

**INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA**

## **Monitoring ichtiofauny w rzekach**

### **Przewodnik metodyczny**



fot. M. Adamczyk

**Redakcja: dr Paweł Prus, prof. dr hab. Wiesław Wiśniewolski,  
mgr inż. Mikołaj Adamczyk**

**BIBLIOTEKA MONITORINGU ŚRODOWISKA**

## **Zespół autorski:**

### **1. Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie**

prof. dr hab. Wiesław Wiśniewolski - kierownik projektu, mgr Mikołaj Adamczyk, dr Rafał Bernaś, dr Irena Borzęcka, dr Paweł Buras, dr hab. Łucjan Chybowski prof. IRS, dr hab. Piotr Dębowski prof. IRS, Waldemar Kozłowski, mgr Janusz Ligieza, Adam Mańko, mgr Jacek Morzuch, dr Paweł Prus, dr Grzegorz Radtke, Jan Rola, mgr Michał Skóra, mgr Jacek Szlakowski, mgr inż. Stanisław Sidorski, mgr inż. Piotr Traczuk, dr Dariusz Ulikowski

### **2. Pracownia Ekspertyz i Badań Ichtiologicznych PEBI Sp. z o.o., Kraków**

prof. dr hab. Tomasz Mikołajczyk, mgr Dariusz Skowronek, dr Paweł Szczerbik, mgr Łukasz Mikołajczyk

### **3. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy we Wrocławiu, Zakład Badań Regionalnych**

dr Jan Błachuta, mgr Michał Mazurek, mgr Michał Pobudejski

### **4. Firma usługowa ECO-HELP Sabina Klich, Tarnów**

dr Mariusz Klich, mgr Sabina Klich, Roman Depowski

### **5. Uniwersytet Łódzki, Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców**

prof. dr hab. Mirosław Przybylski, dr Lidia Marszał, mgr Dariusz Pietraszewski, dr Grzegorz Zięba, mgr Bartosz Janic

### **6. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Hydrobiologii, Pracownia Rybactwa**

dr Jacek Rechulicz, dr Wojciech Płaska, mgr Zbigniew Girsztowt

### **7. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Zakład Technologii Produkcji Pasz i Akwakultury w Muchocinie**

dr hab. Jan Mazurkiewicz, dr Wojciech Andrzejewski, dr Janusz Golski

### **8. Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolny, Katedra Biologii Środowiska**

prof. dr hab. Krzysztof Kukuła, dr Aneta Bylak

### **9. Uniwersytet Szczeciński, Katedra Zoologii Ogólnej:**

prof. dr hab. Józef Domagała, dr hab. Małgorzata Pilecka-Rapacz, prof. US, dr hab. Robert Czerniawski, prof. US, mgr Łukasz Cieślik, mgr Iwona Goździk

### **10. IPIX S.C. Warszawa:**

mgr inż. Konrad Majewski

## Spis treści

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Wstęp .....                                                                                                                                  | 4  |
| Słownik ważniejszych terminów .....                                                                                                          | 6  |
| Wprowadzenie do metody.....                                                                                                                  | 12 |
| Przegląd metod stosowanych w Unii Europejskiej .....                                                                                         | 16 |
| Procedury badań terenowych .....                                                                                                             | 20 |
| Wybór stanowiska monitoringu w oparciu o ichtiofaunę i metody odłowu .....                                                                   | 20 |
| Sposób prowadzenia odłowu i zasady bezpieczeństwa.....                                                                                       | 24 |
| Analiza materiału biologicznego .....                                                                                                        | 28 |
| Protokoły badań terenowych i studyjnych .....                                                                                                | 30 |
| Prace kameralne.....                                                                                                                         | 36 |
| Wypełnianie pliku wejściowego aplikacji obliczeniowej wskaźnika EFI+IBI_PL .....                                                             | 36 |
| Obliczenia wskaźników i arkusz bazodanowy .....                                                                                              | 42 |
| Granice klas dla metody EFI+IBI_PL .....                                                                                                     | 51 |
| Interpretacja wyników oceny stanu/potencjału ekologicznego z zastosowaniem<br>wskaźnika EFI+PL.....                                          | 52 |
| Metryki wskaźnika EFI+PL .....                                                                                                               | 53 |
| Interpretacja wyników oceny stanu/potencjału ekologicznego z zastosowaniem<br>wskaźnika IBI_PL .....                                         | 58 |
| Sposób obliczania poszczególnych metryk IBI_PL .....                                                                                         | 63 |
| Charakterystyka metryk wskaźnika IBI_PL.....                                                                                                 | 66 |
| Wyniki oceny stanu/potencjału ekologicznego stanowisk monitorowanych w latach<br>2011 – 2015.....                                            | 70 |
| Uzasadnienie odstąpienia od oceny w oparciu o ichtiofaunę rzek typu abiotycznego<br>nr 22 (Rzeka przyujściowa pod wpływem wód słonych) ..... | 76 |
| Analiza presji antropogenicznej dla stanowisk objętych monitoringiem ichtiofauny .....                                                       | 79 |
| Interkalibracja metody EFI+IBI_PL .....                                                                                                      | 83 |
| Wyniki autointerkalibracji .....                                                                                                             | 85 |
| Literatura.....                                                                                                                              | 91 |

## Wstęp

Obowiązek osiągnięcia dobrego stanu albo potencjału ekologicznego wód powierzchniowych nałożony został na kraje członkowskie Unii Europejskiej Dyrektywą 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 roku (EU Water Framework Directive 2000 – tzw. RDW). Dyrektywa ta ustanawia ramy wspólnotowego działania w zakresie polityki wodnej, określając warunki, które muszą zostać spełnione dla osiągnięcia zakładanego celu. Precyzuje je rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187). Jednym z elementów biologicznych uwzględnianych przy ocenie stanu/potencjału ekologicznego jednolitych części wód powierzchniowych są ryby. Stanowią one grupę organizmów przydatną do oceny stanu środowiska (SZLAKOWSKI I IN. 2004, EFI+ Manual 2009, ADAMCZYK I IN. 2013, PRUS I WIŚNIEWOLSKI 2013) ze względu na szereg cech:

- występują w większości wód powierzchniowych,
- wykazują zróżnicowane cykle życiowe,
- przemieszczają się na znacznych odcinkach, co wiąże się z wrażliwością na przerwanie ciągłości dróg migracji,
- zasiedlają zróżnicowane siedliska w systemie rzeki,
- ograniczona liczba gatunków ryb w ichtiofaunie Polski stwarza możliwość ich stosunkowo prostej identyfikacji,
- zajmują różne poziomy troficzne, a ich cykle życiowe i wymagania ekologiczne były przedmiotem licznych badań i opracowań,
- zaburzenia ich wzrostu i rekrutacji mogą być wyrazem zaburzeń w środowisku,
- mają znaczenie dla gospodarki człowieka, co sprawia, że zmiany w ich występowaniu są zauważane przez ogół społeczeństwa.

Prowadzenie badań ichtiofauny, związanych z dokładną oceną zagęszczenia i biomasy, wymaga jednak zastosowania złożonych metod oraz znacznego nakładu pracy i środków finansowych (połowy następcze, zastosowanie siatek

odgradzających itp.). Stwarza to poważne trudności metodyczne, szczególnie w przypadku badania dużych rzek (MANN I PENCZAK 1984).

Państwowym Monitorowaniem Środowiska (PMŚ), objęte są wszystkie jednolite części wód powierzchniowych (JCWP), czyli – oddzielne i znaczące elementy wód powierzchniowych, wyznaczone zgodnie z RDW. W Polsce dla rzek wyznaczono 4586 JCWP, w tym 2960 określono jako naturalne części wód (NAT), 1504 – jako silnie zmienione części wód (HMWB) oraz 122 jako sztuczne części wód (AWB). Ocena stanu albo potencjału ekologicznego w oparciu o ichtiofaunę w tej samej JCWP zgodnie z zał. nr 5 do RDW powinna być dokonywana co 3 lata, a ze względu na terminy sprawozdawcze dla planów gospodarowania wodami – nie rzadziej niż co 6 lat. Dla niektórych gatunków ryb o znaczeniu dla EU wymienionych w załącznikach Dyrektywy Siedliskowej (Dyrektywa Rady 92/43/EWG, 1992) sześcioletnie odstępy między okresami monitoringu są uznawane za zbyt rzadkie, toteż wskazany jest częstszy monitoring stanu zachowania ich populacji – w odstępach 3-5 letnich (MAKOMASKA-JUCHNIEWICZ I BARAN, 2012). W skali kraju wymaga to zaangażowania znacznych sił i środków finansowych. Z tego względu w badaniach monitoringowych przyjęto standardowo metodę oceny stanu/potencjału ekologicznego opartą na wynikach jednokrotnego elektropołowu.

## Słownik ważniejszych terminów

**Autointerkalibracja** – proces harmonizacji granicznych wartości klas stanu ekologicznego: bardzo dobrej/dobrej i dobrej/umiarkowanej dla nowej lub zmienionej metody narodowej w odniesieniu do metod narodowymi krajów UE, które zostały poddane interkalibracji.

**Biocenoza** – wszystkie organizmy żywe zasiedlające określony obszar, wraz ze środowiskiem abiotycznym tworzące ekosystem.

**Biomasa ryb** – łączna masa osobników danego gatunku lub zespołu ryb w przeliczeniu na jednostkę powierzchni.

**Biotop** – nieożywione elementy środowiska, tworzące siedlisko dla organizmów żywych, wraz z nimi stanowiące ekosystem.

**Bogactwo gatunkowe ichtiofauny** – liczba gatunków ryb, zamieszkujących wody określonego dorzecza lub zlewni.

**Ciągłość dróg migracji** – zachowanie dróg migracji dla organizmów (tu dla ryb) w stanie niezakłóconym przez człowieka (bez przeszkód zbudowanych przez człowieka). Synonim – ciągłość morfologiczna.

**Common metric** – wspólna metryka oceny stanu ekologicznego wykorzystywana do porównywania granic klas w procesie interkalibracji lub autointerkalibracji metod krajowych.

**Długość całkowita** – długość ryby mierzona od początku pyska do najdłuższego promienia płetwy ogonowej (*longitudo totalis*, l.t.).

**Dorzecze** – obszar lądu, z którego cały spływ powierzchniowy jest odprowadzany przez system strumieni, rzek i, gdzie stosowne, jezior, do morza poprzez pojedyncze ujście cieku, estuarium lub deltę.

**EFI+** – Europejski Wskaźnik Ichtiologiczny opracowany w ramach międzynarodowego projektu „Improvement and spatial extension of European fish index EFI+” realizowanego w latach 2007-2009 (EFI+ Manual 2009). Aplikacja obliczająca wskaźnik dostępna jest na stronie: <http://efi-plus.boku.ac.at/software/index.php>. Synonim: Oryginalny wskaźnik EFI+.

**EFI+IBI\_PL** – metoda oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę przyjętą w PMŚ w Polsce od 2014 r. (Dz. U. z 2014 r. poz. 1482) i stosowana obecnie (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187). Metoda została zweryfikowana w ramach projektu „Badania ichtiofauny w latach 2014-2015 dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód wraz z udziałem w europejskim ćwiczeniu interkalibracyjnym – rzeki” i w tej uaktualnionej wersji jest przedstawiona w niniejszym opracowaniu.

**EFI+PL** – wielometryczny wskaźnik do oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę stosowany w PMŚ w Polsce, według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187). Wskaźnik jest stosowany dla typów abiotycznych rzek nr 0-20, 22 i 26. Po weryfikacji metody wskaźnik EFI+PL jest rekomendowany do oceny rzek typów abiotycznych rzek nr 0-20. Metoda jest oparta na opracowanym w 2009 Nowym Europejskim Indeksie Ichtiologicznym EFI+ (EFI+ Manual 2009), dostosowanym do warunków rzek Polski. W 2016 r. metoda

EFI+PL została poddana procesowi autointerkalibracji, który zakończył się pomyślnie.

**Ekosystem** – ogół organizmów żywych wraz ze środowiskiem ich występowania, tworzący funkcjonalną, wyodrębnioną całość (np. rzeka, jezioro, las, łąka). Składa się z biocenozy i biotopu.

**Elektropołów** – odłów ryb przy pomocy elektrycznych narzędzi połowowych, z wykorzystaniem zjawiska elektrotaksji polegającego na kierowaniu się ryb w polu elektrycznym w stronę dodatnio naładowanej elektrody (anody).

**Elementy biologiczne** – grupy organizmów (ryby, makrobezkręgowce denne, makrofity i fitobentos), wchodzących w skład oceny stanu ekologicznego wód w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej.

**Gatunki charakterystyczne** – gatunki (tu ryb) charakterystyczne dla danego typu rzeki. Synonim- gatunki specyficzne dla typu.

**Gatunki dominujące** – gatunki, które w wyniku wyraźnej przewagi liczebnej i/lub w biomasie wpływają decydująco na przepływ energii w ekosystemie oraz na środowisko życia wszystkich pozostałych gatunków.

**Gatunki inwazyjne** – gatunki obce o dużej ekspansywności, stanowiące zagrożenie dla fauny i flory danego ekosystemu, konkurujące z gatunkami rodzimymi, mogące się przyczyniać do wyginięcia gatunków miejscowych.

**Gatunki obce** – gatunki pochodzące z innego ekosystemu lub obszaru geograficznego, sprowadzone do środowiska celowo – introdukcja lub przypadkowo – zawleczenie. Synonim: gatunki allochtoniczne.

**Gatunki obce pochodzące z zarybień** – gatunki pochodzące z innego ekosystemu lub obszaru geograficznego, sprowadzone do środowiska celowo.

**Gatunki obce w rozumieniu rozporządzenia [Dz. U. 2011 nr 210. poz. 1260]** – gatunki obce, które w przypadku uwolnienia do środowiska przyrodniczego mogą zagrozić gatunkom rodzimym lub siedliskom przyrodniczym. Rozporządzenie wymienia 8 gatunków ryb: babka bycza *Neogobius melanostomus*, babka tusa (babka gołogłowa) *Neogobius gymnotrachelatus*, babka marmurkowa *Proterorhinus marmoratus* (obecnie opisywana jako *Proterorhinus semilunaris*), babka szczupła (babka rzeczna) *Neogobius fluviatilis*, czebaczek amurski *Pseudorasbora parva*, pirapitinga (pirania paku) *Piaractus brachipomus*, sumik karłowaty *Ameiurus nebulosus* i trawianka *Percottus glenii*.

**Gatunki przewodnie** – gatunki stanowiące główny komponent zespołu ichtiofauny, odgrywające kluczową rolę w przepływie energii i obiegu materii w ekosystemie. Synonim: gatunki kluczowe.

**Gatunki tolerancyjne** – gatunki o dużym zakresie tolerancji na zmienność czynników środowiska. Synonim: gatunki eurytopowe.

**Gatunki toni wody** – gatunki żyjące w strefie otwartych wód (synonim: gatunki pelagiczne).

**Gatunki wrażliwe** – gatunki o wąskim zakresie tolerancji na zmienność czynników środowiska. Synonim: gatunki stenobiotyczne.

**Gildia** – funkcjonalna grupa gatunków wyróżniająca się zbliżonymi wymaganiami środowiskowymi. Np.: gildia rozrodcza - składająca się z grupy gatunków o podobnym typie i sposobie rozmnażania (tu – składania ikry), gildia siedliskowa –

grupa gatunków preferujących dany typ siedlisk, gildia pokarmowa (troficzna) – grupa gatunków o zbliżonym składzie pokarmu.

**Grupa 0+** – narybek (młode stadia rozwojowe ryb) młodszy niż jeden rok. Na jego oznaczenie często używany jest także skrót YOY (*young of the year* – młodszy niż rok).

**Grupa rozrodcza ryb** – grupa gatunków ryb wykazujących określone preferencje odnośnie miejsca składania ikry oraz substratu tarłowego (BALON 1975).

**IBI** – Wskaźnik Integralności Biotycznej (Index of Biotic Integrity) opracowany w USA wielometryczny indeks oceny stanu środowiska rzek w oparciu o ichtiofaunę (Karr 1981, Karr i in. 1986). Synonim: Oryginalny wskaźnik IBI.

**IBI\_PL** – wielometryczny wskaźnik do oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę stosowany w PMŚ w Polsce, według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187). Wskaźnik jest stosowany dla typów abiotycznych rzek nr 21, 23, 24 i 25. Po weryfikacji metody wskaźnik IBI\_PL jest rekomendowany do oceny rzek typów abiotycznych rzek nr 21, 23, 24, 25 i 26. Metoda jest oparta na założeniach Wskaźnika Integralności Biotycznej IBI (Karr 1981, Karr i in. 1986).

**Ichtyofauna** – wszystkie gatunki ryb zamieszkujące wody określonego dorzecza lub zlewni. Synonim: rybostan.

**Interkalibracja** – proces harmonizacji granicznych wartości kategorii ekologicznych: bardzo dobrej/dobrej i dobrej/umiarkowanej pomiędzy metodami narodowymi krajów UE.

**Jednolita część wód powierzchniowych (JCWP)** – termin Ramowej Dyrektywy Wodnej, oznaczający oddzielny i znaczący element wód powierzchniowych taki jak: jezioro, zbiornik, strumień, rzeka, kanał, część strumienia, rzeki lub kanału, wody przejściowe lub pas wody przybrzeżnej. Przewodnik metodyczny ma odniesienie tylko do JCWP wyznaczonych na wodach płynących (strumień, rzeka, kanał, część strumienia, rzeki lub kanału).

**Liczebność ryb** – liczba osobników danego gatunku lub zespołu ryb w przeliczeniu na jednostkę powierzchni.

**Migracje** – okresowe przemieszczanie się zwierząt (tu ryb) w celach rozrodczych, pokarmowych lub związanych z zimowaniem.

**Metryka** – element składowy wskaźnika służącego do oceny stanu środowiska, opisujący cechy zespołu organizmów stanowiących biologiczny element oceny (tu ryb) w rozumieniu RDW, np. udział gatunków wrażliwych w zespole ichtiofauny.

**Ryby amfidromiczne** – ryby, które rozmnażają się w wodach słodkich, a na żerowiska i zimowiska mogą przemieszczać się do wód słonawych, co nie jest jednak cechą obligatoryjną w ich cyklu życiowym (np. leszcz, płoć, jazgarz).

**Ryby anadromiczne** – ryby dwuśrodowiskowe, które w celu rozrodu wędrują z morza do wód słodkich (np. łosoś, troć wędrowną, jesiotr).

**Ryby bentosożerne** – ryby, odżywiające się głównie wodnymi bezkręgowcami. Synonim – ryby bezkręgowcożerne.

**Ryby diadromiczne** – ryby dwuśrodowiskowe, które odbywają wędrówki między morzami lub estuariami a wodami słodkimi, ponieważ część swego życia spędzają w wodach morskich, a część w wodach słodkich.

**Ryby drapieżne** – ryby, odżywiające się głównie rybami lub innymi kręgowcami.

**Ryby dwuśrodowiskowe** – ryby, które część swego życia spędzają w wodach słonych, w morzach lub estuariach, a część w wodach słodkich. Ryby te odbywają wędrówki rozrodcze między wodami słonymi a słodkimi. Synonim: ryby diadromiczne.

**Ryby eurytopowe** - ryby, które mogą się rozmnażać i osiągać duże liczebności zarówno w rzekach jak i w wodach stojących. Synonim: ryby ubikwistyczne, tolerancyjne.

**Ryby fitofilne** – grupa rozrodcza ryb obejmująca gatunki, które składają ikrę na roślinach w wodzie stojącej lub wolno płynącej.

**Ryby fito-litofilne** – grupa rozrodcza ryb obejmująca gatunki, które składają ikrę zarówno na dnie kamienistym jak i na roślinach.

**Ryby karpowate** – ryby z rodziny karpowatych (*Cyprinidae*), większość gatunków ryb występujących w wodach słodkich Polski.

**Ryby katadromiczne** – ryby diadromiczne, które na okres rozrodu wędrują z wód słodkich do morza, w wodach Polski jedynym takim gatunkiem jest węgorz europejski.

**Ryby limnofilne** – ryby występujące w stojących lub wolno płynących wodach.

**Ryby litofilne** – grupa rozrodcza ryb obejmująca gatunki składające ikrę na podłożu kamienistym, w wodzie bogatej w tlen. Można wśród nich wyróżnić ukrywające ikrę (minogi, łososiowate, lipień) i nieukrywające (karpowate). Specyficzną grupę tworzą wśród ryb litofilnych głowacze, składające ikrę pod kamieniami na ich spodniej stronie, takie ryby noszą nazwę speleofilnych.

**Ryby lito-pelagofilne** – grupa rozrodcza ryb obejmująca gatunki składające ikrę na kamieniach lub żwirze, których rozwijająca się ikra jest unoszona z prądem wody.

**Ryby łososiowate** – ryby z rodziny łososiowatych (*Salmonidae*), obejmującej podrodziny głąbieli *Coregoninae*, lipieni *Thymallinae* i łososiowców *Salmoninae*.

**Ryby ostrakofilne** – grupa rozrodcza ryb obejmująca gatunki, których ikra rozwija się w jamie płaszczowej małży, które składają ikrę do jamy skrzelowej małży.

**Ryby pelagofilne** – grupa rozrodcza ryb obejmująca gatunki, których ikra, składana na różny substrat, w czasie rozwoju unosi się w toni wodnej.

**Ryby potamodromiczne** – ryby, odbywające wędrówki dyspersyjne lub koncentrujące w obrębie systemu rzecznoego, czasem na duże odległości.

**Ryby przydenne** – ryby żyjące w dennej strefie środowiska wodnego (synonim: ryby bentoniczne).

**Ryby psammofilne** – grupa rozrodcza ryb obejmująca gatunki składające ikrę na substracie piaszczystym.

**Ryby reofilne** – ryby preferujące środowiska przepływowe o szybkim nurcie wody (lotyczne), występujące i odbywające tarło głównie w rzekach. Synonim: ryby prądolubne, reolimniczne.

**Ryby rodzime** – ryby rodzime dla danego ekosystemu, danej zlewni. Są charakterystyczne dla ichtiofauny danego obszaru geograficznego.

**Ryby roślinożerne** – ryby, odżywiające się głównie roślinami wodnymi – makrofitami, fitoplanktonem lub fitobentosem.

**Ryby toni wodnej** – ryby żyjące w strefie otwartych wód. Synonim – ryby nektoniczne.

**Ryby wędrowne** – ryby okresowo przemieszczające się w celach rozrodczych, pokarmowych lub związanych z zimowaniem, dzielą się na diadromiczne i potamodromiczne.

**Ryby wszystkożerne** – ryby, odżywiające się zarówno roślinami wodnymi jak i bezkręgowcami, a nawet rybami i innymi kręgowcami.

**Rzeka anastomozująca** – rzeka płynąca równocześnie wieloma korytami, o stałym przebiegu. Koryta rozdzielone są wyspami z trwałą roślinnością i tworzą rozgałęziającą się i łączącą sieć. Współczynnik krętości wynosi powyżej 1,05.

**Rzeka kręta** – rzeka o współczynniku krętości (patrz współczynnik krętości) większym niż 1,05 i mniejszym niż 1,5. Synonim: rzeka sinusoidalna.

**Rzeka meandrująca** – rzeka o współczynniku krętości (patrz współczynnik krętości) większym niż 1,5.

**Rzeka międzyjeziorna** – w typologii polskiej typ abiotyczny nr 25. Rzeka łącząca jeziora, przepływająca przez nie.

**Rzeka naturalnie prosta** – rzeka o współczynniku krętości (patrz współczynnik krętości) mniejszym niż 1,05.

**Rzeka typu Cyprinid** – rzeka, w której dominującą grupą ryb są ryby karpowate, zaś gatunki charakterystyczne dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (ST-species) mają niewielki udział. Zwykle o spadku poniżej 2‰, z piaszczystym, gliniastym lub organicznym substratem dennym. Termin stosowany w odniesieniu do wskaźnika EFI+PL.

**Rzeka typu Salmonid** – rzeka, w której dominującą grupą ryb są ryby łososiowate i towarzyszące im charakterystyczne gatunki (ST-species). Zwykle o spadku powyżej 2‰, ze żwirowo-kamienistym dnem. Termin stosowany w odniesieniu do wskaźnika EFI+PL.

**Rzeka warkoczowa** – rzeka, w której stałe wyspy lub okresowo powstające odkłady rumowiska dzielą koryto na dwie lub kilka odnóg, a główna linia nurtu jest kręta i często zmienia swoje położenie w korycie. Synonim: rzeka roztokowa.

**Segment rzeki** – jednorodny fragment rzeki w ramach JCWP, obejmujący stanowisko monitoringowe. Długość segmentu wyznacza się w zależności od powierzchni zlewni rzeki powyżej stanowiska: 1 km – powierzchnia <100 km<sup>2</sup>, 5 km – powierzchnia 100-1000 km<sup>2</sup>, 10 km – powierzchnia > 1000 km<sup>2</sup> (EFI+ Manual 2009). Synonim – odcinek rzeki.

**St-species** – grupa ryb charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych, obejmująca następujące gatunki: piekielnica *Alburnoides bipunctatus*, sielawa *Coregonus lavaretus*, głowacz białopłetwy *Cottus gobio*, głowacz przegopłetwy *Cottus poecilopus*, minóg ukraiński *Eudontomyzon mariae*, minóg strumieniowy *Lampetra planeri*, różanka *Phoxinus phoxinus*, łosoś atlantycki *Salmo salar*, pstrąg potokowy *Salmo trutta fario*, troć jeziorowa *Salmo trutta lacustris*, troć wędrowna *Salmo trutta trutta*, lipień *Thymallus thymallus*, głowacica *Hucho hucho* (gatunek rodzimy w zlewni Dunaju) oraz pstrąg źródlany *Salvelinus fontinalis* (gatunek obcy).

**Środowisko limniczne** – wody stojące i wolno płynące.

**Środowisko lotyczne** – wody płynące, z wyraźnym nurtem.

**Typ krzemianowy rzeki** – w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej – rzeka której zlewnia jest zdominowana przez podłoże ubogie w wapń, płynąca przez utwory geologiczne zdominowane przez granity, gnejsy, łupki i inne skały wulkaniczne.

**Typ organiczny rzeki** – w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej – rzeka której zlewnia jest zdominowana przez podłoże organiczne.

**Typ węglanowy rzeki** – w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej – rzeka której zlewnia jest zdominowana przez podłoże bogate w wapń.

**Wskaźnik wielometryczny** – wskaźnik (indeks) wykorzystywany do oceny stanu środowiska, złożony z zestawu kilku metryk, czyli wyróżnionych cech zespołu organizmów stanowiących biologiczny element oceny. Synonim: wskaźnik multimetryczny.

**Współczynnik krętości** – stosunek długości rzeki do długości doliny rzecznej.

**Zlewnia** – obszar lądu, z którego cały spływ powierzchniowy jest odprowadzany przez system strumieni, rzek, ewentualnie jezior, do określonego punktu w biegu rzeki, wyznaczanego zwykle w miejscu ujścia dopływu lub wypływu z jeziora.

## Wprowadzenie do metody

Pojęcie stanu ekologicznego odnosi się do JCWP określonych jako naturalne (Ryc. 1), natomiast dla JCWP silnie zmienionych lub sztucznych (Ryc. 2) określa się potencjał ekologiczny, zgodnie z Ustawą Prawo wodne (Dz. U. 2015 poz. 469. ze zm.) oraz rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187).

Zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną (EU Water Framework Directive, 2000) stan bardzo dobry określa się jako taki, w którym: „1) skład gatunkowy i liczebność ryb odpowiadają warunkom niezakłóconym lub są zbliżone do tych warunków; 2) występują wszystkie specyficzne dla danego typu wód powierzchniowych gatunki ryb wrażliwe na zakłócenia; 3) struktura wiekowa populacji ryb wskazuje na niewielkie zakłócenia wynikające z wpływu działalności człowieka, ale nie wskazuje na zaburzenia reprodukcji albo rozwoju żadnego gatunku ryb”.



**Ryc. 1.** JCWP naturalna – PLRW200024262999. Biebrza od Ełku do ujścia (fot. J. Ligieży).



**Ryc. 2.** JCWP silnie zmieniona - PLRW20002127911. Wisła od wypływu ze Zbiornika Włocławskiego do granicy Regionu Wodnego Środkowej Wisły (fot. J. Ligęza).

Zdefiniowano również szczegółowo stan dobry i umiarkowany, precyzując dopuszczalny poziom odchyień wymienionych parametrów od stanu bardzo dobrego. Wymienione rozporządzenie precyzuje także pojęcie potencjału ekologicznego, który: „uznaje się za maksymalny, jeżeli wartości biologicznych elementów jakości odpowiadają wartościom tych elementów jakości określonym dla najbardziej zbliżonego typu wód powierzchniowych, przy warunkach fizycznych wynikających z charakterystyki sztucznej lub silnie zmienionej jednolitej części wód powierzchniowych”. W analogiczny sposób zdefiniowane zostały klasy dobrego i umiarkowanego potencjału ekologicznego.

Wybór odpowiedniej metody oceny stanu lub potencjału ekologicznego jednolitych części wód rzek ma kluczowe znaczenie, ponieważ prawidłowe rozgraniczenie między stanem bardzo dobrym lub dobrym a umiarkowanym, słabym lub złym warunkuje konieczność podejmowania działań dla poprawy jakości wód (BŁACHUTA I IN. 2010).

Metody oceny stanu środowiska z wykorzystaniem zespołów ryb rozwijane są od ponad 30 lat. Ze szczególnym powodzeniem wykorzystywane są wskaźniki wielometryczne uwzględniające strukturę biocenozy i biotopu jako integralnej całości. Ideą działania biotycznych wskaźników jest wrażliwość zespołów ryb na

antropogenne zaburzenia środowiska. Przejawia się to zmianami takich cech zespołu jak np.: obfitość ryb, rekrutacja, struktura troficzna, w tym udział ryb drapieżnych. Cechy zespołu organizmów wskaźnikowych mogą być wtedy traktowane jako metryki, służące analizowaniu stopnia zmian w środowisku wodnym.

Pierwsze próby opracowania wskaźnika ichtiologicznego podjęto w USA w latach 80-tych ubiegłego wieku, czego efektem było powstanie Wskaźnika Integralności Biotycznej (Index of Biotic Integrity, IBI) (KARR 1981, KARR I IN. 1986). Metoda IBI uwzględnia 12 metryk, zgrupowanych w trzech kategoriach, które charakteryzują biologiczny i ekologiczny stan zespołów ryb: 1) bogactwo i skład gatunkowy, 2) struktura troficzna, 3) liczebność i kondycja zdrowotna ryb. Tak skonstruowana tabela skategoryzowanych metryk biologicznych stanowi matrycę wskaźnika IBI. Omawiana metoda pozwala na dostosowanie kryteriów poszczególnych metryk do określonego typu abiotycznego rzeki, lub do pojedynczej zlewni, co daje możliwość precyzyjnej oceny stanu środowiska. Tworzenie indywidualnych matryc IBI związane jest z koniecznością zgromadzenia bardzo szerokiej bazy danych, co w przypadku zastosowania wskaźnika w skali całego kraju wymaga znacznego nakładu pracy aby utworzyć stosowne do typów rzek matryce. Z tego powodu wskaźnik IBI, który znalazł również zastosowanie w warunkach europejskich i w Polsce (BURAS I IN. 2004, SZLAKOWSKI I IN. 2004, BURAS I IN. 2006), był dotychczas stosowany jedynie w odniesieniu do poszczególnych zlewni, dla których jego matryce były indywidualnie opracowane.

Wskaźnik IBI stanowił podstawę dla rozwijanych w późniejszych latach różnych metod oceny stanu środowiska na podstawie ichtiofauny, przy czym ich autorzy starali się uzyskać bardziej uniwersalne narzędzie. W 2004 r. opracowano Europejski Wskaźnik Ichtiologiczny (European Fish Index, EFI), który w zamierzeniu miał zapewnić standardowe narzędzie wspomagające realizację RDW (FAME Consortium 2004, PONT I IN. 2006, SCHMUTZ I IN. 2007). Europejski Wskaźnik Ichtiologiczny EFI został skalibrowany z 4 kryteriami presji antropogenicznej: 1) degradacją warunków morfologicznych rzek, 2) zaburzeniami warunków hydrologicznych, 3) degradacją jakości wody (związki toksyczne, odczyn pH, stężenie tlenu) oraz 4) zawartością zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Metryki

stosowane do obliczania wskaźnika EFI zgrupowane zostały parami w 5 kategoriach: 1) struktura troficzna: zagęszczenie gatunków odżywiających się bezkręgowcami, zagęszczenie gatunków wszystkożernych; 2) gildie rozrodcze: zagęszczenie gatunków litofilnych, względna liczebność gatunków litofilnych; 3) siedlisko: liczba gatunków przydennych (bentonicznych), liczba gatunków reofilnych; 4) tolerancja zakłóceń: względna liczba gatunków wrażliwych, względna liczba gatunków tolerancyjnych; 5) migracje: liczba gatunków dwuśrodowiskowych, liczba gatunków potamodromicznych (FAME Consortium 2004).

Testowanie przydatności wskaźnika EFI wykazało, że koreluje on z parametrami presji dla typów rzek, które były najliczniej reprezentowane w bazie danych stanowiących podstawę jego opracowania. Dotyczyło to rzek wyżynnych i górskich oraz małych rzek nizinnych łowionych metodą brodzenia. Natomiast przydatność metody EFI dla oceny większych rzek nizinnych, przeważających w centralnej i północnej Polsce, okazała się ograniczona, ze względu na znaczną rozbieżność wyników uzyskanych przy zastosowaniu wskaźnika EFI z oceną parametrów presji oraz wynikami wskaźnika IBI (WIŚNIEWOLSKI I IN. 2006, PRUS I IN. 2009).

Korzystając ze wsparcia VI Programu Ramowego UE w latach 2007-2009 podjęto kolejny projekt "Udoskonalenie i rozszerzenie przestrzenne Europejskiego Wskaźnika Ichtiologicznego EFI+" (Improvement and spatial extension of the European Fish Index), który został zrealizowany przez konsorcjum partnerów z krajów Unii Europejskiej. W ramach konsorcjum zgromadzono bazę danych obejmującą wyniki odłowów i informacje o poziomie presji antropogenicznej (SCHINEGGER I IN. 2011) dla ponad 14 tysięcy stanowisk zlokalizowanych na 2 700 rzekach w 15 krajach europejskich (w tym 919 stanowisk z Polski). Baza ta stanowiła podstawę opracowania Nowego Europejskiego Wskaźnika Ichtiologicznego – EFI+ (New European Fish Index – EFI+), który jest dostępny na stronie internetowej <http://efi-plus.boku.ac.at/software/>, na serwerze uczelni Universität für Bodenkultur w Wiedniu.

## Przegląd metod stosowanych w Unii Europejskiej

Od lat 90 ubiegłego wieku, a szczególnie od czasu przyjęcia RDW w 2000 r. prace nad metodami oceny stanu ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę prowadzono równolegle w wielu krajach europejskich. Zaowocowało to powstaniem szeregu narodowych metod, które następnie zostały poddane procesowi interkalibracji, zakończonemu w 2011 r. (WFD Intercalibration 2011). W procesie tym porównywano wyniki oceny uzyskane za pomocą 18 krajowych lub regionalnych metod. Większość z nich oparta jest na modyfikacjach wskaźnika IBI lub stanowi kombinację szeregu wybranych metryk, odnoszących wynik konkretnego połowu monitoringowego do stanu referencyjnego dla danego typu rzeki (WFD Intercalibration 2011).

W grupie nizin centralnych, do której zaliczono Polskę interkalibracją objęto 5 metod: 1) Belgijska metoda dla Walonii (IBIP) oparta na zasadach IBI wykorzystuje 6 metryk uwzględniających: bogactwo gatunkowe, wskaźniki jakości wody oraz wskaźniki jakości środowiska fizycznego w rzece; 2) Niemiecki wskaźnik FIBs stanowi kolejną modyfikację metody IBI. Uwzględnia on metryki obejmujące: bogactwo gatunkowe i obecność gildii siedliskowych, rozrodczych i troficznych, liczebność gatunków przewodnich i gildii, strukturę wiekową (obecność grupy 0+). Metoda ta odnosi się też do możliwości migracji (ocena ekspercka), indeksów dominacji oraz wskaźnika specyficznego dla regionu ichtiologicznego (DUSSLING I IN. 2004); 3) Metoda przyjęta we Francji (FBI) stanowi wielometryczny wskaźnik obliczający stopień odchylenia składu ichtiofauny określonego na podstawie wyników połowu od stanu referencyjnego. Wskaźnik ten działa w oparciu o metryki uwzględniające: całkowitą liczbę gatunków, liczbę gatunków reofilnych i litofilnych, liczbę osobników gatunków: tolerancyjnych, wszystkożernych, odżywiających się bezkręgowcami oraz łączną liczbę ryb; 4) Wskaźnik litewski (LZI) uwzględnia 8 metryk związanych z obecnością i zagęszczeniem gatunków: wrażliwych, litofilnych, reofilnych oraz tolerancyjnych i wszystkożernych; 5) Metoda holenderska (NLFISR) odnosi się do abiotycznej typologii rzek i oparta jest na 8 metrykach dotyczących liczby gatunków i zagęszczenia ryb: reofilnych, eurytopowych, migrujących i wrażliwych. W dalszej kolejności uwzględniono metodę belgijską dla

Flandrii (IBI), która opiera się na metrykach dotyczących: liczby gatunków, udziału gatunków tolerancyjnych, charakterystycznych dla typu rzeki i obcych, biomasy ryb, udziału grup troficznych. Nie było możliwości interkalracji metody brytyjskiej dla Walii, ze względu na brak stanowisk referencyjnych. Metoda polska została poddana procesowi autointerkalibracji w odniesieniu do metod krajów z grupy nizin centralnych w roku 2016.

Pozostałe metody interkalibrowano w grupach: alpejskiej, dunajskiej, śródziemnomorskiej oraz nordyckiej. W grupie alpejskiej znalazły się: 1) Metoda austriacka (Fish Index Austria – FIA), która opiera się na 9 metrykach, obejmujących między innymi takie parametry jak: biomasa ryb, udział gatunków dominujących, subdominujących i rzadkich, obecność gildii siedliskowych i rozrodczych; 2) Metoda przyjęta w Słowenii – wskaźnik (SIFAIR) oparty na 5 metrykach: biomasa wszystkich gatunków i gatunków reofilnych, liczebność dorosłych osobników gatunków reofilnych, liczba gatunków reofilnych i litofilnych; 3 i 4) Metoda francuska i niemiecka – opisane wyżej. W grupie dunajskiej uwzględniono: 1) Metodę przyjętą w Czechach, która ma odmienny charakter niż pozostałe, bazującą na ocenie zespołów narybkowych (wskaźnik multimetryczny, obejmujący: obecność gatunków charakterystycznych, łączną liczebność narybku oraz względną liczebność gatunków reofilnych i eurytopowych); 2) Metodę słowacką (FIS) uwzględniającą 10 metryk związanych z względną liczebnością gildii troficznych i siedliskowych oraz gatunków migrujących, łososiowatych i inwazyjnych, a także wskaźnik równomierności udziału gatunków; 3) Metodę rumuńską, którą stanowi wskaźnik EFI+, składający się z dwóch par metryk, opracowanych osobno dla rzek z dominacją ryb łososiowatych i karpowatych. W grupie śródziemnomorskiej interkalibrowano metody: 1) Hiszpańską (IBIMED), którą stanowi wskaźnik dostosowany specyficznie do typów rzek występujących w regionie śródziemnomorskim, uwzględniający 17 metryk dotyczących m. in. zagęszczenia i liczby gatunków poszczególnych gildii troficznych i siedliskowych, gatunków wrażliwych, obcych i rodzimych oraz biomasy rodzimych gatunków dennych; 2) Wskaźnik portugalski (F-IBIP) jest indeksem wielometrycznym, dostosowanym tylko do rzek odławianych metodą brodenia i biorącym pod uwagę parametry zespołu ryb dotyczące: składu taksonomicznego, wrażliwości, ekologicznych grup troficznych, preferencji siedliskowych, migracji

i struktury wiekowej. W grupie nordyckiej poddano interkalibracji następujące metody 1) Wskaźnik fiński (FIFI) stanowiący metodę specyficzną dla typu rzeki, obejmującą metryki dotyczące: liczby gatunków, udziału gatunków wrażliwych i tolerancyjnych, zagęszczenia ryb karpiowatych oraz osobników klasy 0+ ryb łososiowatych; 2) Wskaźnik irlandzki wskaźnik (FCS2 Ireland) oparty na modelu określającym odchylenie składu gatunkowego obserwowanego zespołu ryb od przewidywanego dla warunków referencyjnych, przy czym odchylenia te obliczane są dla poszczególnych gatunków; 3) Wskaźnik szkocki (FCS2 Scotland), który bazuje na tych samych zasadach, co stosowany w Irlandii, jednak pozwala na uwzględnienie jedynie danych dla łososia atlantyckiego i pstrąga potokowego, z podziałem na osobniki 0+ i starsze, traktowane jako 4 odrębne grupy; 4) Metodę szwedzką (VIX) opierającą się na 6 metrykach: liczebność łososia atlantyckiego i troci, udział ryb łososiowatych odbywających rozród, udział gatunków tolerancyjnych i wrażliwych, zagęszczenie gatunków litofilnych i tolerancyjnych.

Przedstawione powyżej metody krajowe zostały poddane interkalibracji z wykorzystaniem metryk wskaźnika EFI+, jako metody o największym przestrzennym zasięgu stosowalności. Zasięg geograficzny wskaźnika EFI+ obejmuje większość kontynentu europejskiego: od Skandynawii po region śródziemnomorski oraz od Portugalii po Rumunię (EFI+ Manual 2009). W pierwszej fazie interkalibracji (rok 2009) zastosowano wszystkie 4 metryki metody EFI+: 1) zagęszczenie gatunków nie tolerujących deficytów tlenu i 2) zagęszczenie osobników mniejszych niż 150 mm (*l.t.*) gatunków nie tolerujących degradacji siedlisk – dla rzek z dominacją ryb łososiowatych oraz 3) bogactwo gatunkowe ryb wymagających do rozmnażania środowiska lotycznego i 4) zagęszczenie gatunków wymagających do składania ikry twardego substratu – dla rzek z dominacją ryb karpiowatych. W kolejnej fazie (rok 2010) wykorzystano dwie metryki (1 i 3), dla wszystkich typów rzek, z wyłączeniem regionu śródziemnomorskiego. Ze względów organizacyjnych Polska nie brała aktywnego udziału w procesie interkalibracji wskaźników ichtiologicznych, prowadzonym w latach 2008-2011. Do 2013 r. nie było w Polsce określonej w drodze stosownego rozporządzenia metodyki oceny stanu ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę.

Polska metoda oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę została opracowana w ramach projektu „Badania ichtiofauny w latach 2010-2012 dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód wraz z udziałem w europejskim ćwiczeniu interkalibracyjnym – rzeki” realizowanego przez konsorcjum pod kierunkiem Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza. Metoda opracowana w 2013 r. wykorzystuje wskaźnik EFI+, w modyfikacji dostosowanej do warunków Polski – jako indeks EFI+PL, który został rekomendowany do stosowania dla większości typów abiotycznych rzek w naszym kraju, wraz z uzupełniającym wskaźnikiem dotyczącym oceny występowania ryb dwuśrodowiskowych (D). Pomimo szerokiej możliwości stosowania, metoda EFI+PL nie może być używana do określania stanu/potencjału ekologicznego niektórych typów rzek. Dotyczy to rzek należących do wymienionych poniżej typów abiotycznych (Dz. U. 2011, nr 258 poz. 1549): potok lub strumień na obszarze będącym pod wpływem procesów torfotwórczych (typ 23), mała i średnia rzeka na obszarze będącym pod wpływem procesów torfotwórczych (typ 24), ciek łączący jeziora (typ 25), a także starorzeczy (EFI+ Manual 2009). Dla tych typów rzek wskazane jest stosowanie innej metody oceny stanu ekologicznego, opartej na wskaźniku integralności biotycznej – IBI (SZLAKOWSKI I IN. 2004, BURAS I IN. 2006, PRUS I IN. 2011). Udział wymienionych kategorii rzek można oszacować na 12% spośród 4518 jednolitych części wód powierzchniowych w Polsce (PRUS I WIŚNIEWOLSKI 2013). Dla oceny wielkich rzek nizinnych (typ 21) wyniki wskaźnika EFI+ należy rozpatrywać ostrożnie (EFI+ Manual 2009). Wobec powyższego dla wymienionych typów abiotycznych rzek zastosowano odpowiednio zmodyfikowany wskaźnik IBI\_PL, uzupełniony dla wielkich rzek nizinnych (typ 21) o indeks diadromiczny (D). Wskaźniki EFI+PL i IBI\_PL, wraz z indeksem diadromicznym (D) zostały wskazane jako krajowa metoda oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187).

Przedmiotem niniejszego opracowania jest przybliżenie zasad funkcjonowania metody EFI+IBI\_PL, stosowanej w ocenie stanu ekologicznego rzek

w Polsce. W ramach projektu „Badania ichtiofauny w latach 2014-2015 dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód wraz z udziałem w europejskim ćwiczeniu interkalibracyjnym – rzeki” wprowadzono zmiany we wskaźniku EFI+IBI\_PL, których potrzebę sygnalizowano we wcześniejszej wersji przewodnika metodycznego (PRUS I WIŚNIEWOLSKI 2013). Zmiany te obejmowały dalszą adaptację metody do warunków Polski, w tym modyfikacje modułu obliczeniowego wskaźnika EFI+PL oraz weryfikację granic klas dla metody IBI\_PL w oparciu o analizę statystyczną zgromadzonych danych. Zmieniono także sposób oceny rzek typu abiotycznego nr 26 (Ciek w dolinie wielkiej rzeki nizinnej) z metody EFI+PL na wskaźnik IBI\_PL, jako lepiej dostosowany do tego typu rzek. Ponadto zrezygnowano z oceny na podstawie ichtiofauny rzek typu abiotycznego nr 22 (Rzeka przyujściowa pod wpływem wód słonych), ze względu na swoisty skład zespołów ryb, w których brak jest charakterystycznych gatunków wskaźnikowych wrażliwych na czynniki antropopresji. Poddano także szczegółowej analizie i weryfikacji informacje o historycznym i obecnym występowaniu gatunków dwuśrodowiskowych, stanowiące podstawę obliczania wskaźnika diadromicznego (D). Zmodyfikowano i udoskonalono również aplikację obliczeniową wskaźnika EFI+IBI\_PL, która znajduje się w gestii Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska.

## **Procedury badań terenowych**

Celem monitoringu jest uzyskanie informacji dotyczącej struktury gatunkowej i obfitości ryb. Do obliczenia wartości wskaźnika EFI+IBI\_PL na danym stanowisku wystarczające są wyniki z jednokrotnego elektropołowu. Zakres zbieranych w terenie materiałów jest bardzo zbliżony dla metody EFI+PL oraz IBI\_PL, stąd opis metodyki prac terenowych przedstawiony zostanie zbiorczo.

## **Wybór stanowiska monitoringu w oparciu o ichtiofaunę i metody odłowu**

Założeniem PMS jest ocena stanu ekologicznego JCWP rzek w sposób możliwie najpełniej oddający ich charakterystykę i wewnętrzne zróżnicowanie. Dla oceny parametrów fizykochemicznych punkty poboru prób są z reguły wyznaczane w dolnych odcinkach JCWP. Jednak w odniesieniu do ryb taka lokalizacja stanowisk badawczych jest nieodpowiednia, szczególnie gdy punkt monitoringowy położony

jest w odcinku ujściowym rzeki, co wiąże się z możliwością migracji ryb między dopływem a recypientem. Wybór stanowiska połowowego powinien być poprzedzony analizą zdjęć satelitarnych i map topograficznych w celu wytypowania reprezentatywnego dla danej JCWP odcinka rzeki, który obejmuje najliczniej występujące typy siedlisk i odzwierciedla stopień przekształcenia antropogenicznego. Należy zatem unikać połowów w odcinkach przyujściowych rzek, bezpośrednio poniżej punktowych źródeł zanieczyszczeń oraz w odcinkach odbiegających znacznie od charakteru rzeki.

Norma PN-EN 14011 (2006), stwierdza, że połowy nie powinny być prowadzone przy temperaturze wody poniżej 5°C, natomiast EFI+ Manual (2009) precyzuje, że dogodnym okresem połowu dla celów monitoringowych jest późne lato – wczesna jesień. W naszej szerokości geograficznej okres ten przypada od 15 sierpnia do 31 października. Wynika to z występowania niskich stanów wód w tym sezonie, a tym samym łatwiejszego zbioru materiałów badawczych, w tym również narybku 0+. Nie wyklucza to jednak, w wyjątkowych wypadkach, możliwości pobierania prób także w innych okresach.

W odniesieniu do wielkich rzek nizinnych (typ 21) oraz rzek o charakterze organicznym (typ 23 i 24) istotną rolę dla funkcjonowania ekosystemów odgrywają siedliska przyrzeczne, takie jak boczne odnogi i starorzecza otwarte. Wobec powyższego przy wyborze stanowiska połowowego należy uwzględnić proporcje tych siedlisk do głównego koryta rzeki w badanej JCWP i odpowiednio wybrać stanowisko, obejmujące zarówno koryto rzeki, jak i siedliska przyrzeczne. Wyniki połowu traktuje się następnie jako próbę łączoną.

Długość stanowiska połowowego powinna wynosić od 10 do 20 krotności szerokości cieku, przy minimalnej długości stanowiska 100 m. Taka długość stanowiska powinna zapewnić otrzymanie reprezentatywnej próby zespołu ichtiofauny. Z terenowych doświadczeń wynika, że w małych potokach o szerokości nie przekraczającej 2 m, odcinek o długości 100 m zwykle jest wystarczający. Jednakże niekiedy, przy niskich zagęszczeniach ryb, taka długość stanowiska może być niewystarczająca do złowienia minimalnej liczby 30 osobników, która zalecana jest w metodzie EFI+. W takiej sytuacji wskazane jest zwiększenie długości stanowiska połowowego do 150 m (EFI+ Manual 2009).

W monitoringu stanu ichtiofauny procedura połowowa, jak i sprzęt zastosowany do elektropołowu, różnią się w zależności od szerokości i głębokości rzeki w miejscu połowu. Elektropołowy należy prowadzić zgodnie z normą CEN (CEN EN 14011, 2003; PN-EN 14011, 2006), za pomocą atestowanego agregatu prądotwórczego dwiema podstawowymi metodami: brodzenia oraz połowu z łodzi. Wybór metody połowu podyktowany jest głębokością rzeki – jeżeli na odławianym stanowisku występują odcinki o głębokości większej niż 0,7 m stosuje się połów z łodzi (Tab. 1). W przypadku występowania na przemian odcinków płytszych i głębszych niż 0,7 m należy zastosować metodę mieszaną, obejmującą połów z łodzi i brodzenie (Ryc. 3).

W rzekach nie przekraczających szerokości 15 m i głębokości 0,7 m połowy prowadzone są na całej szerokości koryta, metodą brodzenia w górę cieku. Generalnym zaleceniem przy elektropołowie metodą brodzenia jest stosowanie jednej anody na 5 m szerokości cieku. Ze względów praktycznych, liczby osób i sprzętu koniecznego do przeprowadzenia badań, to zalecenie jest trudne do zrealizowania. Zazwyczaj przyjmuje się, że połów z zastosowaniem jednej anody może być prowadzony na całej szerokości koryta cieku o szerokości nie przekraczającej 15 m, natomiast przy szerokości do 25 m z zastosowaniem dwóch anod (Ryc. 3). Innym, akceptowalnym rozwiązaniem jest ograniczenie się do prowadzenia połowów wzdłuż jednego brzegu.

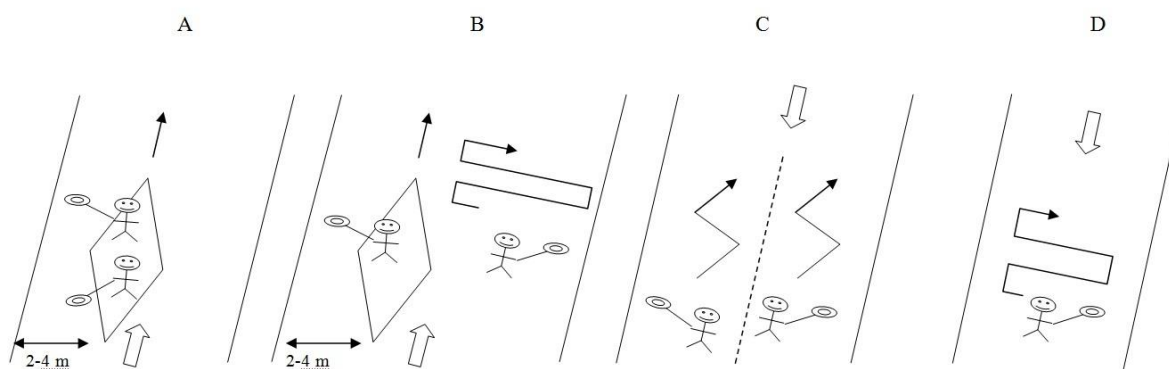
W dużych i płytkich rzekach, o szerokości przekraczającej 15 m i głębokości poniżej 0,7 m, odławiając ryby metodą brodzenia w górę cieku, należy zastosować metodę „połowów łączonych”. Jako jedno stanowisko połowowe łączymy razem kilka odcinków połowowych o łącznej powierzchni nie mniejszej niż 1000 m<sup>2</sup>. Odcinki te powinny być rozmieszczone proporcjonalnie do występujących w korycie rzeki siedlisk – czyli stref o zbliżonej głębokości, prędkości wody i rodzaju substratu dennego. Takie podejście umożliwia przeprowadzenie połowów w zróżnicowanych siedliskach i uzyskanie reprezentatywnej próby zespołu ichtiofauny.

**Tab. 1.** Parametry stanowisk badawczych ichtiofauny w potokach i rzekach według wielkości cieków.

| Lp. | Wielkość potoku lub rzeki                                                                     | Minimalna długość/powierzchnia stanowiska połowu                                                           | Technika połowu ryb                                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | mały strumień, szerokość <5 m                                                                 | 100 m                                                                                                      | elektropółów metodą brodzenia, 1 anoda - na całej szerokości koryta             |
| 2   | potok, szerokość 5-15 m                                                                       | 200 m                                                                                                      | elektropółów metodą brodzenia, 1 anoda - na całej szerokości koryta             |
| 3   | mała rzeka, szerokość 10-25 m, głębokość wody ≤70 cm                                          | 250 m                                                                                                      | elektropółów metodą brodzenia, 2 anody - na całej szerokości koryta             |
|     |                                                                                               | 500 m lub powierzchnia połowu >1000 m <sup>2</sup>                                                         | elektropółów metodą brodzenia, 1 anoda - na części koryta, jeden brzeg          |
| 4   | duża rzeka, kanał, szerokość <25 m, głębokość wody >70 cm                                     | 250 m                                                                                                      | elektropółów z łodzi, 2 anody - na całej szerokości koryta                      |
|     |                                                                                               | 500 m – przy obydwu brzegach                                                                               | elektropółów z łodzi, 1 anoda - część szerokości koryta, dwa brzegi             |
| 5   | duża rzeka, kanał, szerokość >25 m, głębokość wody >70 cm                                     | 1000 m – przy jednym lub proporcjonalnie przy obydwu brzegach lub powierzchnia połowu >1000 m <sup>2</sup> | elektropółów z łodzi, 1 lub 2 anody - część szerokości koryta, jeden/dwa brzegi |
| 6   | starorzecze lub boczna odnoga – połów uzupełniający dla rzek typu abiotycznego nr 21, 23 i 24 | 250 m przy jednym lub proporcjonalnie przy obydwu brzegach                                                 | elektropółów z łodzi, 1 lub 2 anody                                             |

## Sposób prowadzenia odłowu i zasady bezpieczeństwa

W rzekach, których głębokość przekracza 0,7 m, elektropołowu prowadzone są z łodzi, spływającej z nurtem rzeki wzdłuż jednego brzegu na odcinku 250 – 1000 m, zależnie od wielkości rzeki. W podręczniku metody EFI+ (EFI+ Manual, 2009) sugerowane jest prowadzenie połowu wzdłuż obu brzegów lub „połów łączony”, z powierzchni minimum 1000 m<sup>2</sup>, pokrywający zróżnicowane siedliska (Tab. 1). W przypadku wielkich rzek, o szerokości > 100 m, zasada wyznaczania stanowiska jako 10-20 krotności szerokości cieku nie może być stosowana ze względów praktycznych. Wymagana długość stanowiska dla tych rzek wynosi minimum 1000 m, przy czym powinno ono obejmować zróżnicowane siedliska, w tym połączone z rzeką starorzecza.



**Ryc. 3.** Schemat prowadzenia elektropołowów w zależności od głębokości i szerokości rzeki. A – głębokość powyżej 0,7 m – połów z łodzi; B – głębokość zróżnicowana, część koryta poniżej 0,7 m i szerokość powyżej 10 m – połów metodą mieszaną, dwie anody; C – głębokość do 0,7 m i szerokość 10-25 m – połów metodą brodzenia, dwie anody; D – głębokość do 0,7 m i szerokość do 15 m – połów metodą brodzenia, jedna anoda. Zaznaczono kierunek nurtu (strzałki białe) oraz kierunek przemieszczania się łowącego (strzałki czarne).

Do połowu metodą brodzenia sugeruje się użycie agregatu plecakowego o mocy do 1,8 kW, z zastosowaniem prądu dwupołówkowo wyprostowanego o napięciu 220 V i natężeniu 3-5 A, wyposażonego we włącznik bezpieczeństwa (Ryc. 4). Dopuszczalne jest również stosowanie atestowanych urządzeń do połowów ryb, zasilanych z akumulatora. Ręczną anodę tworzy okrągły kasar obszyty bezwłótkową siatką o oku 5 mm. Katodę stanowi pleciona linka miedziana o długości około 1 m (długość zmienna w zależności od przewodności wody).

Do połowu z łodzi wykorzystuje się agregat stacjonarny o mocy powyżej 1,8 kW, napięciu prądu stałego 150-300 V i natężeniu 3-5 A, wyposażony w jedną lub dwie anody oraz włącznik bezpieczeństwa (Ryc. 5). Anody stanowią okrągłe kasary obszyte bezwężłową siatką o oku 5 mm. Katodę stanowi pleciona linka miedziana o długości około 2 m. Połów metodą brodzenia prowadzi się w zespole 4 osobowym, a połów z łodzi – w zespole 3 lub 5 osobowym, odpowiednio z wykorzystaniem jednej lub dwóch anod.

Do połowu metodą mieszaną wykorzystuje się agregat plecakowy albo stacjonarny znajdujący się na łodzi lub na brzegu rzeki. Możliwe jest prowadzenie odłowu z wykorzystaniem obydwu typów agregatów, przy czym jeden zespół łowi z łodzi, a drugi metodą brodzenia. Inna możliwość polega na wykorzystaniu anody podłączonej do agregatu stacjonarnego na łodzi lub na brzegu do połowu metodą brodzenia (przy odpowiedniej długości przewodu łączącego).



**Ryc. 4.** Plecakowy agregat prądotwórczy do połowów metodą brodzenia (fot. M. Adamczyk).



**Ryc. 5.** Stacjonarny agregat prądotwórczy do połowów z łodzi (fot. M. Adamczyk).

Zespołem prowadzącym połowy musi kierować osoba posiadająca odpowiednie uprawnienia w zakresie eksploatacji elektrycznych narzędzi połowu ryb, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rolnictwa z dn. 4 lutego 1980 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w rybactwie śródlądowym § 37 ust. 1 i 3 (Dz. U. 1980, nr 6, poz. 17). Podczas prowadzenia odłowu elektrycznego należy zachować szczególną ostrożność, a osoba obsługująca włącznik bezpieczeństwa powinna niezwłocznie przerwać połów w sytuacji zagrożenia. Nie wolno prowadzić elektropołowu w czasie opadów atmosferycznych. Łowiący metodą brodzenia przemieszczają się pod prąd rzeki, środkiem – na wąskich ciekach lub skosem od jednego brzegu do drugiego – na rzekach o większej szerokości, natomiast łowiący z łodzi spływają wolno z prądem rzeki (Ryc. 3). Podczas połowu należy obławiać zróżnicowane siedliska, z uwzględnieniem kryjówek ryb pod korzeniami drzew i kamieniami, płatów roślinności wodnej, odcinków o dnie żwirowym oraz odłożonych w zastoiskach nanosów mułu (Ryc. 6).



**Ryc. 6.** Połów metodą brożenia z zastosowaniem agregatu plecakowego (fot. J. Szlakowski).

W skład niezbędnego wyposażenia zespołu połowowego, oprócz agregatów, wchodzi następujący sprzęt: samochód umożliwiający poruszanie się w terenie, z przyczepą do transportu łodzi; stabilna i sterowna łódź, wykonana z tworzywa nie przewodzącego prądu, wyposażona w silnik oraz wiosło pychowe; kasary do podbierania ryb obszyte siatką o oku 5 mm, z drzewcem z materiału nie przewodzącego prądu; pojemniki do przetrzymywania ryb (wiadra, kasty itp.); zestaw napowietrzający (butla z tlenem, reduktor, rurki doprowadzające); miarka do pomiaru długości ryb (dokładność 1 mm); przenośna waga (dokładność 1 g); protokoły terenowe; urządzenie GPS; dalmierz; oraz odzież ochronna: gumowce, wodery lub spodniobuty, sztormiak, kamizelki ratunkowe, rękawice gumowe (Ryc. 7B). Wskazane jest posiadanie sprzętu umożliwiającego wykonanie pomiarów: temperatury, natlenienia, przewodności właściwej, pH i prędkości wody, a także aparatu fotograficznego dla dokumentacji stanowiska. Łódź napędzana silnikiem spalinowym z osobnym zbiornikiem paliwa powinna być dodatkowo wyposażona w gaśnicę proszkową ABC o wielkości napełnienia 2 kg. Szczegółowe wymagania dotyczące wyposażenia łodzi określa Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 5 listopada 2010 r. w sprawie wymagań technicznych i wyposażenia statków żeglugi

śródlądowej oraz upoważnienia podmiotów do wykonywania przeglądów technicznych statków (Dz. U. 2010 nr 216 poz. 1423).



**Ryc. 7.** Zestaw do transportu łodzi (A) oraz sprzęt przygotowany do połowu z łodzi z zastosowaniem agregatu stacjonarnego wyposażonego w dwie anody (B) (fot. M. Adamczyk, J. Szlakowski).

### **Analiza materiału biologicznego**

Prace z materiałem biologicznym wykonywane są w warunkach przyżyciowych w terenie. W celu zapewnienia maksymalnie wysokiej przeżywalności ryb niezbędne jest skompletowanie odpowiedniego sprzętu do napowietrzania wody (butla z tlenem wyposażona w reduktor i zestaw rurek rozpraszających

tlen do pojemników z rybami). Konieczne jest również zapewnienie odpowiedniej liczby osób do analizy połowu, co skraca czas przetrzymywania złowionych ryb. Wskazane jest unikanie prowadzenia odłowów w okresach o szczególnie wysokich temperaturach, gdyż podwyższona temperatura wody zmniejsza rozpuszczalność tlenu i podnosi ryzyko śmiertelności ryb. Po zakończeniu połowu próbę ryb umieszcza się natychmiast w kastrach z natlenianą wodą i dokonuje ich sortowania na gatunki. Osoby prowadzące monitoring ichtiofauny, które nie posiadają wykształcenia ichtiologicznego powinny być przeszkolone w zakresie rozpoznawania gatunków ryb. W przypadku wątpliwości, takich jak rozróżnianie młodocianych osobników blisko spokrewnionych gatunków (np. leszcz i krąp) można posłużyć się kluczami i podręcznikami do oznaczania gatunków ryb (GAŚOWSKA 1962, ROLIK, REMBISZEWSKI 1987, BRYLIŃSKA 2000). Następnie ryby są liczone, mierzone (długość całkowita – *longitudo totalis*, mierzona od czubka pyska do najdłuższego promienia płetwy ogonowej) z dokładnością do 1 mm i ważone (łącznie dla gatunku) z dokładnością do 1 g (Ryc. 8). W przypadku znacznej liczby ryb masowych gatunków dopuszcza się pomiar długości z dokładnością do 0,5 cm w losowo wybranej podpróbie. W tym celu należy zebrać wszystkie odłowione osobniki danego gatunku w jednym pojemniku i losowo pobrać podpróbę (co najmniej 30 ryb, nie mniej niż 10% odłowionych osobników). Pozostałe ryby są jedynie liczone, a wynik pomiarów jest ekstrapolowany z podpróby. Zbiorczo dane te wprowadza się też do protokołu terenowego dla potrzeb monitoringu (Tab. 2A). Natomiast do wprowadzania wyników szczegółowych pomiarów długości ryb służy odpowiedni protokół (Tab. 2C). Po zakończeniu pomiarów ryby należy niezwłocznie uwolnić do rzeki, z której je odłowiono, z wyjątkiem gatunków obcych, wymienionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2011 r. w sprawie listy roślin i zwierząt gatunków obcych, które w przypadku uwolnienia do środowiska przyrodniczego mogą zagrozić gatunkom rodzimym lub siedliskom przyrodniczym (Dz.U. 2011, nr 210, poz. 1260). Ryb z inwazyjnych gatunków obcych, do których należą: trawianka (*Perccottus glenii*), czebaczek amurski (*Pseudorasbora parva*), sumik karłowaty (*Ameiurus nebulosus*), babka bycza (*Neogobius melanostomus*), babka szczupła (*Neogobius fluviatilis*), babka łysa (*Neogobius gymnotrachelus*) i babka rurkonosa (*Proterorhinus marmoratus* – obecnie opisywana jako

*Proterorhinus semilunaris*) oraz pirania paku (*Piaractus brachypomus*) nie wolno wprowadzać ponownie do środowiska. Powinny zostać one w sposób humanitarny uśmiercone.



