliwe skutki – gatunek został wyeliminowany z koryta cieku.

Na podstawie danych pozyskanych z przeprowadzonych badań i analiz dokonano również oceny możliwości wystąpienia tych następstw w odniesieniu do poszczególnych gatunków. Do oceny tej zastosowano dwie skale: 3-stopniową oraz bardziej złożoną 5-cio stopniową. Było to podyktowane tym, że rozpatrywane gatunki wykazywały bardzo zróżnicowane reakcje na zmiany warunków siedliskowych w korycie cieku. Przykładem mogą tu być manna mielec i mozga trzcinowata, które zarówno odtworzyły swój udział w przekształconych korytach cieków, na innych odcinkach zmniejszyły, a z niektórych zostały wyeliminowane. Natomiast w przypadku trzciny pospolitej obserwowano wyłącznie zanik gatunku w regulowanych i konserwowanych odcinkach cieków.



Rysunek 1. Reakcja gatunków roślin wodnych na działania techniczne w korcyce ciekła
Figure 1. Responses by aquatic plants to the regulation and maintenance works on the watercourse's bed

Dla poszczególnych poziomów w przyjętych skalach wyznaczono następujące granice:

w skali 5-stopniowej:

- 1- rozpatrywane reakcje gatunku na działania techniczne zaobserwowano w przypadku 0-20% stanowisk badawczych,
- 2- rozpatrywane reakcje gatunku wystąpiły na 21- 40 % stanowisk badawczych,
- 3- rozpatrywane reakcje gatunku obserwowano na 41-60 % stanowiskach badawczych,
- 4- rozpatrywane reakcje gatunku obserwowano w przypadku 61-80 % stanowisk badawczych,
- 5- rozpatrywane reakcje gatunku obserwowano na 81-100 % stanowiskach badań terenowych .

w skali 3-stopniowej:

- 1- rozpatrywane reakcje gatunku na działania techniczne stwierdzono na 0-33 % odcinkach badawczych,
- 2- rozpatrywane reakcje naczyniowej roślinności wodnej stwierdzono w 34- 66 % odcinkach badawczych,
- 3- rozpatrywane reakcje naczyniowej roślinności wodnej zauważono na 66-100 % stanowiskach badawczych .

Wyniki tej oceny dla rozpatrywanych gatunków roślin wodnych, przedstawiono w tabeli 3. Jasnymi znakami oznaczono w niej częstość występowania określonej reakcji gatunku w przypadku skali 5 stopniowej. Ciemne znaki zastosowano, gdy podstawą analizy była skala 3-stopniowa. Podobne rozmieszczenie obu rodzajów znaków w tabeli wskazuje, że do oceny częstości opisanych w pracy reakcji naczyniowych roślin wodnych na działania techniczne w korycie ciekłu można posługiwać się prostszą, 3-stopniową skalą. Tak, więc klasyfikacja rozpatrywanego w pracy czynnika ryzyka może być prowadzona w skali 3-stopniowej zarówno w aspekcie reakcji roślinności na działania techniczne w korycie ciekłu, jak również możliwości ich wystąpienia.

PODSUMOWANIE

Podjęcie decyzji o wykonaniu robót regulacyjnych lub konserwacyjnych w małych ciekach nizinnych wymaga wykonania analizy ryzyka ekologicznego. Przeprowadzone badania wykazały, że poziom tego ryzyka jest wysoki, a decydują o tym m.in. naczyniowe rośliny wodne, ważny element ekosystemu koryta ciekłu. W pracy wykazano, na przykładzie 10 pospolitych gatunków, że roślinność ta wyraźnie reaguje na działania techniczne, których skutkiem jest zmiana warunków siedliskowych w korycie ciekłu. Do opisu tych reakcji zastosowano 3-stopniową skalę o bardzo wyraźnie określonych granicach pomiędzy poszczególnymi poziomami. W skali tej nie uwzględniono, zauważonej w czasie badań terenowych sytuacji, polegającej na pojawieniu się w przekształconych korytach ciekłów niewystępujących tam wcześniej gatunków roślin wodnych. Problem ten powinien być w dalszym ciągu przedmiotem badań.

