

---

*Rozdział VII*

***Typy biocenotyczne rzek Polski oraz  
wyznaczanie granic klas za pomocą  
Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika  
Stanu Ekologicznego Rzek MMI PL  
na podstawie makrobezkręgowców  
bentosowych (moduł oceny: RIVECO *macro*)***

---



***Autorzy opracowania:  
Barbara Bis  
Artur Mikulec***

## **1. OCENA STANU EKOLOGICZNEGO RZEK POLSKI ZA POMOCĄ POLSKIEGO WIELOMETRYCZNEGO WSKAŹNIKA MMI PL (SYSTEM OCENY: RIVECO<sub>macro</sub>)**

Zgodnie z założeniami Ramowej Dyrektywy Wodnej, ocena stanu ekologicznego rzek wymaga oszacowania **integralności ekologicznej ekosystemów wodnych** (*ang. EIA - ecological integrity assessment*), rozumianej jako **zdolność ekosystemów wodnych do utrzymania zrównoważonej i zintegrowanej społeczności organizmów autochtonicznych** (m.in. Karr, 1981; Jungwirth i inni, 2000; Bis, 2002), czyli **ocena ekologiczna powinna obejmować zespół najważniejszych czynników warunkujących stabilność ekosystemów**.

W konsekwencji, **wprowadzenie ekologicznego systemu klasyfikacji wód w skali Europy** wymagało **wdrożenia zaawansowanych metod oceny jakościowej wód** (systemu wielometrycznego), z drugiej strony koniecznym było **przestrzeganie zaleceń normatywnych oraz zapewnienie harmonizacji systemów ocen i klasyfikacji wód** (interkalibracja), zgodnie z wytycznymi wspólnotowej strategii wdrażania RDW.

### **1.1. Główne cele analityczne**

Głównymi celami niniejszego opracowania było:

1. **Opracowanie i przeprowadzenie weryfikacji Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL – stanowiącego podstawowy element oceny jakościowej w nowym systemie klasyfikacji ekologicznej rzek RIVECO<sub>macro</sub>, w oparciu o makrobezkręgowce bentosowe, zgodnie z wytycznymi Ramowej Dyrektywy Wodnej.**
2. **Udział w ćwiczeniu interkalibracyjnym w celu przeprowadzenia harmonizacji i kalibracji Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL, stosowanego w systemie RIVECO<sub>macro</sub>, – dla wypełnienia zaleceń Centralno-Bałtyckiej Geograficznej Grupy Interkalibracyjnej** (*ang. Central Baltic Geographical Intercalibration Group – CB GIG*).
3. **Przeprowadzenie typologii biocenotycznej i wyznaczenie granic klas dla wyodrębnionych typów rzek Polski, na podstawie analiz zespołów makrobezkręgowców bentosowych.**
4. **Dokonanie oceny stanu ekologicznego i klasyfikacji rzek Polski, za pomocą wielometrycznego systemu oceny RIVECO<sub>macro</sub> w oparciu o makrobezkręgowce bentosowe, zgodnie z założeniami Ramowej Dyrektywy Wodnej.**

### **1.2. Materiał badawczy**

Zapisy normatywne RDW (2000) oraz procedury dotyczące interkalibracji krajowych systemów oceny jakościowej rzek przez kraje Unii Europejskiej narzucają w praktyce konieczny wymóg **wyznaczania granic klas jakości wód na podstawie wartości referencyjnych dla określonego typu abiotycznego rzek, tj. odniesienia uzyskanych wartości miar biologicznych i ekologicznych do wartości tych miar dla tzw. „biocenoz referencyjnych”** (m.in. Van de Bund, 2009; Bennett i inni, 2011). Powyższe wymagania RDW, związane z uzyskaniem określonego **spectrum zmiennych taksonomicznych i środowiskowych, charakteryzujących specyficzne warunki referencyjne dla każdego typu abiotycznego rzek oraz konieczność harmonizacji systemu ocen jakościowych** spowodowały,

iz wszystkie dane pomiarowe wykorzystane w niniejszym projekcie dla przeprowadzenia typologii biocenotycznej musiały spełniać określone warunki:

- monitorowane rzeki reprezentowały pełny gradient zmian antropogenicznych, jednak w danym typie abiotycznym rzek stanowiska referencyjne stanowiły do 20% wszystkich badanych stanowisk,
- wszystkie procedury poboru próbek makrobezkręgowców wodnych i ich opracowanie laboratoryjne było wystandaryzowane, zgodnie z zaleceniami normatywnymi wielosiedliskowego poboru prób makrobezkręgowców wodnych (PN-EN16150:2012E), zgodnych z wytycznymi Ramowej Dyrektywy Wodnej i rekomendacją Komisji Europejskiej (m.in. Van de Bund, 2009; Bennett i inni, 2011).

W rezultacie w poszczególnych fazach realizacji niniejszego projektu wykorzystano:

1. Dane faunistyczne i środowiskowe oparte na badaniach zespołów fauny dennej z lat **2008-2011**, pochodzące z monitoringu ekologicznego rzek Polski, prowadzonego na zlecenie **Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska**.
2. Archiwalne dane faunistyczne i środowiskowe, pochodzące z projektów międzynarodowych **STAR**, **ECOTRAITS** i **DEMARECO**<sup>1</sup>, realizowanych w okresie **2000-2006**, mających na celu wdrażanie Ramowej Dyrektywy Wodnej w Europie.

## 2. METODYKA BADAŃ I ETAPY PRAC ANALITYCZNYCH

---

Podstawą dla weryfikacji typologii abiotycznej i wyodrębnienia typów biocenotycznych rzek Polski była:

1. **Kategoryzacja pierwszorzędowych parametrów środowiskowych dla danego typu abiotycznego rzek** (system A) (m.in. Błachuta, 2004; Błachuta i inni, 2010), takich jak: wielkość badanego obszaru zlewni, wysokość bezwzględna, typ geologiczny zlewni (powierzchniowe utwory geologiczne), przynależność do danego ekoregionu i krain geograficznych.
2. **Zastosowanie kombinacji metriksów cząstkowych, pozwalających na wskazanie stanu ogólnej degradacji wód bądź wskazujących na określony, często pojedynczy typ zakłóceń środowiskowych dla danego typu abiotycznego rzek** (I moduł oceny jakościowej – ang. „*type-specific*”).

W rezultacie, z 26 typów abiotycznych rzek wyodrębnionych dla obszaru Polski, po dalszej weryfikacji opartej na analizie cech strukturalnych zespołów makrobezkręgowców bentosowych charakteryzujących warunki referencyjne, **przyjęto podział na VI typów biocenotycznych rzek**.

---

<sup>1</sup> EU STAR: Standardisation Of River Classifications: Framework Method For Calibrating Different Biological Survey Results Against Ecological Quality Classifications To Be Developed For The Water Framework Directive; The European Commission; 5th Framework Programme; Energy, Environment and Sustainable Development, Key Action 1: Sustainable Management and Quality of Water, Contract No: EVK1-CT-2001-00089, Duration: January 2002 to June 2005.

ECOTRAITS: Freshwater Biomonitoring Across Ecoregions – The Biological And Ecological Traits Of Invertebrate Communities; The European Commission; Marie Curie Fellowships, Contract No ICA1-CT-2002-0019; Université Paul Verlaine, Equipe de Démœcologie, Laboratoire Biodiversité et Fonctionnement des Ecosystemes (LBFE) UFR SciFA, Metz (France); Duration: September 2003 to June 2006.

DEMARECO: The Development of Macrozoobenthos – Reference Coenoses For Sand Dominated Lowland Rivers Of Central Europe as a Basis For River Status Assessment According To The EU-Water Framework Directive (EU-WFD). Stifterverband Für Die Deutsche Wissenschaft; Univ. Duisburg-Essen (G); Contract No: H150 5506 9999 10605; Duration: May 2000 to June 2002.

Dane eksperymentalne opracowane w tym projekcie pochodziły łącznie z **1114 stanowisk pomiarowych**. Najliczniej reprezentowane były rzeki z 3 typów biocenotycznych: typ V (431 stanowisk, z typów abiotycznych rzek: 16, 18, 19, 20, 21, 22, 26), typ IV (221 stanowisk z typu abiotycznego 17), typ VI (194 stanowiska, należące do rzek typu abiotycznego: 23, 24, 25).

**Etapy prac analitycznych, związanych z wyznaczaniem granic klas dla poszczególnych typów biocenotycznych rzek, przedstawiały się następująco:**

1. **Wyznaczono wartości bezwzględne dla wybranych cząstkowych metryksów biologicznych i ekologicznych**, które stanowiły czynniki składowe polskiego wskaźnika oceny wielometrycznej, zgodnie z założeniami Ramowej Dyrektywy Wodnej.
2. **Zdefiniowano dolne wartości dla poszczególnych metryksów cząstkowych w odniesieniu do najgorszego stanu jakościowego rzek oraz górne wartości dla poszczególnych metryksów cząstkowych w odniesieniu do naturalnych warunków referencyjnych dla danego typu biocenotycznego rzek**, czyli wartości 5 i 95 percentyla dla każdego z metryksów w ramach każdego typu biocenotycznego rzek.
3. **Obliczono znormalizowane wartości wskaźników jakości ekologicznej rzek EQR** (*ang. Ecological Quality Rate*), których wartości mogą kształtować się poniżej zera lub powyżej jedności.
4. **Wyznaczono Wielometryczny Wskaźnik Interkalibracyjny ICMi** (*ang. Intercalibration Common Metrics index*) o wartościach mniejszych od zera lub większych od jedności.
5. **Obliczono wartości Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL**, na podstawie analizy zespołów makrobezkręgowców bentosowych rzek.
6. **Wyselekcjonowano stanowiska referencyjne na podstawie otrzymanych wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi oraz wyznaczono mediany wartości ICMi stanowisk referencyjnych dla danego typu biocenotycznego rzek.**
7. **Wyznaczono granice klas dla systemu oceny stanu ekologicznego rzek Polski RIVECO<sub>macro</sub>.**
8. **Dokonano klasyfikacji jakościowej rzek Polski w oparciu o makrobezkręgowce bentosowe, zgodnie z wytycznymi RDW.**

### **3. WYZNACZANIE WARTOŚCI METRYKSÓW CZĄSTKOWYCH**

---

Podczas realizacji projektu STAR, zostało przeanalizowanych ponad 250 miar biologicznych i ekologicznych, stosowanych w Europie, pod kątem oceny stopnia zależności pomiędzy **wartościami metryksów** (będącymi miarą odpowiedzi strukturalnej bądź funkcjonalnej zespołów fauny dennej), a **natężeniem presji środowiskowej i naturalną zmiennością parametrów abiotycznych danego systemu rzecznoego** (warunki referencyjne).

Metryksy te zostały zarekomendowane i przyjęte przez Centralno-Bałtycką Geograficzną Grupę Interkalibracyjną jako miary składowe dla wyznaczania **Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi** w celu skalibrowania oraz zharmonizowania krajowych systemów ekologicznej oceny jakości wód (Tab. 12).



Tab. 12. Metriksy zastosowane w kalkulacji Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi i Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL (opracowanie własne na podstawie, m.in. Buffagni i inni, 2004, 2005; Van de Bund, 2009)

| METRIKS  | Formuła obliczeniowa   | Waga wskaźnika  |
|--|--|---|
| <b>ASPT</b> ( <i>Average Score Per Taxa</i> ) – <b>Uśredniony Wskaźnik Jakości Wód<sup>2</sup></b> | ASPT = łączna suma punktów wskaźnika BMWP_PL/ liczba rodzin, użytych do kalkulacji BMWP_PL <sup>3</sup>  | <b>ASPT * 0.334</b><br>(Armitage i inni, 1983)                        |
| <b>Log<sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)</b>   | log <sub>10</sub> (suma osobników z wybranych rodzin Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratiomyidae, Dixidae, Empididae, Athericidae, Nemouridae + 1)              | <b>log<sub>10</sub>(...)</b> * 0.266<br>(Buffagni i inni, 2004, 2005) |
| <b>1-GOLD%</b>   | 1-GOLD% = 1 - (frekwencja, czyli % liczebności osobników z rodzin grup Gastropoda + Oligochaeta + Diptera)   | <b>(1-GOLD%) * 0.067</b><br>(Pinto i inni, 2004)                      |
| <b>Całkowita liczba rodzin (S)</b>   | liczba wszystkich rodzin (S), stwierdzona na danym stanowisku pomiarowym   | <b>S * 0.167</b><br>(Ofenboch i inni, 2004)                           |
| <b>Liczba rodzin grupy EPT</b>   | liczba rodzin z rzędów: Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera, stwierdzona na danym stanowisku pomiarowym  | <b>Liczba rodzin EPT * 0.083</b><br>(Böhmer i inni, 2004)             |
| <b>Indeks różnorodności biologicznej Shannona-Wienera (H')</b>                                     | $H' = -\sum_{i=1}^S \left( \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right)$ $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ <p><math>p_i</math> – stosunek liczby osobników z danej rodziny (<math>n_i</math>) do liczby wszystkich osobników na danym stanowisku pomiarowym (<math>N</math>)</p> | <b>H' * 0.083</b><br>(Hering i inni, 2004)                            |

Wybrane do dalszych kalkulacji metriksy cząstkowe, spełniają następujące **kryteria normatywne RDW**:

- Zmiany strukturalne w składzie taksonomicznym i liczebności** zostają ocenione między innymi przez wskaźniki: *całkowitą liczbę rodzin, liczbę rodzin grupy EPT, indeks różnorodności (Indeks Shannon-Wienera)* i wskaźnik  $\log_{10}(\text{sel\_EPTD} + 1)$ .
- Różnorodność zespołów bentofauny** zostaje oszacowana przez *całkowitą liczbę rodzin S oraz indeks różnorodności (Indeks Shannona-Wienera)*.

<sup>2</sup> **Uśredniony Wskaźnik Jakości Wód, ASPT** (*ang. Average Score Per Taxon*) uzyskuje się dzieląc łączną sumę punktów wskaźnika BMWP (obliczoną dla stwierdzonych w próbkę punktowanych rodzin makrobentosu) przez liczbę tych rodzin, użytych do kalkulacji BMWP; wskaźnik ASPT jest niezależny od wielkości zagęszczenia, liczby rodzin, metody poboru próbek oraz sezonu.

<sup>3</sup> **Sumaryczny Wskaźnik Jakości Wód lub system punktacji rodzin BMWP** (*ang. Biological Monitoring Working Party*): wartość tego indeksu stanowi sumę punktów przypisanych przedstawicielom wybranych rodzin, odnotowanych w próbkę makrobentosu (Armitage i inni, 1983).

Dla wyznaczenia wartości ASPT – w odniesieniu do przedstawicieli rodziny Heptageniidae zastosowano jednolity system punktacji (8), bez różnicowania rodzajów *Rhithrogena* oraz *Epeorus*.

**System punktacji rodzin BMWP\_PL**, przyjęty wcześniej w Polsce, dotyczył 88 rodzin makrobezkręgowców wodnych (Kownacki, Soszka, 2004), którym przypisywane są punkty od 0 do 10, zależnie od wrażliwości na niedobór tlenu rozpuszczonego w wodzie i na toksyczne produkty rozkładu materii organicznej (patrz: Aneks V). Jednak, ocena jakościowa rzek, w oparciu o BMWP\_PL, choć stanowiła dobre narzędzie oceny jakościowej wód, to metodycznie była zależna od wielkości pobranej próbki, metody i dokładności poboru próbek oraz sezonu poboru.

3. **Taksony wrażliwe** oceniane są między innymi przez wskaźnik *ASPT* (zanieczyszczenia organiczne i nutrieny) i **liczebność wyselekcjonowanych rodzin grup EPT i EPTD** (w szczególności, przydatne do oceny degradacji hydromorfologicznej rzek).
4. **Równomierność występowania ważnych grup funkcjonalnych i taksonomicznych** oszacowana została m.in. za pomocą wskaźników *1-GOLD%* i  $\log_{10}(\text{sel\_EPTD} + 1)$ .

Jednocześnie, jak wspomniano powyżej, wybrane metriksy cząstkowe muszą być bardzo dobrymi wskaźnikami odpowiedzi zespołów fauny dennej na różnego typu zakłócenia i natężenie presji środowiskowej (Tab. 13).

Tab. 13. Typ zakłóceń środowiskowych i możliwości oceny ich oddziaływania przez metriksy cząstkowe, zastosowane do dalszej kalkulacji Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi (zmienione, według Buffagni i inni, 2005) <sup>a</sup>

| METRIKS   | Zanieczyszczenia organiczne | Hydro-morfologia | Toksyczność | Ogólna degradacja |
|---|-----------------------------|------------------|-------------|-------------------|
| <b>Całkowita liczba rodzin (S)</b><br>(stwierdzona na danym stanowisku pomiarowym)  | x                           | x                | x           | xx                |
| <b>Liczba rodzin EPT</b><br>(liczba rodzin z rzędów: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, stwierdzona na danym stanowisku pomiarowym)                          | xx                          | x                | x           | xx                |
| <b>Indeks różnorodności biologicznej Shannona-Wienera (H')</b>  | x                           |                  | x           | x                 |
| <b>ASPT (Average Score Per Taxa)</b><br><b>Uśredniony Wskaźnik Jakości Wód</b>  | xxx                         |                  | x           |                   |
| <b>1-GOLD%</b><br>(1 - % liczebności osobników z rodzin Gastropoda + Oligochaeta + Diptera)   | x                           |                  |             |                   |
| <b>Log<sub>10</sub>(sel_EPTD + 1)</b><br>(log <sub>10</sub> (suma osobników z wybranych rodzin z rzędów: [Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera i Diptera] + 1)) | x                           | xx               |             | xx                |

<sup>a</sup> Im więcej symboli „x” w danym polu, tym większa przydatność danego metriksu w ocenie oddziaływania zakłóceń środowiskowych danego typu, brak symbolu „x” oznacza nieodnotowanie istotnych zmian wartości metriksu w odpowiedzi na zakłócenia środowiskowe danego typu.

#### 4. NORMALIZACJA METRIKSÓW CZĄSTKOWYCH

Normalizację metriksów wykonano zgodnie z przyjętymi wytycznymi normatywnymi Komisji Europejskiej (Van de Bund, 2009; Bennett i inni, 2011) i ogólnym równaniem:

$$\text{EQR} = \frac{\text{wartość metriksu} - \text{dolny punkt zakotwiczenia}}{\text{górnny punkt zakotwiczenia} - \text{dolny punkt zakotwiczenia}}$$

Jako wartości górnego i dolnego punktu zakotwiczenia przy normalizacji przyjęto wartości 5 i 95 percentyla dla danego metriksu w danym typie biocenotycznym rzek (Tab. 14).

W konsekwencji, **do wyznaczenia wartości EQR – wskaźnika ekologicznej jakości** (*ang. Ecological Quality Rate*) dla poszczególnych metriksów zastosowano następujący wzór:

$$\text{EQR} = \frac{\text{obserwowana wartość metriksu} - 5 \text{ percentyl z wartości danego metriksu dla określonego typu biocenotycznego}}{95 \text{ percentyl z wartości danego metriksu dla określonego typu biocenotycznego} - 5 \text{ percentyl z wartości danego metriksu dla określonego typu biocenotycznego}}$$

Powyższy wzór zawęża obszar zmienności każdego z metriksów poprzez odrzucenie jego wartości skrajnych – wśród których mogły również występować wartości odstające, nietypowe, zniekształcające obliczenia – powodując, że obliczenia stały się bardziej rzetelne. Powyższa formuła powodowała jednak, że znormalizowane wartości poszczególnych metriksów mogły wychodzić poza przedział 0-1 (wartości mogły być mniejsze od 0 lub większe od 1).

Tab. 14. Wybrane charakterystyki metriksów cząstkowych (wartości bezwzględne) w ramach poszczególnych typów biocenotycznych badanych rzek Polski

| METRIKS                                    | Wartość min | Wartość max | 5 percentyl | 95 percentyl |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>TYP I (21 stanowisk)</b>                |             |             |             |              |
| ASPT                                       | 5,500       | 6,750       | 5,615       | 6,611        |
| Log <sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)           | 1,737       | 3,672       | 1,929       | 3,664        |
| 1-GOLD%                                    | 0,303       | 0,962       | 0,357       | 0,961        |
| Całkowita liczba rodzin (S)                | 12,000      | 24,000      | 14,000      | 23,000       |
| Liczba rodzin EPT                          | 7,000       | 15,000      | 8,000       | 12,000       |
| Indeks różnorodności Shannona-Wienera (H') | 1,337       | 2,426       | 1,474       | 2,304        |
| <b>TYP II (55 stanowisk)</b>               |             |             |             |              |
| ASPT                                       | 0,000       | 6,733       | 2,175       | 6,588        |
| Log <sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)           | 0,000       | 2,735       | 0,000       | 2,445        |
| 1-GOLD%                                    | 0,000       | 1,000       | 0,000       | 1,000        |
| Całkowita liczba rodzin (S)                | 0,000       | 26,000      | 1,700       | 23,000       |
| Liczba rodzin EPT                          | 0,000       | 14,000      | 0,000       | 13,300       |
| Indeks różnorodności Shannona-Wienera (H') | 0,000       | 2,388       | 0,171       | 2,100        |
| <b>TYP III (192 stanowiska)</b>            |             |             |             |              |
| ASPT                                       | 0,000       | 6,818       | 3,683       | 6,255        |
| Log <sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)           | 0,000       | 3,268       | 0,000       | 2,784        |
| 1-GOLD%                                    | 0,000       | 0,992       | 0,017       | 0,876        |
| Całkowita liczba rodzin (S)                | 0,000       | 34,000      | 5,000       | 28,450       |
| Liczba rodzin EPT                          | 0,000       | 18,000      | 0,000       | 15,000       |
| Indeks różnorodności Shannona-Wienera (H') | 0,000       | 2,353       | 0,446       | 2,306        |

| <b>TYP IV (221 stanowisk)</b>              |       |        |       |        |
|--|-------|--------|-------|--------|
| ASPT                                       | 0,000 | 6,750  | 3,667 | 5,929  |
| Log <sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)           | 0,000 | 3,593  | 0,000 | 2,657  |
| 1-GOLD%                                    | 0,000 | 1,000  | 0,043 | 0,965  |
| Całkowita liczba rodzin (S)                | 0,000 | 32,000 | 6,000 | 23,000 |
| Liczba rodzin EPT                          | 0,000 | 13,000 | 0,000 | 9,000  |
| Indeks różnorodności Shannona-Wienera (H') | 0,024 | 2,141  | 0,419 | 2,137  |
| <b>TYP V (431 stanowisk)</b>               |       |        |       |        |
| ASPT                                       | 0,000 | 6,889  | 4,050 | 6,000  |
| Log <sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)           | 0,000 | 3,872  | 0,000 | 2,650  |
| 1-GOLD%                                    | 0,000 | 1,000  | 0,057 | 0,930  |
| Całkowita liczba rodzin (S)                | 0,000 | 38,000 | 7,000 | 29,000 |
| Liczba rodzin EPT                          | 0,000 | 16,000 | 1,000 | 11,000 |
| Indeks różnorodności Shannona-Wienera (H') | 0,451 | 2,687  | 0,567 | 2,512  |
| <b>TYP VI (194 stanowiska)</b>             |       |        |       |        |
| ASPT                                       | 0,000 | 6,273  | 3,377 | 5,791  |
| Log <sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)           | 0,000 | 3,411  | 0,000 | 2,829  |
| 1-GOLD%                                    | 0,000 | 0,994  | 0,052 | 0,893  |
| Całkowita liczba rodzin (S)                | 0,000 | 41,000 | 5,650 | 34,350 |
| Liczba rodzin EPT                          | 0,000 | 13,000 | 0,000 | 11,000 |
| Indeks różnorodności Shannona-Wienera (H') | 0,127 | 2,529  | 0,505 | 2,576  |

## **5. WIELOMETRYCZNY WSKAŹNIK INTERKALIBRACYJNY ICMi**

Znormalizowane wartości sześciu metryków cząstkowych posłużyły do kalkulacji Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi (*ang. Intercalibration Common Metrics index*) dla każdego stanowiska pomiarowego w określonym typie biocenotycznym rzek, według wzoru:

$$\begin{aligned} \text{ICMi} = & (0,334 * \text{ASPT}) + (0,266 * \log_{10} (\text{sel\_EPTD} + 1)) \\ & + (0,067 * (1 - \text{GOLD}\%)) + (0,167 * \text{całkowita liczba rodzin}) \\ & + (0,083 * \text{liczba rodzin EPT}) + (0,083 * \text{H}') \end{aligned}$$

**Wartość Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi jest ważoną średnią arytmetyczną z wartości metryków cząstkowych.**

Wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi mogą przyjmować wartości mniejsze od zera i większe od jedności.



## 6. POLSKI WIELOMETRYCZNY WSKAŹNIK MMI PL

---

Wartości Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL wyznaczono na podstawie wyliczeń wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi, przy czym **każdej wartości ICMi < 0 przypisano wartość MMI PL = 0, a wartości ICMi > 1 wartość MMI PL = 1, w pozostałych przypadkach MMI PL = ICMi** – zgodnie z procedurami przyjętymi przez Centralno-Bałtycką Geograficzną Grupę Interkalibracyjną.

## 7. GRANICE KLAS JAKOŚCI WÓD

---

Granice klas jakości wód dla poszczególnych typów biocenotycznych rzek wyznaczono następująco:

- Na podstawie otrzymanych wartości ICMi, obliczonych dla każdego badanego stanowiska z określonego typu biocenotycznego rzek, zostały wytypowane **stanowiska referencyjne** – posiadające najwyższe wartości ICMi. Wstępnie, dla każdego typu biocenotycznego rzek wyznaczono granice klas wykorzystując do obliczeń **od 4 do 24 stanowisk referencyjnych**. Takie wielowariantowe podejście do analizy umożliwiło prześledzenie zmian wyznaczonych granic klas i ich zakresów w zależności od liczby wybranych stanowisk referencyjnych oraz automatyczne porównanie i weryfikację wyznaczonych granic klas, zgodnie z wytycznymi EC i ze zinterkalibrowanymi wartościami granicznymi klas dla rzek analizowanych przez Centralno-Bałtycką Geograficzną Grupę Interkalibracyjną.
- W pierwszej kolejności, na podstawie **wartości ICMi otrzymanych dla stanowisk referencyjnych obliczono wartość mediany wskaźnika ICMi (REF EQR)** – wartości ICMi mogły wychodzić poza przedział 0-1, tzn. mogły być mniejsze od 0 lub większe od 1, stąd też **mediana wartości ICMi stanowisk (referencyjnych) wynosiła nieco poniżej lub powyżej jedności**.
- Korzystając z wartości mediany dla wskaźnika ICMi z określonej liczby stanowisk referencyjnych (REF EQR) **wyznaczano granice klas jakościowych dla stanu ekologicznego rzek**, przy czym:
  - **granica I/II** została zdefiniowana jako **5 percentyl z wartości ICMi stanowisk referencyjnych dla danego typu biocenotycznego rzek**,
  - **granica II/III** została zdefiniowana jako  $REF\ EQR * 0,75$ , czyli **0,75 \* wartość mediany wskaźnika ICMi stanowisk referencyjnych dla danego typu biocenotycznego rzek**,
  - **granica III/IV** została zdefiniowana jako  $REF\ EQR * 0,50$ , czyli **0,50 \* wartość mediany wskaźnika ICMi stanowisk referencyjnych dla danego typu biocenotycznego rzek**,
  - **granica IV/V** została zdefiniowana jako  $REF\ EQR * 0,25$ , czyli **0,25 \* wartość mediany wskaźnika ICMi stanowisk referencyjnych dla danego typu biocenotycznego rzek**.

## 8. HARMONIZACJA GRANIC KLAS JAKOŚCI WÓD

---

Ostatecznego wyboru granic klas jakości wód dla poszczególnych typów biocenotycznych rzek Polski (Tab. 15) dokonano w oparciu o zalecenia Centralno-Bałtyckiej Geograficznej Grupy Interkalibracyjnej odnośnie:

- **Wartości mediany stanowisk referencyjnych – wartość mediany ze stanowisk referencyjnych powinna być jak najwyższa, zatem zbliżona do wartości 1.** Stanowisko Komisji Europejskiej było jednoznaczne – jeśli państwa członkowskie biorące udział w ćwiczeniu interkalibracyjnym nie spełniały tego warunku, tj. wartość mediany (REF EQR) ze stanowisk referencyjnych była znacząco poniżej wartości 1, to państwa te były zobowiązane do „złożenia przekonujących wyjaśnień dotyczących braku prawidłowo wyznaczonych stanowisk referencyjnych dla danych typów biocenotycznych rzek” (Bennett i inni, 2011).
- **Warunku minimalnej liczby 6 stanowisk referencyjnych dla danego typu biocenotycznego,** koniecznych do wyznaczenia tzw. mediany „referencyjnej” (REF EQR). W przypadku danych projektowych, pochodzących z I i II typu biocenotycznego rzek Polski, wyznaczono wartość mediany (REF EQR) dla 4 stanowisk referencyjnych.
- **Pasa harmonizacji dla granic klas.** Wyznaczone granice klas dla I i II stanu jakościowego rzek Polski zostały zweryfikowane pod kątem zapisów normatywnych Komisji Europejskiej, tj. spełnienia warunków harmonizacji z wyznaczonymi przez Centralno-Bałtycką Geograficzną Grupę Interkalibracyjną – górnymi i dolnymi zakresami granic klas I i II, które kształtują się następująco:

**Klasa I (Stan Bardzo Dobry/Dobry): 0,99-0,89;**

**Klasa II (Stan Dobry/Umiarkowany): 0,81-0,71.**

Warunek harmonizacji nie został spełniony tylko w odniesieniu do wyznaczonej granicy dla I klasy dla rzek górskich (typ I) i wyżynnych (typ II). Wynikało to z ograniczonego zakresu dostępnych danych pomiarowych z aktualnie monitorowanych stanowisk referencyjnych z tych dwóch typów biocenotycznych rzek. Ponadto, niektóre wskaźniki mogą nie być wystarczająco „wrażliwe”, aby wychwycić zmiany w cechach populacyjnych ugrupowań makrobentosu, które są w tych typach rzek bardzo stabilne (dominacja przedstawicieli rzędów Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). **Wymaga to dalszych badań oraz rozbudowy modułu oceny jakościowej o bardziej zróżnicowane w swojej strukturze metryki biologiczne i ekologiczne (moduł oceny: ang. stressor-specific).**

Tab. 15. Granice klas jakości wód dla poszczególnych typów biocenotycznych rzek Polski (typ I-VI)

| Lp.   | Typ biocenotyczny rzek   | Eko-region <sup>a</sup> | Region   | Granice klas <sup>b</sup>  |
|---|--|-------------------------|----------|--|
| <b>I typ – potoki górskie tatrzańskie</b>                                     |  |                         |          |  |
| 1   | Potok tatrzański krzemianowy<br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;800 m n.p.m.</i>  | 10                      | 514      | Mediana REF = <b>0,819</b><br><b>(4 REF)</b>   |
| 2   | Potok tatrzański węglanowy<br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;800 m n.p.m.</i>  | 10                      | 514      | Klasa I 0,674]<br>Klasa II 0,614]<br>Klasa III 0,409]<br>Klasa IV 0,205]<br>Klasa V (0,205 |
| <b>II typ – potoki górskie sudeckie i rzeki wyżynne krzemianowe zachodnie</b> |  |                         |          |  |
| 3   | Potok sudecki<br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;800 m n.p.m.</i>   | 9                       | 332      | Mediana REF = <b>0,890</b><br><b>(4 REF)</b>   |
| 4   | Potok wyżynny sudecki krzemianowy z substratem gruboziarnistym (zachodni)<br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i> | 9, 14                   | 332, 342 | Klasa I 0,860]<br>Klasa II 0,667]  |

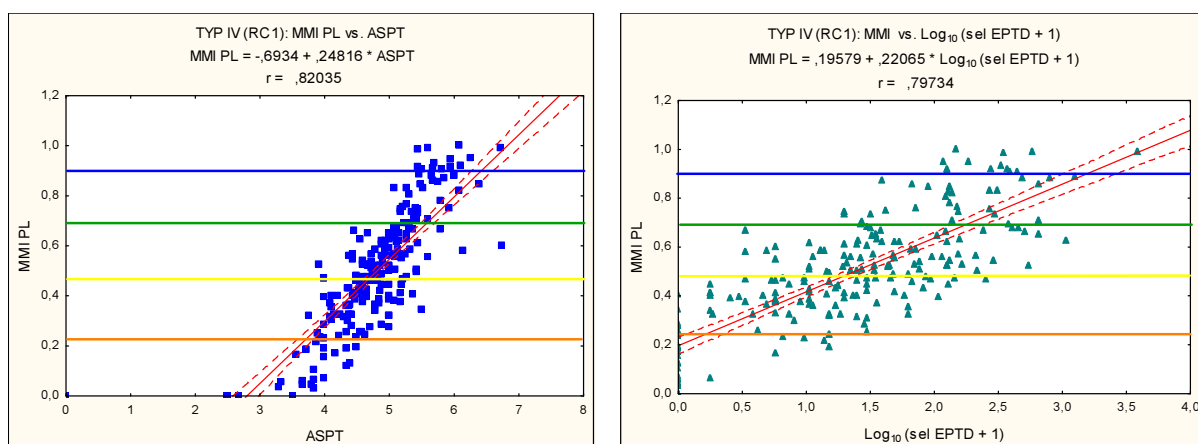
|  |   |        |   |   |
|--|---|--------|---|---|
| 5  | <b>Potok wyżynny sudecki krzemianowy z substratem drobnoziarnistym (zachodni)</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>        | 9, 14  | 332, 342  | <b>Klasa III 0,445]</b><br><b>Klasa IV 0,222]</b><br><b>Klasa V (0,222</b>  |
| 8  | <b>Mała rzeka wyżynna krzemianowa (zachodnia)</b><br><i>Z &lt;101-1000 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>                                   | 9, 14  | 332, 341, 342   |   |
| 10   | <b>Średniej wielkości rzeka wyżynna (zachodnia)</b><br><i>Z &lt;101-1000 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>                                 | 9, 14  | 332, 341, 342   |   |
| <b>III typ - rzeki wyżynne węglanowe i krzemianowe wschodnie</b> |   |        |   |   |
| 6  | <b>Potok wyżynny węglanowy z substratem drobnoziarnistym na lessach i lessopodobnych</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i> | 9, 14  | 332, 341, 342   | <b>Mediana REF = 0, 931</b><br><b>(10 REF)</b><br><b>Klasa I 0,891]</b><br><b>Klasa II 0,698]</b><br><b>Klasa III 0,465]</b><br><b>Klasa IV 0,233]</b><br><b>Klasa V (0,233</b> |
| 7  | <b>Potok wyżynny węglanowy z substratem gruboziarnistym</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>                              | 9, 14  | 332, 341, 342   |   |
| 9  | <b>Mała rzeka wyżynna węglanowa</b><br><i>Z &lt;101-1000 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>   | 9, 14  | 332, 341, 342   |   |
| 11   | <b>Potok wyżynny karpacki krzemianowy z substratem gruboziarnistym</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>                       | 10, 16 | 343, 513, 514, 522                                      |   |
| 12   | <b>Potok fliszowy</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>  | 10, 16 | 343, 513, 514, 522                                      |   |
| 13   | <b>Mała rzeka wyżynna krzemianowa karpacka (wschodnia)</b><br><i>Z &lt;101-1000 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>                          | 10, 16 | 343, 513, 514, 522                                      |   |
| 14   | <b>Mała rzeka fliszowa</b><br><i>Z &lt;101-1000 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>  | 10, 16 | 343, 513, 514, 522                                      |   |
| 15   | <b>Średniej wielkości rzeka wyżynna karpacka (wschodnia)</b><br><i>Z &lt;1001-10000 km<sup>2</sup>; E &gt;200-800 m n.p.m.</i>                      | 10, 16 | 343, 513, 514, 522                                      |   |
| <b>IV typ - małe rzeki nizinne (RC1)</b>                         |   |        |   |   |
| 17   | <b>Potok nizinny piaszczysty</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>   | 14, 16 | 313, 314, 3, 15, 317, 318, 512, 521, 841, 843, 845, 851 | <b>Mediana REF = 0,955</b><br><b>(8 REF)</b><br><b>Klasa I 0,908]</b><br><b>Klasa II 0,716]</b><br><b>Klasa III 0,477]</b><br><b>Klasa IV 0,239]</b><br><b>Klasa V (0,239</b>   |
| <b>V typ - rzeki nizinne oraz rzeki przyujściowe</b>             |   |        |   |   |
| 16   | <b>Potok nizinny lessowo-gliniasty</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>   | 14, 16 | 317, 318, 512, 521, 845, 851                            | <b>Mediana REF = 0,956</b><br><b>(22 REF)</b><br><b>Klasa I 0,903]</b><br><b>Klasa II 0,717]</b><br><b>Klasa III 0,478]</b><br><b>Klasa IV 0,239]</b><br><b>Klasa V (0,239</b>  |
| 18   | <b>Potok nizinny żwirowy</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>   | 14, 16 | 313, 314, 3, 15, 317, 318, 512, 521, 841, 843, 845, 851 |   |
| 19   | <b>Rzeka nizinna piaszczysto-gliniasta</b><br><i>Z &lt;101-10000 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>   | 14, 16 | 313, 314, 3, 15, 317, 318, 512, 521, 841, 843, 845, 851 |   |

|   |   |       |  |   |
|---|---|-------|--|---|
| 20  | <b>Rzeka nizinna żwirowa</b><br><i>Z &lt;1001-10000 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>                      | 14,16 | 313, 314, 315,<br>317, 318, 512,<br>521, 841, 843,<br>845, 851 |   |
| 21  | <b>Wielka rzeka nizinna</b><br><i>Z &gt;10000 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>                            | 14,16 | 313, 314, 315,<br>317, 318, 512,<br>521, 841, 843,<br>845, 851 |   |
| 22  | <b>Rzeka przyujściowa pod wpływem wód słonych</b><br><i>Z &gt;1001-10000 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i> | 14,16 | 313  |   |
| 26  | <b>Mały ciek w dolinie wielkiej rzeki nizinnej</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>       | -     | -  |   |
| <b>VI typ – rzeki nizinne o podłożu organicznym i rzeki nizinne łączące jeziora</b> |   |       |  |   |
| 23  | <b>Potoki organiczne</b><br><i>Z &lt;100 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>                                 | -     | -  | <b>Mediana REF = 0,916</b><br><b>(7 REF)</b><br><b>Klasa I 0,893]</b><br><b>Klasa II 0,687]</b><br><b>Klasa III 0,458]</b><br><b>Klasa IV 0,229]</b><br><b>Klasa V (0,229</b> |
| 24  | <b>Rzeka w dolinie zatorfionej</b><br><i>Z &lt;101-10000 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>                 | -     | -  |   |
| 25  | <b>Rzeki łączące jeziora</b><br><i>Z &lt;101-10000 km<sup>2</sup>; E &lt;200 m n.p.m.</i>                       | -     | -  |   |

a Ekoregion 9: Wyżyny Centralne; ekoregion 10: Karpaty; ekoregion 14: Równiny Centralne; ekoregion 16: Równiny Wschodnie (skrót: Z – wielkość zlewni, E – wysokość nad poziomem morza).  
b: Nawias „]” oznacza prawostronne domknięcie klasy (wartość jest uwzględniana w danej klasie), nawias „(” oznacza lewostronne otwarcie klasy (wartość nie jest uwzględniana w danej klasie).

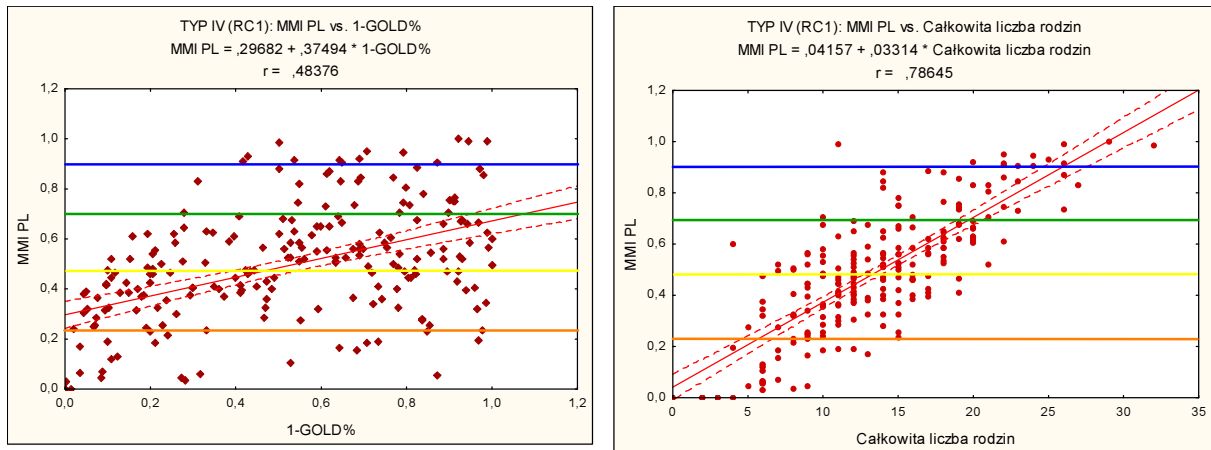
## 9. ANALIZA PORÓWNAWCZA ZGODNOŚCI POLSKIEGO WIELOMETRYCZNEGO WSKAŹNIKA MMI PL Z WYTYCZNYMI CENTRALNO-BAŁTYCKIEJ GEOGRAFICZNEJ GRUPY INTERKALIBRACYJNEJ

W niniejszym opracowaniu dokonano **analizy wpływu wartości poszczególnych cząstkowych metriksów na ocenę stanu ekologicznego rzek, mierzonego za pomocą wartości Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL.**

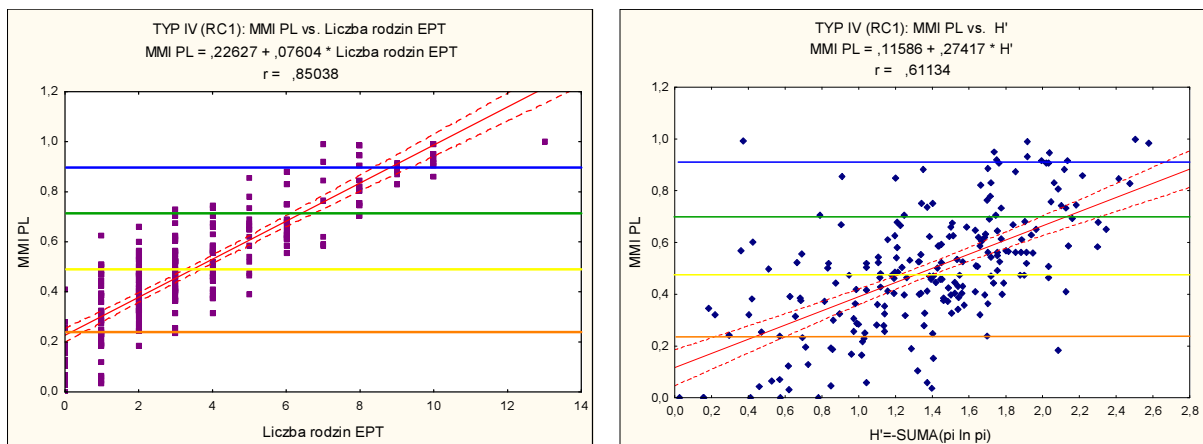


Ryc. 29. Korelacja i regresja pomiędzy wartościami Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL, mierzącego stan ekologiczny rzek typu biocenotycznego IV (RC1 – małe rzeki nizinne) na podstawie makrobezkręgowców bentosowych, a wartościami metriksów cząstkowych: ASPT i  $\log_{10}(\text{sel\_EPTD} + 1)$  (wartości bezwzględne)

Ryciny 29-31 przedstawiają siłę związku korelacyjnego pomiędzy zaobserwowanymi wartościami poszczególnych metryksów cząstkowych, a obliczonymi wartościami Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL, na przykładzie rzek reprezentujących typ biocenotyczny IV<sup>4</sup> (małe rzeki nizinne). Najwyższe wartości współczynnika korelacji otrzymano w analizie związku pomiędzy wartościami MMI PL, a czterema metryksami cząstkowymi, związanymi z obecnością taksonów wrażliwych i różnorodnością taksonomiczną: ASPT ( $r=0,820$ ),  $\log_{10}(\text{sel\_EPTD} + 1)$  ( $r=0,797$ ), całkowita liczba rodzin ( $r=0,786$ ) oraz liczba rodzin z rzędów EPT ( $r=0,850$ ).



Ryc. 30. Korelacja i regresja pomiędzy wartościami Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL, mierzącego stan ekologiczny rzek typu biocenotycznego IV (RC1 – małe rzeki nizinne) na podstawie makrobezkręgowców bentosowych, a wartościami metryksów cząstkowych: 1-GOLD% i całkowita liczba rodzin (wartości bezwzględne)



Ryc. 31. Korelacja i regresja pomiędzy wartościami Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL, mierzącego stan ekologiczny rzek typu biocenotycznego IV (RC1 – małe rzeki nizinne) na podstawie makrobezkręgowców bentosowych, a wartościami metryksów cząstkowych: liczba rodzin z rzędów EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) i indeksu  $H' = -\text{SUMA}(\text{pi} \ln \text{pi})$  (wartości bezwzględne)

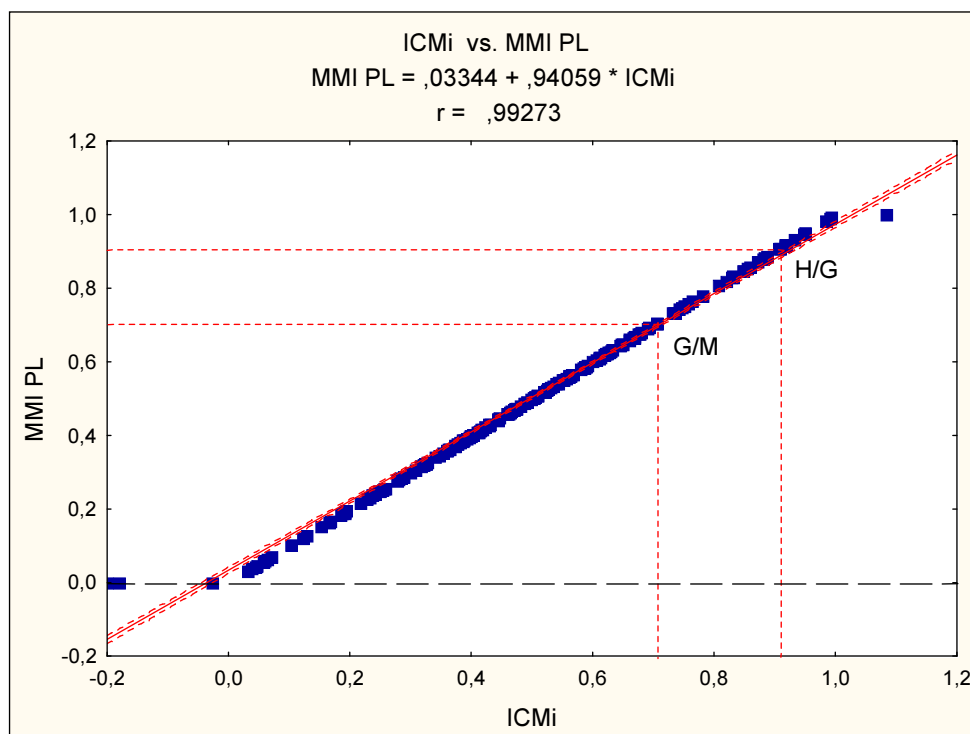
**Występowanie istotnych statystycznie, dodatnich związków korelacyjnych pomiędzy wszystkimi metryksami cząstkowymi, a wartościami Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL w IV typie biocenotycznym rzek potwierdza, iż wskaźnik MMI PL**

<sup>4</sup> Małe, nizinne rzeki Polski należą do europejskiego typu rzek RC1, wyodrębnionego przez Centralno-Bałtycką Geograficzną Grupę Interkalibracyjną i podlegały pełnej weryfikacji oraz harmonizacji ocen jakościowych w ramach ćwiczenia interkalibracyjnego.



wyznaczone w oparciu o zastosowane metryki cząstkowe jest poprawną miarą określającą stan ekologiczny wód, a wzrost wartości metryk cząstkowych (każdego z osobna) powoduje wzrost wartości wskaźnika MMI PL – tak jak założono w teorii.

Dodatkowo, zgodnie z zaleceniami CB GIG, wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi porównano z wartościami Polskiego Wskaźnika Wielometrycznego MMI PL, mierzącego stan ekologiczny rzek – w tym przypadku, analizowano małe rzeki nizinne Polski, należące do typu biocenotycznego IV (typ rzek europejskich: RC1). Rycina 32 przedstawia równanie regresji wartości Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL względem wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi. Wysoka wartość współczynnika korelacji liniowej ( $r=0,993$ ) potwierdza istotną statystyczną zależność pomiędzy wartościami zaproponowanego wskaźnika MMI PL, a wartościami wskaźnika ICMi. Natomiast wartość współczynnika determinacji  $R^2=(0,993)^2=0,986$  dla tej regresji wskazuje, że zmienność wartości MMI PL aż w 98,6% objaśniona została przez zmienność wartości ICMi. W konsekwencji, Polski Wielometryczny Wskaźnik MMI PL został skalibrowany jako zgodny, zharmonizowany z oceną Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi – tak jak założono w teorii.



Ryc. 32. Korelacja i regresja wartości Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL, mierzącego stan ekologiczny rzek typu biocenotycznego IV (Typ RC1) na podstawie makrobezkręgowców bentosowych, a wartościami Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnym ICMi, z zaznaczeniem granic klas dla stanu ekologicznego rzek: bardzo dobrego i dobrego H/G oraz dobrego i umiarkowanego G/M

W Tabeli 16 zamieszczono współczynniki korelacji pomiędzy metrykami cząstkowymi, a wskaźnikami MMI PL dla wszystkich wyodrębnionych typów biocenotycznych rzek. W przypadku typów biocenotycznych II-VI wszystkie współczynniki korelacji okazały się istotne statystycznie. Jedynie, dla I typu biocenotycznego brak jest statystycznego związku pomiędzy wartościami  $\log_{10}(\text{sel\_EPTD} + 1)$  oraz indeksem różnorodności Shannona-Wienera (H')

a wartościami MMI PL. Przypadek ten wymaga dalszych analiz, brak istotnej statystycznie korelacji może wynikać ze zbyt małej liczby obserwacji wykorzystanych w analizie.

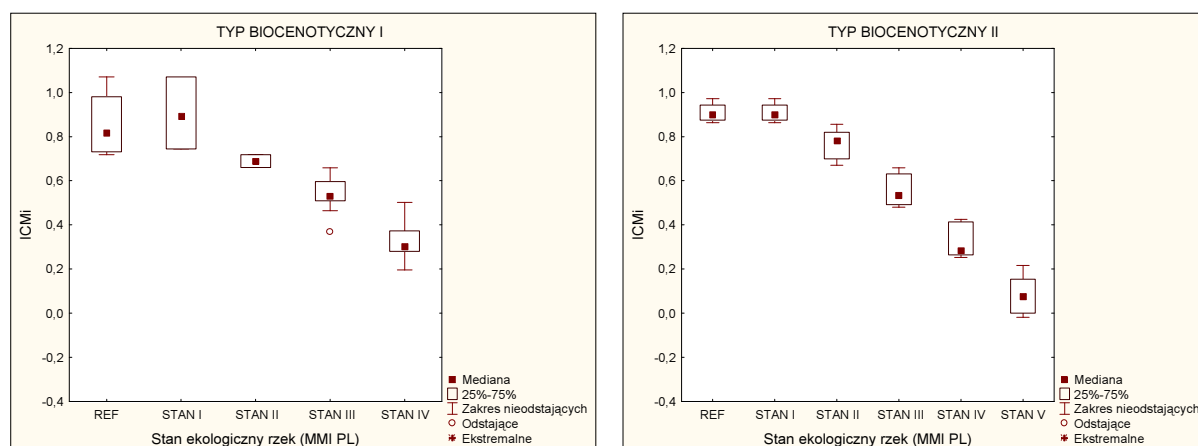
Tab. 16. Współczynniki korelacji poszczególnych metryksów cząstkowych z Polskim Wielometrycznym Wskaźnikiem MMI PL <sup>a</sup>

| METRIKS                                     | Typ          |              |              |              |              |              |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|   | I            | II           | III          | IV           | V            | VI           |
| ASPT  | <b>0,792</b> | <b>0,867</b> | <b>0,862</b> | <b>0,820</b> | <b>0,824</b> | <b>0,834</b> |
| Log <sub>10</sub> (sel_EPTD + 1)            | <i>0,292</i> | <b>0,884</b> | <b>0,877</b> | <b>0,621</b> | <b>0,834</b> | <b>0,848</b> |
| 1-GOLD%                                     | <b>0,634</b> | <b>0,620</b> | <b>0,558</b> | <b>0,797</b> | <b>0,393</b> | <b>0,435</b> |
| Całkowita liczba rodzin (S)                 | <b>0,756</b> | <b>0,862</b> | <b>0,845</b> | <b>0,484</b> | <b>0,836</b> | <b>0,781</b> |
| Liczba rodzin EPT                           | <b>0,924</b> | <b>0,901</b> | <b>0,900</b> | <b>0,786</b> | <b>0,888</b> | <b>0,857</b> |
| Indeks różnorodności Shannona- Wienera (H') | <i>0,093</i> | <b>0,711</b> | <b>0,756</b> | <b>0,850</b> | <b>0,685</b> | <b>0,680</b> |

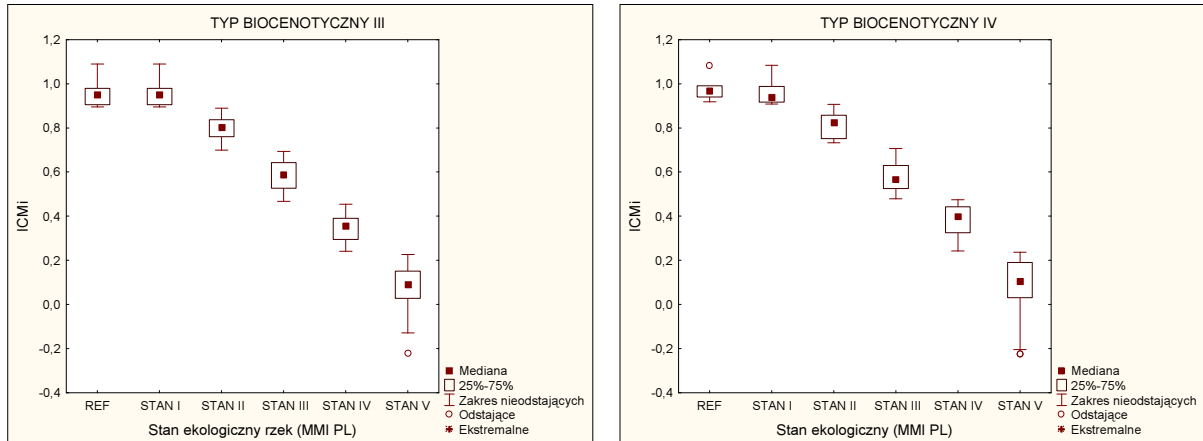
<sup>a</sup> Wartości współczynników korelacji zapisane pogrubioną czcionką są istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ), wartości zapisane kursywą są nieistotne statystycznie.

Zgodnie z wytycznymi Centralno-Bałtyckiej Geograficznej Grupy Interkalibracyjnej **dla wszystkich typów biocenotycznych rzek Polski do celów porównawczych wyznaczono granice klas jakości wód i określono rozkłady ich wartości**, posługując się Wielometrycznym Wskaźnikiem Interkalibracyjnym ICMi (Ryc. 33-35). **Wyznaczone granice klas pozwalają na klasyfikację każdego stanowiska pomiarowego (wykorzystywanego w analizie) i ocenę stanu jakościowego wód badanych rzek, jak również klasyfikację nowych stanowisk należących do danego typu biocenotycznego rzek.**

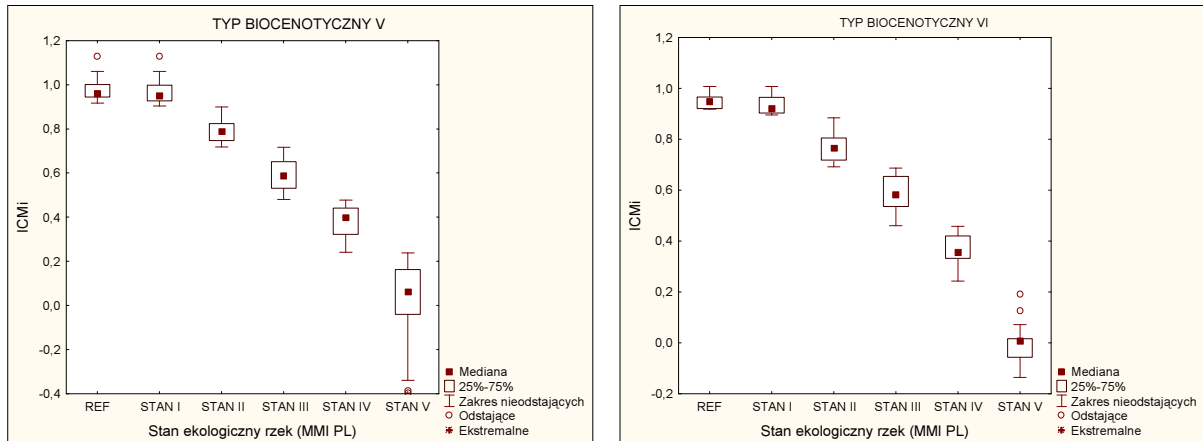
Ryciny 33-35 stanowią **graficzną prezentację granic klas jakości wód dla wszystkich VI typów biocenotycznych rzek wyodrębnionych w Polsce** (w danych pomiarowych z I typu biocenotycznego nie odnotowano stanowisk o złym stanie ekologicznym wód – Ryc. 33). W konsekwencji, wyznaczone granice klas oraz rozkłady ich wartości umożliwiają porównywanie stanu ogólnej degradacji wód pomiędzy rzekami różnego typu biocenotycznego.



Ryc. 33. Rozkład klas jakości wód dla I typu biocenotycznego rzek (potoki górskie tatrzańskie) oraz II typu biocenotycznego rzek (potoki sudeckie i rzeki wyżynne krzemianowe, zachodnie), w ocenie stanu ekologicznego rzek Polski za pomocą bezkręgowców wodnych, w odniesieniu do wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi (zawiera on wszystkie analizowane metryksy cząstkowe)



Ryc. 34. Rozkład klas jakości wód dla III typu biocenotycznego rzek (rzeki wyżynne węglanowe i krzemianowe, wschodnie) i dla IV typu biocenotycznego rzek (RC1 – małe rzeki nizinne), w ocenie stanu ekologicznego rzek Polski za pomocą bezkręgowców wodnych, w odniesieniu do wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi (zawiera on wszystkie analizowane metryki cząstkowe)



Ryc. 35. Rozkład klas jakości wód dla V typu biocenotycznego rzek (duże rzeki nizinne i rzeki przyujściowe) i dla VI typu biocenotycznego rzek (rzeki organiczne, bagienne i nizinne łączące jeziora), w ocenie stanu ekologicznego rzek Polski za pomocą bezkręgowców wodnych, w odniesieniu do wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi (zawiera on wszystkie analizowane metryki cząstkowe)

**Wartości Wielometrycznego Wskaźnika Interkalibracyjnego ICMi, wartości Polskiego Wielometrycznego Wskaźnika MMI PL oraz granice klas jakości wód wraz z rozkładem ich wartości, mogą zostać wykorzystane do bardziej zaawansowanych porównań wielowymiarowych w dalszych opracowaniach krajowych i międzynarodowych, związanych z procesem interkalibracji.**

## Aneks V. Sumaryczny Wskaźnik Jakości Wód BMWP\_PL – system punktacji dla rodzin makrobezkręgowców wodnych

Tab. 17. Sumaryczny Wskaźnik Jakości Wód BMWP\_PL – system punktacji dla rodzin makrobezkręgowców wodnych<sup>5</sup> zastosowany w wyliczeniach wartości wskaźnika ASPT (według Kownacki, Soszka, 2004)

| Sumaryczny Wskaźnik Jakości Wód<br>BMWP_PL |                  |    |
|--|------------------|----|
| 1  | Ameletidae       | 10 |
| 2  | Ancylidae        | 3  |
| 3  | Aphelocheiridae  | 7  |
| 4  | Asellidae        | 3  |
| 5  | Astacidae        | 8  |
| 6  | Athericidae      | 8  |
| 7  | Baetidae         | 6  |
| 8  | Beraeidae        | 10 |
| 9  | Behningiidae     | 9  |
| 10   | Bithyniidae      | 6  |
| 11   | Blephariceridae  | 10 |
| 12   | Brachycentridae  | 7  |
| 13   | Caenidae         | 7  |
| 14   | Calopterygidae   | 7  |
| 15   | Cambaridae       | 5  |
| 16   | Capniidae        | 8  |
| 17   | Ceratopogonidae  | 4  |
| 18   | Chironomidae     | 3  |
| 19   | Chloroperlidae   | 8  |
| 20   | Coenagrionidae   | 6  |
| 21   | Cordulegastridae | 9  |
| 22   | Corixidae        | 5  |
| 23   | Corophiidae      | 6  |
| 24   | Culicidae        | 2  |
| 25   | Dreissenidae     | 7  |
| 26   | Dytiscidae       | 5  |
| 27   | Ecnomidae        | 6  |
| 28   | Elmidae          | 7  |
| 29   | Empididae        | 6  |
| 30   | Ephemerellidae   | 7  |
| 31   | Ephemeridae      | 7  |
| 32   | Erpobdellidae    | 3  |
| 33   | Gammaridae       | 6  |
| 34   | Glossiphoniidae  | 3  |
| 35   | Glossosomatidae  | 10 |
| 36   | Goeridae         | 9  |
| 37   | Gomphidae        | 7  |
| 38   | Gyrinidae        | 5  |
| 39   | Haliplidae       | 5  |
| 40   | Heptageniidae    | 8  |

<sup>5</sup> W odniesieniu do wszystkich przedstawicieli rodziny Heptageniidae uwzględniono punktację równą 8, bez różnicowania rodzajów *Rhithrogena* i *Epeorus*. Przedstawiciele wyodrębnionej taksonomicznie rodziny Peditiidae są wliczani nadal do rodziny Limoniidae.

| <b>Sumaryczny Wskaźnik Jakości Wód<br/>BMWP_PL</b> |                   |            |
|--|-------------------|------------|
| 41   | Hirudinidae       | 3          |
| 42   | Hydrobiidae       | 5          |
| 43   | Hydrophilidae     | 5          |
| 44   | Hydropsychidae    | 5          |
| 45   | Hydroptilidae     | 6          |
| 46   | Lepidostomatidae  | 9          |
| 47   | Leptoceridae      | 10         |
| 48   | Leptophlebiidae   | 7          |
| 49   | Leuctridae        | 7          |
| 50   | Limnephilidae     | 7          |
| 51   | Limoniidae        | 6          |
| 52   | Lymnaeidae        | 3          |
| 53   | Mesoveliidae      | 5          |
| 54   | Molannidae        | 10         |
| 55   | Naucoridae        | 5          |
| 56   | Nemouridae        | 6          |
| 57   | Nepidae           | 5          |
| 58   | Neritidae         | 6          |
| 59   | Notonectidae      | 5          |
| 60   | Odontoceridae     | 10         |
| 61   | Oligochaeta       | 2          |
| 62   | Oligoneuriidae    | 8          |
| 63   | Perlidae          | 8          |
| 64   | Perlodidae        | 7          |
| 65   | Philopotamidae    | 8          |
| 66   | Physidae          | 3          |
| 67   | Piscicolidae      | 6          |
| 68   | Planorbidae       | 4          |
| 69   | Platycnemididae   | 6          |
| 70   | Pleidae           | 5          |
| 71   | Polycentropodidae | 6          |
| 72   | Potamanthidae     | 7          |
| 73   | Psychodidae       | 1          |
| 74   | Psychomyiidae     | 5          |
| 75   | Rhyacophilidae    | 7          |
| 76   | Sericostomatidae  | 7          |
| 77   | Sialidae          | 3          |
| 78   | Simuliidae        | 6          |
| 79   | Siphonuridae      | 7          |
| 80   | Sphaeriidae       | 4          |
| 81   | Syrphidae         | 1          |
| 82   | Thaumaleidae      | 10         |
| 83   | Taeniopterygidae  | 9          |
| 84   | Tipulidae         | 5          |
| 85   | Unionidae         | 7          |
| 86   | Valvatidae        | 4          |
| 87   | Veliidae          | 5          |
| 88   | Viviparidae       | 7          |
| <b><i>Łączna punktacja</i></b>                     |                   | <b>541</b> |



**Podziękowania:**

Autorzy chcieliby złożyć szczególne podziękowania Pietowi F. M. Verdonschot (Universiteit van Amsterdam i Alterra Wageningen UR) i Rebi C. Nijboer (Alterra Wageningen UR) za cenne wskazówki merytoryczne w trakcie opracowywania manuskryptu oraz wydatną pomoc w realizacji projektów związanych z wdrażaniem RDW w Polsce. Składamy serdeczne podziękowania Wouterowi van de Bund (EC, Directorate General Joint Research Centre), Richardowi K. Johnson (Swedish University of Agricultural Sciences, REFCOND CIS group) i Ralphowi T. Clarke (Bournemouth University) za pomoc metodyczną, szczególnie ważną w pracach dotyczących interkalibracji. Dziękujemy Stanisławowi Czachorowskiemu, który dokonał wnikliwej i krytycznej recenzji manuskryptu – dzięki temu opracowanie ogromnie zyskało merytorycznie i językowo. Pragniemy szczególnie serdecznie podziękować Pani Dyrektor Departamentu Monitoringu i Informacji Głównego Inspektoratu Środowiska Lucynie Dygas-Ciołkowskiej oraz Przemysławowi Gruszeckiemu i Piotrowi Pankowi za zaangażowanie i merytoryczne wsparcie.

## LITERATURA

---

1. Allan, J. D. 1998. *Ekologia wód płynących*. PWN, Warszawa, 451pp.
2. AMOEBA. 1991. W: Van Dijk, G.M., Marteijs, E.C.L. (eds.). *Ecological rehabilitation of the river Rhine, the Netherlands research summary report. 1988-1992. Report n<sup>o</sup>. 50.*
3. AQEM/STAR. 2003. *Manual for completing the AQEM/STAR site protocol (version 11/6/02).*
4. Armitage, P. D., Moss, Wright, J. F., Furse, M. T. 1983. *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrate over a wide range of unpolluted running-water sites. Wat. Res., 17: 333-347.*
5. Bajkiewicz-Grabowska, E., Mikulski, Z. 1993. *Hydrologia ogólna*, PWN, Warszawa, 287pp.
6. Barbour, M. T., Gerritsen, J., Griffith, G. E., Frydenborg, R., McCarron, E., White, J. S., Bastian, M. L. 1996. *A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. J. N. Am. Benthol. Soc., 15, 2: 185-211.*
7. Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J. B. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.*
8. Barbour, M. T., Plafkin, J. L., Bradley, B. P., Graves, C. G., Wieseeman, R. W. 1992. *Evaluation of EPA's rapid bioassessment benthic metrics: metric redundancy and variability among reference stream sites. Environmental Toxicology and Chemistry, 11: 437-449.*
9. Barbour, M. T., Stribling J. B., Karr, J. R. 1995. *The multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition. W: W.S.Davis, Simon, T.P. (eds), Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.*
10. Bennett, C., Kelly, M., Pardo, I., Owen, R. 2011. *Instruction Manual for Intercalibrating National System for Macroinvertebrates and Phytobenthos in the Central Baltic Geographic Intercalibration Group. EC, Version 3, 14pp.*
11. Birkett, J. W., Lester, J. N. 2003. *Endocrine disrupter in wastewater and sludge treatment process. Boca Raton: CRC Press LLC.*
12. Bis, B. 2002. *Ecological Integrity Assessment as a Strategic Component of Sustainable Water Management. W: Zalewski, M. (ed.), Guidelines For The Integrated Management of The Watershed – Phytotechnology and Ecohydrology. Chapter 9: 157-167, FIETC Freshwater Management Series – Issue 5, United Nations Environmental Programme – Division of Technology, Industry and Economics – International Environmental Centre (UNEP-DTIE-IETC), UNESCO-IHP, Osaga & Shiga Office, Japan.*
13. Bis, B. 2006. *Typology of Macroinvertebrate Community Responses Based on the Species Traits Analysis – Resilience and Resistance of Freshwater Ecosystems Against Human Impact. The ECOTRAITS: An interim report – Re-establishment Phase: Univ. Łódź (Poland): 2005-2006; The EC/INCO programme: ICA1-CT-2002-70020, 79pp.*
14. Bis, B. 2007a. *Metodyka reprezentatywnego poboru prób siedliskowych (MHS) zespołów fauny dennej z różnych typów wód oraz standardowych procedur laboratoryjnych dla celów monitoringu ekologicznego rzek zgodnego z założeniami Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE. Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Wyd. EXALL, Łódź.*
15. Bis, B. 2007b. *Metodyka standardowych procedur laboratoryjnych dla prób makrobezkręgowców wodnych dla celów monitoringu ekologicznego zgodnego z założeniami RDW. W: Bis, B. (red.). Metodyka reprezentatywnego poboru prób siedliskowych (MHS) zespołów fauny dennej z różnych typów wód oraz standardowych procedur laboratoryjnych dla celów monitoringu ekologicznego rzek zgodnego z założeniami Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE. Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Rozdział II: 3-16. Wyd. EXALL, Łódź.*
16. Bis, B. 2008. *Assessing the Ecological Status Assessment of Freshwaters. W: Voreadou C. (red.), Freshwater Ecosystems in Europe – An Educational Approach, Chapter 4: 56-69, Natural History Museum Of Crete, Selena Press, Heraklion, Greece.*
17. Bis, B. 2009. *Przewodnik metodyczny do przeprowadzenia oceny stanu ekologicznego i klasyfikacji rzek Polski na podstawie analiz zespołów makrobezkręgowców bentosowych, zgodnie z wytycznymi przewodnika REFCOND opracowanego w ramach wspólnej strategii wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej. Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki, 48pp.*

18. Bis, B. 2011. Ocena stanu ekologicznego rzek Polski na podstawie analiz zespołów makrobezkręgowców bentosowych, zgodnie z założeniami Ramowej Dyrektywy Wodnej. Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki, 53pp.
19. Bis, B., Usseglio-Polatera, P. 2004. STAR: Framework Method For Calibrating Different Biological Survey Results Against Ecological Quality Classification To Be Developed For The Water Framework Directive. DELIVERABLE N2 - Species Traits. EC: EVK1-CT-2001-000895; 145pp.
20. Bis, B., Wenikajtyś, M. 2007. Metodyka reprezentatywnego poboru prób siedliskowych (MHS) zespołów fauny dennej w wodach trudnodostępnych i dużych rzekach dla celów monitoringu ekologicznego zgodnego z założeniami RDW. W: Bis, B. (red.). Metodyka reprezentatywnego poboru prób siedliskowych (MHS) zespołów fauny dennej z różnych typów wód oraz standardowych procedur laboratoryjnych dla celów monitoringu ekologicznego rzek zgodnego z założeniami Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE. Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Rozdział V: 3-15, Wyd. EXALL, Łódź.
21. Bis, B., Zdanowicz, A., Zalewski, M. 2000. Effects of catchment properties on hydrochemistry, habitat complexity and invertebrate community structure in a lowland river. *Hydrobiologia*, 422/423: 369-387.
22. Błachuta, J. 2004. Charakterystyka wybranych typów rzek i potoków Polski. W: Materiały z Konferencji Naukowo-Technicznej: Typologia i warunki referencyjne wód powierzchniowych. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Bukowina Tatrzańska, 1-3 czerwca 2005.
23. Błachuta, J., Picińska-Fałtynowicz, J., Czocho, K., Kulesza, K. 2010. Abiotyczne typy wód płynących w Polsce. *Gospodarka Wodna*, 5: 181-191.
24. Böhmer, J., Rawer-Jost, C., Zenker, A. 2004. Multimetrics assessment of data provided by water managers from Germany: several different types of stressors with macrozoobenthos communities. *Hydrobiologia* 516: 215-228.
25. Buffagni, A., Erba, S., Birk, S., Cazzola, M., Feld, C., Ofenböck, T., Murray-Bligh, J., Furse, M. T., Clark, R. T., Hering, D., Soszka, H., v. d. Bund, W. 2005. Towards European Inter-calibration for the Water Framework Directive: Procedures and examples for different river types from the EC project STAR. 11th STAR deliverable. STAR Contract No: EVK1-CT 2001-00089. *Quad. Ist. Ric. Acque* 123, 468pp.
26. Buffagni, A., Erba, S., Cazzola, M., Kemp, J.K.L. 2004 The AQEM multimetrics system for the southern Italian Apennines: assessing the impact of water quality and habitat degradation on pool macroinvertebrates in Mediterranean rivers. *Hydrobiologia* 516: 313-329.
27. Bukowiec, T., Grela, J., Owsiany, M. 2006. Wybrane aspekty skalania jednolitych części wód powierzchniowych na potrzeby procesu planowania gospodarki wodnej w zlewni Sanu. W: Materiały konferencyjne z III Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Błękitny San” [21-22 kwietnia 2006], Dubiecko.
28. Butterworth, F. M., Gunatilaka, A., Gonsebatt, M. E. (2001). *Biomonitoring and Biomarkers as Indicators of Environmental Change 2*. Environmental Science Research, Vol.56, Plenum Press, 508pp.
29. Chandler, J. R. 1970. A biological approach to water quality management. *Wat. Pollut. Control*, London, 69: 415-422.
30. Chovanec, A., Hofer, R., Schimer, F. Fish as bioindicators. W: Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G. (red.). 2003. *Bioindicators & Biomonitoring. Principles, concepts and adaptations*. Elsevier, Amsterdam-Tokyo, 997pp.
31. Chovanec, A., Jäger, P., Jungwirth, M., Koller-Kreimel, V., Moog, O. 2000. The Austrian way of assessing the ecological integrity of running waters: a contribution to the EU Water Framework Directive. W: Jungwirth, M., Muhar, S., Schmutz S. (eds). 2000. *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters*. *Hydrobiologia* 422/423, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
32. Clarke, R., Davy-Bowker, J., Sandin, L., Friberg, N., Johnson, R. K., & Bis, B. 2006. Estimates and comparisons of the effects of sampling variation using 'national' macroinvertebrate sampling protocols on the precision of metrics used to assess ecological status. *Hydrobiologia*, 566, 1: 477-503.
33. Cummins K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, Vol. 18: 183-206.
34. Czocho, K., Kulesza, K. 2006. Warunki referencyjne specyficzne dla typów cieków w Polsce jako podstawa do prac nad oceną ekologicznego stanu wód płynących. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4, 3:25-36, PAN, Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi.
35. Decyzja Komisji Europejskiej 2013/480/UE, z dnia 20 września 2013 r. ustanawiająca, na podstawie dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, wartości liczbowe do celów

- klasyfikacji w systemach monitorowania państw członkowskich będące wynikiem ćwiczenia interkalibracyjnego i uchylająca decyzję 2008/915/WE.
36. Dolédec, S., Chessel, D. 1994. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology* 31: 277-294.
  37. Dolédec, S., Statzner, B. 2010. Responses of freshwater biota to human disturbances: contribution of J-NABS to developments in ecological integrity assessments. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 29, 1: 286-311.
  38. EN 16150:2012 Water quality – Guidance on pro-rata Multi-Habitat sampling of benthic invertebrates from wadeable rivers.
  39. EPA, Ohio 1988. Biological criteria for the protection of aquatic life. Ohio Environmental Protection Agency, Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Surface Water Section, Columbus, Ohio, USA.
  40. European Commission, 2003a. Guidance Document on Identification of water bodies: Horizontal guidance document on the application of the term "water body" in the context of the Water Framework Directive.
  41. European Commission, 2003b. Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. Produced by Working Group 2.3 (REFCOND) under the EU CIS.
  42. European Commission, 2003c. Towards a Guidance on Establishment of the Intercalibration Network and the Process on the Intercalibration Exercise. Produced by Working Group 2.5 – Intercalibration.
  43. European Commission, 2012. Plan ochrony zasobów wodnych Europy (A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources)(COM/2012/0673 final). Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów.
  44. Extence, C. A., Bates, A. J., Forbes, W.J., Barham, P. J. 1987. Biologically based water quality management. *Quality Rating System. Environ. Pollut.*, 45: 221-236.
  45. Feld, C. K., Hering, D. 2007. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology* 52: 1380-1399.
  46. Feld, Ch. K., Bis, B. 2003. Was ist der „ sehr gute ökologische Zustand“ nach EU-WRRL für mittelgroße Sandflüsse des Tieflands? (DEMARECO Project). W: Symposium Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), 6.2: 19-25.
  47. Fisher, R.A., Corbet, A.S., Williams, C.B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.* 12: 42-58.
  48. Flotemersch, J. E., Blocksom, K., Hutchens, J. J., Autrey, B. C. 2006. Development of a standardized large river bioassessment protocol (LR-BP) for macroinvertebrate assemblages. *River Res. Applic.* 22: 775-790.
  49. Fredrich, G. 1990. Eine Revision der Saprobien-systems. *Z. Wasser- Abwasser-Forsch.* 23, 141-152.
  50. Furse, M., Hering, D., Moog, O., Verdonschot, P., Sandin, L., Brabec, K., Gritzalis, K., Buffagni, A., Pinto, P., Friberg, N., Murray-Bligh, J., Kokes, J., Alber, R., Usseglio-Polatera, P., Haase, P., Sweeting, R., Bis, B., Szoszkiewicz, K., Soszka, H., Springe, G., Sporcka, F., Krno, I. 2006. The STAR project: context, objectives and approaches. *Hydrobiologia*, 566: 3-29.
  51. Gessner, M. O., Chauvet, E. 2002. A case for using litter breakdown to assess functional stream integrity. *Ecological Applications* 12: 498-510.
  52. Gore, J. A., La Point, T. W. 1988. The role of benthos in impact assessment. North American Benthological Society, Technical Information Workshop, Tuscaloosa, Alabama, 24pp.
  53. Haase, P., Lohse, S., Pauls, S., Schindehote, K., Sundermann, A., Rolaufts, P., Hering, D. 2004b. Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: development of a practical standardised protocol for macroinvertebrate sampling and sorting. *Limnologica* 34: 349-365.
  54. Haase, P., Pauls, S., Sundermann, A., Zenker, A. 2004a. Testing different sorting techniques in macroinvertebrate samples from running waters. *Limnologica* 34: 366-378.
  55. Hasse, P., Sundermann, A. 2004. Standardisierung der Erfassungs-und Auswertungsmethoden von Makrozoobenthos-untersuchungen in Fließgewässern. Förderkennzeichen: O 4.02.
  56. Hawkins, C. P., Olson, J. R., Hill, R. A. 2010. The reference condition: predicting benchmarks for ecological and water-quality assessments. *Journal of the North American Benthological Society* 29: 312-343.
  57. Hayslip, G. A., 1993. EPA Region 10 In-Stream Biological Monitoring Handbook (for Wadeable streams in the Pacific Northwest). EPA 910-9-92-013, U.S. Environmental Protection Agency – Region 10, Environmental Services Division, Seattle, Washington.
  58. Hellawell, J. M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. *Pollution Monitoring Series, Elsevier Applied Science, London*, 546pp.

59. Hering D, Buffagni A., Moog O., Sandin L., Sommerhau M, Stubauer I., Feld C., Johnson R., Pinto P., Skoulidakis N., Verdonschot P., Zahradkova S. 2003. The development of a system to assess the ecological quality of streams based on macroinvertebrates – design of the sampling programme within the AQEM project. *International Review of Hydrobiology* 88: 345-361.
60. Hering D., Moog O., Sandin L., Verdonschot P.F.M. 2004. Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia* 516: 1-20.
61. Hering, D., Johnson, R. K., Buffagni, A. 2006a. Linking organism groups – major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia*, 566, 1: 109-113.
62. Hering, D., Johnson, R. K., Kramm, S., Schmutz, S., Szoszkiewicz, K., Verdonschot, P. F. M. 2006b. Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress. *Freshwater Biology*, 51, 9, 1: 1757-1785.
63. Hering, D., Meier, C., Rawer-Jost, C., Feld, C. K., Biss, R., Zenker, A., Sundermann, A., Lohse, S., Böhmer, J. 2004. Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: selection of candidate metrics. *Limnologica* 34: 398-415.
64. Illies, J. (ed.) 1978.: *Limnofauna Europaea*. - G. Fischer.
65. IMPRESS – EC. 2002. Guidance for the analysis of Pressures and Impacts in accordance with the Water Framework Directive.
66. ISO 7828. 1985. Water quality – Methods of biological sampling – Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates.
67. Johnson, R. K., Hering, D., Furse, M. T., Clarke, K. E. 2006. Detection of ecological change using multiple organism groups: metrics and uncertainty. *Hydrobiologia* 566: 115-137.
68. Johnson, R. K., Hering, D., Furse, M., Verdonschot, P.F.M. 2006. Indicators of ecological change: comparison of the early response of four organism groups to stress gradients. *Hydrobiologia*, 566, 1: 139-152.
69. Johnson, R. K., Hering, D. 2009. Response of taxonomic groups in streams to gradients in resource and habitat characteristics. *Journal of Applied Ecology*, 46, 1: 175-186.
70. Jungwirth, M., Muhar, S., Schmutz, S. (eds). 2000. *Assessing of Ecological Integrity of Running Waters*. *Developments in Hydrobiology* 149, Kluwer AP, 487pp.
71. Karr, J., 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.
72. Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 66: 21-27.
73. Kelly, M. G. 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Res.* 32: 236-242.
74. Kerans, B. L., Karr, J. R. 1994. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecological Applications*, 4, 4: 768-785.
75. Knopp, H. 1955. Grundsatzliches zur Frage biologischer Vorflutersuchungen, erläutert an einem Gutelangsschnitt des Mains. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 22: 363-68.
76. Kolkwitz, R. 1950. *Oekologie der Saprobien*. Schriftenreihe, Des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 1-64.
77. Kolkwitz, R., Marsson, M. 1909. *Okologie der tierischen Saprobien*. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. *Int. Rev. Hydrobiol.* 2: 126-152.
78. Kondracki, J. 1998. *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa, 450pp.
79. Kownacki, A., Soszka, H. 2004. Wytoczne do oceny stanu rzek na podstawie makrobezkręgowców oraz pobieranie prób makrobezkręgowców w jeziorach. IOŚ, Warszawa.
80. Lange-Bertalot, H. 1994. Benthische Diatomeen – Gesselschaften in Zuge veränderter Wasserqualitäten im Rhein zwischen Ludwigshafen und Lorch von 1974 bis 1993. Diplomarbeit, Fachbereich Biologie der J.W. Goethe – Universität Frankfurt am Main, 1-157.
81. Lanz, K., Scheuer, S. 2001. *EU Water Policy under the Water Framework Directive*. 81pp. Brussels: EEB.
82. LAWA-Projekt O 4.02. 2006. *Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie [Stand Februar 2006]*, 108pp.
83. M6119-2. 2006. *Guidelines for the ecological study and assessment of rivers – Macrozoobenthos. Part 2: A Standardized Procedure for prorated Multi-Habitat-Sampling*.
84. Margalef, R. 1951. *Diversidad de especies en las comunidades naturales*. *Publnes. Inst. Biol. Apl.*, Barcelona, 6: 59-72.



85. Markert, B. A., Breure, A. M., Zechmeister, H. G. (eds.). 2003. Bioindicators & Biomonitors. Principles, concepts and adaptations. Elsevier, Amsterdam-Tokyo, 997pp.
86. McIntosh, R. P. 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology*, 48: 392-404.
87. Menhinik, E. F. 1964. A comparison of some species – individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45: 859-861.
88. Moog, O., Chovanec, A., Hinteregger, J., Römer, A. 1999. Austrian Guidelines for the assessment of the saprobiological water quality of rivers and streams (Richtlinie zur Bestimmung der saprobiologischen Gewässergüte von Fließgewässern)- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wasserwirtschaftskataster, Wien, 144pp.
89. Murray, N., Eisenreich, S., Heiskanen, A.S., van de Bund, W., Cardoso, A. C. 2002. Ecological Status Classification of Surface Waters – A Challenge for Implementation of the Water Framework Directive. SWAP Meeting. JRC European Commission.
90. Murray-Bligh, J. A. D. 1999. Procedures for collecting and analysing macro-invertebrate samples. Quality Management Systems for Environmental monitoring: Biological Techniques, BT001. (Version 2.0, 30 July 1999). Bristol (Environment Agency).
91. Nijboer, R. C., Verdonschot, P. F. M., Johnson, R. K., Sommerhäuser, M., Buffagni, A. 2004. Establishing reference conditions for European streams. W: Hering, D., Verdonschot, P.F.M., Moog, O., Sandin, L. (eds). *Integrated Assessment of Running Waters in Europe*, 1, 1: 91-105.
92. Ofenböck, T., Moog, O., Gerritsen, J., Barbour, M. 2004. A stressor specific multimetric approach for monitoring running waters in Austria using benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia* 516: 251-268.
93. ÖNORM, M6232: 1995. Saprobien Water Quality Assessment. Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern. österr. Normungsinstitut. Wien.
94. Pantle, R., Buck, H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Z. Wasser-Abwasser*, 96, 18: 604.
95. Pielou, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York, 286pp.
96. Pinto, P., Rosado, J., Morais, M., Anutes, I. 2004. Assessment methodology for southern siliceous basins in Portugal. *Hydrobiologia* 516: 191-214.
97. Plafkin, J. L., Barbour, M. T., Porter, S. K., Gross, S. K., Hughes, R. M. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. EPA 440-4-89-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. Washington, D.C.
98. Plafkin, J. L., Barbour, M. T., Porter, S. K., Gross, S. K., Hughes, R. M. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish, EPA 440-4-89-001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
99. PN-EN 16150:2012E. Jakość wody – Wytyczne do proporcjonalnego wielośrodowiskowego pobierania makrobezkręgowców z płytkich rzek. Polski Komitet Normalizacyjny.
100. RDW [Ramowa Dyrektywa Wodna] Water Framework Directive, 2000. Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy, 1997/0067(COD), C5-0347/2000, LEX 224, PE-CONS 3639/1/00, REV1.
101. Reynoldson, T. B., Norris, R. H., Resh, V. H., Day, K. E., Rosenberg, D. M. 1997. The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 16: 833-852.
102. Rosenberg, D. M., Resh, V. H. (Eds.) 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, London.
103. Rott, E., G. Hofmann, K. Pall, P. Pfister, Pipp. E. 1997. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil 1: Saprobielle Indikation. Wasserwirtschaftskataster. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Stubenring 1, 1010 Wien, Austria.
104. Shackelford, B., 1988. Rapid bioassessment of lotic macroinvertebrate communities: biocriteria development. Arkansas Department of Pollution Control and Ecology, Little rock, Arkansas.
105. Shannon, C. E., Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana, 19-107.
106. Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell Systems Tech. J.* 27: 379-656.
107. Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature Lond.* 163: 688pp.
108. Sladeczek, V. 1973. System of Water Quality from the Biological Point of View. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 7: 1-218.
109. STAR. 2003. Site Protocols. [www.eu-star.at](http://www.eu-star.at)

110. Statzner, B., Bis, B., Dolédec, S., Usseglio-Polatera, P. 2001. Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional diversity of invertebrate communities in European running waters. *Basic Appl. Ecol.* 2: 73-85.
111. Stoddard, J. L., Herlihy, A. T. D., Peck, V., Hughes, R. M., Whittier, T. R., Tarquinio, E. 2008. A process for creating multimetric indices for large-scale aquatic surveys. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 27: 878-891.
112. Stoddard, J. L., Larsen, D. P., Hawkins, C. P., Johnson, R. K., Norris, R. H. 2006. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition, *Ecological Applications* 16, 4: 1267-1276.
113. Tolkamp, H. H., Gardeniers, J. J. P. 1971. Hydrobiological survey of lowland streams in the Achterhoek (The Netherlands) by means of a system for the assessment of water quality and stream character based on macroinvertebrates. *Mitteilungen*, 41: 215-237, Inst. Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau, Technischen Universität Hannover.
114. Tuffery, G., Verneaux, J. 1968. Methode de determination de la qualite biologique des eaux courantes. Exploitation codifiee des inventaires de fauna du fond. Ministre de l'Agriculture (France), 23 pp.
115. Usseglio-Polatera, P., Bournaud, M., Richoux, P., Tachet, H. 2000a. Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. *Freshwater Biology* 43: 175-205.
116. Usseglio-Polatera, P., Bournaud, M., Richoux, P., Tachet, H. 2000b. Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: how to use species trait databases? *Hydrobiologia* 422/423: 173-181.
117. Van de Bund, W. 2009. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 1: Rivers. Joint Research Centre, EU 23838 EN/1, Luxemburg: Office for Official Publications of European Communities, 136pp.
118. Verdonschot, P. F. M. 2000. Integrated ecological assessment methods as a basis for sustainable catchment management. *Hydrobiologia*, 422/423: 389-412.
119. Vlek, H. E., Verdonschot, P. F. M., Nijboer, R. C. 2004. Towards a multimetric index for the assessment of Dutch streams using benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 516: 175-191.
120. Wenikajts, M., Feld, Ch. K., Bis, B. 2003. Die Bewertung mit der AQEM – Methode In Abhängigkeit von der Sortiermethode und Stichprobengröße. (DEMARECO Project). W: Symposium Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), 6.4: 1-5.
121. Woodwish, F. S. 1964. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chemistry & Industry*, 11: 443-447.
122. Wright, J.F., Sutcliffe, D.W., Furse, M. (eds.). 2000. Assessing The Biological Quality Of Fresh Waters: RIVPACS And Other Techniques pp. 1-24. Freshwater Biological Association, Ambleside, UK.
123. Zelinka, M., Marvan, P. 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57: 389-407.