**Ryc. 8.** Pomiar długości odłowionych ryb w warunkach przyżyciowych na stanowisku monitoringowym (fot. J. Szlakowski).

### Protokoły badań terenowych i studyjnych

Wyniki elektropołowu dostarczają jedynie części informacji niezbędnych dla dokonania oceny stanu ekologicznego stanowiska, z zastosowaniem wskaźnika ichtiologicznego EFI+PL lub wskaźnika IBI\_PL. Oprócz tego konieczne jest zebranie dodatkowych danych i parametrów, bezpośrednio na stanowisku oraz z wykorzystaniem map topograficznych (w wersji papierowej lub cyfrowej, np. [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)), Mapy Podziału Hydrograficznego Polski (MPHP) i Atlasu Hydrograficznego Polski (CZARNECKA 2005).

Informacje charakteryzujące stanowisko połowowe oraz wyniki odłowu (gatunki, liczba i masa ryb), powinny być zapisywane w formularzach, których wzory zamieszczono poniżej (Tab. 2A, B, C).

**Tab. 2A.** Protokół nr 1 – służący gromadzeniu podstawowych danych do monitoringu rzek dla potrzeb oceny ich stanu ekologicznego na podstawie ichtiofauny.

| Protokół Nr 1                                             |         |                   |          |                                                |     |         |                   |          |          |
|-----------------------------------------------------------|---------|-------------------|----------|------------------------------------------------|-----|---------|-------------------|----------|----------|
| Zespół badawczy                                           |         |                   |          | Długość stanowiska (m)                         |     |         |                   |          |          |
| Kod stanowiska                                            |         |                   |          | Strefa odławiania                              |     |         |                   |          |          |
| Data połowu                                               |         |                   |          | Szerokość strefy połowu (m)                    |     |         |                   |          |          |
| Godzina                                                   |         |                   |          | Powierzchnia połowu (m <sup>2</sup> )          |     |         |                   |          |          |
| Rzeka                                                     |         |                   |          | Sposób połowu                                  |     |         |                   |          |          |
| Recypient                                                 |         |                   |          | Typ agregatu                                   |     |         |                   |          |          |
| Nazwa stanowiska                                          |         |                   |          | Moc agregatu (kW)                              |     |         |                   |          |          |
| Długość geograficzna                                      |         |                   |          | Natężenie (A)                                  |     |         |                   |          |          |
| Szerokość geograficzna                                    |         |                   |          | Napięcie (V)                                   |     |         |                   |          |          |
| Czynniki fizykochemiczne i morfologia rzeki na stanowisku |         |                   |          |                                                |     |         |                   |          |          |
| Średnia głębokość koryta (cm)                             |         |                   |          | Struktura dna (naturalnie dominujący substrat) |     |         |                   |          |          |
| Średnia szerokość koryta (m)                              |         |                   |          | Prędkość wody (ms <sup>-1</sup> )              |     |         |                   |          |          |
| Strefa przejściowa                                        |         |                   |          | Przewodność (μS cm <sup>-1</sup> )             |     |         |                   |          |          |
| Umocnienia brzegów (tak/nie)                              |         |                   |          | Temperatura wody (°C)                          |     |         |                   |          |          |
| Urozmaicenie dna (ocena w skali 1-3-5)                    |         |                   |          | Bliskie otoczenie                              |     |         |                   |          |          |
| Dane ichtiologiczne                                       |         |                   |          |                                                |     |         |                   |          |          |
| Lp.                                                       | Gatunek | Liczebność (szt.) |          | Masa (g)                                       | Lp. | Gatunek | Liczebność (szt.) |          | Masa (g) |
|                                                           |         | łącznie           | ≤ 150 mm |                                                |     |         | łącznie           | ≤ 150 mm |          |
| 1                                                         |         |                   |          |                                                | 11  |         |                   |          |          |
| 2                                                         |         |                   |          |                                                | 12  |         |                   |          |          |
| 3                                                         |         |                   |          |                                                | 13  |         |                   |          |          |
| 4                                                         |         |                   |          |                                                | 14  |         |                   |          |          |
| 5                                                         |         |                   |          |                                                | 15  |         |                   |          |          |
| 6                                                         |         |                   |          |                                                | 16  |         |                   |          |          |
| 7                                                         |         |                   |          |                                                | 17  |         |                   |          |          |
| 8                                                         |         |                   |          |                                                | 18  |         |                   |          |          |
| 9                                                         |         |                   |          |                                                | 19  |         |                   |          |          |
| 10                                                        |         |                   |          |                                                | 20  |         |                   |          |          |
| <b>Uwagi</b> (np. osobniki z anomaliasami, hybrydy)       |         |                   |          |                                                |     |         |                   |          |          |

\* liczba ryb o długości całkowitej (*l.t*) mniejszej lub równej 150 mm

**Legenda do protokołu Nr 1:**

**Zespół badawczy** – np. nazwa ośrodka naukowego, nazwisko kierującego pracami;

**Kod stanowiska** – kod do 15 znaków, rozpoczynający się od PL\_M dla stanowisk monitoringowych lub od PL\_R dla stanowisk referencyjnych np. PL\_M8BIEB – stanowisko monitoringowe nr 8 na Biebrzy, PL\_R1NARWAN tj. stanowisko referencyjne (R) nr 1 na Narwi w miejscowości Waniewo;

**Data** połowu wg formatu (dd/mm/rrrr);

**Godzina** – godzina rozpoczęcia połowu;

**Rzeka** – nazwa rzeki, na której usytuowano stanowisko połowu ryb, źródła: MPHP oraz Wykaz nazw wód płynących 2016;

**Recypient** – nazwa rzeki lub akwenu, do którego uchodzi badana rzeka źródła: MPHP oraz Wykaz nazw wód płynących 2016;

**Nazwa stanowiska** – opis miejsca połowu np. nazwa najbliższej miejscowości;

**Długość i szerokość geograficzna** – na podstawie odczytu z map GPS (Global Positioning System), w systemie dziesiętnym;

**Długość stanowiska** – w metrach;

**Strefa odławiana** – zapis jaka strefa rzeki na stanowisku była odławiana (cała powierzchnia, jeden brzeg, albo dwa brzegi);

**Szerokość strefy połowu** – szerokość pasa odłowionego (średnia szerokość odławiana, z uwzględnieniem efektywnego zasięgu działania pola elektrycznego wokół anody), w metrach;

**Powierzchnia odławiana (m<sup>2</sup>)** – wyliczona powierzchnia, na której dokonano połowu ryb; przy znanej długości i szerokości pasa łowienia na badanym stanowisku;

**Sposób połowu** – z łodzi, brodenie lub mieszany;

**Typ agregatu** – agregat prądotwórczy stacjonarny bądź plecakowy;

**Moc, Napięcie, Natężenie** – parametry agregatu: moc wyrażona w kilowatach (kW), napięcie wyrażone w woltach (V) oraz natężenie wyrażone w amperach (A);

**Czynniki fizykochemiczne i morfologia rzeki na stanowisku:**

**Średnia głębokość koryta (cm)** – zapis średniej głębokości koryta rzeki na badanym stanowisku wyliczonej na podstawie kilkunastu pomiarów cząstkowych, które mogą być dokonywane np. co 10 metrów na badanym stanowisku;

**Średnia szerokość koryta (m)** – wynik uśredniony z kilku pomiarów na stanowisku;

**Strefa przejściowa** – w zapisie powinien się znaleźć krótki opis strefy przybrzeżnej (ripariowej), wraz z informacją o obecności drzew lub krzewów na brzegach rzeki;

**Umocnienia brzegów** – tak/nie;

**Urozmaicenie dna (skala 1-3-5)** – zróżnicowanie dna rzeki na stanowisku oceniane ekspercko w trzech wartościach, gdzie wartość 1 oznacza brak urozmaicenia dna, wartość 3 oznacza średnio urozmaicone dno, wartość 5 oznacza duże urozmaicenie;

**Struktura dna (naturalnie dominujący substrat)** – pierwotna struktura dna rzeki (ocena ekspercka w oparciu o stan aktualny i widoczne przekształcenia antropogeniczne) na stanowisku, wg kategorii: Muł/glina (granulacja: <0,2 mm); Piasek: (0,2-2,0 mm); Żwir/kamienie (2-200 mm); Głazy (>200 mm);

**Prędkość wody (m/s)** – zapis sporządzony na podstawie uśrednionych kilku pomiarów;

**Przewodność (μS/cm<sup>3</sup>)** – przewodność wody na stanowisku pomiar w terenie, za pomocą konduktometru;

**Temperatura wody** – temperatura wody na stanowisku, w °C, dokładność do 0,1 °C;

**Bliskie otoczenie** – opis okolicy w promieniu 100 m od brzegu rzeki na stanowisku wg następujących kategorii: 1) las, 2) łąki, 3) pola, 4) stawy, 5) zabudowa/drogi

**Dane ichtiologiczne:**

**Gatunek** – nazwa gatunkowa, według zamkniętej listy (Tab. 3), preferowany zapis nazwy łacińskiej;

**Liczebność (szt.)** – łącznie dla gatunku oraz w klasie długości całkowitej (*longitudo totalis* – l.t.) mniejszej lub równej 150 mm;

**Masa (g)** – łącznie dla gatunku, pomiar z dokładnością do 1 g;

**Uwagi** – miejsce na dodatkowe informacje dotyczące obecności osobników z anomaliami lub hybryd oraz charakterystyki stanowiska i warunków połowu.

**Tab. 2B.** Protokół nr 2 – służący gromadzeniu podstawowych danych abiotycznych o badanej rzece.

| Protokół Nr 2                                  |  |
|------------------------------------------------|--|
| Dane geograficznego usytuowania stanowiska     |  |
| Kod stanowiska                                 |  |
| Rzeka                                          |  |
| Długość geograficzna                           |  |
| Szerokość geograficzna                         |  |
| Nazwa stanowiska – miejscowość, wieś itp.      |  |
| Kod JCWP rzeki                                 |  |
| Kod ppk:                                       |  |
| Rzędowość rzeki                                |  |
| Województwo                                    |  |
| Kod ekoregionu                                 |  |
| Czynniki abiotyczne                            |  |
| Wysokość n.p.m.                                |  |
| Typ abiotyczny JCWP                            |  |
| Typ geologiczny rzeki                          |  |
| Geomorfologia rzeki                            |  |
| Odległość stanowiska od źródła rzeki (km)      |  |
| Wielkość dorzecza                              |  |
| Klasa wielkości dorzecza                       |  |
| Spadek na stanowisku (‰)                       |  |
| Obecność jezior naturalnych powyżej stanowiska |  |
| Zakłócenia przepływu naturalnego (tak/nie)     |  |

**Legenda do protokołu nr 2:**

**Dane geograficznego usytuowania stanowiska:**

**Kod stanowiska, Rzeka, Długość i szerokość geograficzna, Nazwa stanowiska** – zgodnie z protokołem nr 1;

**Kod JCWP rzeki** – według zestawienia kodów JCWP (wykaz dostępny pod adresem: [www.kzgw.gov.pl/files/file/Programy/PWSK/PWSK\\_zalacznik\\_1.xls](http://www.kzgw.gov.pl/files/file/Programy/PWSK/PWSK_zalacznik_1.xls));

**Kod PPK** – kod punktów pomiarowo-kontrolnych, wg PMS;

**Rzędowość rzeki** – według klasyfikacji krajowej (CZARNECKA 2005);

**Województwo** – nazwa województwa, na terenie którego znajduje się stanowisko badawcze;

**Kod ekoregionu** – zapis liczbowy: 9 – Wyżyny Centralne, 10 – Karpaty, 14 – Niziny Centralne (ekoregion rozszerzony o prawobrzeżną część zlewni Wisły, oraz zlewnie Niemna i Pregoly w granicach Polski);

**Czynniki abiotyczne:**

**Wysokość n.p.m.** – wysokość, na której znajduje się stanowisko (w metrach) odczytana z map – np. [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl);

**Typ abiotyczny JCWP** – klasyfikacja do jednego z 26 typów lub typ nieokreślony (0) – według rozporządzenia (Dz. U. 2011, nr 258 poz. 1549);

**Typ geologiczny rzeki** – calcareous (węglanowa), organic (organiczna), siliceous (krzemianowa);

**Geomorfologia rzeki** – ukształtowanie i przebieg doliny rzecznej: rzeka: 1) Sinusoidalna, 2) Meandrująca regularnie, 3) Silnie meandrująca, 4) Warkoczowa, 5) Naturalnie prosta;

**Odległość stanowiska od źródła rzeki (km)** – odległość w kilometrach, w jakiej znajduje się stanowisko od źródła (źródeł) badanej rzeki, według map, np. Atlasu podziału hydrograficznego Polski (CZARNECKA 2005), MPHP;

**Wielkość dorzecza** – powierzchnia obszaru dorzecza powyżej stanowiska, w km<sup>2</sup>, na podstawie Atlasu podziału hydrograficznego Polski (CZARNECKA 2005);

**Klasa wielkości dorzecza** – do 100 km<sup>2</sup>, 100 – 1000 km<sup>2</sup>, 1000 – 10000 km<sup>2</sup>, powyżej 10000 km<sup>2</sup>;

**Spadek (%)** – liczony jako różnica wysokości podzielona przez długość cieku, dla odcinka rzeki (1 km – dla rzek o zlewni do 100 km<sup>2</sup>, 5 km – od 100 do 1000 km<sup>2</sup>, 10 km – powyżej 1000 km<sup>2</sup>) obejmującego stanowisko, na podstawie odczytu z map topograficznych – np. [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl);

**Obecność jezior naturalnych powyżej stanowiska** – tak/nie;

**Zakłócenia przepływu naturalnego** – tak/nie.

**Tab. 2C.** Protokół nr 3 – służący gromadzeniu danych o długości i masie osobników ryb odłowionych na stanowisku monitoringowym.

Data..... Rzeka..... Stanowisko.....

Uwagi .....

| Gatunek | Lp. | L.t. (cm) | M (g) | Gatunek | Lp. | L.t. (cm) | M (g) |
|---------|-----|-----------|-------|---------|-----|-----------|-------|
|         |     |           |       |         |     |           |       |
|         |     |           |       |         |     |           |       |
|         |     |           |       |         |     |           |       |
|         |     |           |       |         |     |           |       |
|         |     |           |       |         |     |           |       |
|         |     |           |       |         |     |           |       |
|         |     |           |       |         |     |           |       |
|         |     |           |       |         |     |           |       |

**Legenda do protokołu nr 3:**

**Data, Rzeka, Stanowisko** – jak w protokole nr 1;

**Uwagi** – np. dotyczące pomiarów w podpróbie (łączna liczba ryb, wielkość podpróby);

**Gatunek** – nazwa gatunkowa, według zamkniętej listy (Tab. 3), preferowany zapis nazwy łacińskiej;

**Lp.** – kolejny numer osobnika z danego gatunku;

**L.t. (cm)** – długość całkowita (*longitudo totalis*) w cm, mierzona od końca pyska do najdłuższego promienia płetwy ogonowej;

**M (g)** – masa osobnika w gramach (opcjonalnie).

**Tab. 3.** Lista nazw gatunków uwzględnianych przez program obliczający wskaźnik EFI+IBI\_PL. Wymieniono gatunki rodzime i obce występujące w Polsce. Nazwy łacińskie wg EFI+ Manual 2009 – akceptowane przez program obliczający wskaźniki EFI+IBI\_PL.

| Nazwa łacińska                     | Nazwa polska         | Nazwa łacińska                     | Nazwa polska                 |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------|
| <i>Abramis ballerus</i>            | rozpiór              | <i>Lepomis gibbosus</i>            | bass słoneczny               |
| <i>Abramis bjoerkna</i>            | krąp                 | <i>Leucaspis delineatus</i>        | słonecznica                  |
| <i>Abramis brama</i>               | leszcz               | <i>Leuciscus cephalus</i>          | kleń                         |
| <i>Abramis sapa</i>                | sapa                 | <i>Leuciscus idus</i>              | jaź                          |
| <i>Acipenser oxyrinchus</i>        | jesiotr ostronosy    | <i>Leuciscus leuciscus</i>         | jelec                        |
| <i>Acipenser sturio</i>            | jesiotr zachodni     | <i>Lota lota</i>                   | miętus                       |
| <i>Alburnoides bipunctatus</i>     | piekielnica          | <i>Miscurnus fossilis</i>          | piskorz                      |
| <i>Alburnus alburnus</i>           | ukleja               | <i>Neogobius fluviatilis</i>       | babka szczupła               |
| <i>Alosa alosa</i>                 | aloza                | <i>Neogobius gymnotrachelus</i>    | babka łysa                   |
| <i>Alosa fallax</i>                | parposz              | <i>Neogobius melanostomus</i>      | babka bycza                  |
| <i>Ameiurus melas</i>              | sumik czarny         | <i>Oncorhynchus mykiss</i>         | pstrąg tęczowy               |
| <i>Ameiurus nebulosus</i>          | sumik kartowaty      | <i>Oreochromis niloticus</i>       | tilapia                      |
| <i>Anguilla anguilla</i>           | węgorz               | <i>Osmerus eperlanus</i>           | stynka                       |
| <i>Aspius aspius</i>               | boleń                | <i>Pelecus cultratus</i>           | ciosa                        |
| <i>Barbatula barbatula</i>         | śliz                 | <i>Perca fluviatilis</i>           | okoń                         |
| <i>Barbus barbus</i>               | brzana               | <i>Perccottus glenii</i>           | trawianka                    |
| <i>Barbus cyclolepis</i>           | brzana karpacka      | <i>Petromyzon marinus</i>          | minóg morski                 |
| <i>Barbus meridionalis</i>         | brzanka              | <i>Phoxinus phoxinus</i>           | strzebla potokowa            |
| <i>Barbus peloponnesius</i>        | brzanka              | <i>Platichthys flesus</i>          | stornia                      |
| <i>Barbus petenyi</i>              | brzanka              | <i>Proterorhinus semilunaris</i>   | babka rurkonosa              |
| <i>Carassius auratus</i>           | karaś złoty          | <i>Pseudorasbora parva</i>         | czebaczek amurski            |
| <i>Carassius carassius</i>         | karaś pospolity      | <i>Pungitius pungitius</i>         | cierniczek                   |
| <i>Carassius gibelio</i>           | karaś srebrzysty     | <i>Rhodeus amarus</i>              | różanka                      |
| <i>Chondrostoma nasus</i>          | świnka               | <i>Romanogobio vladykovi</i>       | kiełb białopłetwy            |
| <i>Clarias gariepinus</i>          | sumik afrykański     | <i>Rutilus rutilus</i>             | pluć                         |
| <i>Cobitis taenia</i>              | koza                 | <i>Sabanejewia aurata</i>          | koza złotawa                 |
| <i>Coregonus albula</i>            | sielawa              | <i>Salmo salar</i>                 | łosoś atlantycki             |
| <i>Coregonus lavaretus</i>         | sieja                | <i>Salmo trutta fario</i>          | pstrąg potokowy              |
| <i>Coregonus peled</i>             | peluga               | <i>Salmo trutta lacustris</i>      | troć jeziorowa               |
| <i>Cottus gobio</i>                | głowacz białopłetwy  | <i>Salmo trutta trutta</i>         | troć wędowna                 |
| <i>Cottus poecilopus</i>           | głowacz przegopłetwy | <i>Salvelinus alpinus</i>          | palia                        |
| <i>Ctenopharyngodon idella</i>     | amur biały           | <i>Salvelinus fontinalis</i>       | pstrąg źródłany              |
| <i>Cyprinus carpio</i>             | karp                 | <i>Sander lucioperca</i>           | sandacz                      |
| <i>Esox lucius</i>                 | szczupak             | <i>Scardinius erythrophthalmus</i> | wzdrega                      |
| <i>Eudontomyzon mariae</i>         | minóg ukraiński      | <i>Silurus glanis</i>              | sum                          |
| <i>Eupallasella perenurus</i>      | strzebla błotna      | <i>Thymallus thymallus</i>         | lipień                       |
| <i>Gasterosteus aculeatus</i>      | ciernik              | <i>Tinca tinca</i>                 | lin                          |
| <i>Gobio gobio</i>                 | kiełb                | <i>Umbra krameri</i>               | muławka bałkańska            |
| <i>Gobio kesslerii</i>             | kiełb Kesslera       | <i>Umbra pygmaea</i>               | muławka wschodnioamerykańska |
| <i>Gymnocephalus cernuus</i>       | jazgarz              | <i>Vimba vimba</i>                 | certa                        |
| <i>Hucho hucho</i>                 | głowacica            |                                    |                              |
| <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> | tołpyga biała        |                                    |                              |
| <i>Lampetra fluviatilis</i>        | minóg rzeczny        |                                    |                              |
| <i>Lampetra planeri</i>            | minóg strumieniowy   |                                    |                              |

\* gatunki obce wyróżniono pogrubioną czcionką

## Prace kameralne

Zgromadzone i zapisane w protokołach nr 1 i nr 2 dane dotyczące struktury gatunkowej i wielkościowej zespołów ichtiofauny oraz parametrów środowiskowych stanowią informacje niezbędne do oceny stanu ekologicznego rzek z zastosowaniem wskaźników ichtiologicznych oraz do wypełnienia bazy danych.

### Wypełnianie pliku wejściowego aplikacji obliczeniowej wskaźnika EFI+IBI\_PL

Zgromadzone w protokołach informacje wprowadzane są do podstawowego arkusza wejściowego. Sposób wprowadzania danych do arkusza wejściowego programu EFI+IBI\_PL (plik\_wsadowy.xls, arkusz „Wsadowy”) oraz ich format przedstawiono w Tab. 4. Część parametrów zawiera zamkniętą listę zmiennych, co ułatwia prawidłowe wprowadzenie danych. Dotyczy to w szczególności parametrów uwzględnianych przez wskaźniki ichtiologiczne, które muszą być wprowadzone w formie odczytywanej przez oprogramowanie – niewłaściwe wprowadzenie danych skutkuje komunikatem o błędzie. Zamknięte listy parametrów znajdują się w drugim arkuszu pliku wejściowego (plik\_wsadowy.xls, arkusz „Kody”). W podstawowym pliku wejściowym dane wprowadzane są w ten sposób, że jeden wiersz odpowiada jednemu gatunkowi ryb zarejestrowanemu na danym stanowisku, dane charakteryzujące stanowisko kopiowane są w tylu wierszach, ile gatunków zarejestrowano. W zbiorczej wynikowej bazie Access taki układ danych występuje w tabeli „Gatunek”, natomiast w tabeli „Stanowisko” jednemu wierszowi odpowiadają dane z jednego stanowiska.

Dane do arkusza podstawowego wprowadza się zasadniczo zgodnie z formatami zaleconymi w podręczniku metody EFI+ (EFI+ Manual, 2009), z uwzględnieniem modyfikacji związanych ze specyfiką warunków rzek Polski (ADAMCZYK I IN. 2013). Modyfikacje te dotyczą w szczególności:

- Przypisania całego obszaru Polski do trzech ekoregionów (Karpaty, Równiny Centralne, Wyżyny Centralne), z wyłączeniem wyróżnionego przez ILLIESA (1978) ekoregionu Równiny Wschodnie, którego obszar w Polsce obejmuje prawobrzeżną część zlewni Wisły oraz niewielkie dorzecza Niemna i Pregoty. Ze względów praktycznych, związanych z podobieństwem ichtiofauny

(BACKIEL I IN. 2000), należy włączyć ten obszar do ekoregionu Równin Centralnych.

- Przypisania niewielkiego obszaru dorzecza Dniestru (w Polsce zlewnia rzek Strwiąż i Mszanka) do dorzecza Wisły, w związku z brakiem dorzecza Dniestru w opcjach wyboru programu EFI+. Jest to uzasadnione, ze względu na zbliżoną strukturę zespołów ryb tych dorzeczy (KUKUŁA, BYŁAK 2010).
- Nazwy gatunkowe ryb (w języku łacińskim) wprowadza się zgodnie z zamkniętym wykazem podanym w tabeli 3.

Po wprowadzeniu do podstawowego arkusza wejściowego (plik\_wsadowy.xls) kompletu danych aplikacja programu EFI+IBI\_PL eksportuje zmienne do modułu obliczeniowego programu EFI+ lub programu IBI\_PL oraz przenosi zawarte w arkuszu wejściowym informacje do odpowiednich kolumn bazy danych. Oprócz podstawowego arkusza wejściowego konieczne jest wypełnienie dodatkowego arkusza wejściowego dotyczącego ryb wędrownych, w osobnym pliku (plik\_IRS\_D.xls). W arkuszu tym dla każdego stanowiska wprowadzane są podstawowe dane (kod stanowiska, współrzędne geograficzne, nazwa stanowiska, nazwa rzeki, data połowu oraz typ abiotyczny rzeki – w identycznej kolejności stanowisk jak w arkuszu podstawowym) a następnie wypełniane są pola z informacją o historycznym i aktualnym występowaniu ryb dwuśrodowiskowych (Tab. 5). Informacje te uzyskuje się z literatury (ŚWIERZOWSKI 1975, BRYLIŃSKA 2000, WIŚNIEWOLSKI, ENGEL 2006, BŁACHUTA I IN. 2010) i innych dostępnych źródeł, w tym danych od rybackich użytkowników wód, dotyczących np. zarybień gatunkami dwuśrodowiskowymi. Dane o historycznym zasięgu części gatunków dwuśrodowiskowych (jesiotr, łosoś, troć wędrowna, certa, węgorz) są dobrze udokumentowane w cytowanej wyżej literaturze, jednak dla takich gatunków jak np. minóg rzeczny i morski, aloza, parposz informacje te są mniej precyzyjne i często konieczne jest sięgnięcie do bardziej specjalistycznej literatury, lub informacji ze źródeł lokalnych (np. okręgi PZW, rybacy zawodowi). Ogólna zasada, przyjęta dla potrzeb monitoringu zakłada, że jeśli badana rzeka znajduje się w historycznym zasięgu gatunku i występują w niej, lub w jej dopływach powyżej stanowiska dogodne tarliska (np. odcinki o dnie żwirowym i chłodnej wodzie w przypadku ryb łososiowatych, minogów i certy) lub żerowiska (jeziora – w przypadku węgorza), to

gatunek należy uznać za obecny historycznie w badanej rzece. Z kolei gatunek należy uznać za obecny aktualnie, jeśli istnieją dane o jego wstępowaniu do badanej rzeki w celu wędrówki na tarliska lub żerowiska albo o występowaniu naturalnego rozrodu w zlewni powyżej stanowiska. Jeśli gatunek anadromiczny (rozradzający się w rzece) występuje współcześnie głównie dzięki zarybieniom, to należy uważać go za aktualnie obecny jeżeli ma on możliwość dotarcia do morza i powrotu na tarliska zlokalizowane w zlewni badanej rzeki. O aktualnym występowaniu gatunku decyduje więc praktycznie drożność szlaku migracyjnego między badanym odcinkiem rzeki a morzem oraz zachowanie przynajmniej części potencjalnych tarlisk w zlewni rzeki powyżej stanowiska. W odniesieniu do węgorza, który jest gatunkiem katadromicznym (rozradzającym się w morzu) dopuszcza się uznanie gatunku za aktualnie obecny nawet przy braku drożności szlaku migracyjnego dla osobników wstępujących. Warunkiem jest, aby węgorz występował licznie w zlewni badanej rzeki dzięki systematycznym zarybieniom oraz by przynajmniej część osobników miała możliwość odbycia wędrówki tarłowej do morza, co przyczynia się do zachowania światowej populacji tego gatunku (Szlakowski i in. 2013).

Informacje dotyczące występowania ryb dwuśrodowiskowych służą obliczeniu wskaźnika D, wykorzystywanego przy ocenie rzek należących do typów abiotycznych nr 0-21 i 26. Aplikacja programu EFI+IBI\_PL oblicza wartość wskaźnika diadromicznego (D) i przenosi wynik do odpowiedniej kolumny arkusza „Stanowisko” w bazie danych Access. Dla typów nr 23, 24, 25 (rzeki organiczne i śródzieziorne), w których ryby wędrowne odgrywają mniejszą rolę, wskaźnika D nie oblicza się. Dla stanowisk, dla których wskaźnik D nie jest obliczany w arkuszu wsadowym (plik\_IRS\_D.xls) wprowadza się „Brak danych” dla wszystkich gatunków ryb wędrownych.

**Tab. 4.** Parametry wejściowe oraz dane połowowe niezbędne do wypełnienia arkusza wejściowego (plik\_wsadowy.xls) oraz obliczenia wartości wskaźników EFI+PL i IBI\_PL. Parametry obligatoryjne dla obliczenia wskaźnika pogrubiono.

| Parametr           | Zakres wartości                | Opis                                                                                                               | Baza Danych | EFI+PL | IBI_PL |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------|
| Lp.                | 1 do n                         | Kolejny nr wiersza                                                                                                 | Tak         | Nie    | Nie    |
| NR                 | SM1 do SMn                     | Kolejny numer stanowiska                                                                                           | Tak         | Nie    | Nie    |
| Kod_stan           | Wolne pole tekstowe            | Kod do 15 znaków rozpoczynający się od PL_M dla stanowisk monitoringowych lub od PL_R dla stanowisk referencyjnych | Tak         | Tak    | Tak    |
| Dług_geogr_E       | 14.070000-24.080000            | Wartość w stopniach i dziesiętnych, układ WGS 84                                                                   | Tak         | Tak    | Tak    |
| Szer_geogr_N       | 49.000000-54.500000            | Wartość w stopniach i dziesiętnych, układ WGS 84                                                                   | Tak         | Tak    | Tak    |
| Nazwa_stanowiska   | Wolne pole tekstowe            | Np. nazwa najbliższej miejscowości                                                                                 | Tak         | Tak    | Tak    |
| Rzeka              | Wolne pole tekstowe            | Nazwa badanej rzeki                                                                                                | Tak         | Tak    | Tak    |
| Rzędowość          | 1 do n                         | Wg CZARNECKA 2005                                                                                                  | Tak         | Nie    | Nie    |
| Kod_JCWP           | Lista zamknięta                | Kod jednolitej części wód powierzchniowych                                                                         | Tak         | Nie    | Nie    |
| Kod_ppk            | Lista zamknięta                | Kod punktu pomiarowo-kontrolnego                                                                                   | Tak         | Nie    | Nie    |
| Województwo        | Lista zamknięta                | Nazwy 16 województw, wielkie litery                                                                                | Tak         | Nie    | Nie    |
| HMWB               | Lista zamknięta                | Kategoria JCWP: NAT - naturalna, HMWB - silnie zmieniona, AWB - sztuczna                                           | Tak         | Nie    | Nie    |
| Typ_abiotyczny     | 0-26                           | Wg rozporządzenia (Dz. U. 2011, nr 258 poz. 1549)                                                                  | Tak         | Tak    | Tak    |
| Typ_geologiczny    | calcareous, siliceous, organic | Typ geologiczny rzeki: calcareous - wapienna, siliceous - krzemianowa, organic - organiczna                        | Tak         | Nie    | Nie    |
| Recipient          | Wolne pole tekstowe            | Nazwa rzeki lub akwenu, do którego uchodzi badana rzeka                                                            | Tak         | Nie    | Nie    |
| Dorzecze           | Lista zamknięta                | Główne dorzecza rzek Polski: Morze Bałtyckie (wybrzeże kontynentalne), Wisła, Odra, Dunaj, Niemen, Łąba            | Tak         | Tak    | Nie    |
| Ekoregion          | 9, 10, 14                      | Dostępne opcje wyboru: 9 – Wyżyny Centralne, 10 – Karpaty, 14 – Równiny Centralne,                                 | Tak         | Tak    | Nie    |
| Dz.                | 1 do 31                        | Data połowu                                                                                                        | Tak         | Tak    | Tak    |
| M-c                | 1 do 12                        | Data połowu                                                                                                        | Tak         | Tak    | Tak    |
| Rok                | 4 cyfry                        | Data połowu                                                                                                        | Tak         | Tak    | Tak    |
| Odleg_od_źródeł_km | 1,00-1100,00                   | Mierzona wzdłuż rzeki w oparciu o mapy 1:25 000 lub z Atlasu Hydrologicznego Polski IMGW (Czarnecka 2005)          | Tak         | Tak    | Nie    |
| Wys. n.p.m_m       | -2,0-2500,0                    | Wysokość stanowiska                                                                                                | Tak         | Tak    | Tak    |
| Szer_rzeki_m       | 0,00-n                         | Pomiar w czasie odłowu, zwykle jesienią, przy niskim stanie wód, format liczbowy                                   | Tak         | Tak    | Nie    |
| Zbiorniki_pow.     | Tak / Nie / Brak danych        | Obecność zbiorników zaporowych powyżej stanowiska, mogących potencjalnie wpływać na ichtiofaunę                    | Tak         | Nie    | Nie    |

| Parametr                    | Zakres wartości                                                                                      | Opis                                                                                                                                                                                                                     | Baza Danych | EFI+PL | IBI_PL |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------|
| Jeziora_pow.                | Tak / Nie / Brak danych                                                                              | Obecność jezior powyżej stanowiska, mogących potencjalnie wpływać na ichtiofaunę                                                                                                                                         | Tak         | Tak    | Tak    |
| Typ_geomorfologiczny        | Lista zamknięta                                                                                      | Informacja w 5 kategoriach do wyboru: Sinusoidalna, Meandrująca regularnie, Silnie meandrująca, Warkoczowa, Naturalnie prosta; dane na podstawie obserwacji w terenie i map, dla segmentu rzeki obejmującego stanowisko. | Tak         | Tak    | Nie    |
| Dawna_dolina_zalewowa       | Tak / Nie / Brak danych                                                                              | Czy występuje lub występowała dolina zalewowa                                                                                                                                                                            | Tak         | Tak    | Nie    |
| Źródło_zasilania_w_wodę     | Deszczowe, Śniegowe, Wody podziemne                                                                  | Informacja w 3 kategoriach. W Polsce przeważa typ zasilania deszczowy, pozostałe mogą występować lokalnie                                                                                                                | Tak         | Tak    | Nie    |
| Zakłócenia_przepływu        | Tak / Nie / Brak danych                                                                              | Czy występują zakłócenia przepływu związane z działalnością człowieka                                                                                                                                                    | Tak         | Nie    | Nie    |
| Dorzecze_km <sup>2</sup>    | 1,00-200000,00                                                                                       | 1,00-200000,00                                                                                                                                                                                                           | Tak         | Tak    | Tak    |
| Śred_rocz_temp_powietrza_°C | od -5,00 do 15,00                                                                                    | Średnia roczna temperatura powietrza w °C z ostatnich 10 lat. Dane z najbliższego punktu pomiarowego IMGW                                                                                                                | Nie         | Tak    | Nie    |
| Śred_temp_powietrza_styczeń | od -15,00 do 5,00                                                                                    | Średnia miesięczna temperatura powietrza w °C dla stycznia. Dane z najbliższego punktu pomiarowego IMGW                                                                                                                  | Nie         | Tak    | Nie    |
| Śred_temp_powietrza_lipiec  | od 5,00 do 25,00                                                                                     | Średnia miesięczna temperatura powietrza w °C dla lipca. Dane z najbliższego punktu pomiarowego IMGW                                                                                                                     | Nie         | Tak    | Nie    |
| Temp_wody                   | 0,00-30,00, Brak danych                                                                              | Temperatura wody na stanowisku w °C                                                                                                                                                                                      | Tak         | Nie    | Nie    |
| Dług_stan_m                 | 100-2000                                                                                             | Długość odłowionego odcinka rzeki                                                                                                                                                                                        | Tak         | Nie    | Nie    |
| Strefa_połowu               | cała szerokość;<br>1 brzeg;<br>2 brzegi;<br>nurt;<br>nurt, 1 brzeg;<br>nurt, 1 brzeg,<br>starorzecze | Strefa rzeki objęta połowem                                                                                                                                                                                              | Tak         | Nie    | Nie    |
| Szer_strefy_połowu_m        | 0,1-50,0                                                                                             | Szerokość strefy odławianej                                                                                                                                                                                              | Tak         | Nie    | Nie    |
| Pow_połowu_m <sup>2</sup>   | 100-100000                                                                                           | Długość stanowiska × szerokość strefy połowu                                                                                                                                                                             | Tak         | Tak    | Tak    |
| Śred_głęb_cm                | 0-500, Brak danych                                                                                   | Średnia głębokość strefy odławianej                                                                                                                                                                                      | Tak         | Nie    | Nie    |
| Spadek_‰                    | 0,001-200,000                                                                                        | Pierwotny spadek liczony jako różnica wysokości podzielona przez długość cieku, dla segmentu rzeki obejmującego stanowisko                                                                                               | Tak         | Tak    | Nie    |
| Umiejscowienie_stanowiska   | Koryto<br>Starorzecze<br>Mieszane                                                                    | Położenie stanowiska w przekroju doliny rzeki                                                                                                                                                                            | Tak         | Tak    | Nie    |
| Umocnienia_brzegu           | Tak / Nie / Brak danych                                                                              | Czy występują umocnienia brzegów                                                                                                                                                                                         | Tak         | Nie    | Nie    |

| Parametr                      | Zakres wartości                                             | Opis                                                                                        | Baza Danych | EFI+PL | IBI_PL |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------|
| Drzewa                        | Tak / Nie / Brak danych                                     | Czy występują drzewa ocieniające rzekę                                                      | Tak         | Nie    | Nie    |
| Krzewy                        | Tak / Nie / Brak danych                                     | Czy występują krzewy nadbrzeżne                                                             | Tak         | Nie    | Nie    |
| Dno_urozmaicenie_1-3-5        | 1-3-5, Brak danych                                          | 1 - mało zróżnicowane, 3 - średnio zróżnicowane, 5 - bardzo zróżnicowane                    | Tak         | Nie    | Nie    |
| Struktura_dna                 | Organiczny<br>Muł/glina<br>Piasek<br>Żwir/kamienie<br>Głazy | Granulacja: Muł/glina: <0,2 mm, Piasek: 0,2-2,0 mm, Żwir/kamienie: 2-200 mm, Głazy: >200 mm | Tak         | Tak    | Tak    |
| V_przepływu_m/s               | 0,00-10,00, Brak danych                                     | Prędkość przepływu wody mierzona na stanowisku                                              | Tak         | Nie    | Nie    |
| Przewodność_μS/cm             | Liczbowy                                                    | Przewodność elektrolityczna wody mierzona na stanowisku                                     | Tak         | Nie    | Nie    |
| Bliskie_otoczenie             | Lista zamknięta                                             | Otoczenie stanowiska - pokrycie terenu: las, łąki, pola, stawy, zabudowa/drogi              | Tak         | Nie    | Nie    |
| Zespół_badawczy               | Wolne pole tekstowe                                         | Skrócona nazwa zespołu                                                                      | Tak         | Nie    | Nie    |
| Typ_agregatu                  | Stacjonarny, Plecakowy                                      | Typ agregatu                                                                                | Tak         | Nie    | Nie    |
| Moc_kW                        | 1,0-10,0                                                    | Moc agregatu                                                                                | Tak         | Nie    | Nie    |
| Amper                         | 1,0-15,0                                                    | Natężenie prądu                                                                             | Tak         | Nie    | Nie    |
| Volt                          | 12-1000                                                     | Napięcie prądu                                                                              | Tak         | Nie    | Nie    |
| Sposób_łowienia               | Lista zamknięta                                             | Sposób prowadzenia połowu: brodenie, łódź, mieszany                                         | Tak         | Tak    | Tak    |
| Gatunek                       | Lista zamknięta, Brak ryb                                   | Lista gatunków patrz Tab. 3                                                                 | Tak         | Tak    | Tak    |
| Sztuk                         | Liczbowy                                                    | Liczba złowionych ryb danego gatunku                                                        | Tak         | Tak    | Tak    |
| Masa_g                        | Liczbowy                                                    | Masa złowionych ryb danego gatunku                                                          | Tak         | Nie    | Nie    |
| Sztuk_≤150_mm                 | Liczbowy                                                    | Liczba złowionych ryb danego gatunku /l.t. ≤150 mm                                          | Tak         | Tak    | Nie    |
| Sztuk_>150_mm                 | Liczbowy                                                    | Liczba złowionych ryb danego gatunku /l.t. > 150 mm                                         | Tak         | Tak    | Nie    |
| Osobniki_z_anomaliami_hybrydy | Liczbowy                                                    | Liczba złowionych ryb danego gatunku wykazujących anomalie lub hybryd                       | Tak         | Nie    | Tak    |

**Tab. 5.** Informacja o historycznym i współczesnym występowaniu gatunków dwuśrodowiskowych w Polsce. Podstawa obliczenia wskaźnika D.

| Nazwa gatunkowa                                       | Obecny historycznie     | Obecny aktualnie         |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <i>Acipenser sturio</i> / <i>Acipenser oxyrinchus</i> | (Tak, Nie, Brak danych) | (Tak, Nie, Brak danych ) |
| <i>Alosa alosa</i>                                    |                         |                          |
| <i>Alosa fallax</i>                                   |                         |                          |
| <i>Anguilla anguilla</i>                              |                         |                          |
| <i>Lampetra fluviatilis</i>                           |                         |                          |
| <i>Petromyzon marinus</i>                             |                         |                          |
| <i>Osmerus eperlanus</i>                              |                         |                          |
| <i>Salmo salar</i>                                    |                         |                          |
| <i>Salmo trutta trutta</i>                            |                         |                          |
| <i>Platichthys flesus</i>                             |                         |                          |
| <i>Coregonus</i> spp. diadr. Form                     |                         |                          |
| <i>Vimba vimba</i>                                    |                         |                          |

### Obliczenia wskaźników i arkusz bazodanowy

Aplikacja programu EFI+IBI\_PL wymaga komputera wyposażonego w program MS Office 2007, lub nowszy. Program wymaga także obecności „Net framework 4.0”, platformy programistycznej Microsoft, obejmującej środowisko uruchomieniowe (*Common Language Runtime* – CLR) oraz biblioteki klas dostarczające standardowej funkcjonalności dla aplikacji. Instalator *on-line* dla tego oprogramowania dostępny jest w załączonym katalogu „InstalacjaEFI+IBI\_PL” – plik: dotNetFx40\_Full\_setup.exe. Aby zainstalować aplikację obliczeniową z modułami wskaźników EFI+PL, IBI\_PL i IRS\_D z uzyskanej GIOŚ płyty CD należy postępować według podanego niżej schematu:

- 1) zainstalować środowisko języka R (plik: R-3.0.1-win.exe),
- 2) skopiować pliki programu z płyty CD z katalogu „Narzędzie Bazodanowe” na dysk komputera do katalogu: C:\EFI+IBI,
- 3) utworzyć skrót na pulpicie do programu EFI+IBI\_PL.exe,
- 4) wynikowa baza danych w formacie Access wypełniana jest w podanym wyżej katalogu na dysku C komputera (na którym zainstalowany jest system operacyjny) jako plik „EFI.accdb”,
- 5) po instalacji programu baza znajduje się w wersji wyjściowej (pustej) i zostaje wypełniona przez aplikację EFI+IBI\_PL na podstawie pliku wsadowego, przy czym program pozostawia kopię pustej bazy danych (plik: EFI.kopia.accdb),

- 6) do programu załączony jest również podstawowy plik wsadowy w formacie MS Excel – w wersji pustej (plik\_wsadowy.xls) oraz wsadowy plik dla obliczania wskaźnika D (plik\_IRS\_D.xls).

Wprowadzenie danych wejściowych wymaga użycia przycisku „Otwórz plik wsadowy” (Ryc. 9) w oknie dialogowym programu, po czym należy wybrać wypełniony uprzednio plik wsadowy. Następnie aplikacja obliczeniowa EFI+IBI\_PL generuje wyniki skryptu EFI+PL, w formie arkusza MS Excel zawierającego podstawowe parametry stanowiska oraz szereg zmiennych składowych oceny EFI+PL i komunikat „Sukces”. Jeżeli w pliku wsadowym znajdują się błędy – zamiast komunikatu „Sukces” pojawia się odpowiedni komunikat z opisem błędu.

Kolejnym krokiem jest użycie przycisku „Otwórz plik IRS D”, który pozwala na obliczenie wskaźnika dla ryb dwuśrodowiskowych, przez wybranie wypełnionego uprzednio arkusza: „plik\_IRS\_D.xls”. Następnie należy wybrać opcję „Zapisz do bazy”, co spowoduje przeniesienie informacji z pliku wsadowego oraz wyników obliczeń wskaźników EFI+PL, IBI\_PL i D do odpowiednich pól bazy danych. Jeśli nie występują błędy pojawia się komunikat „Sukces”.



**Ryc. 9.** Okno aplikacji EFI+IBI\_PL z przyciskami do obsługi programu (fot. J. Ligęza).

Do części wynikowej Tabeli „Stanowisko” w bazie danych aplikacja obliczeniowa przenosi dane z pliku wsadowego, a także szereg parametrów

stanowiących wynik oceny oraz niezbędnych do jego interpretacji. W kolejnych kolumnach (Tab. 7) są to:

- 1) liczba gatunków ryb złowionych na stanowisku,
- 2) liczba ryb złowionych na stanowisku,
- 3) masa ryb złowionych na stanowisku,
- 4) udział (%) gatunków wrażliwych, charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Procent\_gatunków\_ST-species – Tab. 6),
- 5) propozycja klasyfikacji stanowiska do rzek z dominacją ryb łososiowatych lub karpowatych (Proponowana\_kategoria\_rzeki),
- 6) informacja o weryfikacji kategorii rzeki na podstawie udziału gatunków z grupy ST-species oraz parametrów abiotycznych (spadek, rodzaj substratu dennego), natomiast w przypadku, gdy proponowana kategoria rzeki jest prawidłowa – w kolumnie tej wprowadzana jest wartość „NA”.
- 7) wynik wskaźnika obliczony jako średnia z metryk charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Wartość\_EFIplus\_PL\_Salmonid),
- 8) wynik wskaźnika obliczony jako średnia z metryk charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb karpowatych (Wartość\_EFIplus\_PL\_Cyprinid);
- 9) kolejna kolumna zawiera klasę stanu/potencjału ekologicznego (Klasa\_EFIplus\_PL). Klasa ta określana jest przez program obliczający wskaźnik na podstawie przedziałów wartości zgodnych z proponowaną klasyfikacją stanowiska do rzek typu Salmonid lub Cyprinid. W przypadku rzek typu Cyprinid – przedziały są zróżnicowane także ze względu na metodę połowu: brodenie (w tym metoda mieszana) lub połów z łodzi (Tab. 8). Przypisanie stanowiska do kategorii rzek z dominacją ryb łososiowatych „Salmonid” lub rzek z dominacją ryb karpowatych „Cyprinid” przez wskaźnik EFI+ wymaga weryfikacji (EFI+ Manual, 2009). Program weryfikuje przyporządkowanie stanowiska proponowane przez wskaźnik EFI+PL na podstawie udziału gatunków z grupy ST-species oraz parametrów abiotycznych (spadek rzeki, rodzaj substratu dennego). Program obliczający wskaźnik EFI+PL skonstruowany jest w ten sposób, że jako podstawową traktuje kategorię rzek z dominacją ryb łososiowatych (Salmonid), która jest proponowana przez wskaźnik w zdecydowanej większości kombinacji warunków abiotycznych i proporcji gatunków z grupy ST-Species (Tab. 9). Stąd

ryzyko błędnego przypisania stanowiska dotyczy w praktyce przede wszystkim kategorii rzek Cyprinid, które są błędnie oznaczone jako Salmonid. Weryfikacja klasyfikacji stanowiska opisanego jako „Salmonid” jest wprowadzana jeżeli udział gatunków wrażliwych, charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (ST-species) jest mniejszy niż 0,5. W takim przypadku, jeśli spełnione są jednocześnie następujące warunki: 1) w kolumnie bazy danych „Struktura\_dna” znajduje się wartość: „Organiczny”, „Muł/glina” lub „Piasek”; 2) w kolumnie „Spadek\_‰” wartość nie przekracza 2,0‰ – program wprowadza automatycznie zmianę proponowanej kategorii rzeki na „Cyprinid”. Zapis taki jest wówczas automatycznie generowany w kolumnie „Weryfikacja\_kategorii\_rzeki”. Ocena klasy wskaźnika EFI+PL jest dalej obliczana przez program według przedziałów określonych dla rzek z kategorii Cyprinid. Dla stanowisk ocenianych metodą IBI\_PL w kolumnie Klasa\_EFIplus\_PL wprowadzana jest wartość „NA”,

10) wartość wskaźnika IBI\_PL jest automatycznie wprowadzana do bazy danych przez aplikację obliczeniową w kolumnie (Wartość\_IBI\_pl),

11) aplikacja wprowadza klasę IBI\_PL przypisaną na podstawie wartości wskaźnika IBI\_PL i typu abiotycznego, zgodnie z przedziałami granic klas (Tab. 8) w kolejnej kolumnie (Klasa\_IBI\_pl). W odróżnieniu od wskaźnika EFI+PL ocena ta nie wymaga weryfikacji eksperckiej, gdyż metoda IBI\_PL została opracowana specyficznie dla określonych typów abiotycznych rzek.

**Tab. 6.** Lista występujących w Polsce gatunków wrażliwych, charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (ST-species), według EFI+ Manual 2009.

| Gatunki rodzime                | Gatunki nierodzące           |
|--------------------------------|------------------------------|
| <i>Alburnoides bipunctatus</i> | <i>Hucho hucho*</i>          |
| <i>Coregonus lavaretus</i>     | <i>Salvelinus fontinalis</i> |
| <i>Cottus gobio</i>            |                              |
| <i>Cottus poecilopus</i>       |                              |
| <i>Eudontomyzon mariae</i>     |                              |
| <i>Lampetra planeri</i>        |                              |
| <i>Phoxinus phoxinus</i>       |                              |
| <i>Salmo salar</i>             |                              |
| <i>Salmo trutta fario</i>      |                              |
| <i>Salmo trutta lacustris</i>  |                              |
| <i>Salmo trutta trutta</i>     |                              |
| <i>Thymallus thymallus</i>     |                              |

\*gatunek rodzimy w zlewni Dunaju.

Kolejnym składnikiem oceny stanu/potencjału ekologicznego jest wskaźnik Diadromiczny D, związany z występowaniem ryb dwuśrodowiskowych. Wskaźnik

ten stanowi dostosowaną do warunków Polski modyfikację modułu Diadromous z oryginalnego Europejskiego Wskaźnika Ichtiologicznego EFI+. Aplikacja obliczeniowa wprowadza do bazy danych w kolumnie Wskaźnik\_IRS\_D (Tab. 7) wartość tego wskaźnika, odpowiadającą proporcji liczby gatunków dwuśrodowiskowych obecnie występujących w badanej rzece do ich liczby notowanej historycznie. Wskaźnik ten przyjmuje zatem wartości od 0 do 1. Jeżeli wartość wskaźnika D jest mniejsza niż 0,5 – program EFI+IBI\_PL dokonuje korekty oceny stanu/potencjału ekologicznego, obniżając wynik uzyskany za pomocą metody EFI+PL (dla wszystkich typów rzek) lub IBI\_PL (dla wielkich rzek nizinnych typu 21 oraz cieków w dolinie wielkiej rzeki nizinnej – typu 26) o 1 klasę (Tab. 8). Jeżeli wskaźnik D przyjmuje wartość większą lub równą 0,5, albo nie został obliczony z uwagi na brak danych (komunikat „NA”) – ocena EFI+PL lub IBI\_PL nie ulega zmianie i stanowi końcową ocenę stanu/potencjału ekologicznego dla badanego stanowiska. Program wprowadza wartość ostatecznej oceny odpowiednio do kolumny: Klasa\_stanu\_ekologicznego lub Klasa\_potencjału\_ekologicznego, w zależności od statusu objętej badaniami JCWP. Program automatycznie wprowadza też wartość „NA” do kolumny, która nie stosuje się dla danego stanowiska ze względu na status JCWP (naturalna, silnie zmieniona lub sztuczna część wód).

Standardowa procedura zbioru materiałów w ramach monitoringu zakłada wyznaczenie jednego stanowiska w ramach każdej badanej JCWP. Jednak w praktyce zachodzi nieraz potrzeba wyznaczenia w ramach jednej JCWP dwóch lub więcej stanowisk monitoringowych, szczególnie w przypadku części wód o znacznej długości lub obejmujących rzeki o zróżnicowanych warunkach abiotycznych i różnym stopniu przekształcenia antropogenicznego. W takim przypadku aplikacja EFI+IBI\_PL oblicza wartość średniej arytmetycznej z ocen EFI+PL albo IBI\_PL dla wszystkich stanowisk zlokalizowanych w danej JCWP i wprowadza tę wartość do odpowiednich kolumn bazy danych (Srednia\_dla\_JCWP\_wartosc\_EFIplus\_PL albo Srednia\_dla\_JCWP\_wartosc\_IBI\_PL) przy każdym ze stanowisk. Następnie program dokonuje oceny klasy stanu/potencjału ekologicznego w oparciu o przedziały wyznaczone dla stosowanej metody oceny (Tab. 8), uwzględniając wartość wskaźnika diadromicznego D i wprowadza końcową ocenę stanu/potencjału JCWP,

identyczną przy wszystkich stanowiskach monitoringowych położonych w jednej JCWP, do odpowiednich kolumn bazy danych (Stan\_ekologiczny\_JCWP albo Potencjał\_ekologiczny\_JCWP) (Tab. 7). Jeżeli w ramach jednej JCWP stanowiska zakwalifikowano do różnych kategorii rzek (Salmonid i Cyprinid), lub odławiano zróżnicowaną metodyką (brodzenie, połów z łodzi) – do wartości średniej stosuje się zawsze surowszy zakres przedziałów klas – tzn. dla rzek kategorii Salmonid lub dla stanowisk łowionych metodą brodzenia (Tab. 8). Analogicznie, w przypadku zróżnicowanych wartości wskaźnika D dla stanowisk w obrębie jednej JCWP uwzględnia się przy ocenie średniej wartość najniższą. Takie zróżnicowanie może wystąpić np. w przypadku istnienia nieprzekraczalnych barier dla migracji ryb dwuśrodowiskowych w obrębie badanej JCWP. Należy podkreślić, że nie występuje możliwość oceny stanowisk w ramach jednej JCWP za pomocą różnych wskaźników (EFI+PL i IBI\_PL), gdyż wybór metody oceny uzależniony jest od typu abiotycznego, który przypisany jest do całej jednolitej części wód.

W sytuacji, gdy zgodnie ze standardową metodą odłowiono pojedyncze stanowisko dla jednej JCWP – aplikacja EFI+IBI\_PL przenosi uzyskaną dla stanowiska wartość wskaźnika EFI+PL albo IBI\_PL odpowiednio do kolumny „Srednia\_dla\_JCWP\_wartosc\_EFIplus\_PL” lub „Srednia\_dla\_JCWP\_wartosc\_IBI\_PL”. Następnie program dokonuje oceny klasy stanu/potencjału ekologicznego w oparciu o przedziały wyznaczone dla stosowanej metody oceny (Tab. 8), uwzględniając wartość indeksu diadromicznego D i wprowadza końcową ocenę stanu/potencjału JCWP do odpowiednich kolumn w bazie danych (Tab. 7). Ocena końcowa danej JCWP w oparciu o ichtiofaunę jest wówczas identyczna z oceną dla stanowiska. Program automatycznie wprowadza wartość „NA” do kolumny „Klasa\_stanu\_ekologicznego\_JCWP”, lub „Klasa\_potencjału\_ekologicznego\_JCWP”, która nie stosuje się dla danego stanowiska ze względu na status JCWP (naturalna, silnie zmieniona lub sztuczna).

**Tab. 7.** Objasnienia kolumn służących ustalaniu i gromadzeniu w bazie danych końcowych wyników oceny stanu/potencjału ekologicznego w oparciu o ichtiofaunę.

| Nagłówek kolumny                    | Objasnienie                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Liczba_gatunków                     | Liczba gatunków na stanowisku                                                                                                                                                                                                 |
| Liczba_ryb                          | Liczba odłowionych na stanowisku ryb                                                                                                                                                                                          |
| Masa_ryb                            | Łączna mas ryb odłowionych na stanowisku (g)                                                                                                                                                                                  |
| Procent_gatunków_ST-species         | Udział (% osobników) gatunków z grupy St-species (Tab. 6)                                                                                                                                                                     |
| Proponowana_kategoria_rzeki         | Kategoria rzeki Salmonid lub Cyprinid                                                                                                                                                                                         |
| Weryfikacja_kategorii_rzeki         | Kategoria rzeki zweryfikowana w oparciu o warunki abiotyczne (Spadek_%, Struktura_dna) i % udział gatunków charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (ST-species)                                            |
| Wartość_EFIplus_PL_Salmonid         | Wartość wskaźnika obliczona na podstawie metryk dla kategorii rzek Salmonid (Tab. 10)                                                                                                                                         |
| Wartość_EFIplus_PL_Cyprinid         | Wartość wskaźnika obliczona na podstawie metryk dla kategorii rzek Cyprinid (Tab. 10)                                                                                                                                         |
| Klasa_EFIplus_PL                    | Klasy stanu/potencjału ekologicznego dla stanowiska według wskaźnika EFI+PL (Tab. 8)                                                                                                                                          |
| Wartość_IBI_PL                      | Wartość wskaźnika IBI_PL obliczona w oparciu o metryki dla danego typu lub podtypu abiotycznego rzeki (Tab. 13)                                                                                                               |
| Klasa_IBI_PL                        | Klasa stanu/potencjału ekologicznego wg wskaźnika IBI_PL (Tab. 8)                                                                                                                                                             |
| Wskaźnik_IRS_D                      | Wartość wskaźnika dla ryb dwuśrodowiskowych, stosowana w ocenie wybranych typów abiotycznych rzek (Tab. 8)                                                                                                                    |
| Klasa_stanu_ekologicznego           | Końcowa klasa stanu ekologicznego dla stanowiska (Tab. 8)                                                                                                                                                                     |
| Klasa_potencjału_ekologicznego      | Końcowa klasa potencjału ekologicznego dla stanowiska (Tab. 8)                                                                                                                                                                |
| Średnia_dla_JCWP_wartość_EFIplus_PL | Wartość wskaźnika EFI+PL uśredniona dla stanowisk monitoringowych położonych w jednej JCWP                                                                                                                                    |
| Średnia_dla_JCWP_wartość_IBI_PL     | Wartość wskaźnika IBI_PL uśredniona dla stanowisk monitoringowych położonych w jednej JCWP                                                                                                                                    |
| Stan_ekologiczny_JCWP               | Końcowa klasa stanu ekologicznego dla JCWP z uwzględnieniem klasy ustalonej w oparciu o uśrednioną wartość wskaźnika EFI+PL lub IBI_PL oraz wartości wskaźnika IRS_D (Tab. 8)                                                 |
| Potencjał_ekologiczny_JCWP          | Końcowa klasa potencjału ekologicznego dla JCWP z uwzględnieniem klasy ustalonej w oparciu o uśrednioną wartość wskaźnika EFI+PL lub IBI_PL oraz wartości wskaźnika IRS_D (Tab. 8)                                            |
| Uwagi                               | Informacje dodatkowe, np. o zastrzeżeniach dotyczących: liczby ryb odłowionych na stanowisku mniejszej niż 30, występowania jednego gatunku na stanowisku, braku ryb w odłowie lub braku oceny (w przypadku rzek typu nr 22). |

**Tab. 8.** Zakres wartości wskaźników oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek na podstawie ichtiofauny\*. Wskaźnik EFI+PL – przedziały klas wg podręcznika metody (EFI+ Manual 2009), dla typów abiotycznych rzek\*\* nr 0-20. Wskaźnik IBI\_PL dla typów: 21, 23, 24, 25 i 26.– przedziały klas opracowane dla określonych typów abiotycznych rzek. Wskaźnik diadromiczny (D), obliczony przez program EFI+IBI\_PL, stanowi uzupełnienie oceny o parametr związany z obecnością ryb wędrownych dwuśrodowiskowych. Typ abiotyczny nr 22 nie podlega ocenie w oparciu o ichtiofaunę. Przedziały klas są jednolite dla oceny stanu i potencjału ekologicznego.

| Nazwa wskaźnika oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek         |                                                      | Zakresy wartości wskaźnika oceny stanu/potencjału ekologicznego rzek |             |             |             |             | Wskaźnik diadromiczny (D) |               |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|---------------|
|                                                                   |                                                      | bardzo dobry                                                         | dobry       | umiarkowany | słaby       | zły         | 0,50-1,00                 | <0,50         |
| Wskaźnik EFI+PL dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Salmonid) |                                                      | 0,911-1,000                                                          | 0,755-0,911 | 0,503-0,755 | 0,252-0,503 | 0,000-0,252 | b.z.                      | minus 1 klasa |
| Wskaźnik EFI+PL dla rzek z dominacją ryb karpiowatych (Cyprinid)  | Brodzenie                                            | 0,939-1,000                                                          | 0,655-0,939 | 0,437-0,655 | 0,218-0,437 | 0,000-0,218 | b.z.                      | minus 1 klasa |
|                                                                   | Potów z łodzi                                        | 0,917-1,000                                                          | 0,562-0,917 | 0,375-0,562 | 0,187-0,375 | 0,000-0,187 | b.z.                      | minus 1 klasa |
| Wskaźnik IBI_PL                                                   | Wielkie rzeki nizinne (typ 21)*                      | 0,854-1,000                                                          | 0,688-0,853 | 0,500-0,687 | 0,250-0,499 | 0,000-0,249 | b.z.                      | minus 1 klasa |
|                                                                   | Rzeki organiczne i łączące jeziora (typ 23, 24 i 25) | 0,791-1,000                                                          | 0,646-0,790 | 0,520-0,645 | 0,375-0,519 | 0,000-0,374 | nie stosuje się           |               |
|                                                                   | Rzeki w dolinie wielkiej rzeki nizinnej (typ 26)     | 0,791-1,000                                                          | 0,646-0,790 | 0,520-0,645 | 0,375-0,519 | 0,000-0,374 | b.z.                      | minus 1 klasa |

\* W ramach projektu „Badania ichtiofauny w latach 2014-2015 dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód wraz z udziałem w europejskim ćwiczeniu interkalibracyjnym – rzeki” zweryfikowano granice klas dla metody IBI\_PL. Zmiany granic klas wskaźnika powinny zostać uwzględnione w nowelizacji obowiązującego rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187).

\*\*Typ abiotyczny rzeki, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (Dz. U. z 2011 r. nr 258 poz. 549).

**Tab. 9.** Zestawienie wariantów wyboru opcji wskaźnika EFI+PL: dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Salmonid) i dla rzek z dominacją ryb karpiowatych (Cyprinid). Podano % gatunków wrażliwych, charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych – ST-species (Tab. 5)\*.

| Wstępna klasyfikacja stanowiska – w oparciu o parametry abiotyczne                                            | Udział % gatunków wrażliwych, charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (ST-species)                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                               | [0% – 20%]                                                                                                                                                                                                             | [20% - 50%]                                                                                                                                                                                                                                                                   | [50% - 80%]                                                                                                                                                                                                                 | [80% - 100%]                                                                                    |
| Rzeki wstępnie sklasyfikowana jako sprzyjająca występowaniu ryb łososiowatych ( <b>Salmonid type rivers</b> ) | Ryzyko błędnej klasyfikacji warunków abiotycznych.<br><b>Proponowany wskaźnik Salmonid.</b> Program weryfikuje kategorię na Cyprinid jeżeli: substrat jest inny niż „Żwir/kamienie” lub „Głazy” i spadek rzeki < 2,0‰. | Ryzyko błędnej klasyfikacji warunków abiotycznych.<br><b>Proponowany wskaźnik Salmonid.</b> Program weryfikuje kategorię na Cyprinid jeżeli: substrat jest inny niż „Żwir/kamienie” lub „Głazy” i spadek rzeki < 2,0‰.                                                        | <b>Zalecany wskaźnik Salmonid</b>                                                                                                                                                                                           | Poprawna klasyfikacja.<br><b>Wskaźnik Salmonid powinien być zastosowany</b>                     |
| Rzeki wstępnie sklasyfikowana jako sprzyjająca występowaniu ryb karpiowatych ( <b>Cyprinid type rivers</b> )  | Poprawna klasyfikacja.<br><b>Wskaźnik Cyprinid powinien być zastosowany</b>                                                                                                                                            | Wzrost udziału gatunków wrażliwych z grupy ST-species prawdopodobnie wynika z antropopresji (zarybienia).<br><b>Proponowany wskaźnik Salmonid,</b> program weryfikuje kategorię na Cyprinid jeżeli: substrat jest inny niż „Żwir/kamienie” lub „Głazy” i spadek rzeki < 2,0‰. | Istnieje ryzyko błędnej klasyfikacji warunków abiotycznych; w niektórych przypadkach wzrost udziału gatunków wrażliwych z grupy ST-species może także wynikać z silnej antropopresji.<br><b>Zalecany wskaźnik Salmonid)</b> | Wysokie ryzyko błędnej klasyfikacji warunków abiotycznych.<br><b>Zalecany wskaźnik Salmonid</b> |

\*Według EFI+ Manual 2009, zmienione.

## Granice klas dla metody EFI+IBI\_PL

Zasady wyznaczania granic klas poszczególnych wskaźników były odmienne dla metody EFI+PL, IBI\_PL oraz dla uzupełniającego indeksu D. Dla wskaźnika EFI+PL przyjęto przedziały klas ustalone dla oryginalnego Europejskiego Wskaźnika Ichtiologicznego EFI+ (EFI+ Manual 2009). Przedziały te są zróżnicowane dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Salmonid) oraz z dominacją ryb karpiowatych (Cyprinid). Dla tej kategorii rzek granice klas są dodatkowo zróżnicowane w zależności od sposobu łowienia: brodzenie lub połów z łodzi (Tab. 8).

W przypadku metody IBI\_PL granice klas zostały pierwotnie wyznaczone metodą ekspercką, w oparciu o dane z literatury (KARR, 1981; KARR I IN. 1986). Takie granice przyjęto w metodzie IBI\_PL w 2013 r. (Dz. U. z 2014 r. poz. 1348, PRUS I WIŚNIEWOLSKI 2013) i są one stosowane w PMŚ również obecnie (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187). W toku kolejnego projektu realizowanego w latach 2014-2016 zweryfikowano granice klas wskaźnika IBI\_PL w oparciu o analizę statystyczną zestawu danych ze 161 stanowisk ocenianych tą metodą (z wyłączeniem wielkich rzek). Skutkowało to zarówno zmianami przedziałów granic klas, jak i wyników oceny wykonywanej wcześniejszą wersją programu EFI+IBI\_PL. W odniesieniu do wielkich rzek zmianie uległ natomiast sposób przeliczania punktacji wskaźnika IBI\_PL do przedziału 0-1, ze względu na wprowadzone modyfikacje metryk. Skutkowało to zmianami przedziałów granic klas, jednak nie miało wpływu na wyniki oceny wykonywanej wcześniejszą wersją programu EFI+IBI\_PL. Weryfikacja granic klas IBI\_PL dla wielkich rzek będzie kontynuowana w ramach międzynarodowego ćwiczenia interkalibracyjnego. Aktualne granice klas metody EFI+IBI\_PL przedstawiono w tabeli 8. Zmiany granic klas wskaźnika powinny zostać uwzględnione w nowelizacji obowiązującego rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187).

Zmieniono także sposób oceny rzek typu abiotycznego nr 26 (ciek w dolinie wielkiej rzeki nizinnej) ze wskaźnika EFI+PL na IBI\_PL, jako lepiej dostosowany do ujściowych odcinków cieków wpadających do wielkich rzek. Do oceny rzek typu 26

przyjęto zestaw metryk opracowanych dla rzek organicznych i międzyjeziornych (bez ryb łososiowatych) oraz utrzymując stosowanie wskaźnika pomocniczego D.

Ponadto zrezygnowano z oceny na podstawie ichtiofauny rzek typu abiotycznego nr 22 (Rzeka przyujściowa pod wpływem wód słonych), ze względu na swoisty skład zespołów ryb, w których brak jest charakterystycznych gatunków wskaźnikowych wrażliwych na czynniki antropopresji.

Dla wskaźnika D granice dwóch klas przyjęto metodą ekspercką w toku poprzedniego projektu realizowanego w latach 2011-2013. Dla stanowisk gdzie wartość wskaźnika D jest niższa niż 0,5 dokonuje się obniżenia oceny wskaźnika podstawowego (EFI+PL lub IBI\_PL) o 1 klasę. Dla stanowisk gdzie wartość wskaźnika D jest większa bądź równa 0,5 ocena wskaźnika odstawowego nie ulega zmianie. Wskaźnik D uwzględniono dla wszystkich stanowisk ocenianych metodą EFI+PL oraz dla części stanowisk ocenianych metodą IBI\_PL – dla rzek typu abiotycznego nr 21 (wielka rzeka nizinna) oraz nr 26 (ciek w dolinie wielkiej rzeki nizinnej) (Tab. 8).

## **Interpretacja wyników oceny stanu/potencjału ekologicznego z zastosowaniem wskaźnika EFI+PL**

Metoda EFI+ jest to wielokryterialny wskaźnik oparty na modelu probabilistycznym, odwzorowującym warunki referencyjne z uwzględnieniem typologii wód płynących. W procesie tworzenia oryginalnego wskaźnika EFI+ warunki referencyjne zostały określone na podstawie danych połowowych z nieprzekształconych stanowisk. Stanowiska referencyjne wytypowano z bazy danych w oparciu o analizę kilkudziesięciu czynników presji, które zostały określone przez uczestników projektu dla badanych rzek. W przypadku braku takich stanowisk dla niektórych typów rzek, w celu określenia referencyjnych zespołów ryb korzystano z danych historycznych i modelowania. Na podstawie warunków abiotycznych oraz składu ichtiofauny stwierdzonego w odłowie, wskaźnik klasyfikuje stanowisko do jednego z dwóch typów rzek: 1) z dominacją ryb łososiowatych lub 2) z dominacją ryb karpiowatych. Jeżeli występuje rozbieżność między zestawem warunków abiotycznych a zarejestrowanym udziałem gatunków charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych, konieczna jest weryfikacja wyboru wariantu wskaźnika (Tab. 7, 9). Weryfikacji tej dokonuje

program EFI+IBI\_PL, zgodnie z zasadami przedstawionymi w Tabeli 9. Moduł EFI+ programu EFI+IBI\_PL szacuje różnice pomiędzy zespołem referencyjnym ichtiofauny a wynikiem połowu w oparciu o odpowiednią parę metryk (Tab. 10). Metryki wskaźnika EFI+ wykazują stosunkowo niską korelację wewnętrzną – współczynnik Pearsona poniżej 0,65 (EFI+ Manual 2009). Zwraca jednak uwagę znaczny stopień podobieństwa między zestawami gatunków w poszczególnych parach metryk (Bady i in. 2009) (Tab. 11). Dla rzek Polski z dominacją ryb łososiowatych w aktualnej wersji obu metryk występuje 64% wspólnych gatunków, natomiast dla rzek z dominacją ryb karpiowatych udział wspólnych dla obu metryk gatunków wynosi 74%.

Wskaźnik EFI+PL wykorzystuje moduł obliczeniowy Europejskiego Wskaźnika Ichtiologicznego EFI+. Moduł ten stanowi skrypt w programie R, wbudowany w aplikację obliczeniową wskaźnika EFI+IBI\_PL operującą w programie C# i transponującą dane z pliku wejściowego oraz wyniki oceny wskaźnika EFI+PL do zbiorczej, otwartej bazy danych w programie Access.

### **Metryki wskaźnika EFI+PL**

Metryki wskaźnika EFI+ zostały określone na podstawie funkcjonalnych grup gatunków (gildii), odwzorowujących główne cechy ekologiczne i biologiczne zespołów ryb (Tab. 10).

Metryka Ni.O2.Intol, wykorzystywana do oceny rzek z dominacją ryb łososiowatych, odnosi się do zagęszczeń osobników (liczba osobników na 100 m<sup>2</sup> odłowionej powierzchni stanowiska) gatunków wrażliwych na niedobory tlenu. W ichtiofaunie Polski wstępuje łącznie 29 gatunków zaliczonych przez oryginalny wskaźnik EFI+ do tej metryki. Jednak 4 z nich są gatunkami obcymi dla ichtiofauny Polski, zaś kolejne 4 – to gatunki niecharakterystyczne dla rzek z dominacją ryb łososiowatych typu Salmonid. Gatunki te zostały usunięte z omawianej metryki podczas prac nad udoskonaleniem wskaźnika EFI+PL. Stąd w aktualnej wersji programu EFI+PL w metryce tej uwzględnia się 21 rodzimych gatunków ryb, charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Tab. 11).

Metryka Ric.RH.Par, służąca do oceny rzek z dominacją ryb karpiowatych dotyczy bogactwa gatunkowego ryb wymagających do rozrodu środowiska

lotycznego. W warunkach Polski występują 34 gatunki ryb i minogów o cechach ekologicznych charakterystycznych dla tej metryki.

Dwie z metryk wskaźnika EFI+ (Ni.O2.Intol, Ni.LITHO) odnoszą się do zagęszczeń osobników (liczba osobników na 100 m<sup>2</sup> odłowionej powierzchni stanowiska) gatunków wrażliwych na niedobory tlenu i gatunków litofilnych., natomiast metryka Ni.LITHO, służąca do oceny rzek z dominacją ryb karpiowatych, uwzględnia 33 gatunki występujące w Polsce. (Tab. 11). Z kolei metryka (Ni.Hab.Intol.150) odnosi się do zagęszczenia ryb w klasie długości całkowitej do 150 mm nie tolerujących degradacji siedlisk, wobec czego łączy ona cechy metryki ilościowej z informacją o strukturze wielkościowej i pośrednio – wiekowej zespołu ichtiofauny. Jest ona wykorzystywana do oceny rzek z dominacją ryb łososiowatych. Metryka ta obejmuje 30 gatunków występujących w Polsce.

Pewien problem przy interpretacji wyników oceny za pomocą wskaźnika EFI+PL stanowi grupa gatunków obcych, których obecność może wpływać na podniesienie wyniku oceny, ze względu na ich przynależność do gildii uwzględnionych w metrykach wskaźnika EFI+. W warunkach Polski dotyczy to 9 gatunków: pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*), pstrąga źródlanego (*Salvelinus fontinalis*), palii alpejskiej (*Salvelinus alpinus*), pelugi (*Coregonus peled*) tołpygi białej (*Hypophthalmichthys molitrix*) amura (*Ctenopharyngodon idella*), muławki bałkańskiej (*Umbra krameri*), babki byczej (*Neogobius melanostomus*) i babki rurkonosej *Proterorhinus marmoratus* – gatunek właściwie opisany jako *Proterorhinus semilunaris*, (Tab. 11). Wyniki odłowów przeprowadzonych w ramach monitoringu w latach 2011-2012 na 493 stanowiskach wskazują, że udział gatunków wsiedlonych i inwazyjnych, występujących w omawianych metrykach (Tab. 11), stanowi zaledwie 0,32% z ogólnej liczby ponad 127 tysięcy złowionych ryb, stąd ich wpływ na wyniki oceny można uznać za zaniedbywany.

Z kolei grupa 7 gatunków: boleń (*Aspius aspius*), ciosa (*Pelecus cultratus*), rozpiór (*Aramis ballerus*), strzebla błotna (*Eupallasella perenurus*), piskorz (*Misgurnus fossilis*), różanka (*Rhodeus amarus*) i lin (*Tinca tinca*) nie jest charakterystyczna dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (patrz Tab. 11). Gatunki te znalazły się w metrykach dla tego typu rzek, ponieważ spełniają ogólne kryteria ekologiczne wyróżnionych gildii. Ponieważ tylko niektóre z tych gatunków występują

sprowadycznie w rzekach z dominacją ryb łososiowatych, stąd ich wpływ na wynik oceny EFI+ można uznać za nieistotny.

**Tab. 10.** Metryki stosowane do obliczenia wskaźnika EFI+ dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Salmonid) i dla rzek z dominacją ryb karpioiwatych (Cyprinid) – wg EFI+ Manual (2009), zmienione.

| Kategoria rzeki – Wskaźnik                     | Symbol metryki   | Rozwinięcie nazwy metryki – grupy ekologiczne                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rzeki z dominacją ryb łososiowatych – Salmonid | Ni.O2.Intol      | Zagęszczenie (liczba osobn. na 100 m <sup>2</sup> w jednokrotnym elektropoławie) gatunków nie tolerujących deficytów tlenu (wymagania >6 mgO <sub>2</sub> dm <sup>-3</sup> ).                                                                                      |
|                                                | Ni.Hab.Intol.150 | Zagęszczenie (liczba osobn. na 100 m <sup>2</sup> w jednokrotnym elektropoławie) osobników mniejszych niż 150 mm ( <i>l.t.</i> ) gatunków nie tolerujących degradacji siedlisk.                                                                                    |
| Rzeki z dominacją ryb karpioiwatych – Cyprinid | Ric.RH.Par       | Bogactwo (liczba gatunków w jednokrotnym elektropoławie) ryb wymagających do rozmnażania środowiska lotycznego (reoparycznych).                                                                                                                                    |
|                                                | Ni.LITHO         | Zagęszczenie (liczba osobn. na 100 m <sup>2</sup> w jednokrotnym elektropoławie) gatunków wymagających do składania ikry twardego substratu: żwiru, skał, głazów, otoczków różnej frakcji (litofilnych). Wylęg tych gatunków wykazuje reakcję stresową na światło. |

Generalnie metryki wskaźnika EFI+PL wykazują wrażliwość na przekształcenia środowiska rzecznoego, w szczególności związane ze zmianą rodzaju substratu dennego, np. zamulanie, zwłaszcza w rzekach o dnie żwirowym (gatunki litofilne uwzględnione w metryce Ni.LITHO), zmiany prędkości i temperatury wody (gatunki reoparyczne w metryce Ric.RH.Par i gatunki wrażliwe na deficyty tlenu w metryce Ni.O2.Intol). Z kolei metryka Ni.Hab.Intol.150 wykazuje wrażliwość na przekształcenia siedlisk rzecznych, a w szczególności na ubytek tarlisk (uwzględnienie osobników mniejszych niż 150 mm).

**Tab. 11.** Lista występujących w Polsce gatunków ryb uwzględnianych przez metryki oryginalnego wskaźnika EFI+. Gatunki obce dla wód Polski zaznaczono kolorem czerwonym. Gatunki nie należące do grupy charakterystycznych dla rzek z dominacją ryb łososiowatych zaznaczono czcionką wytłuszczoną. We wskaźniku EFI+PL te dwie grupy gatunków nie mają wpływu na obliczane wartości metryk.

Tabela 11 Metryki wskaźnika EFI+PL. Wskaźnik dla rzek z dominacją ryb łososiowatych (Salmonid Index)

| Nazwa łacińska                          | Nazwa polska           | Nazwa łacińska                          | Nazwa polska             |
|-----------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| <i>Alburnoides bipunctatus</i>          | piekielnica            | <b><i>Abramis ballerus</i></b>          | rozpiór                  |
| <b><i>Alosa alosa</i></b>               | <b>aloza</b>           | <i>Acipenser oxyrinchus</i>             | jesiotr ostronosy        |
| <b><i>Alosa fallax</i></b>              | <b>parposz</b>         | <i>Acipenser sturio</i>                 | jesiotr zachodni         |
| <b><i>Aspius aspius</i></b>             | <b>boleń</b>           | <i>Alburnoides bipunctatus</i>          | piekielnica              |
| <i>Barbus cyclolepis</i>                | brzanka karpacka       | <b><i>Alosa alosa</i></b>               | <b>aloza</b>             |
| <i>Barbus peloponnesius</i>             | brzanka                | <i>Barbus barbus</i>                    | brzana                   |
| <i>Barbus petenyi</i>                   | brzanka                | <i>Barbus cyclolepis</i>                | brzanka karpacka         |
| <i>Coregonus albula</i>                 | sielawa                | <i>Barbus meridionalis</i>              | brzanka                  |
| <i>Coregonus lavaretus</i>              | sieja                  | <i>Barbus peloponnesius</i>             | brzanka                  |
| <i>Cottus gobio</i>                     | głowacz białopłetwy    | <i>Barbus petenyi</i>                   | brzanka                  |
| <i>Cottus poecilopus</i>                | głowacz przęgopłetwy   | <i>Chondrostoma nasus</i>               | świnka                   |
| <i>Eudontomyzon mariae</i>              | minóg ukraiński        | <i>Coregonus albula</i>                 | sielawa                  |
| <i>Gobio kesslerii</i>                  | kiełb Kesslera         | <i>Coregonus lavaretus</i>              | sieja                    |
| <i>Hucho hucho</i>                      | głowacica              | <i>Cottus gobio</i>                     | głowacz białopłetwy      |
| <i>Lampetra planeri</i>                 | minóg strumieniowy     | <i>Cottus poecilopus</i>                | głowacz przęgopłetwy     |
| <i>Lota lota</i>                        | miętus                 | <i>Eudontomyzon mariae</i>              | minóg ukraiński          |
| <b><i>Oncorhynchus mykiss</i></b>       | <b>pstrąg tęczowy</b>  | <b><i>Eupallasea perenurus</i></b>      | <b>strzebla błotna</b>   |
| <b><i>Pelecus cultratus</i></b>         | <b>ciosa</b>           | <i>Gobio kesslerii</i>                  | kiełb Kesslera           |
| <i>Phoxinus phoxinus</i>                | strzebla potokowa      | <i>Hucho hucho</i>                      | głowacica                |
| <b><i>Proterorhinus semilunaris</i></b> | <b>babka rurkonosa</b> | <i>Lampetra fluviatilis</i>             | minóg rzeczny            |
| <i>Romanogobio vladkovi</i>             | kiełb białopłetwy      | <i>Lampetra planeri</i>                 | minóg strumieniowy       |
| <i>Salmo salar</i>                      | łosoś atlantycki       | <b><i>Misgurnus fossilis</i></b>        | <b>piskorz</b>           |
| <i>Salmo trutta fario</i>               | pstrąg potokowy        | <i>Phoxinus phoxinus</i>                | strzebla potokowa        |
| <i>Salmo trutta lacustris</i>           | troć jeziorowa         | <b><i>Proterorhinus semilunaris</i></b> | <b>babka rurkonosa</b>   |
| <i>Salmo trutta trutta</i>              | troć wędrowna          | <b><i>Rhodeus amarus</i></b>            | <b>różanka</b>           |
| <b><i>Salvelinus alpinus</i></b>        | <b>palia</b>           | <i>Salmo salar</i>                      | łosoś atlantycki         |
| <b><i>Salvelinus fontinalis</i></b>     | <b>pstrąg źródlany</b> | <i>Salmo trutta fario</i>               | pstrąg potokowy          |
| <i>Thymallus thymallus</i>              | lipień                 | <i>Salmo trutta lacustris</i>           | troć jeziorowa           |
|                                         |                        | <i>Salmo trutta trutta</i>              | troć wędrowna            |
|                                         |                        | <b><i>Salvelinus alpinus</i></b>        | <b>palia</b>             |
|                                         |                        | <b><i>Salvelinus fontinalis</i></b>     | <b>pstrąg źródlany</b>   |
|                                         |                        | <i>Thymallus thymallus</i>              | lipień                   |
|                                         |                        | <b><i>Tinca tinca</i></b>               | <b>lin</b>               |
|                                         |                        | <b><i>Umbra krameri</i></b>             | <b>muławka bałkańska</b> |
|                                         |                        | <i>Vimba vimba</i>                      | certa                    |

Ni.O2.Intol - Zagęszczenie gatunków nie tolerujących deficytów tlenu

Ni.Hab.Intol.150 - Zagęszczenie osobników mniejszych niż 150 mm (l.t.) gatunków nie tolerujących degradacji siedlisk.

Tabela 11 – cd. Metryki wskaźnika EFI+PL. Wskaźnik dla rzek z dominacją ryb karpiowatych (Cyprinid Index)

|                                                                                                               |                                    |                        |                                                                                                                                                  |                                |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Ric.RH.Par - Bogactwo (liczba gatunków) ryb wymagających do rozmnażania środowiska lotycznego (reoparycznych) | <i>Abramis sapa</i>                | sapa                   | Ni.LITHO - Zagęszczenie gatunków wymagających do składania ikry twardego substratu: żwiru, skał, głazów, otoczków różnej frakcji (litoofilnych). | <i>Abramis ballerus</i>        | rozpiór                |
|                                                                                                               | <i>Acipenser oxyrinchus</i>        | jesiotr ostronosy      |                                                                                                                                                  | <i>Abramis sapa</i>            | sapa                   |
|                                                                                                               | <i>Acipenser sturio</i>            | jesiotr zachodni       |                                                                                                                                                  | <i>Acipenser oxyrinchus</i>    | jesiotr ostronosy      |
|                                                                                                               | <i>Alburnoides bipunctatus</i>     | piekielnica            |                                                                                                                                                  | <i>Acipenser sturio</i>        | jesiotr zachodni       |
|                                                                                                               | <i>Alosa alosa</i>                 | aloza                  |                                                                                                                                                  | <i>Alburnoides bipunctatus</i> | piekielnica            |
|                                                                                                               | <i>Alosa fallax</i>                | parposz                |                                                                                                                                                  | <b>Ameiurus melas</b>          | <b>sumik czarny</b>    |
|                                                                                                               | <i>Aspius aspius</i>               | boleń                  |                                                                                                                                                  | <i>Aspius aspius</i>           | boleń                  |
|                                                                                                               | <i>Barbus barbus</i>               | brzana                 |                                                                                                                                                  | <i>Barbatula barbatula</i>     | śliz                   |
|                                                                                                               | <i>Barbus cyclolepis</i>           | brzanka karpacka       |                                                                                                                                                  | <i>Barbus barbus</i>           | brzana                 |
|                                                                                                               | <i>Barbus meridionalis</i>         | brzanka                |                                                                                                                                                  | <i>Barbus cyclolepis</i>       | brzanka karpacka       |
|                                                                                                               | <i>Barbus peloponnesius</i>        | brzanka                |                                                                                                                                                  | <i>Barbus meridionalis</i>     | brzanka                |
|                                                                                                               | <i>Barbus petenyi</i>              | brzanka                |                                                                                                                                                  | <i>Barbus peloponnesius</i>    | brzanka                |
|                                                                                                               | <i>Chondrostoma nasus</i>          | świnka                 |                                                                                                                                                  | <i>Barbus petenyi</i>          | brzanka                |
|                                                                                                               | <i>Cottus gobio</i>                | głowacz białopłetwy    |                                                                                                                                                  | <i>Chondrostoma nasus</i>      | świnka                 |
|                                                                                                               | <i>Cottus poecilopus</i>           | głowacz przegopłetwy   |                                                                                                                                                  | <i>Coregonus albula</i>        | sielawa                |
|                                                                                                               | <b>Ctenopharyngodon idella</b>     | <b>amur</b>            |                                                                                                                                                  | <i>Coregonus lavaretus</i>     | sieja                  |
|                                                                                                               | <i>Eudontomyzon mariae</i>         | minóg ukraiński        |                                                                                                                                                  | <b>Coregonus peled</b>         | <b>peluga</b>          |
|                                                                                                               | <i>Gobio gobio</i>                 | kiełb                  |                                                                                                                                                  | <i>Eudontomyzon mariae</i>     | minóg ukraiński        |
|                                                                                                               | <i>Gobio kesslerii</i>             | kiełb Kesslera         |                                                                                                                                                  | <i>Hucho hucho</i>             | głowacica              |
|                                                                                                               | <i>Hucho hucho</i>                 | głowacica              |                                                                                                                                                  | <i>Lampetra fluviatilis</i>    | minóg rzeczny          |
|                                                                                                               | <b>Hypophthalmichthys molitrix</b> | <b>tołpyga biała</b>   |                                                                                                                                                  | <i>Lampetra planeri</i>        | minóg strumieniowy     |
|                                                                                                               | <i>Lampetra fluviatilis</i>        | minóg rzeczny          |                                                                                                                                                  | <i>Leuciscus cephalus</i>      | kleń                   |
|                                                                                                               | <i>Lampetra planeri</i>            | minóg strumieniowy     |                                                                                                                                                  | <i>Leuciscus leuciscus</i>     | jelec                  |
|                                                                                                               | <i>Leuciscus cephalus</i>          | kleń                   |                                                                                                                                                  | <i>Lota lota</i>               | miętus                 |
|                                                                                                               | <i>Leuciscus leuciscus</i>         | jelec                  |                                                                                                                                                  | <b>Neogobius melanostomus</b>  | <b>babka bycza</b>     |
|                                                                                                               | <b>Neogobius melanostomus</b>      | <b>babka bycza</b>     |                                                                                                                                                  | <b>Oncorhynchus mykiss</b>     | <b>pstrąg tęczowy</b>  |
|                                                                                                               | <b>Oncorhynchus mykiss</b>         | <b>pstrąg tęczowy</b>  |                                                                                                                                                  | <i>Osmerus eperlanus</i>       | stynka                 |
|                                                                                                               | <i>Petromyzon marinus</i>          | minóg morski           |                                                                                                                                                  | <i>Petromyzon marinus</i>      | minóg morski           |
|                                                                                                               | <i>Romanogobio vladykovi</i>       | kiełb białopłetwy      |                                                                                                                                                  | <i>Phoxinus phoxinus</i>       | strzebla potokowa      |
|                                                                                                               | <i>Salmo salar</i>                 | łosoś atlantycki       |                                                                                                                                                  | <i>Salmo salar</i>             | łosoś atlantycki       |
|                                                                                                               | <i>Salmo trutta fario</i>          | pstrąg potokowy        |                                                                                                                                                  | <i>Salmo trutta fario</i>      | pstrąg potokowy        |
|                                                                                                               | <i>Salmo trutta lacustris</i>      | troć jeziorowa         |                                                                                                                                                  | <i>Salmo trutta lacustris</i>  | troć jeziorowa         |
|                                                                                                               | <i>Salmo trutta trutta</i>         | troć wędrowną          |                                                                                                                                                  | <i>Salmo trutta trutta</i>     | troć wędrowną          |
|                                                                                                               | <b>Salvelinus alpinus</b>          | <b>palia</b>           |                                                                                                                                                  | <b>Salvelinus alpinus</b>      | <b>palia</b>           |
|                                                                                                               | <b>Salvelinus fontinalis</b>       | <b>pstrąg źródlany</b> |                                                                                                                                                  | <b>Salvelinus fontinalis</b>   | <b>pstrąg źródlany</b> |
|                                                                                                               | <i>Thymallus thymallus</i>         | lipień                 |                                                                                                                                                  | <i>Thymallus thymallus</i>     | lipień                 |
|                                                                                                               | <i>Vimba vimba</i>                 | certa                  |                                                                                                                                                  | <i>Vimba vimba</i>             | certa                  |

Należy zwrócić uwagę, że ocena stanu/potencjału ekologicznego w oparciu o ichtiofaunę nie jest możliwa dla stanowisk, na których nie odłowiono ryb. Brak ryb na stanowisku połowowym wskazuje niewątpliwie na bardzo silne zaburzenia stanu środowiska, jednak wobec braku danych nie ma możliwości dokonania oceny w oparciu o ten element biologiczny. Również w przypadku stanowisk o niskiej liczbie gatunków i małej liczbie odłowionych ryb ocena w oparciu o ichtiofaunę powinna być traktowana ostrożnie. EFI+ Manual (2009) przyjmuje takie zastrzeżenie dla stanowisk, na których odłowiono ryby należące tylko do jednego gatunku, lub w odłowieniu zanotowano łącznie mniej niż 30 ryb. Użytkownik powinien skontrolować w odpowiednich kolumnach części wynikowej bazy danych (Tab. 7) liczbę gatunków i łączną liczbę odłowionych ryb i w przypadku podanych wyżej wartości wpisać w kolumnie Uwagi zastrzeżenie: „Uwaga: 1 gatunek”, lub „Uwaga: zbyt mała liczba ryb”. Wyniki oceny stanu/potencjału ekologicznego w oparciu o ichtiofaunę dla takich stanowisk można podawać w zestawieniach, jednak nie należy włączać ich do oceny zbiorczej elementów biologicznych.

## **Interpretacja wyników oceny stanu/potencjału ekologicznego z zastosowaniem wskaźnika IBI\_PL**

Dla grupy typów abiotycznych rzek, dla których metoda oceny stanu ekologicznego z wykorzystaniem wskaźnika EFI+PL nie znajduje zastosowania, rekomendowane jest wykorzystanie wskaźnika integralności biotycznej IBI, w wersji dostosowanej do warunków Polski (IBI\_PL). Dla poszczególnych typów abiotycznych lub ich grup przygotowane zostały oddzielne matryce, pozwalające na ocenę stanu/potencjału ekologicznego.

Wskaźnik Integralności Biotycznej IBI, bazujący na zespołach ryb, ocenia je w wersji oryginalnej poprzez system 12 składników zgrupowanych w trzech kategoriach opisujących 1) bogactwo i skład gatunkowy, 2) strukturę troficzną, 3) liczebność i kondycję zespołu ryb (KARR, 1981; KARR I IN. 1986).

Wskaźnik IBI\_PL jest obliczany dla następujących typów i podtypów abiotycznych rzek:

- Typ 21a wielkie rzeki nizinne z dnem piaszczystym – powierzchnia zlewni >10000km<sup>2</sup>

- Typ 21b wielkie rzeki nizinne z dnem żwirowym – powierzchnia zlewni  $>10000\text{km}^2$
- Typ 23 rzeki nizinne organiczne – powierzchnia zlewni  $<100\text{ km}^2$
- Typ 24 rzeki nizinne organiczne – powierzchnia zlewni  $100 - 10000\text{km}^2$
- Typ 25a rzeki śródlądowe bez występowania ryb łososiowatych – powierzchnia zlewni  $<100\text{km}^2$  i  $100 - 10000\text{km}^2$
- Typ 25b rzeki śródlądowe z obecnością ryb łososiowatych – powierzchnia zlewni  $<100\text{km}^2$  i  $100 - 10000\text{km}^2$
- Typ 26 ciek w dolinie wielkiej rzeki nizinnej łososiowatych – powierzchnia zlewni  $<100\text{km}^2$  i  $100 - 10000\text{km}^2$

Wskaźnik IBI\_PL składa się z 12 metryk określających biologiczny stan ichtiofauny, w oparciu o grupy ekologiczne gatunków ryb (Tab. 12), zebranych w 3 kategorie (Tab. 13) :

- 1) Bogactwo zespołu ryb i proporcje gatunkowe;
- 2) Proporcje grup troficznych;
- 3) Obfitość i zdrowotność zespołów ryb.

Dla każdego z wymienionych typów i podtypów rzek wybrano po 12 specyficznych metryk, które przedstawiono w 3 kategoriach (Tab. 13). Wyliczone wartości poszczególnych metryk otrzymują punktację jakości: 5 – bardzo dobry; 3 – dostateczny; 1 – słaby. Granice wartości tych metryk dla każdej kategorii punktacji zostały wyznaczone w oparciu o danych monitoringowych z nieprzekształconych stanowisk na rzekach z różnych regionów Polski i stanowią podstawę działania wskaźnika IBI\_PL.

Aplikacja obliczeniowa wykorzystuje macierz zawierającą wykaz gatunków ryb i metryk wskaźnika IBI\_PL w poszczególnych typach rzek oraz wbudowane równania gdzie:

*i-te* wiersze określają gatunki ryb,

*j-ote* kolumny określają wybrane metryki dla ww. typów i podtypów abiotycznych rzek.

**Tab. 12.** Podstawowe ekologiczne grupy ryb i minogów występujących w systemach rzek Polski uwzględnianych w metrykach wskaźnika IBI\_PL.

| Gatunek                 |                      | Grupy ekologiczne |           |           |             | Pochodzenie gatunku |
|-------------------------|----------------------|-------------------|-----------|-----------|-------------|---------------------|
| nazwa łacińska          | nazwa polska         | troficzna         | rozrodcza | przeptywu | siedliskowa |                     |
| Abramis ballerus        | rozpiór              | Ff                | F         | Lm        | Wc          | N                   |
| Abramis bjoerkna        | krąp                 | I                 | F-I       | Lm        | Wc          | N                   |
| Abramis brama           | leszcz               | O                 | F         | Lm        | B           | N                   |
| Abramis sapa            | sapa                 | I                 | F-I       | R         | B           | N                   |
| Acipenser oxyrinchus    | jesiotr ostronosy    | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Acipenser sturio        | jesiotr zachodni     | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Alburnoides bipunctatus | piekielnica          | I                 | L         | R         | Wc          | N                   |
| Alburnus alburnus       | ukleja               | I                 | F-I       | R         | Wc          | N                   |
| Alosa alosa             | aloza                | Ff                | Pe        | Lm/R      | Wc          | N                   |
| Alosa fallax            | parposz              | O/I               | Pe        | Lm/R      | Wc          | N                   |
| Ameiurus melas          | sumik czarny         | I                 | F         | Lm        | B           | A                   |
| Ameiurus nebulosus      | sumik karłowaty      | I                 | F         | Lm        | B           | A                   |
| Anguilla anguilla       | węgorz               | P                 | Spec      | Lm        | B           | N                   |
| Aspius aspius           | boleń                | P                 | L         | R         | Wc          | N                   |
| Barbatula barbatula     | śliz                 | I                 | PS        | R         | B           | N                   |
| Barbus barbus           | brzana               | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Barbus cyclolepis       | brzanka karpacka     | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Barbus meridionalis     | brzanka              | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Barbus peloponnesius    | brzanka              | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Carassius auratus       | karaś złocisty       | O                 | F         | Lm        | B           | A/AI                |
| Carassius carassius     | karaś pospolity      | O                 | F         | Lm        | B           | N                   |
| Carassius gibelio       | karaś srebrzysty     | O                 | F         | Lm        | B           | A/AI                |
| Chondrostoma nasus      | świnka               | H                 | L         | R         | B           | N                   |
| Clarias gariepinus      | sumik afrykański     | O                 | F         | Lm        | B           | AI                  |
| Cobitis taenia          | koza                 | I                 | F         | R         | B           | N                   |
| Coregonus albula        | sielawa              | Ff                | F - PS    | Lm        | Wc          | N                   |
| Coregonus lavaretus     | sieja                | Ff                | L/PS      | Lm        | Wc          | N                   |
| Coregonus peled         | peluga               | Ff                | PS        | Lm        | Wc          | AI                  |
| Cottus gobio            | głowacz białopłetwy  | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Cottus poecilopus       | głowacz przęgopłetwy | I                 | L         | R         | B           | N                   |
| Ctenopharyngodon idella | amur biały           | H                 | Pe        | Lm        | Wc          | AI                  |
| Cyprinus carpio         | karp                 | I                 | F         | Lm        | B           | AI                  |
| Esox lucius             | szczupak             | P                 | F         | Lm        | Wc          | N                   |
| Eudontomyzon mariae     | minóg ukraiński      | Ff                | L         | R         | B           | N                   |
| Eupallasella perenurus  | strzebla błotna      | I                 | F         | Lm        | Wc          | N                   |
| Gasterosteus aculeatus  | ciernik              | I                 | F         | Lm        | Wc          | N                   |
| Gobio gobio             | kiełb                | I                 | PS        | R         | B           | N                   |
| Gobio kessleri          | kiełb Kesslera       | I                 | PS        | R         | B           | N                   |
| Gymnocephalus cernuus   | jazgarz              | I                 | F-I       | Lm        | Wc          | N                   |

| Gatunek                     |                    | Grupy ekologiczne |           |          |             | Pochodzenie gatunku |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|-----------|----------|-------------|---------------------|
| nazwa łacińska              | nazwa polska       | troficzna         | rozrodcza | przeżywu | siedliskowa |                     |
| Hucho hucho                 | głowacica          | P                 | L         | R        | Wc          | AI*                 |
| Hypophthalmichthys molitrix | tołpyga biała      | Ff                | Pe        | Lm       | Wc          | AI                  |
| Lampetra fluviatilis        | minóg rzeczny      | Ff                | L         | R        | B           | N                   |
| Lampetra planeri            | minóg strumieniowy | Ff                | L         | R        | B           | N                   |
| Lepomis gibbosus            | bass słoneczny     | O                 | PS        | Lm       | Wc          | AI                  |
| Leucaspis delineatus        | słonecznica        | O                 | F         | Lm       | Wc          | N                   |
| Leuciscus cephalus          | kleń               | I/P               | L         | R        | Wc          | N                   |
| Leuciscus idus              | jaź                | O                 | F         | R/Lm     | Wc          | N                   |
| Leuciscus leuciscus         | jelec              | I                 | F-I       | R        | Wc          | N                   |
| Lota lota                   | miętus             | I/P               | Ps        | R/Lm     | Wc          | N                   |
| Misgurnus fossilis          | piskorz            | I                 | F         | Lm       | B           | N                   |
| Neogobius fluviatilis       | babka szczupła     | I                 | L         | Lm       | B           | A                   |
| Neogobius gymnotrachelus    | babka łysa         | I                 | L         | Lm       | B           | A                   |
| Neogobius melanostoma       | babka bycza        | I/P               | L         | Lm       | B           | A                   |
| Oncorhynchus mykiss         | pstrąg tęczowy     | I/P               | L         | R        | Wc          | AI                  |
| Oreochromis niloticus       | tilapia            | H                 | PS        | Lm       | Wc          | AI                  |
| Osmerus eperlanus           | stynka             | Ff                | L-pe      | Lm       | Wc          | N                   |
| Pelecus cultratus           | ciosa              | Ff/I              | Pe        | R        | Wc          | N                   |
| Perca fluviatilis           | okoń               | I/P               | F-I       | Lm/R     | Wc          | N                   |
| Percottus glenii            | trawianka          | I                 | F         | Lm       | B           | A                   |
| Pteromyzon marinus          | minóg morski       | Ff                | L         | R        | B           | N                   |
| Phoxinus phoxinus           | strzebla potokowa  | O                 | L         | R        | Wc          | N                   |
| Platichthys flesus          | stornia            | I                 | PS        | Lm       | B           | N                   |
| Proterorhinus marmoratus**  | babka rurkonosa    | I                 | L         | Lm       | B           | A                   |
| Pseudorasbora parva         | czebaczek amurski  | I                 | F-I       | R        | B           | A                   |
| Pungitius pungitius         | cierniczek         | I                 | F         | Lm       | Wc          | N                   |
| Rhodeus amarus              | różanka            | H                 | OS        | Lm/R     | Wc          | N                   |
| Romanogobio vladkovi        | kiełb białopłetwy  | I                 | PS        | R        | B           | N                   |
| Rutilus rutilus             | płoć               | O                 | F         | Lm       | Wc          | N                   |
| Sabanejewia aurata          | koza złotawa       | I                 | F-I       | R        | B           | N                   |
| Salmo salar                 | łosoś atlantycki   | P/I               | L         | R        | Wc          | N                   |
| Salmo trutta fario          | pstrąg potokowy    | I/P               | L         | R        | Wc          | N                   |
| Salmo trutta lacustris      | troć jeziorowa     | P/I               | L         | R        | Wc          | N                   |
| Salmo trutta trutta         | troć wędrowną      | P/I               | L         | R        | Wc          | N                   |
| Salvelinus alpinus          | palia              | I/P               | L         | R        | Wc          | AI                  |
| Salvelinus fontinalis       | pstrąg źródłany    | I/P               | L         | R        | Wc          | AI                  |
| Sander lucioperca           | sandacz            | P                 | F         | Lm/R     | Wc          | N                   |
| Scardinius erythrophthalmus | wzdręga            | H                 | F         | Lm       | Wc          | N                   |
| Silurus glanis              | sum                | P                 | F         | R        | B           | N                   |

| Gatunek                    |                               | Grupy ekologiczne |           |           |             | Pochodzenie gatunku |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-------------|---------------------|
| nazwa łacińska             | nazwa polska                  | troficzna         | rozrodcza | przeptywu | siedliskowa |                     |
| <i>Thymallus thymallus</i> | lipień                        | I                 | L         | R         | Wc          | N                   |
| <i>Tinca tinca</i>         | lin                           | I                 | F         | Lm        | B           | N                   |
| <i>Umbra krameri</i>       | muławka bałkańska             | O                 | F         | Lm        | B           | AI                  |
| <i>Umbra pygmaea</i>       | muławka wschodnio-amerykańska | O                 | F         | Lm        | B           | AI                  |
| <i>Vimba vimba</i>         | certa                         | I                 | L         | R         | B           | N                   |

*Ff* – *filter feeders* – odżywiające się przez filtrację

*P* – *piscivores* - drapieżne;

*I* – *invertivores* - odżywiające się fauną bezkręgową;

*O* – *omnivores* - wszystkożerne;

*H* – *herbivores* - roślinożerne;

*L* – *lithophilous* - rozród na substracie żwirowym i kamiennym;

*F* – *fitophilous* - rozród na substracie roślinnym;

*F-I* – *fito-lithophilous* - rozród na substracie roślinnym miękkim lub stałym;

*PS* – *psammophilous* - rozród na substracie piaszczystym;

*OS* – *ostracophilous* – rozwój ikry w jamie płaszczowej małży;

*L-pe* – *litho-pelagophilous* - rozród na kamieniach, ikra unoszona z prądem wody;

*Pe* – *pelagophilous* - ikra unoszona z prądem wody;

*R* – *reolimnic* - ryby preferujące szybki nurt wody;

*Lm* – *limnophilic* - ryby występujące w wolno płynących wodach;

*Wc* – *water column* - ryby toni wodnej (nektoniczne);

*B* – *benthic* - ryby przydenne;

*N* – *native species* - gatunki rodzime;

*A* – *aliens* - gatunki obce; *AI* - obce pochodzące z zarybień.

\*gatunek rodzimy w zlewni Dunaju; \*\* gatunek opisywany obecnie jako *Proterorhinus semilunaris*.

W macierzy przyjęto system 0 – 1 oznaczający, że każdemu gatunkowi przypisano przynależność do określonej grupy ekologicznej (1), lub brak takiej przynależności (0). Przynależność gatunków ryb do grup ekologicznych (gildii) przedstawiono w tabeli 12. Aplikacja obliczeniowa posiada wbudowany moduł IBI\_PL z równaniami i funkcjami oraz określonymi granicami wartości metryk wraz z zakresami ich punktacji IBI (1-3-5). W ten sposób przy użyciu programu dokonywana jest zautomatyzowana estymacja danych empirycznych uzyskanych w terenie i ich kwalifikowanie do klas jakości według punktacji IBI.

Aplikacja obliczająca wskaźnik IBI\_PL ustala typ abiotyczny badanej rzeki wykorzystując dane zawarte w arkuszu podstawowym pliku wejściowego, zaczerpnięte z charakterystyki JCWP w której położone jest stanowisko. Do ustalenia podtypu matrycy IBI\_PL aplikacja wykorzystuje informacje dotyczące

wysokości n.p.m. oraz dane o charakterze dna rzeki i obecności ryb łososiowatych w połowie (również zawarte w arkuszu podstawowym pliku wejściowego).

### **Sposób obliczania poszczególnych metryk IBI\_PL**

#### **Kategoria „Bogactwo zespołu ryb i proporcje gatunkowe”**

Pierwsze cztery metryki: całkowite bogactwo gatunkowe, bogactwo grupy toni wody, bogactwo grupy gatunków przydennych oraz bogactwo gatunków typowych dla wielkich rzek wyznaczano dwoma sposobami. Dla rzek typu 21a piaszczystego i 21b żwirowego wyznaczono wartości graniczne klas IBI\_PL w oparciu o archiwalne dane uzyskane z odłowów ryb, w co umożliwiło przeprowadzenie estymacji danych aktualnych z badanych stanowisk i określanie ich punktacji IBI\_PL. W przypadku typów 23, 24, 25a i 25b i 26 dla tych metryk wyznaczono prostoliniowe funkcje zależności  $y = a + bx$  gdzie:

$y$  – bogactwo gatunkowe wyrażone liczbą gatunków ryb;

$x$  – zlogarytmowana (ln) wartość powierzchni dorzecza ( $\text{km}^2$ );

$a$  i  $b$  – parametry funkcji.

Punkty na wykresie zależności między liczbą gatunków ryb a logarytmem powierzchni dorzecza tworzą trójkąt prostokątny. Według klasycznej metody IBI wykres taki dzielono na trzy równe części (trójkąty) i wykreślano trzy linie maksymalnego bogactwa gatunkowego (Ryc. 10) określające górne granice liczby gatunków dla danej wielkości i typu rzeki. Nadawano tym granicom punkty jakości IBI według: najwyżej leżąca linia 5 pkt, środkowa 3 pkt i najniższa linia 1 pkt. Były one podstawą do określenia jakości IBI dla stanowiska monitoringowego. Podstawą wyznaczenia funkcji zależności były wcześniej wykreślone linie maksymalnego bogactwa gatunkowego i przebiegające bezpośrednio wzdłuż nich dane (punkty) liczby gatunków skorelowane z wielkością powierzchni dorzecza. Istotą tych funkcji jest określenie modelowego (hipotetycznego) bogactwa gatunkowego wyrażonego liczbą gatunków ryb, odpowiednio dla danego typu rzeki i jej wielkości oraz powierzchni dorzecza. Funkcje te są zatem górnymi granicami zakresów klas jakości IBI określonych punktami: 5 pkt, 3 pkt, 1 pkt (Ryc. 10) i wobec nich prowadzona jest klasyfikacja danych empirycznych z badanych stanowisk.

Wyznaczono 15 takich funkcji dla powyższych typów rzek, które następnie zostały wbudowane w moduł IBI\_PL komputerowej aplikacji obliczeniowej. Przykładowo, dla metryki „Całkowite bogactwo gatunkowe” dla rzek typ 23, 24 i 26 wyznaczono następujące funkcje w zakresach jakości IBI:

IBI – 5 pkt > funkcji dla 3 pkt

IBI – 3 pkt <  $y = 1,7949x + 0,6824$  <

IBI – 1 pkt <  $y = 0,9006x - 0,3827$  <

Znak < przed równaniem funkcji oznacza domknięcie zakresu klasy, znak < postawiony za równaniem oznacza otwarcie zakresu klasy w dół, znak > otwarcie zakresu do góry.

Pozostałe metryki w omawianej kategorii „Bogactwo zespołu ryb i proporcje gatunkowe” to:

– wskaźnik wyrównania gatunkowego Pielou wyrażony wzorem  $E = \frac{H'}{\ln S}$

gdzie:  $H'$  to wskaźnik różnorodności ogólnej liczony według wzoru

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left( \frac{n_i}{N} \right) \cdot \ln \left( \frac{n_i}{N} \right); S - \text{liczba gatunków}$$

– % udział gatunków litofilnych

– % udział gatunków litofilnych z wykluczeniem łososiowatych

– % udział gatunków wskaźnikowych dla wielkich rzek

– % udział gatunków wskaźnikowych

– % udział szczupaka

– % udział płoci

– % udział gatunków eutrofizujących.

Metryki te są odpowiednio dobierane do specyfiki typów rzek. Zachowana jest stała liczba metryk w omawianej kategorii, która dla każdego typu rzeki wynosi 6 (Tab. 14). W strukturę programu wbudowano formuły obliczające określone wcześniej granice klas jakości IBI oraz udziały procentowe gatunków ryb lub grup gatunków:

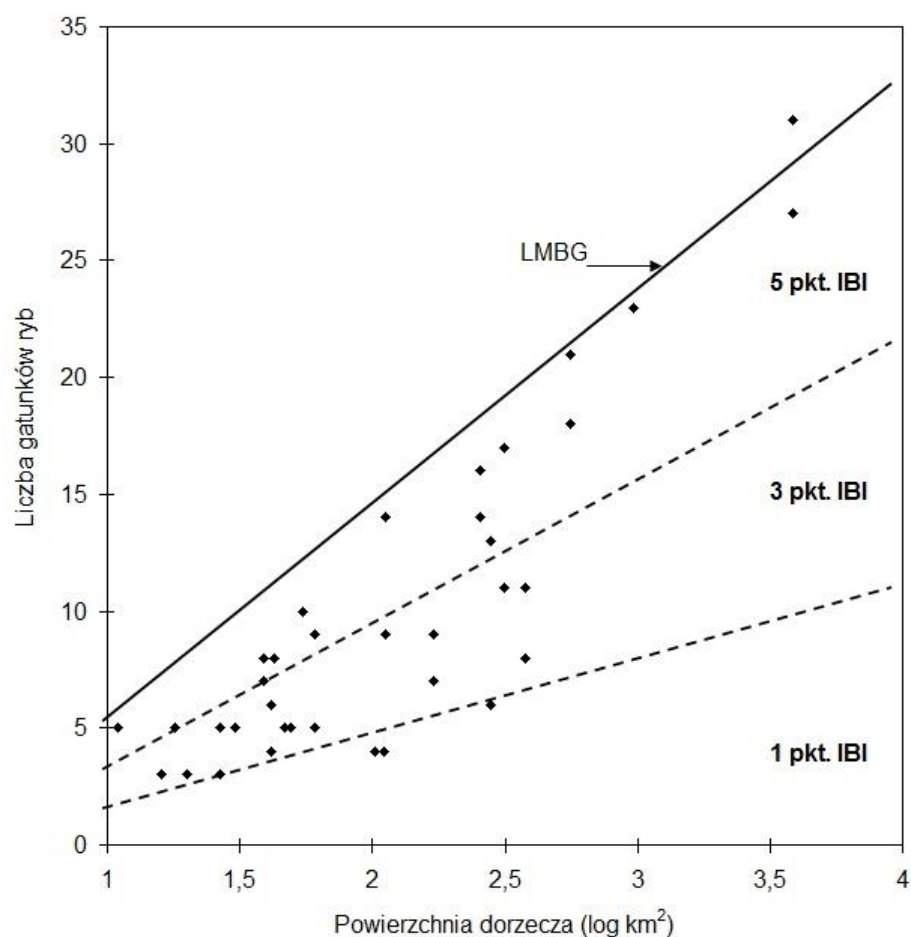
$$\%n_i = \frac{\sum_{i=1}^S n_i}{N} \text{ gdzie:}$$

$n_i$  – liczba osobników  $i$  – tego gatunku na stanowisku,

$N$  – całkowita liczba osobników ryb na stanowisku,

$S$  – liczba gatunków w danej grupie na stanowisku.

Równanie to zastosowano także do metryk zawartych w kolejnych kategoriach.



**Ryc. 10.** Zależność między logarytmem powierzchni dorzecza a liczbą gatunków ryb w zespole. Przykład wyznaczania linii maksymalnego bogactwa gatunkowego (LMBG) dla trzech przedziałów punktacji IBI.

#### **Kategoria „Proporcje grup troficznych”**

Ta kategoria zawiera metryki określające grupy ryb związane z ich preferencjami pokarmowymi i procentowy udział osobników należących do tych grup. Wyznaczono w niej 6 metryk, dobieranych stosownie do specyfiki rzek:

% udział drapieżnych,

% udział względnie drapieżnych,

% udział bezkręgowcożernych i minogów,

% udział względnie drapieżnych i odżywiających się bezkręgowcami,

% udział grupy wszystkożernych,

% udział wszystkożernych z wykluczeniem płoci.

### **Kategoria „Obfitość i zdrowotność zespołów ryb”**

Wyróżniono w tej kategorii trzy metryki dotyczące stanu zdrowotności, ogólnej liczebności zespołu ryb oraz udziału gatunków obcych.

### **Charakterystyka metryk wskaźnika IBI\_PL**

Do metryk o charakterze jakościowym zalicza się 4 pierwsze metryki wymienione w grupie „Skład i bogactwo gatunkowe” (Tab. 13). Metryka „Całkowite bogactwo gatunków” odzwierciedla ogólne zróżnicowanie zespołu ichtiofauny, kolejne metryki: „Bogactwo gatunków toni wody” i „Bogactwo gatunków strefy przydennej” odnoszą się do grup ekologicznych związanych z preferencjami siedliskowymi, zaś kolejna metryka służąca do oceny stanu środowiska wielkich rzek nizinnych, obejmuje bogactwo gatunków typowych dla dużych rzek, takich jak: sandacz *Sander lucioperca*, boleń *Aspius aspius*, brzana *Barbus barbus*, leszcz *Abramis brama*, sum *Silurus glanis*, jesiotr ostronosy *Acipenser oxyrinchus*, jesiotr zachodni *Acipenser sturio*, parposz *Alosa fallax* i aloza *Alosa alosa*. Kolejną metryką jakościową, wykorzystywaną w metodzie IBI\_PL dla wielkich rzek wyżynnych, jest wskaźnik wyrównania gatunkowego Pielou E (GŁOWACIŃSKI 1996). Metryka ta odzwierciedla proporcjonalność zespołu ichtiofauny i wykazuje niższe wartości w przypadku znacznej dominacji pojedynczych gatunków.

W metodzie IBI\_PL wykorzystywany jest szereg metryk opartych na proporcjach ilościowych, tzn. udziale osobników należących do poszczególnych gatunków wskaźnikowych lub grup ekologicznych czy gatunków charakterystycznych dla typu rzeki. Należą do nich następujące metryki z grupy „Skład i bogactwo gatunkowe” (Tab. 13): % udział gatunków litofilnych, % udział szczupaka, % udział płoci, % udział ryb łososiowatych. Dla wielkich rzek nizinnych piaszczystych wykorzystywany jest ponadto jako metryka % udział gatunków wskaźnikowych, do których należą: jesiotr ostronosy *Acipenser oxyrinchus*, jesiotr zachodni *Acipenser sturio*, szczupak *Esox Lucius*, troć wędrowną *Salmo trutta trutta*, łosoś atlantycki *Salmo salar*, różanka *Rhodeus amarus*, wzdrega *Scardinius erythrophthalmus*, certa *Vimba vimba*, świnka *Chondrostoma nasus*, minóg morski *Petromyzon marinus*, minóg rzeczny *Lampetra fluviatilis* oraz minóg ukraiński *Eudontomyzon mariae*.

Z kolei dla wielkich rzek nizinnych żwirowych zastosowano metrykę opartą o % udział gatunków eutrofizujących, do których zaliczono: płoć *Rutilus rutilus*, ukleję *Alburnus alburnus* i jazia *Leuciscus idus*. Wymienione metryki odzwierciedlają proporcje osobników należących do poszczególnych grup ekologicznych, czy taksonów o charakterze wskaźnikowym w zespole ichtiofauny. Należy zwrócić uwagę, że większy udział niektórych grup czy gatunków (np. ryb łososiowatych), przekłada się na wzrost wartości wskaźnika, a dla niektórych metryk zależność jest odwrotna – np. wzrost udziału gatunków eutrofizujących, czy udziału płoci powoduje zmniejszenie wartości wskaźnika IBI\_PL (Tab. 13).

W kategoriach: „Proporcje grup troficznych” oraz „Obfitość i zdrowotność ryb” wszystkie metryki wskaźnika IBI\_PL opierają się na proporcjach osobników poszczególnych gatunków lub ich grup. Kategoria „Proporcje grup troficznych” odnosi się do struktury troficznej zespołu ichtiofauny, przy czym na wzrost wartości IBI\_PL dla odpowiednich typów rzek wpływa większy udział gatunków drapieżnych, względnie drapieżnych i odżywiających się bezkręgowcami. Natomiast zwiększony udział gatunków wszystkożernych przekłada się na obniżenie wartości wskaźnika (Tab. 13). Ostatnia kategoria metryk odnosi się do stanu zdrowotnego populacji ryb, udziału gatunków obcych oraz ogólnej liczebności lub biomasy zespołu ichtiofauny w odniesieniu do jednostki nakładu połowowego (CPUE). W grupie tej jedynie wzrost wartości CPUE przekłada się na wyższą ocenę wskaźnika IBI, podczas gdy zarówno zwiększenie udziału hybryd i osobników z anomaliami, jak też udziału gatunków obcych skutkuje obniżeniem wyniku IBI (Tab. 13).

**Tab. 13.** Metryki stosowane do obliczania wskaźnika IBI\_PL. Zaznaczono wpływ zmian wartości metryki na wartość wskaźnika. Grupy ekologiczne ryb – patrz Tab. 12.

| Metryki                                                                                | Efekt metryki | Typy abiotyczne rzek              |                               |                                 |                                                       |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                                        |               | Wielkie rzeki typ 21a piaszczysty | Wielkie rzeki typ 21b żwirowy | Rzeki organiczne typ 23, 24, 26 | Rzeki między-jeziorne typ 25a (bez ryb łososiowatych) | Rzeki między-jeziorne typ 25b (z rybami łososiowatymi) |
| 1. Bogactwo zespołu ryb i proporcje gatunkowe (liczba gatunków lub % udział osobników) |               |                                   |                               |                                 |                                                       |                                                        |
| Całkowite bogactwo gatunków                                                            | >             | +                                 | +                             | +                               | +                                                     | +                                                      |
| Bogactwo gatunków toni wody                                                            | >             | +                                 | +                             | +                               | +                                                     | +                                                      |
| Bogactwo gatunków strefy przydennej                                                    | >             | +                                 | +                             | +                               | +                                                     | +                                                      |
| Bogactwo gatunków typowych dla wielkich rzek <sup>1)</sup>                             | >             | +                                 |                               |                                 |                                                       |                                                        |
| Wskaźnik wyrównania gatunkowego E                                                      | >             |                                   | +                             |                                 |                                                       |                                                        |
| % udział gatunków litofilnych                                                          | >             |                                   | +                             |                                 |                                                       |                                                        |
| % udział gatunków litofilnych z wykluczeniem łososiowatych                             |               |                                   |                               |                                 |                                                       | +                                                      |
| % udział gatunków wskaźnikowych dla wielkich rzek <sup>2)</sup>                        | >             | +                                 |                               |                                 |                                                       |                                                        |
| % udział gatunków wskaźnikowych <sup>3)</sup>                                          | >             |                                   |                               | +                               | +                                                     |                                                        |
| % udział szczupaka                                                                     | >             |                                   |                               | +                               | +                                                     | +                                                      |
| % udział płoci                                                                         | <             | +                                 |                               | +                               | +                                                     |                                                        |
| % udział gatunków eutrofizujących <sup>4)</sup>                                        | <             |                                   | +                             |                                 |                                                       |                                                        |
| 2. Proporcje grup troficznych (% osobników)                                            |               |                                   |                               |                                 |                                                       |                                                        |
| % udział drapieżnych                                                                   | >             | +                                 |                               | +                               | +                                                     | +                                                      |
| % udział względnie drapieżnych                                                         | >             |                                   | +                             |                                 |                                                       |                                                        |
| % udział bezkręgowcożernych i minogów                                                  | >             | +                                 | +                             |                                 |                                                       |                                                        |
| % udział względnie drapieżnych i odżywiających się bezkręgowcami                       | >             |                                   |                               | +                               | +                                                     | +                                                      |
| % udział wszystkożernych                                                               | <             |                                   |                               |                                 |                                                       | +                                                      |
| % udział wszystkożernych z wykluczeniem płoci                                          | <             | +                                 | +                             | +                               | +                                                     |                                                        |
| 3. Obfitość i zdrowotność zespołów ryb                                                 |               |                                   |                               |                                 |                                                       |                                                        |
| % udział osobników z anomaliasami i hybryd                                             | <             | +                                 | +                             | +                               | +                                                     | +                                                      |
| Obfitość ryb wyrażona połowem na jednostkę CPUE (liczebność na jednostkę powierzchni)  | >             | +                                 | +                             | +                               | +                                                     | +                                                      |
| % udział osobników obcych gatunków                                                     | <             | +                                 | +                             | +                               | +                                                     | +                                                      |

> wzrost wartości metryki odpowiada wzrostowi wartości wskaźnika;

< wzrost wartości metryki odpowiada spadkowi wartości wskaźnika;

<sup>1)</sup> *Sander lucioperca*, *Aspius aspius*, *Barbus barbus*, *Abramis brama*, *Silurus glanis*; *Acipenser oxyrinchus*, *Acipenser sturio*, *Alosa fallax*, *Alosa alosa*

<sup>2)</sup> *Acipenser oxyrinchus*, *Acipenser sturio*, *Chondrostoma nasus*, *Esox Lucius*, *Eudontomyzon mariae*, *Lampetra fluviatilis*, *Petromyzon marinus*, *Rhodeus amarus*, *Salmo salar*, *Salmo trutta trutta*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Vimba vimba*

<sup>3)</sup> *Misgurnus fossilis*, *Rhodeus amarus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Tinca tinca*

<sup>4)</sup> *Rutilus rutilus*, *Alburnus alburnus*, *Leuciscus idus*;

CPUE – catch per unit effort – odłów na jednostkę nakładu połowowego;

N – liczba ryb;

B – biomasa ryb.

## **Interpretacja wyników wskaźnika dla ryb diadromicznych (D) jako metody uzupełniającej ocenę stanu albo potencjału ekologicznego z zastosowaniem wskaźników EFI+PL i IBI\_PL**

Wskaźniki EFI+PL i IBI\_PL oceniają stan/potencjał ekologiczny JCWP na podstawie danych o strukturze ichtiofauny na stanowisku zlokalizowanym w punkcie prowadzenia monitoringu. Tymczasem, jedną z właściwości ryb jest podejmowanie dłuższych lub krótszych wędrówek w systemie rzecznym, np. w celu dotarcia na tarliska, żerowiska lub do miejsc zimowania (WIŚNIEWOLSKI 2002). Szczególną grupę stanowią gatunki diadromiczne (Tab. 5), które do realizacji pełnego cyklu życiowego wymagają zarówno środowiska słodkowodnego jak morskiego. Stanowią one niezwykle cenną grupę wskaźnikową, pozwalającą na oszacowanie wpływu antropogenicznych zaburzeń ciągłości rzeki na stan środowiska. Ponieważ gatunki te przemieszczają się często na odcinkach kilkuset kilometrów, ocena ich występowania w badanym punkcie odzwierciedla stan całego systemu rzecznoego, traktowanego jako funkcjonalna całość.

Wskaźnik D, oparty na module Diadromous metody EFI+, bazuje na porównaniu liczby gatunków diadromicznych notowanych w badanej rzece historycznie i występujących obecnie. Obie te wartości ustalane są na podstawie dostępnych źródeł, przy czym wykorzystywane są nie tylko wyniki odłowów, ale też dane literaturowe, informacje od użytkowników wód itp. Ze względu na znaczny stopień fragmentacji sieci rzecznej Polski (WIŚNIEWOLSKI I ENGEL 2006, BŁACHUTA 2010) przyjęto dla tego wskaźnika stosunkowo liberalne granice klas, zakładając, że obecność przynajmniej połowy gatunków notowanych historycznie w badanej rzece pozwala na pozostawienie oceny uzyskanej metodą EFI+PL lub IBI\_PL bez zmian. W odniesieniu do stanowisk, dla których notowane jest obecnie mniej niż 50% występujących historycznie gatunków dwuśrodowiskowych, przyjęto korektę oceny wyznaczonej za pomocą wskaźnika podstawowego przez obniżenie klasy stanu/potencjału ekologicznego o jeden. Oznacza to, że obecność mniej niż połowy gatunków diadromicznych uniemożliwia osiągnięcie stanu bardzo dobrego i zmniejsza prawdopodobieństwo uzyskania stanu/potencjału dobrego przez JCWP objętą monitoringiem. Należy podkreślić, że przywrócenie ciągłości szlaku migracji gatunków dwuśrodowiskowych, np. przez budowę funkcjonalnych przepławek lub

obejść dla ryb (FAO/DVWK/WWF.PL. 2016) na istniejących piętrzeniach w zlewni badanej rzeki, będzie skutkowało podniesieniem wyniku o jedną klasę przy ponownej ocenie JCWP w oparciu o ichtiofaunę, przy założeniu, że stan lokalnych populacji ryb ocenianych wskaźnikiem podstawowym nie ulegnie pogorszeniu.

Jeżeli brak jest informacji na temat historycznego występowania gatunków diadromicznych, wskaźnika D nie oblicza się. Analogicznie postępuje się w przypadku, gdy istnieją dane literaturowe świadczące, że w badanej rzece gatunki takie nie występowały, ze względu na naturalny brak dogodnych siedlisk. Wskaźnik D nie jest stosowany również dla rzek międzyjeziornych (typ 25) i organicznych (typ 23, 24), w których gatunki dwuśrodowiskowe odgrywały z reguły mniej istotną rolę ekologiczną niż w innych typach rzek.

## **Wyniki oceny stanu/potencjału ekologicznego stanowisk monitorowanych w latach 2011 – 2015**

Oceną stanu ekologicznego lub potencjału ekologicznego objęto 937 stanowisk (Ryc. 11), zlokalizowanych w 834 jednolitych częściach wód powierzchniowych, w których prowadzono monitoring ichtiofauny w latach 2011-2015 (Tab. 14). Nie dokonano oceny 24 stanowisk (2,5% liczby stanowisk), z czego na: 14 stanowiskach stwierdzono brak ryb, na 6 stanowiskach – brak wody, oraz 4 stanowiska należące do typu 22 – nie ocenianego. Pozostałe stanowiska oceniano następująco: metodą EFI+PL – 707 stanowiska (75,5%), metodą IBI\_PL – 206 stanowisk (22 %).

Wyniki przeprowadzonej na podstawie ichtiofauny oceny stanu/potencjału monitorowanych 937 stanowiskach (4 stanowiska nie oceniane – typ abiotyczny 22), przedstawiono w tabeli 14. Stanowiska badane metodą EFI+PL w łącznej liczbie 727 sklasyfikowano następująco:

- Klasa I – 13 stanowisk,
- Klasa II – 149 stanowisk,
- Klasa III – 229 stanowisk,
- Klasa IV – 173 stanowiska,
- Klasa V – 143 stanowiska.

Nie ocenione:

- brak ryb – 14 stanowisk,
- brak wody – 6 stanowisk.

Stanowiska oceniane metodą IBI\_PL w łącznej liczbie 206 mieściły się w następujących klasach:

- Klasa I – 5 stanowisk,
- Klasa II – 15 stanowisk,
- Klasa III – 73 stanowiska,
- Klasa IV – 84 stanowiska,
- Klasa V – 29 stanowisk.

Co najmniej dobry stan ekologiczny stwierdzono dla 111 stanowisk (22%), zaś co najmniej dobry potencjał ekologiczny odnotowano dla 71 stanowisk (18%). Oznacza to, iż odpowiednio 78 i 82% stanowisk uzyskało ocenę stanu lub potencjału ekologicznego poniżej dobrego (Tabela 14). Rozmieszczenie stanowisk monitorowanych w latach 2011-2015 przedstawiono na rycinie 11, natomiast wyniki oceny stanu/potencjału ekologicznego JCWP ocenionych metoda EFI+PL albo IBI\_PL – odpowiednio na rycinach 12 i 13.

Spośród stanowisk ocenianych metodą EFI+PL do bardzo dobrego i dobrego stanu ekologicznego zaklasyfikowanych zostało 24%. Podobnie bardzo dobrym i dobrym potencjałem charakteryzowało się 21% stanowisk. Słabym i złym stanem względnie potencjałem ekologicznym charakteryzował się również taki sam odsetek stanowisk – po 45%.

W ocenie metodą IBI\_PL bardzo dobry i dobry stan ekologiczny stwierdzono dla 13% stanowisk, natomiast potencjał tylko dla 7%. Słabym i złym stanem ekologicznym odznaczało się natomiast 53% ocenianych stanowisk. W odniesieniu do oceny potencjału ekologicznego – słaby i zły stwierdzono dla 57% stanowisk.

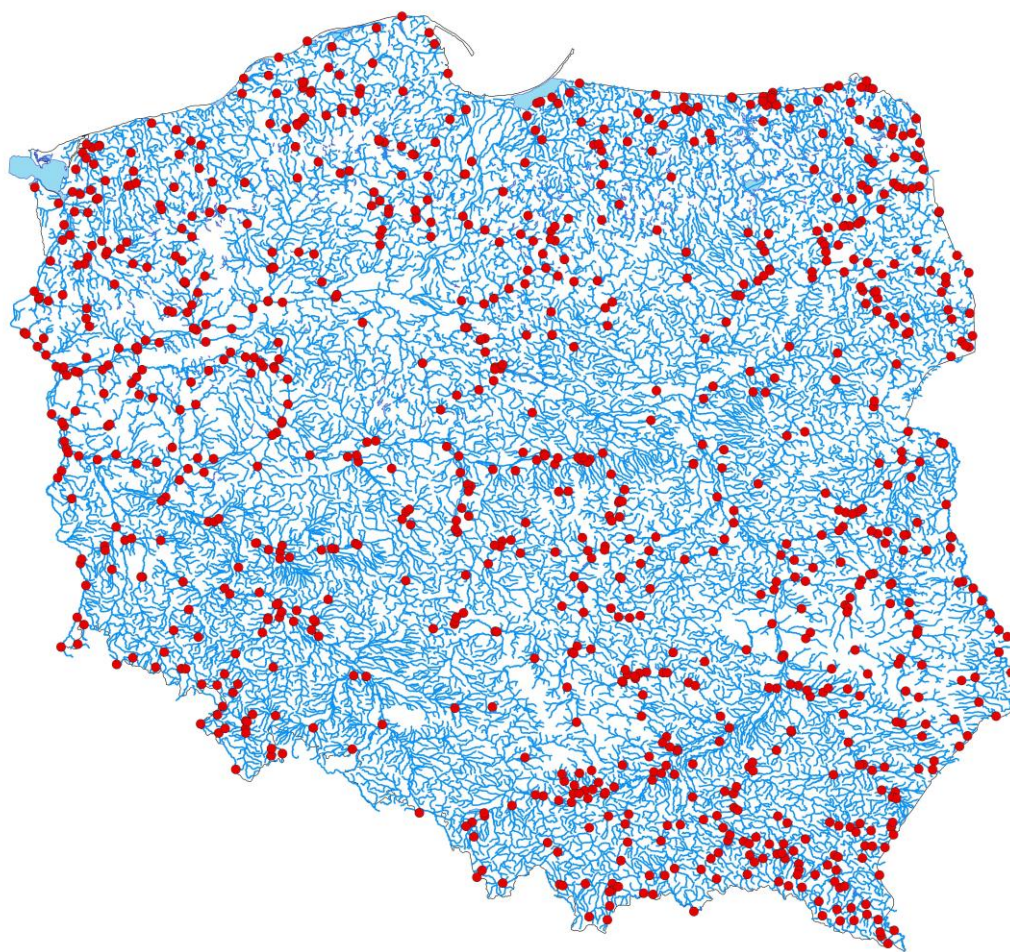
W ramach udoskonalenia metody EFI+IBI\_PL zweryfikowano granice klas dla wskaźnika IBI\_PL, przyjmując niższe przedziały wartości. Pomimo tego wskaźnik IBI\_PL w dalszym ciągu wykazuje bardziej surowe oceny niż wskaźnik EFI+PL. W latach 2011-2015 odnotowano blisko dwukrotnie mniejszy udział stanowisk sklasyfikowanych do dobrego stanu ekologicznego metodą IBI\_PL niż metodą EFI+PL. W odniesieniu do potencjału ekologicznego różnica ta była trzykrotna.

Wskazuje to na potrzebę dalszej kalibracji granic klas wskaźnika IBI\_PL w oparciu o szerszy materiał zgromadzony w kolejnych cyklach monitoringowych.

**Tab. 14.** Wyniki oceny stanu/potencjału ekologicznego przeprowadzona na podstawie ichtiofauny dla 937 stanowisk monitoringu w latach 2011-2015 metodą EFI+IBI\_PL.

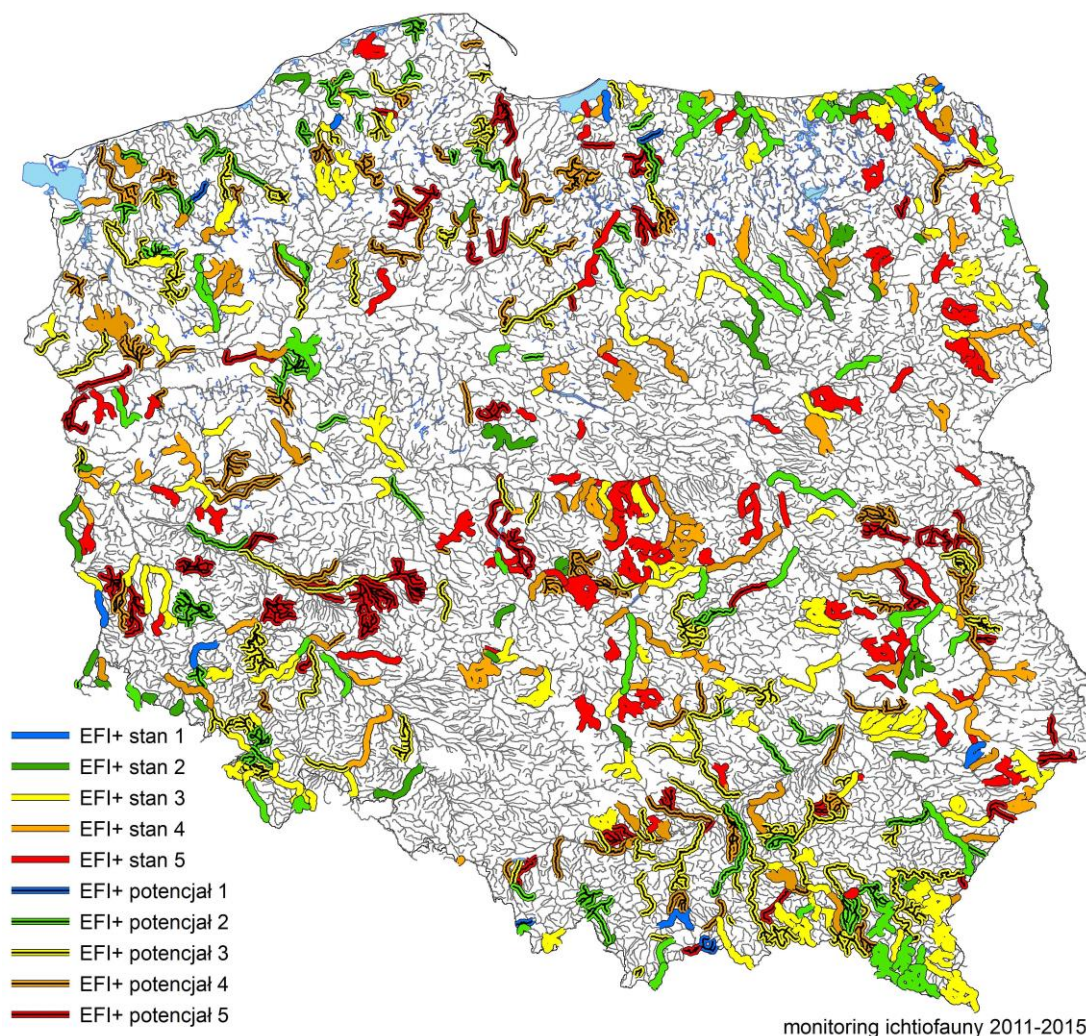
| Klasa                              | EFI+PL           |               |                       |               | IBI_PL           |               |                       |               |
|------------------------------------|------------------|---------------|-----------------------|---------------|------------------|---------------|-----------------------|---------------|
|                                    | Stan ekologiczny | %             | Potencjał ekologiczny | %             | Stan ekologiczny | %             | Potencjał ekologiczny | %             |
| 1                                  | 9                | 2.2%          | 4                     | 1.3%          | 3                | 2.8%          | 2                     | 2.0%          |
| 2                                  | 89               | 22.0%         | 60                    | 19.8%         | 10               | 9.3%          | 5                     | 5.1%          |
| 3                                  | 125              | 30.9%         | 104                   | 34.3%         | 38               | 35.2%         | 35                    | 35.7%         |
| 4                                  | 103              | 25.5%         | 70                    | 23.1%         | 42               | 38.9%         | 42                    | 42.9%         |
| 5                                  | 78               | 19.3%         | 65                    | 21.5%         | 15               | 13.9%         | 14                    | 14.3%         |
| <b>Razem ocenione</b>              | <b>404</b>       | <b>100.0%</b> | <b>303</b>            | <b>100.0%</b> | <b>108</b>       | <b>100.0%</b> | <b>98</b>             | <b>100.0%</b> |
| Nie ocenione (brak ryb, brak wody) | 13               | -             | 7                     | -             | 0                | -             | 0                     | -             |
| Brak oceny typ 22                  | 3                | -             | 1                     | -             | 0                | -             | 0                     | -             |
| <b>Razem</b>                       | <b>420</b>       | <b>-</b>      | <b>311</b>            | <b>-</b>      | <b>108</b>       | <b>-</b>      | <b>98</b>             | <b>-</b>      |

\* Klasa oceny: 1 – bardzo dobry/maksymalny, 2 – dobry, 3 – umiarkowany, 4 – słaby, 5 – zły.



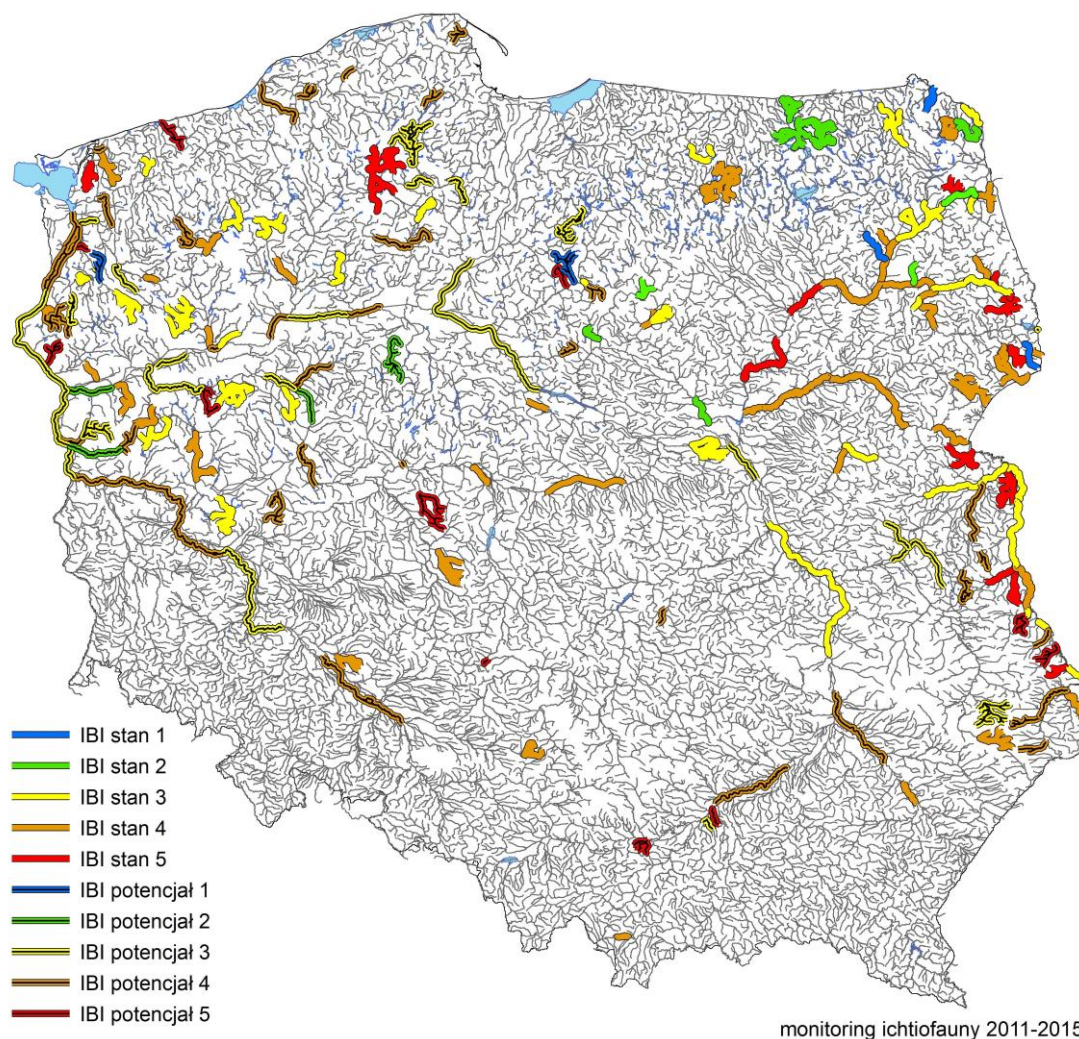
**Ryc. 11.** Rozmieszczenie stanowisk monitoringowych badanych w 2011, 2012, 2014 i 2015 roku.

Zobrazowana na rycinie 11 lokalizacja punktów monitoringu ichtiologicznego odpowiada rozmieszczeniu punktów monitoringu diagnostycznego, wyznaczonych na lata 2011 – 2015 w ramach założeń PMŚ. Regionami o największym pokryciu siecią punktów monitoringowych są: Pomorze, Podlasie, Małopolska i południowa część Podkarpacia. Zaznaczają się również rejony niedostatecznie przebadane: wschodnia Wielkopolska, zachodnie Mazowsze i Kujawy, Mazury oraz Górny Śląsk. Regiony te powinny zostać objęte proporcjonalnie gęstsza siecią punktów monitoringu ichtiofauny w kolejnych latach.



**Ryc. 12.** Ocena stanu/potencjału ekologicznego JCWP wykonana na podstawie ichtiofauny metodą EFI+PL na stanowiskach monitoringowych w latach 2011, 2012, 2014 i 2015.

Rozpatrując lokalizację rzek ocenianych za pomocą obydwu metod widoczne jest, że metoda EFI+PL znajduje zastosowanie zarówno do rzek położonych na wyżynach, jak i na terenach nizinnych (Ryc. 12). Natomiast metodą IBI\_PL znacznie częściej oceniane są rzeki w regionach nizinnych (Ryc. 13). Wynika to z rozmieszczenia geograficznego typów abiotycznych rzek ocenianych za pomocą poszczególnych wskaźników. Rzeki organiczne i międzyjeziorne występują przeważnie w północnej i centralnej Polsce (pas pojezierzy), oraz wzdłuż wschodniej granicy kraju. Również stanowiska na wielkich rzekach nizinnych, oceniane metodą IBI\_PL, zlokalizowane są w środkowym i dolnym biegu tych rzek, czyli w wymienionych wyżej regionach Polski.



**Ryc. 13.** Ocena stanu/potencjału ekologicznego JCWP wykonana na podstawie ichtiofauny metodą IBI\_PL na stanowiskach monitoringowych w latach 2011, 2012, 2014 i 2015.

Rozmieszczenie geograficzne JCWP, które uzyskały co najmniej dobry stan/potencjał ekologiczny, wykazuje pewne prawidłowości. Stanowiska ocenione metodą EFI+PL w co najmniej dobrym stanie/potencjale ekologicznym przeważały w południowej i południowo-wschodniej Polsce (rzeki wyżynne i górskie) oraz w pasie pojezierzy (rzeki nizinne). Najniższe oceny uzyskały stanowiska położone w centralnej oraz wschodniej Polsce (województwo łódzkie, świętokrzyskie, i lubelskie) oraz na Śląsku, a także małe cieki we wschodniej Polsce (województwo podlaskie i lubelskie) (Ryc. 12). Również w przypadku rzek ocenianych metodą IBI\_PL stanowiska skalsyfikowane w co najmniej dobrym stanie lub potencjale ekologicznym znajdowały się przeważnie w pasie pojezierzy i na krańcach północno-wschodnich. Natomiast rzeki w centralnej i południowej Polsce oraz mniejsze cieki zlokalizowane na Podlasiu i wzdłuż wschodniej granicy kraju wykazywały niski status

ekologiczny (Ryc. 13). Rozmieszczenie geograficzne ocen wskaźników ichtiologicznych w znacznej mierze odpowiada poziomowi przekształcenia antropogenicznego rzek i potoków, który jest najwyższy w centralnej, południowej i południowo-zachodniej Polsce, a w odniesieniu do małych cieków w krajobrazie rolniczym – także na Podlasiu i Lubelszczyźnie. Mniej zmienione rzeki i potoki występują natomiast liczniej w terenach górskich (południowa Polska) oraz w rejonie pojezierzy i na krańcach północno-wschodnich.

### **Uzasadnienie odstąpienia od oceny w oparciu o ichtiofaunę rzek typu abiotycznego nr 22 (Rzeka przyujściowa pod wpływem wód słonych)**

Rzeki pod wpływem wód słonawych stanowią typ abiotyczny o szczególnej charakterystyce warunków środowiskowych oraz specyficznym składzie zespołów organizmów wodnych. W Polsce wyróżniono 16 JCWP tego typu, obejmujących w większości krótkie, ujściowe odcinki rzek przymorskich, często łączące jezioro przymorskie lub zalew z morzem. Są to rzeki o wolnym nurcie i piaszczystym lub mulistym dnie, z ciepłą, słabo natlenioną wodą. Okresowe wlewy wód morskich (podczas sztormów) powodują zmiany chemizmu wód, w szczególności wzrost zasolenia, a także okresowe odwrócenie kierunku przepływu wody i jej podpiętrzenie w ujściowym odcinku rzeki. Flora i fauna tych środowisk związana jest z piaszczystym i mulistym substratem dennym. Znaczną rolę siedliskotwórczą pełnią makrofity, które zapewniają dogodne kryjówki oraz miejsca żerowania i rozrodu większości taksonów. Rzeki tego typu należą do krainy rybnej jazgarza i zasiedlane są przez grupy ekologiczne ryb nie wykazujących preferencji odnośnie prędkości nurtu, z przewagą gatunków psammofilnych i fitofilnych. Gatunkami charakterystycznymi dla tego typu są: jazgarz (*Gymnocephalus cernuus*), ciernik (*Gasterosteus aculeatus*), płoć (*Rutilus rutilus*), leszcz (*Abramis brama*), krąp (*Blicca bjoerkna*), okoń (*Perca fluviatilis*), rozpiór (*Abramis ballerus*) i węgorz (*Anguilla anguilla*). Rzeki te są drogą migracji ryb dwuśrodowiskowych, w tym troci wędrownej (*Salmo trutta trutta*), minoga rzecznego (*Lampetra fluviatilis*), minoga morskiego (*Petromyzon marinus*) oraz węgorza. Grupa gatunków towarzyszących jest liczna, najbardziej charakterystycznym jest stornia (*Platichthys flesus*), często

spotykane są również szczupak (*Esox lucius*), sandacz (*Sander lucioperca*) i jaź (*Leuciscus idus*). Pozostałe gatunki, w tym litofilne i wrażliwe na przekształcenia siedlisk rzecznych występują nielicznie i tylko w niektórych rzekach tego typu.

W latach 2014 i 2015 odłowiono 4 stanowiska zlokalizowane w 4 spośród 16 JCWP wyróżnionych na rzekach typu abiotycznego nr 22. Pod względem liczby złowionych ryb zdecydowanie dominowały płoć i okoń, liczna była także ukleja i jazgarz (Tab. 15). W masie połowu zdecydowanie dominowała również płoć, natomiast drugim gatunkiem była troć, ze względu na znaczne rozmiary osobnicze. Znaczący udział w masie połowów miały również szczupak i jaź. W składzie ichtiofauny omawianej grupy rzek zdecydowanie dominują gatunki eurytopowe, wykazujące szeroki zakres tolerancji warunków fizykochemicznych i siedliskowych. Są one zatem odporne na antropogeniczne zmiany środowiska. Brak jest w wodach tego typu charakterystycznych gatunków wskaźnikowych, poza kilkoma sporadycznie notowanymi przedstawicielami gatunków litofilnych: minóg strumieniowy (*Lampetra planeri*), głowacz pręgopłetwy (*Cottus poecilopus*). Spotykane są również gatunki ryb dwuśrodowiskowych, jednak ich występowanie w środowisku rzeczonym ma charakter okresowy – podczas migracji.

**Tabela 15.** Typ abiotyczny 22 – Rzeka przyujściowa pod wpływem wód stonych. Proporcje liczby i masy ryb poszczególnych gatunków oraz ich frekwencja (F) wyrażona jako % liczby stanowisk, na których stwierdzono dany gatunek. Gatunki dominujące pod względem liczby złowionych ryb oznaczono wytłuszczonym drukiem.

| Gatunek - nazwa łacińska            | Gatunek - nazwa polska | Liczba ryb (szt.) | Masa ryb (g) | Liczba ryb % | Masa ryb %   | F %        |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| <i>Abramis bjoerkna</i>             | krąp                   | 2                 | 8            | 0,18         | 0,01         | 25         |
| <i>Abramis brama</i>                | leszcz                 | 14                | 2748         | 1,25         | 4,14         | 50         |
| <b><i>Alburnus alburnus</i></b>     | <b>ukleja</b>          | <b>86</b>         | <b>714</b>   | <b>7,66</b>  | <b>1,08</b>  | <b>75</b>  |
| <i>Anguilla anguilla</i>            | węgorz                 | 3                 | 1246         | 0,27         | 1,88         | 25         |
| <i>Carassius gibelio</i>            | karaś srebrzysty       | 4                 | 314          | 0,36         | 0,47         | 25         |
| <i>Cobitis taenia</i>               | koza                   | 1                 | 2            | 0,09         | <0,01        | 25         |
| <i>Cottus poecilopus</i>            | głowacz przegopłety    | 9                 | 237          | 0,8          | 0,36         | 25         |
| <i>Esox lucius</i>                  | szczupak               | 25                | 8064         | 2,23         | 12,16        | 100        |
| <i>Gasterosteus aculeatus</i>       | ciernik                | 2                 | 2            | 0,18         | <0,01        | 25         |
| <i>Gobio gobio</i>                  | kielb                  | 6                 | 169          | 0,53         | 0,25         | 50         |
| <b><i>Gymnocephalus cernuus</i></b> | <b>jazgarz</b>         | <b>75</b>         | <b>270</b>   | <b>6,68</b>  | <b>0,41</b>  | <b>50</b>  |
| <i>Lampetra planeri</i>             | minóg strumieniowy     | 1                 | 16           | 0,09         | 0,02         | 25         |
| <i>Leuciscus idus</i>               | jaź                    | 19                | 6602         | 1,69         | 9,95         | 100        |
| <i>Lota lota</i>                    | miętus                 | 15                | 1995         | 1,34         | 3,01         | 25         |
| <b><i>Perca fluviatilis</i></b>     | <b>okoń</b>            | <b>115</b>        | <b>2807</b>  | <b>10,25</b> | <b>4,23</b>  | <b>100</b> |
| <i>Platichthys flesus</i>           | stornia                | 4                 | 15           | 0,36         | 0,02         | 25         |
| <i>Rhodeus amarus</i>               | różanka                | 1                 | 2            | 0,09         | <0,01        | 25         |
| <b><i>Rutilus rutilus</i></b>       | <b>płoć</b>            | <b>722</b>        | <b>23596</b> | <b>64,35</b> | <b>35,57</b> | <b>100</b> |
| <i>Salmo trutta trutta</i>          | troć wędrowna          | 6                 | 16817        | 0,53         | 25,35        | 50         |
| <i>Sander lucioperca</i>            | sandacz                | 1                 | 23           | 0,09         | 0,03         | 25         |
| <i>Scardinius erythrophthalmus</i>  | wzdręga                | 4                 | 39           | 0,36         | 0,06         | 50         |
| <i>Tinca tinca</i>                  | lin                    | 7                 | 647          | 0,62         | 0,98         | 50         |
| <b>Razem</b>                        | <b>22 gatunki</b>      | <b>1122</b>       | <b>66333</b> | <b>100</b>   | <b>100</b>   |            |

Swoisty skład zespołów ryb, w których gatunki reofilne i litofilne występują nielicznie, nie uzasadnia dalszego stosowania wskaźnika EFI+PL, który został wytypowany do oceny rzek tego typu w ramach projektu „Badania ichtiofauny w latach 2010-2012 dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód wraz z udziałem w europejskim ćwiczeniu interkalibracyjnym – rzeki” (Prus P., Wiśniewolski W. (red.) 2013) oraz wskazany w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 5 sierpnia 2016 r. (DzU 2016, poz. 1187). Z kolei niewielka liczba dostępnych danych dla rzek tego typu (tylko 4 stanowiska monitoringowe odłowione w latach 2014-2015) nie umożliwia przygotowania odrębnych matryc wskaźnika IBI\_PL. Silna dominacja gatunków eurytopowych oraz niewielka liczba jednolitych części wód zaliczonych do omawianego typu nie wskazuje z resztą na możliwość stworzenia wariantu

wskaźnika IBI\_PL skutecznie oceniającego rzeki pod wpływem wód słonych nawet po uzyskaniu większej liczby danych połowowych. Z powyższych względów zrezygnowano z przeprowadzania oceny na podstawie ichtiofauny rzek typu abiotycznego nr 22 (Rzeka przyujściowa pod wpływem wód słonych).

### **Analiza presji antropogenicznej dla stanowisk objętych monitoringiem ichtiofauny**

W ramach obu projektów monitoringu ichtiofauny, realizowanych w latach 2011-2015 zespoły badawcze wykonały ekspercką analizę poziomu presji na stanowiskach monitoringowych, w oparciu o szereg parametrów, którym przypisano odpowiedni poziom natężenia (Tab. 16). Kompletne dane dotyczące presji zgromadzono dla 892 stanowisk. Następnie opracowano zbiorczą ocenę presji dla stanowisk, według kryteriów zamieszczonych w Tab. 17.

**Tab. 16.** Kryteria oceny presji stosowane w ocenie eksperckiej.

| Parametr                                                                                   | Poziom natężenia presji |                                                  |                                                     |                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                                            | 0                       | 1                                                | 2                                                   | 3                          |
| Obecność przegrody w zlewni poniżej (do morza)                                             | brak                    | jedna                                            | dwie                                                | > 2 przegród               |
| Liczba przegród w segmencie poniżej stanowiska                                             | brak                    | jedna                                            | dwie                                                | > 2 przegród               |
| Liczba przegród w segmencie powyżej stanowiska                                             | brak                    | jedna                                            | dwie                                                | > 2 przegród               |
| Piętrzenie w segmencie                                                                     | brak                    | jest                                             |                                                     |                            |
| Wpływ zbiornika powyżej stanowiska na przepływ                                             | brak                    | zbiornik przepływowy                             | zbiornik retencyjny (zmiana reżimu hydrologicznego) | praca szczytowa elektrowni |
| Pobór wody (np. rolnictwo, przemysł, komunalne, stawy rybne, naśnieżanie stoków) (segment) | brak                    | jest                                             | silny (zmieniony reżim hydrologiczny)               |                            |
| Stawy rybne - wpływ na ichtiofaunę (segment)                                               | brak                    | jest wpływ                                       |                                                     |                            |
| Zmiany temperatury wody (przez zbiornik lub stawy powyżej) (stanowisko)                    | brak                    | jest wpływ                                       | silny wpływ (zmieniony reżim termiczny)             |                            |
| Zmiany temperatury wody (przez inne czynniki niż zbiornik) (stanowisko)                    | brak                    | jest wpływ                                       | silny wpływ (zmieniony reżim termiczny)             |                            |
| Regulacja, przekształcenie siedlisk w korycie rzeki (segment)                              | brak                    | niewielkie zmiany morfologii                     | odcinek wyprostowany i uregulowany                  |                            |
| Obecność wałów i umocnień przeciwpowodziowych (segment)                                    | brak                    | umocnienia odsunięte od rzeki                    | zmieniona linia brzegowa                            |                            |
| Zakłócenie reżimu rumowiska (stanowisko)                                                   | brak                    | antropogeniczny ubytek lub gromadzenie rumowiska | zamulanie, utwardzenie osadu                        |                            |
| Nawigacja                                                                                  | brak                    | jest                                             |                                                     |                            |
| Ruch turystyczny, sporty wodne                                                             | brak                    | małe natężenie                                   | duże natężenie (np. szlak kajakarski)               |                            |
| Presja wędkarska (i/lub kłusownicza)                                                       | brak                    | jest                                             | silna                                               |                            |
| Wpływ drapieżników                                                                         | brak                    | niewielki wpływ                                  | silny wpływ (np. kolonie kormoranów)                |                            |
| Wpływ zarybiania                                                                           | brak                    | jest                                             | silny - zmieniony skład ichtiofauny                 |                            |

**Tab. 17.** Kryteria ustalania zbiorczej klasy presji dla stanowiska, przyjęte w ocenie eksperckiej. Podano zakresy natężenia presji dla każdego parametru dopuszczalne dla danej klasy. Numeracja klas odpowiada klasom stanu ekologicznego przyjętym w RDW.

| Parametr                                                                                   | I klasa | II klasa | III klasa | IV klasa | V klasa |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|-----------|----------|---------|
| Obecność przegrody w zlewni poniżej (do morza)                                             | 0-1     | 0-2      | 0-3       | 0-3      | 0-3     |
| Liczba przegród w segmencie poniżej stanowiska                                             | 0       | 0        | 0-1       | 0-2      | 0-3     |
| Liczba przegród w segmencie powyżej stanowiska                                             | 0       | 0        | 0-1       | 0-2      | 0-3     |
| Piętrzenie w segmencie                                                                     | 0       | 0        | 0         | 0-1      | 0-1     |
| Wpływ zbiornika powyżej stanowiska na przepływ                                             | 0       | 0        | 0-1       | 0-2      | 0-3     |
| Pobór wody (np. rolnictwo, przemysł, komunalne, stawy rybne, naśnieżanie stoków) (segment) | 0       | 0-1      | 0-1       | 0-2      | 0-2     |
| Stawy rybne - wpływ na ichtiofaunę (segment)                                               | 0       | 0        | 0-1       | 0-1      | 0-1     |
| Zmiany temperatury wody (przez zbiornik lub stawy powyżej) (stanowisko)                    | 0       | 0        | 0         | 0-1      | 0-2     |
| Zmiany temperatury wody (przez inne czynniki niż zbiornik) (stanowisko)                    | 0       | 0        | 0         | 0-1      | 0-2     |
| Regulacja, przekształcenie siedlisk w korycie rzeki (segment)                              | 0       | 0-1      | 0-1       | 0-1      | 0-2     |
| Obecność wałów i umocnień przeciwpowodziowych (segment)                                    | 0-1     | 0-1      | 0-2       | 0-2      | 0-2     |
| Zakłócenie reżimu rumowiska (stanowisko)                                                   | 0       | 0        | 0-1       | 0-2      | 0-2     |
| Nawigacja                                                                                  | 0       | 0-1      | 0-1       | 0-1      | 0-1     |
| Ruch turystyczny, sporty wodne                                                             | 0-1     | 0-2      | 0-2       | 0-2      | 0-2     |
| Presja wędkarska (i/lub kłusownicza)                                                       | 0-1     | 0-2      | 0-2       | 0-2      | 0-2     |
| Wpływ drapieżników                                                                         | 0-1     | 0-1      | 0-2       | 0-2      | 0-2     |
| Wpływ zarybiania                                                                           | 0-1     | 0-1      | 0-2       | 0-2      | 0-2     |

Zbiorcze wyniki oceny presji dla stanowisk monitorowanych w latach 2011-2015 przedstawiono w tabeli 18. Udział stanowisk o niskim stopniu przekształcenia (klasa 1 i 2) był niewielki zarówno dla obu grup stanowisk, nieco wyższy dla stanowisk ocenianych wskaźnikiem IBI\_PL (13%). W grupie tej zwraca uwagę znacznie niższy udział stanowisk o umiarkowanym stopniu przekształcenia niż wśród stanowisk ocenianych metodą EFI+PL. Oznacza to, że w przypadku rzek organicznych, międzyjeziornych oraz wielkich rzek nizinnych i mniejszych rzek w ich dolinach ocenianych metoda IBI\_PL stanowiska grupują się albo w kasie o niskiej presji (13%), albo o wysokim poziomie przekształcenia (69%). Natomiast dla pozostałych typów abiotycznych rzek – ocenianych metodą EFI+PL gradient przekształcenia jest bardziej równomierny.

**Tab. 18.** Wyniki eksperckiej oceny presji dla stanowisk objętych monitoringiem w 2011, 2012, 2014 i 2015 r. ocenianych metodą EFI+PL oraz IBI\_PL.

| Klasa presji | Liczba stanowisk EFI+PL | %    | Liczba stanowisk IBI_PL | %    | % JCWP o niskim i znacznym stopniu przekształcenia EFI+PL | % JCWP o niskim i znacznym stopniu przekształcenia IBI_PL |
|--------------|-------------------------|------|-------------------------|------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1            | 33                      | 4%   | 6                       | 4%   | 11%                                                       | 13%                                                       |
| 2            | 51                      | 7%   | 14                      | 9%   |                                                           |                                                           |
| 3            | 204                     | 28%  | 29                      | 18%  | 89%                                                       | 87%                                                       |
| 4            | 205                     | 28%  | 54                      | 34%  |                                                           |                                                           |
| 5            | 241                     | 33%  | 55                      | 35%  |                                                           |                                                           |
| Razem        | 734                     | 100% | 158                     | 100% | 100%                                                      | 100%                                                      |

Wyniki oceny JCWP rzek na podstawie ichtiofauny (metodami EFI+PL i IBI\_PL, odpowiednio dla typów abiotycznych rzek) zestawiono z wynikami eksperckiej oceny presji, przeprowadzonej przez zespoły badawcze gromadzące dane w ramach monitoringu (Tab. 19). Zgodność co do klasy między oceną wskaźnika a poziomem presji była zbliżona i umiarkowana dla obu metod (odpowiednio 30 i 27%). Znacznie wyższy poziom zgodności wykazano dla klasyfikacji stanowisk w stanie/potencjale dobrym i powyżej oraz poniżej dobrego (72 i 80%).

Ocena w oparciu o ichtiofaunę skutkowała obniżeniem klasyfikacji JCWP na podstawie analizy presji w 9% przypadków dla wskaźnika EFI+PL oraz w 11% przypadków dla wskaźnika IBI\_PL. Z kolei podwyższenie oceny na podstawie ichtiofauny odnotowano dla 19 i 9% odpowiednio dla EFI+PL i IBI\_PL. Stwierdzona znaczna zgodność oceny do stanu/potencjału dobrego i powyżej oraz poniżej dobrego na podstawie ichtiofauny z oceną presji antropogenicznej wynika z zastosowania obok EFI+PL metody IBI\_PL do wyróżnionych typów abiotycznych rzek oraz włączenia wskaźnika dla ryb wędrownych reagującego na stopień fragmentacji sieci rzecznej do oceny końcowej stanu/potencjału ekologicznego. Uzyskane wyniki wskazują też, że metoda IBI\_PL ocenia stanowiska surowiej niż metoda EFI+PL, przy zbliżonym stopniu przekształcenia antropogenicznego (Tab. 18).

**Tab. 19.** Ocena stanu/potencjału ekologicznego metodą EFI+IBI\_PL w odniesieniu do eksperckiej oceny presji – stanowiska monitoringu 2015 r.

| EFI+PL 2011-2015 vs Ocena presji<br>N=730 stanowisk  | N stanowisk | Udział %   |
|------------------------------------------------------|-------------|------------|
| Zgodne co do klasy                                   | 220         | 30%        |
| <b>Zgodne D/PD</b>                                   | <b>526</b>  | <b>72%</b> |
| EFI+PL zaniża                                        | 69          | 9%         |
| EFI+PL zawyża                                        | 135         | 19%        |
| IBI_PL 2011-2015 vs Ocena presji<br>N= 158 stanowisk | N stanowisk | Udział %   |
| Zgodne co do klasy                                   | 43          | 27%        |
| <b>Zgodne D/PD</b>                                   | <b>126</b>  | <b>80%</b> |
| IBI_PL zaniża                                        | 17          | 11%        |
| IBI_PL zawyża                                        | 15          | 9%         |

## Interkalibracja metody EFI+IBI\_PL

Ramowa Dyrektywa Wodna wymaga od państw członkowskich UE przeprowadzenia interkalibracji narodowych metod oceny stanu ekologicznego w celu zapewnienia porównywalności uzyskiwanych wyników. W 2011 roku, a więc jeszcze przed powstaniem polskiej metody oceny stanu ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę, zostały zakończone prace międzynarodowej grupy, zajmującej się procesem interkalibracji metod (raport - „WFD Intercalibration Phase 2: Milestone report – October 2011”). Obecnie kontynuowane są jedynie prace w ramach europejskiego ćwiczenia interkalibracyjnego, dotyczącego oceny dużych rzek. Wobec powyższego konieczne było przeprowadzenie dla polskiej metody procesu autointerkalibracji, zgodnie z zaleceniami przewodnika „*Guidance Document No. 30. Autointercalibration guidance document 2015. Procedure to fit new or updated classification methods to the results of a completed intercalibration exercise. European Union 29015*”, z wykorzystaniem wyników zakończonego ćwiczenia interkalibracyjnego zawartych w raporcie „*WFD Intercalibration Phase 2: Milestone report – October 2011*”.

Zadaniem i celem interkalibracji jest porównanie granicznych wartości przedziałów klas stanu ekologicznego: bardzo dobrej/dobrej (H/G) oraz

dobrej/umiarkowanej (G/M). Do podstawowych działań należało zdefiniowanie stanowisk referencyjnych wynikiem czego było odpowiednie dostosowanie metod narodowych. Graniczne wartości kategorii powinny odpowiadać takiemu samemu stopniowi przekształcenia środowiska w krajach członkowskich. Z tego względu w proces interkalibracyjny została włączona definicja warunków referencyjnych, ponieważ przekształcenia ekosystemu mierzone są, według zapisów RDW, jako odchylenie od warunków referencyjnych. Wyznaczone w ramach interkalibracji metod stanowiska referencyjne, spełniające ustalone wspólne europejskie kryteria, zostały wykorzystane do kalibracji wartości granic klas, w celu umożliwienia ich bezpośredniego porównywania. Zakładanym efektem końcowym interkalibracji jest zharmonizowanie granicznych wartości kategorii ekologicznych: bardzo dobrej/dobrej i dobrej/umiarkowanej pomiędzy metodami narodowymi.

Wspólnymi metrykami, które w zakończonym ćwiczeniu interkalibracyjnym zostały przyjęte przez grupę nizin centralnych, do której obok Niemiec, Francji, Holandii, Belgii, Litwy i Walii zaliczono również Polskę, są metryki zastosowane w oryginalnym wskaźniku EFI+ (EFI+ Manual 2009). Ostatecznie jako wspólne metryki wybrano po jednej z metryk z grupy Salmonid i Cyprinid do oceny wszystkich rzek: Ni.O2.Intol + Ric.RHt.Par (Tab. 10). W grupie nizin centralnych pomyślnie zinterkalibrowano metody zgłoszone przez Niemcy, Francję, Holandię, Belgię (Walonię) i Litwę. Osobną ścieżkę interkalibracji przeprowadzono dla metody belgijskiej dla Flandrii. Nie było możliwości interkalibracji metody brytyjskiej dla Walii.

W latach 2015-2016 prace w zakresie interkalibracji polskiej metody, służącej do oceny stanu ekologicznego rzek na podstawie ichtiofauny prowadzono dwutorowo: w oparciu o dane monitoringowe zgromadzone w latach 2011-2015 przeprowadzono proces autointerkalibracji metody EFI+IBI\_PL. Równolegle uczestniczono w europejskich ćwiczeniach interkalibracyjnych dotyczących oceny dużych rzek, które rozpoczęły się w końcu 2015 r.

W toku prac przygotowawczych do interkalibracji dokonano zmian w metodzie EFI+IBI\_PL, przez zablokowanie oddziaływania gatunków obcych oraz gatunków nie charakterystycznych dla kategorii rzek z dominacją ryb łososiowatych (Salmonid) na wartości metryk obliczane przez program (Tab. 11). Zweryfikowano

także granice klas dla metody IBI\_PL w oparciu o analizę statystyczną zestawu danych ze 161 stanowisk ocenianych tą metodą (Tab.8). Zmieniono sposób oceny rzek typu abiotycznego nr 26 ze wskaźnika EFI+PL na IBI\_PL, jako lepiej dostosowany do ujściowych odcinków nizinnych cieków uchodzących do wielkich rzek (Tab. 13). Ponadto zrezygnowano z oceny na podstawie ichtiofauny rzek typu abiotycznego nr 22 (Rzeka przyujściowa pod wpływem wód słonych), ze względu na swoisty skład zespołów ryb, w których brak jest charakterystycznych gatunków wskaźnikowych wrażliwych na czynniki antropopresji.

### Wyniki autointerkalibracji

Pierwszym krokiem procesu autointerkalibracji było przedstawienie założeń proponowanych metod oceny, w kontekście wymogów Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW). Wykazano zgodność metryk stosowanych we wskaźnikach EFI+PL, IBI\_PL oraz D z parametrami wymaganymi w RDW dla oceny ryb jako biologicznego elementu. Następnie analizowano zasady obliczania poszczególnych metryk dla uzyskania końcowej oceny obu wskaźników podstawowych oraz pomocniczego indeksu D i wykazano zgodność tej metody z wymogami RDW.

Kolejny punkt procesu autointerkalibracji stanowiło zweryfikowanie stosowanej metody zbioru danych ichtiologicznych i parametrów opisujących stanowisko oraz sposobu analizy danych pod kątem zgodności z wymogami RDW.

Następnym istotnym elementem było ustalenie krajowych warunków referencyjnych w oparciu o wytyczne zawarte w sprawozdaniu z zakończonego ćwiczenia interkalibracyjnego. W oparciu o ekspercką analizę presji dla monitorowanych stanowisk (Tab. 16, 17, 18) wytypowano zbiór potencjalnych stanowisk referencyjnych o mało zmienionych warunkach hydromorfologicznych. Analizę presji uzupełniono o szereg parametrów fizykochemicznych, które dla części stanowisk uzyskano z Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska. W oparciu o całość materiałów ustalono stanowiska referencyjne, spełniające kryteria z listy wymaganych dla stanowisk referencyjnych określonych w europejskim ćwiczeniu interkalibracyjnym. W wyniku tej analizy jedynie 3 stanowiska z dostępnej bazy danych monitoringowych spełniały komplet kryteriów. Główną przyczyną niskiej liczby stanowisk referencyjnych był brak danych o występowaniu priorytetowych substancji toksycznych oraz o stanie chemicznym dla znacznej liczby stanowisk.

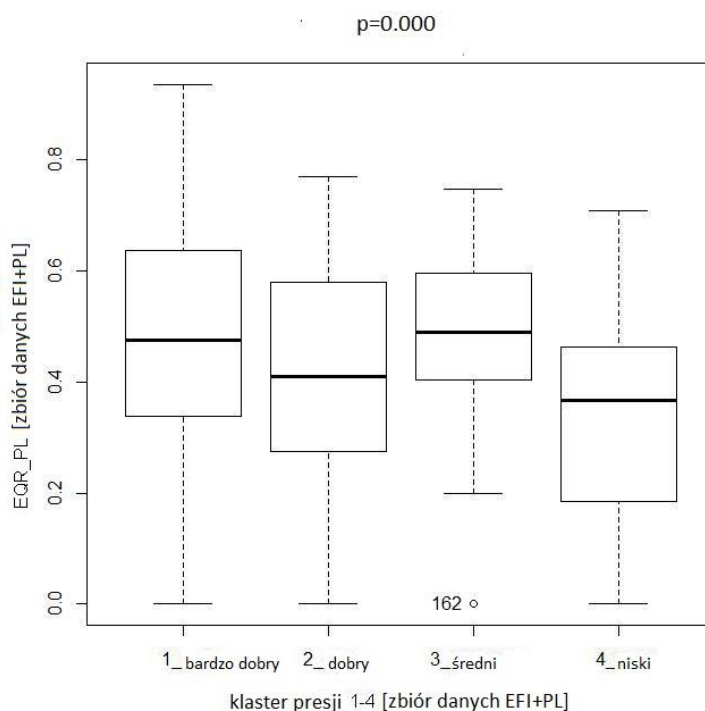
Z tego względu wytypowano 27 stanowisk spełniających wszystkie pozostałe kryteria referencyjne i przeprowadzono dla tej grupy szczegółową analizę użytkowania zlewni, w celu oceny potencjalnego ryzyka występowania szkodliwych substancji toksycznych oraz pogorszenia stanu chemicznego wód. Na tej podstawie wytypowano 6 dodatkowych stanowisk, które uzupełniły listę punktów referencyjnych. Wszystkie stanowiska referencyjne znajdowały się na rzekach ocenianych metodą EFI+PL, w zbiorze danych IBI\_PL brak było stanowisk referencyjnych. Łączna liczba 9 stanowisk referencyjnych dla Polski była wystarczająca do przeprowadzenia standaryzacji wartości wspólnych metryk (CM benchmark standardization), ponieważ jest większa niż minimalna liczba stanowisk referencyjnych dla poszczególnych krajów w grupie nizin centralnych zakończonego ćwiczenia interkalibracyjnego. Umożliwiło to wybranie dla dalszej ścieżki autointerkalibracji metody EFI+PL według wariantu A1, zgodnie z przewodnikiem „*Guidance Document No. 30. Autointercalibration guidance document 2015*”.

Dalszy etap procesu autointerkalibracji polegał na udokumentowaniu zasad wyznaczania granic klas poszczególnych wskaźników (patrz rozdział „Granice klas dla metody EFI+IBI\_PL”). Ponadto dokonano przeliczenia (z wykorzystaniem wyznaczonych funkcji wielomianowych) granic klas przyjętych w polskiej metodzie na równe przedziały z interwałem 0,2. Analogiczna rekalkulacja wartości wskaźników EFI+PL i IBI\_PL, uzyskanych dla poszczególnych stanowisk, umożliwiła zintegrowanie pomocniczego wskaźnika D w jedną końcową wartość (Ecological Quality Ratio – EQR).

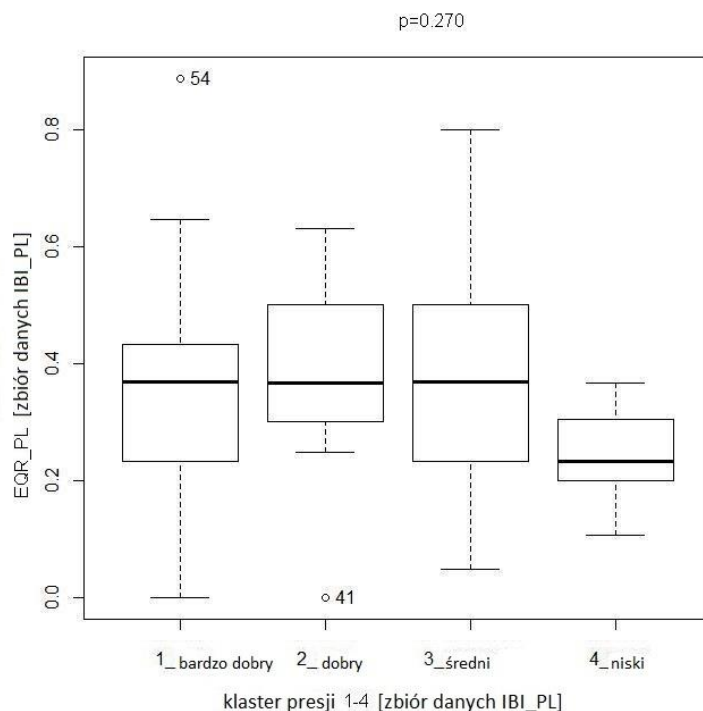
W ramach procesu autointerkalibracji metody EFI+IBI\_PL wykonano również szereg analiz, w celu ustalenia korelacji między ocenami stanu i potencjału ekologicznego w oparciu o ichtiofaunę a poziomem presji antropogenicznej. Wykorzystano w tym celu zbiór danych monitoringowych z lat 2011-2015.

Zbiorczy indeks presji został obliczony z wykorzystaniem metod statystycznych przyjętych w zakończonym ćwiczeniu interkalibracyjnym: wielokrotnej analizy korespondencji (Multiple correspondence analysis – MCA) oraz klastrowania hierarchicznego (hierarchical clustering). Obliczenia wykonano dla zbiorów danych dotyczących stanowisk ocenianych metodami EFI+PL i IBI\_PL, dla

których dostępne były kompletne informacje o presji (odpowiednio 325 i 91 stanowisk). Zastosowane metody pozwoliły na wyodrębnienie 4 grup stanowisk (klastrow) o zbliżonym poziomie presji w każdym ze zbiorów danych. Następnie wykonano analizę rozkładu wyników oceny metodami EFI+PL i IBI\_PL, wartości EQR (zintegrowana ocena wskaźnikiem EFI+PL lub IBI\_PL i wskaźnikiem pomocniczym D), jak też wartości wspólnych metryk (common metrics – CM) w odniesieniu do wyznaczonych klastrow o zbliżonym poziomie presji. W celu ustalenia istotności statystycznej różnic między klastrami wykorzystano analizę wariancji (ANOVA) (Ryc. 14, 15).



**Ryc. 14.** Zależność między wartościami EQR\_PL a gradientem presji (zbiór danych EFI+PL); p – poziom istotności testu ANOVA.

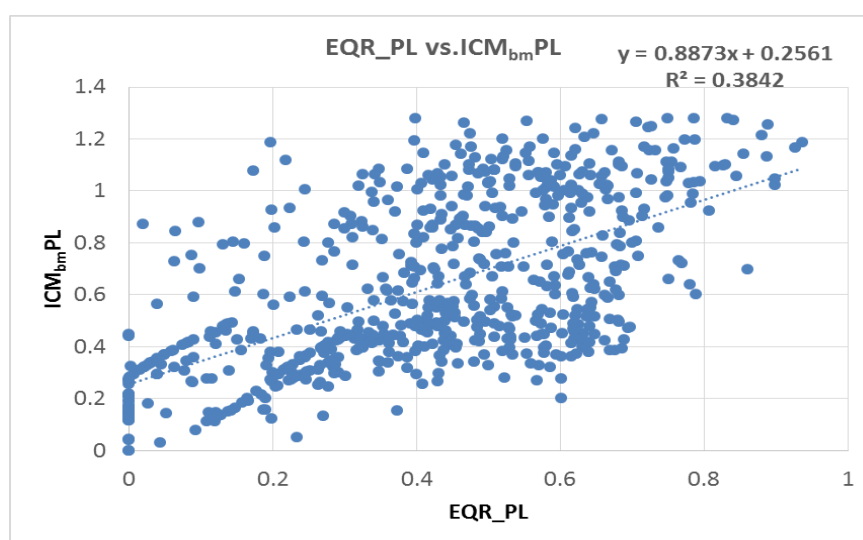


**Ryc. 15.** Zależność między wartościami EQR\_PL a gradientem presji (zbiór danych IBI\_PL); p – poziom istotności testu ANOVA.

Analiza zależności między poziomem presji a wynikami oceny metodą EFI+PL oraz wartościami EQR\_PL (Ryc. 14) oraz CM\_PL dla zbioru danych EFI+PL wykazała istnienie istotnej statystycznie korelacji. Natomiast dla zbioru danych IBI\_PL nie wykazano istotnej zależności między wynikami oceny metodą IBI\_PL oraz wartościami EQR\_PL (Ryc. 15) oraz CM\_PL. Jest to prawdopodobnie spowodowane mniejszą liczbą stanowisk w zbiorze danych IBI\_PL (91) oraz małym gradientem presji w tej grupie.

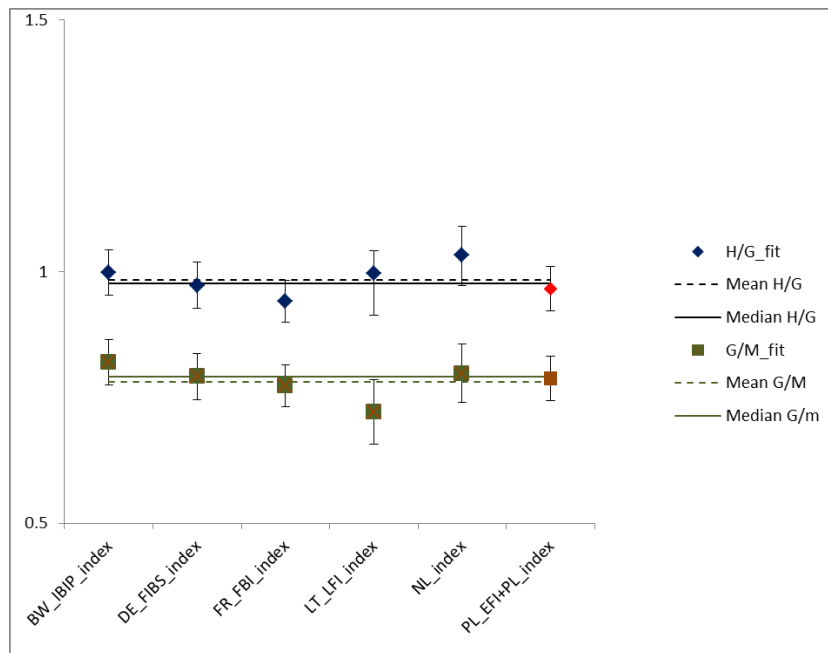
Następnie podsumowano wykonane analizy i określono zgodność proponowanych metod oceny z wymogami RDW, a także ustalono możliwość przeprowadzenia ich interkalibracji. Zgodność z wymogami RDW wykazano dla obu metod (EFI+PL i IBI\_PL), wraz ze wspomagającym wskaźnikiem D. Natomiast możliwość przeprowadzenia interkalibracji potwierdzono jedynie dla metody EFI+PL (ze wskaźnikiem D), ponieważ dla metody IBI\_PL nie wykazano, przy dostępnym zbiorze danych, istotnej zależności między wynikami oceny a gradientem presji. Wobec powyższego dalsze kroki procesu autointerkalibracji prowadzono wyłącznie dla wskaźnika EFI+PL. Obejmowały one:

- 1) obliczenie wspólnych metryk dla stanowisk z Polski i procedurę standaryzacji danych oraz granic klas w odniesieniu do stanowisk referencyjnych,
- 2) wyznaczenie zależności (regresja liniowa – OLS) między wartościami EQR oraz zestandaryzowanymi wartościami wspólnych metryk ( $ICM_{bmPL}$ ). Zależność ta opisana jest funkcją:  $y = 0,8873x + 0,2561$ ;  $R^2 = 0,3842$  (Ryc. 16). Uzyskane parametry funkcji mieszczą się w zakresie wartości uzyskanych przez 5 metod krajów z grupy nizin centralnych w zakończonym ćwiczeniu interkalibracyjnym, co pozwoliło na podjęcie dalszych kroków procesu interkalibracji.
- 3) wyznaczenie w skali zestandaryzowanych wspólnych metryk przedziałów 25% szerokości klasy dla granicy H/G (stan bardzo dobry/dobry) i G/M (stan dobry/umiarkowany) dla wskaźnika EFI+PL. Ponieważ przedziały te obejmowały dla obu granic klas wartości średniej i mediany ustalone dla 5 metod krajów z grupy nizin centralnych w zakończonym ćwiczeniu interkalibracyjnym – nie było konieczności harmonizacji granic klas dla polskiego wskaźnika.



**Ryc. 16.** Zależność wartościami wskaźnika EFI+PL z uwzględnieniem indeksu D ( $EQR_{PL}$ ) a zestandaryzowanymi wartościami wspólnych metryk ( $ICM_{bmPL}$ ) dla zbioru danych EFI+PL.

Wobec spełnienia powyższych warunków polską metodę EFI+PL uznaje się za pomyślnie zinterkalibrowaną (Ryc. 17). Natomiast dla metody IBI\_PL w celu interkalibracji konieczne jest zgromadzenie większej liczby danych ze stanowisk prezentujących szerszy gradient presji.



**Ryc. 17.** Zestawienie (w skali zestandaryzowanych wspólnych metryk) granic klas: H/G (stan bardzo dobry/dobry) i G/M (stan dobry/umiarkowany) dla 5 zinterkalibrowanych metod krajów grupy nizin centralnych oraz dla wskaźnika EFI+PL. Zaznaczono wartości średnie (linie przerywane) oraz mediany (linie ciągłe) a także przedziały 25% szerokości klasy (słupki błędów).

Szczegółowy opis procesu autointerkalibracji metody EFI+IBI\_PL zamieszczony został w formularzu „*Template for reporting on Intercalibration of new or revised ecological assessment methods according to finalised Intercalibration results (Gap 2)*”, przekazany do grupy ECOSTAT w 2016 r.

## Literatura

- ADAMCZYK M., PRUS P., WIŚNIEWOLSKI W. 2013. Możliwości zastosowania Europejskiego Wskaźnika ichtiologicznego (EFI+) do oceny stanu ekologicznego rzek Polski. *Rocz. Nauk. PZW* 26: 21–51.
- BACKIEL T., WIŚNIEWOLSKI W., BORZĘCKA I., BURAS P., SZLAKOWSKI J., WOŹNIEWSKI M. 2000: Fish assemblages in semi-natural and regulated large river stretches. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 47(1), 29-44.
- BADY P., PONT D., LOGEZ M., VESLOT J. 2009. Deliverable 4.1. Report on the modelling of reference conditions and on the sensitivity of candidate metrics to anthropogenic pressures <http://efi-plus.boku.ac.at/downloads/EFI+DeliverablesD4.1andD4.2.pdf>.
- BALON, E.K. 1975. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 821-864.
- BŁACHUTA J., ROSA J., WIŚNIEWOLSKI W., ZGRABCZYŃSKI J., BARTEL R., BIAŁOKOZ W., BORZĘCKA I., CHYBOWSKI Ł., DEPOWSKI R., DĘBOWSKI P., DOMAGAŁA J., DROŹDŻYŃSKI K., HAUSA P., KUKUŁA K., KUBACKA D., KULESZA K., LIGIĘZA J., LUDWICZAK M., PAWŁOWSKI M., PICIŃSKA-FAŁTYNOWICZ J., LISIŃSKI K., WITKOWSKI A., ZGRABCZYŃSKI D., ZGRABCZYŃSKA M. 2010. Ocena potrzeb i priorytetów udroźnienia ciągłości morfologicznej rzek w kontekście osiągnięcia dobrego stanu i potencjału części wód w Polsce. Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa, ss. 56.
- BRYLIŃSKA M. 2000. Ryby słodkowodne Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss. 521.
- BURAS P., WIŚNIEWOLSKI W., SZLAKOWSKI J. 2004. Zespoły ryb w systemie Nidy jako kryterium waloryzacji środowiska rzeczno. W: *Bliskie Naturze Kształtowanie Dolin Rzecznych*. (red. T. Heese, W. Puchalski). Monografia. Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 227-244.
- BURAS P., SZLAKOWSKI J., WIŚNIEWOLSKI W., 2006. Zespoły ryb jako element biocenozy w ocenie stopnia degradacji środowiska rzek. W: *Rekultywacja i rewitalizacja terenów zdegradowanych*. Monografia (red. J. F. Lemański, S. Zabawa). Futura. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski w Poznaniu: 157–171.
- CEN EN 14011, 2003. Water Analysis: Fishing with Electricity (EN 14011) for wadable and non-wadable rivers. European Committee for Standardization (CEN), Bruksela ss. 19.

- CZARNECKA H. (red.) 2005. Atlas Podziału Hydrograficznego Polski. Cz. 1. mapy w skali 1:200 000. Cz. 2. Zastawienie zlewni. IMGW, Warszawa.
- DUSSLING U., BERG R., KLINGER H., WOLTER C. 2004. Assessing the Ecological Status of River Systems Using Fish Assemblages. Handbuch Angewandte Limnologie – 20. Erg. Lfg. 12/04. ss. 84.
- Dz. U. 1980 nr 6 poz. 17. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z dnia 4 lutego 1980 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w rybactwie śródlądowym. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dz. U. 2010 nr 216 poz. 1423. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 05 listopada 2010 r. w sprawie wymagań technicznych i wyposażenia statków żeglugi śródlądowej oraz upoważniania podmiotów do wykonywania przeglądów technicznych statków. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dz. U. 2011 nr 210 poz. 1260. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2011 r. w sprawie listy roślin i zwierząt gatunków obcych, które w przypadku uwolnienia do środowiska przyrodniczego mogą zagrozić gatunkom rodzimym lub siedliskom przyrodniczym. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dz. U. 2011. nr 258 poz. 1549. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dz. U. z 2014 r. poz. 1348 z dnia 6 października 2014 r. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dz. U. z 2014 r. poz. 1482 z dnia 22 października 2014 r. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dz. U. z 2016 r. poz. 1187. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dz. U. 2015 poz. 469. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne, t.j. Dz. U. z 2015 r. poz. 469, z późn. zm. <http://www.dziennikustaw.gov.pl/>
- Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:PL:Pdf>

- EFI+ Manual. 2009. Manual for the application of the New European Fish Index (EFI+) with Annexes. <http://efi-plus.boku.ac.at/software/documentation.php>
- European Union 2015. Guidance Document No. 30. Autointercalibration guidance document 2015. Procedure to fit new or updated classification methods to the results of a completed intercalibration exercise. Technical report – 2015 – 085.
- EU Water Framework Directive, 2000. Directive of the European Parliament and the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities 22.12.2000 L 327/1.
- FAME Consortium, 2004. Manual for the application of the European Fish Index – EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive. Version 1.1. [http://fame.boku.ac.at/downloads/manual\\_Version\\_Februar2005.pdf](http://fame.boku.ac.at/downloads/manual_Version_Februar2005.pdf).
- FAO/DVWK/WWF.PL. 2016. Przepławki dla ryb – projektowanie, wymiary i monitoring. Warszawa, 128 ss.
- GĄSOWSKA M. 1962. Kręglouste – Cyclostomi, Ryby – Pisces – Klucze do oznaczania kręgowców Polski, 1, ss. 240, 168 rys., 23 mapy.
- GŁOWACIŃSKI Z. 1996. Różnorodność gatunkowa – jej interpretacja i obliczanie. W: Różnorodność biologiczna, pojęcia, oceny, zagadnienia ochrony i kształtowania (red. R. Andrzejewski, R.J. Wiśniewski). Instytut Ekologii PAN „Człowiek i Środowisko” Oficyna Wydawnicza, Dziekanów Leśny, 57–70.
- ILLIES J. 1978. Limnofauna Europaea. 2. Aufl. G.Fischer-Verlag, Stuttgart. ss. 532.
- KARR J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6: 21-27.
- KARR J.R., FAUSCH K.D., ANGERMEIER P.L., YANT P.R., SCHLOSSER I.J. 1986. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Illinois Natural History Survey Special Publication 5, Urbana, Illinois, USA, 28 pp.
- KUKUŁA K., BYŁAK A. 2010. Ichtiofauna górnego Strwiąża i Mszanki. Roczniki Bieszczadzkie, 18, 178-191.
- MANN R.H.K., PENCZAK T. 1984. The efficiency of a new electrofishing technique in determining fish numbers in a large river in central Poland. J. Fish Biol., 24, 173-185.
- MAKOMASKA-JUCHNIEWICZ M., BARAN P. (red.) 2012. Monitoring gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny cz. III. Biblioteka Monitoringu Środowiska, GIOŚ, Warszawa, 748 ss.
- PN-EN 14011. 2006. Jakość wody. Pobieranie próbek ryb z zastosowaniem elektryczności. Polski Komitet Normalizacyjny (PKN), Warszawa, ss. 19.

- PONT D., HUGENEY B., BEIER U., GOFFAUX D., MELCHER A., NOBLE R., ROGERS C., ROSET N., SCHMUTZ S. 2006. Assessing the biotic integrity of rivers at the continental scale: a European approach using fish assemblages. *J. Appl. Ecol.*, 43, 70-80.
- PRUS P., SZLAKOWSKI J., BURAS P., LIGIĘZA J., WIŚNIEWOLSKI W., BORZĘCKA I. 2011. Ichtiofauna ss. 99-116. W: Ocena stanu ekologicznego wód zlewni rzeki Wel. (red. H. Soszka). Wydawnictwo IRS, Olsztyn.
- PRUS P., WIŚNIEWOLSKI W. (RED.) 2013. Monitoring ichtiofauny w rzekach. Przewodnik metodyczny. Biblioteka Monitoringu Środowiska – GIOŚ. [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_wod/Przewodnik\\_metodyczny\\_do\\_oceny\\_rybnej\\_rzek.pdf](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_wod/Przewodnik_metodyczny_do_oceny_rybnej_rzek.pdf)
- PRUS P., WIŚNIEWOLSKI W., SZLAKOWSKI J., BORZĘCKA I., BURAS P., BŁACHUTA J., DĘBOWSKI P., JELONEK M., KLICH M., KUKUŁA K., LIGIĘZA J., PRZYBYLSKI M., RADTKE G., WITKOWSKI A., ŻUREK R. 2009. Rozwój ogólnoeuropejskiej metody oceny stanu ekologicznego rzek w oparciu o ichtiofaunę – Europejski Wskaźniki Ichtiologiczny (EFI+). *Nauka, Przyroda, Technologie* 3, 3, ss. 15.
- ROLIK H., REMBISZEWSKI J.M. 1987. Ryby i kręglouste (*Pisces et Cyclostomata*). Wyd. Polskie Towarzystwo Hydrobiol. PWN, Warszawa ss. 316
- SCHINEGGER R., TRAUTWEIN C., MELCHER A. SCHMUTZ S. 2011. Multiple human pressures and their spatial patterns in European running waters. *Water and Environment Journal*. Print ISSN 1747-6585, ss. 13.
- SCHMUTZ S., COWX I.G., HAIDVOGL G., PONT D. 2007. Fish-based methods for assessing European running waters: a synthesis. *Fisheries Management and Ecology*, Vol. 14(6), 369-380.
- SZLAKOWSKI J., ADAMCZYK M., LIGIĘZA J., PRUS P., WIŚNIEWOLSKI W., BURAS P. 2013. Monitoring spływu węgorka srebrzystego z wykorzystaniem tradycyjnych rybackich narzędzi połowowych. W: M. MICKIEWICZ (red.) Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2012 roku. Wyd. IRŚ, Olsztyn, 167-188.
- SZLAKOWSKI J., WIŚNIEWOLSKI W., BURAS P. 2004. Wskaźnik Integralności Biotycznej (IBI) jako narzędzie do waloryzacji rzek w oparciu o zespoły ichtiofauny. W: *Bliskie Naturze. Kształtowanie Dolin Rzecznych*, (red. T. Heese, W. Puchalski). Monografia. Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 245-262.
- ŚWIERZOWSKI A. 1975. Ogólna analiza połowów węgorka w rzekach i jeziorach dorzecza Narwi. *Rocz. Nauk Rol.* 96–H–4, str. 71–85.

- WFD Intercalibration. 2011. Phase 2: Milestone report – October 2011. European Commission Directorate General, JRC Joint Research Centre, Institute of Environment and Sustainability. JRC documents, ss. 105.
- WIŚNIEWOLSKI W. 2002 Czynniki sprzyjające i szkodliwe dla rozwoju i utrzymania populacji ryb w wodach płynących. Supplementa ad Acta Hydrobiologica, vol.3: 1-28.
- WIŚNIEWOLSKI W., ENGEL J. (red.) 2006. Restoring migratory fish and connectivity of rivers in Poland. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, ss. 81.
- WIŚNIEWOLSKI W., BŁACHUTA J., BORZĘCKA I., BURAS P., DĘBOWSKI P., JELONEK M., KLICH M., KUKUŁA K., PRUS P., PRZYBYLSKI M., RADTKE G., SZŁAKOWSKI J., WITKOWSKI A., ŻUREK R. 2006. Przetestowanie Europejskiego Indeksu Rybnego dla potrzeb oceny stanu ekologicznego rzek Polski. IRS, Olsztyn. ss. 62.
- Wykaz nazw wód płynących 2016, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Strona odwiedzona 27.09.2016 r. <http://ksng.gugik.gov.pl/pliki/hydronimy1.pdf>