Tabela 3. Ocena reakcji naczyniowych roślin wodnych na roboty regulacyjne i konserwacyjne w ciekach wg 5-cio i 3-stopniowej skali
Table 3. Evaluation of vascular aquatic plants response to regulatory and maintenance works in the watercourses using a 5- and 3-point scale

Lp.	Gatunki Species	Skala reakcji gatunków na wykonane roboty The scale of species reaction on the technical interference															Skala reakcji gatunków na wykonane roboty The scale of species reaction on the technical interference																			
		1					2					3					1	2	3																	
		Skala oceny występowania poszczególnych reakcji The scale of assessment of the reactions occurrence															Skala oceny występowania poszczególnych reakcji The scale of assessment of the reactions occurrence																			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3														
1.	Grążel żółty <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	<input type="checkbox"/>																				<input checked="" type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>				
2.	Jeżogłówka gałęzista <i>Sparganium erectum</i> L. em. Rchb. s.s.	<input type="checkbox"/>																				<input checked="" type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>				
3.	Jeżogłówka pojedyncza <i>Sparganium emersum</i> Rehmann	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>													<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>				
4.	Manna mielec <i>Glyceria Maxima</i> (Hartm.) Holmb.	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>													<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>				
5.	Moczarka kanadyjska <i>Elodea canadensis</i> L.								<input type="checkbox"/>															<input checked="" type="checkbox"/>												<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Mozga trzcinowata <i>Phalaris arundinacea</i> L.	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>													<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>				
7.	Pałka <i>Typha</i> L.								<input type="checkbox"/>															<input checked="" type="checkbox"/>												<input checked="" type="checkbox"/>
8.	Potocznic wąskolistny <i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>													<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>				
9.	Strzałka wodna <i>Sagittaria sagittifolia</i> L.			<input type="checkbox"/>																				<input checked="" type="checkbox"/>												
10.	Trzcina pospolita <i>Phragmites communis</i> Trin.																																			<input checked="" type="checkbox"/>

W pracy wykazano, że do oceny częstości występowania opisanych reakcji roślin wodnych na roboty regulacyjne i konserwacyjne może być stosowana prosta skala 3-stopniowa. Zaproponowane w pracy klasyfikacje rozpatrywanego czynnika ryzyka mogą być wykorzystane w opracowywaniu planów zarządzania ryzykiem ekologicznym w robotach regulacyjnych i konserwacyjnych na ciekach.

Zaprezentowane w pracy dane stanowią również podstawę do utworzenia rejestru lub katalogu ryzyka ekologicznego w przedsięwzięciach wodnych. Duża liczba niekorzystnych zdarzeń oraz wysoki poziom prawdopodobieństwa ich wystąpienia w tych robotach wymaga tworzenia takich narzędzi.

BIBLIOGRAFIA

- Biggs B. J. F. 1996. *Hydraulic habitat of plants in streams*. Regulated Rivers: Research and Management 3,3, #80. anagement 12: 131-144.
- 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.
- Dyrektywa 2000/60/WE 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.
- Faliński J.B. 2001. *Przewodnik do długoterminowych badań ekologicznych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, S. 672.
- Kłosowski S., Kłosowski G. 2007. *Rośliny wodne i bagienne*. Multico Oficyna Wydawnicza. Warszawa. S. 336.
- Pritchard C.L. 2002. *Zarządzanie ryzykiem w projektach. Teoria i praktyka*. WIG-PRESS. Warszawa S. 346.
- Sand-Jensen K. 1997. *Macrophyte as biological engineers in the ecology of Danish streams*. Freshwater Biology. Priorities and Development in Danish Research. The Freshwater Biological Laboratory, University of Copenhagen and G.E.C. Gad Publishers Ltd., Copenhagen: 74-101.
- Sand-Jensen K. 1998. *Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams*. Freshwater Biology 39/4: 663-679.
- Vereecken H., Baetens J., Viaene P., Mostaert F., Meire P. 2006. *Ecological management of aquatic plants: effects in lowland streams*. Hydrobiologia 570: 205-210.

Dr hab. inż. Elzbieta Bondar-Nowakowska, prof. nadzw.
Mgr inż. Justyna Hachoł
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska
50-363 Wrocław, Plac Grunwaldzki 24
tel. 71 3205590
elzbieta.bondar-nowakowska@up.wroc.pl
justyna.kleka@up.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński*