

# Metodika hodnotenia ekologického stavu tokov podľa fytobentosu na Slovensku

Daša Hlúbiková, Jarmila Makovinská

Národné referenčné laboratórium pre oblasť vôd na Slovensku  
Výskumný ústav vodného hospodárstva



# Fytobentos:

Nárustové spoločenstvo fotoautotrofných organizmov  
(rias a siníc), vláknitých húb a baktérií, rôznym spôsobom  
prichytených o podklad

## Fytobentos ako bioindikátor:

Riasové nárusty sa vyskytujú na akomkoľvek type substrátov (prirodzených aj umelých), vo všetkých typoch vôd a v celom pričnom aj pozdĺžnom profile tokov (Rott et al. 2003)

Na rozdiel od heterotrofných indikačných skupín reaguje priamo na prítomnosť nutrientov vo vode (Kelly & Whitton 1998)

## Negatíva:

Potreba spracovania živého materiálu

Náročná determinácia, taxonomicky neustálené skupiny

Chýbajúce údaje o autekológii a distribúcii druhov

Nutnosť používania kultivačných techník = opakovanie odberov

= vnášanie chýb do výsledku hodnotenia



## Požiadavky RSV (2000/60/ES) fytobentos

Základné ukazovatele referenčných podmienok a antropogénneho narušenia:

- Druhové zloženie
- Abundancia
- Prítomnosť bakteriálnych nárastov



REFCOND (2003) Výber ukazovateľa môže byť prispôsobený potrebám monitoringu

# Dostupné údaje

## Výsledky analýz bentických rozsievok

- ✓ z referenčných lokalít - jeseň 2003 (58)  
jar 2004 (62)
- ✓ z ovplyvnených lokalít - jar 2003 (157)  
jar 2004 (156)



## Chýbajúce údaje

- ✗ Údaje o výskyte ostatných nárastových skupinách rias
- ✗ Historické údaje



# Zvolené indikátorové skupiny fyto Bentosu

## Bentické rozsievky

- dominantná skupina
- determinovateľná
- morfologicky ustálená
- opísaná autekológia
- hodnotiace metriky (softvér)
- štandardizované metodiky odberu a analýz
- neobmedzený čas spracovania
- jednoduchá spätná kontrola správnosti
- používané ako reprezentatívna skupina vo všetkých štátoch EU okrem Rakúska a Nemecka

## Vláknité baktérie

- jasne definované v požiadavkách RSV a REFCOND
- jednoznačné indikátory rozkladných procesov

# Možnosti odvodenia referenčných podmienok prostredníctvom bentosových rozsievok a baktérií

## Bentosové rozsievky

Indikátor antropogénneho

zaťaženia:

hodnotiace metriky

Odvodenie hraníc

z údajov z referenčných lokalít

Modelovanie

## Vláknité baktérie

Indikátor antropogénneho

zaťaženia:

podiel vo fytobentose

Odvodenie hraníc:

Expertný odhad



# Bentosové rozsievky (požiadavky REFCOND Guidance (2003))

## Testovanie hodnotiacich metrik – indikátor zaťaženia

- **Relevantnosť**- metriky by mali správne odraziť bioindikračné reakcie taxónov
- **Výpovednosť (Redundancia)** - metriky by mali odrážať rôzne tlaky
- **Citlivosť** - metrika by mala odraziť rôzne stupne zaťaženia
- **Uplatniteľnosť** - vhodné je ak sa rovnaké metriky používajú aj v iných štátoch EÚ
- **Nízka variabilita** -ak hodnoty metrik varujú aj v dôsledku iných faktorov ako je antropogénne zaťaženie, táto variabilita by mala byť dostatočne opísaná
- **Spoľahlivosť** - metriky musia byť zvolené tak, aby bolo možné dokázať, že sú aj dostatočne presné

# Testované metriky – OMNIDIA ver. 4.1

13 európskych indexov

SLA (Sládeček 1986) „Saprobny index“

ROTT (Rott et al. 1997) „Saprobic index of Rott“

WAT (Watanabe 1982-90)

TDI (Kelly & Whitton, 1998) „Trophic diatom index“

EPI-D (Dell'Uomo 1999) „Diatom-based Eutrophication/Pollution Index“

L&M (Leclercq et Maquet 1987)

IPS (Coste in Cemagref 1982) „Indice de polluo-sensibilité“

DES (Descy 1979 -80)

IDAP (Artois Picardie Prygiel et al. 1995)

CEE (Descy & Coste 1990)

SHE (Steinberg et Shiefele 1988-91)

IBD (Lenoir & Coste 1996) „Biological Diatom Index“

IDG (Rumeau et Coste 1988) „Generic Index“



# Kritériá výberu metrík

Dostatočná rozlišovacia schopnosť

- Schopnosť odlíšiť referenčný stav od narušeného stavu
- Schopnosť odlíšiť všetky stupne degradácie vod.prostredia

Vzťah ku faktorom typológie (nadmorská výška, geológia)

Vzťah k vybraným stresorom prostredia

- **eutrofizácia**
- **organické znečistenie**
- **celkové znečistenie**

Korelácie s preddefinovanou triedou kvality

## Výsledky testovania- zvolené metriky

### **IPS (Coste in Cemagref 1982)** „Specific Pollution Sensitivity Index“

Maďarsko, Poľsko, Francúzsko, Belgicko, Fínsko, Švédsko, Portugalsko, Švédsko, Estónsko

### **CEE (Descy & Coste 1991)** „Descy & Coste Index“

Európsky index – frankofónne krajiny

### **EPI-D (Dell'Uomo et al. 1999)** „Diatom-based Eutrophication/Pollution Index“

Taliansko, Maďarsko, Španielsko, Portugalsko

# Odvodenie referenčných podmienok Výber relevantných typov

Relevantný deskriptor - nadmorská výška

Pre odvodenie typovo-špecifických referenčných podmienok a vytvorenie klasifikačnej schémy boli toky rozdelené do štyroch typov podľa kategórií nadmorskej výšky:

- Typ 1.** < 200 m.n.m. (všetky typy v nm < 200 )
- Typ 2.** 200-500 m.n.m (všetky typy v nm 200 - 500 )
- Typ 3.** 500-800 m.n.m. (všetky typy v nm 500-800)
- Typ 4.** > 800 m.n.m. (všetky typy v nm > 800 )

# Odvodené referenčné podmienky

## CEE

Typ	Referenčná hodnota	Hranica veľmi dobrý/dobry stav
150	13.90 modelovaná	12.40 odvodená
350	14.90 priemer ref. 2004	13.40 25. percentil z ref. 2004
650	16.20 priemer ref. 2004	15.10 25. percentil z ref. 2004
950	17.90 priemer ref. 2004	17.50 25. percentil z ref. 2004

## EPI-D

Typ	Referenčná hodnota	Hranica veľmi dobrý/dobry stav
150	13.80 modelovaná	12.40 odvodená
350	14.80 priemer ref. 2004	13.60 25. percentil z ref. 2004
650	16.30 priemer ref. 2004	15.50 25. percentil z ref. 2004
950	17.00 75. percentil z ref. 2004	16.45 25. percentil z ref. 2004

## IPS

Typ	Referenčná hodnota	Hranica veľmi dobrý/dobry stav
150	16.00 modelovaná	14.70 odvodená
350	16.50 priemer ref. 2004	15.70 25. percentil z ref. 2004
650	18.30 priemer ref. 2004	17.80 25. percentil z ref. 2004
900	18.90 priemer ref. 2004	18.55 25. percentil z ref. 2004

## Odvodenie klasifikačnej schémy

Hraničné hodnoty ostatné úrovne ekologického stavu:

odvodené z hraničných hodnôt veľmi dobrého/dobrého ekologického stavu v súlade s alternatívou B podľa REFCOND (2003 – Section 4, Toolbox 3)  
= t.j. úmerne podľa dopredu definovaných EQR hodnôt (1-0):

Veľmi dobrý stav:  $\geq 1.00 - 0.80$

Dobrý stav:  $0.80 - 0.60$

Priemerný stav:  $0.60 - 0.40$

Zlý:  $0.40 - 0.20$

Veľmi zlý:  $< 0.20$

# Klasifikačná schéma Minimálna hodnota – 3,2

CEE	Typ (mm)	H/G	G/M	M/P	P/B	REF	min
	150	12,40	10,10	7,80	5,50	13,90	3,2
	350	13,40	10,85	8,30	5,75	14,90	3,2
	650	15,10	12,13	9,15	6,18	16,20	3,2
	950	17,50	13,93	10,35	6,78	17,90	3,2

## EPI-D

Typ (mm)	H/G	G/M	M/P	P/B	REF	min
150	12,40	10,10	7,80	5,50	13,80	3,2
350	13,60	11,00	8,40	5,80	14,80	3,2
650	15,50	12,43	9,35	6,28	16,30	3,2
950	16,45	13,14	9,83	6,51	17,20	3,2

## IPS

Typ (mm)	H/G	G/M	M/P	P/B	REF	min
150	14,70	11,83	8,95	6,08	16,00	3,2
350	15,70	12,58	9,45	6,33	16,50	3,2
650	17,80	14,15	10,50	6,85	18,30	3,2
900	18,55	14,71	10,88	7,04	18,90	3,2

# Odvodenie EQR hodnôt

$$EQR = \frac{\text{zistená hodnota}}{REF \text{ hodnota}}$$

Rôzny rozptyl metrik



**metriky nie sú  
vzájomne  
porovnateľné**

- nevyhnutnosť klasifikačné schémy zosúladiť
- stanoviť jednotné hranice

## CEE

Typ (mm)	EQR H/G	EQR G/M	EQR M/P	EQR P/B
<b>150</b>	0.89	0.73	0.56	0.40
<b>350</b>	0.90	0.73	0.56	0.39
<b>650</b>	0.93	0.75	0.56	0.38
<b>950</b>	0.98	0.78	0.58	0.38

## EPI-D

Typ (mm)	EQR H/G	EQR G/M	EQR M/P	EQR P/B
<b>150</b>	0.90	0.73	0.57	0.40
<b>350</b>	0.92	0.74	0.57	0.39
<b>650</b>	0.95	0.76	0.57	0.38
<b>950</b>	0.96	0.76	0.57	0.38

## IPS

Typ (mm)	EQR H/G	EQR G/M	EQR M/P	EQR P/B
<b>150</b>	0.92	0.74	0.56	0.38
<b>350</b>	0.95	0.76	0.57	0.38
<b>650</b>	0.97	0.77	0.57	0.37
<b>950</b>	0.98	0.78	0.58	0.37



# Návrh vyhodnotenia celkového ekologického stavu prostredníctvom bentosových rozsievok

priemerovanie hodnôt = Systém priradenia skóre

1. Stanovenie ekologického stavu podľa každej metriky
2. Priradenie skóre

<b>Ekologický stav</b>	<b>Skóre</b>
veľmi dobrý	= 5
dobrá	= 4
priemerný	= 3
zlý	= 2
veľmi zlý	= 1

# Výpočet výslednej EQR

skóre CEE + skóre EPI-D + skóre IPS

$$EQR = \frac{\text{skóre CEE} + \text{skóre EPI-D} + \text{skóre IPS}}{\text{maximálna možná hodnota skóre}}$$

**Hraničné EQR** maximálna možná hodnota skóre

veľmi dobrý/dobry ekologický stav 0,9

dobry/priemerný ekologický stav

0,7

priemerný/zlý ekologický stav

0,5

zlý/veľmi zlý ekologický stav

0,3

**Napr.:**

IPS → veľmi dobrý stav → skóre 5

CEE → dobrý stav → skóre 4

EPI-D → dobrý stav → skóre 4

$$EQR = 4 + 5 + 4 / 15 = 0,866 \Rightarrow \text{dobry stav}$$

# Odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém prostredníctvom vláknitých baktérií

Požiadavky RSV (2000/ES/60), REFCOND (2003)

Veľmi dobrý stav	Dobrý stav	Priemerný stav
Nevyskytujú sa <b>žiadne bakteriálne nárasty</b> vyvolané ľudskou činnosťou	Spoločenstvo fytofotosyntetických organizmov nie je nepriaznivo ovplyvnené bakteriálnymi zhlukmi a povlakmi, vyskytujúcimi sa vo vode v dôsledku antropogénnej činnosti.  <b>Bakteriálne nárasty</b> spôsobené ľudskou činnosťou <b>sa môžu nachádzať</b> na spodnej strane substrátu, ale nie na ňom.	Fytobentos môže byť narušený a v niektorých oblastiach nahradený bakteriálnymi zhlukmi a povlakmi vyskytujúcimi sa vo vode v dôsledku antropogénnej činnosti.  <b>Bakteriálne nárasty sú viditeľné voľným okom</b> a prítomné na vrchnej strane substrátu. Nepokrývajú významnú časť substrátu (napr. menej ako 25%).

**Odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém prostredníctvom vláknitých baktérií**

***Navrhnutý postup odvodenia referenčných podmienok a hraničných hodnôt na základe vláknitých baktérií vyplýva zo stanovených definícií a opiera sa o spôsob vyhodnotenia nárastov podľa STN 75 7715.***

***Referenčné podmienky a klasifikačná schéma ekologického stavu tokov bola vytvorená na základe expertného odhadu.***

# Vyhodnotenie percentuálneho podielu baktérií vo fytobentose

slovne	% podiel	stupeň hojnosti	skóre	ekologický stav
vzácné	pod 1	1	5	veľmi dobrý
roztrúsene	1-10%	2	4	dobrá
bežne	10-25%	3	3	priemerný
hojne	26-40	4	2	zlý
masovo	nad 40	5	1	veľmi zlý

## Referenčné a hraničné hodnoty

Referenčný a veľmi dobrý stav

stupeň 1 na odhadovej stupnici.

Hraničné hodnoty

stupne 2-5 (5 veľmi zlý stav)

Stanovené referenčné podmienky a hraničné hodnoty klasifikačnej schémy sú pre všetky typy tokov rovnaké

# Stanovenie EQR hodnôt

## Princíp priradenia skóre:

- Stupeň 1 (pod 1%) = Skóre 5
- Stupeň 2 (1-10%) = Skóre 4
- Stupeň 3 (11-25%) = Skóre 3
- Stupeň 4 (26-40%) = Skóre 2
- Stupeň 5 (nad 40%) = Skóre 1

$$EQR = \frac{\text{zistená hodnota skóre}}{REF \text{ hodnota skóre}}$$

Napr.:

EQR = 4/5 = 0,8 = dobrý ekologický stav

## Hraničné EQR hodnoty pre:

veľmi dobrý/dobry ekologický stav 0,9

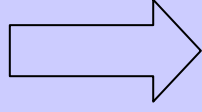
dobry/priemerny ekologický stav 0,7

priemerny/zly ekologický stav 0,5

zly/veľmi zly ekologický stav 0,3

**Stanovenie výsledného ekologického stavu  
prostredníctvom fytobentosu (rozsievok a  
baktérií)**

**Porovnanie EQR hodnôt**



**Pre stanovenie výsledného  
ekologického stavu bude určujúca  
horšia hodnota**



# Celkový spôsob hodnotenia

## Bentické rozsievky

3 metriky (CEE, IPS, EPID)

3 klasifikačné schémy (pre 4 kategórie nadmorskej výšky)

Výsledný stav – priemerná hodnota

## Bakteriálne nárasty

Hodnotenie založené na terénnych aj mikroskopických pozorovaniach:

Terénne pozorovania (stanovenie pokryvnosti)

Laboratórne analýzy – stanovenie percentuálneho podielu baktérií vo fytobentose

# Jednotlivé kroky hodnotenia

## Odber vzoriek

zvlášť rozsievky/baktérie

## Laboratórne spracovanie (mikroskopické analýzy)

zvlášť rozsievky/baktérie

## Vyhodnotenie (výpočet metrík, EQR)

zvlášť rozsievky/baktérie

## Stanovenie výsledného ekologického stavu

horšia hodnota

# Základné rozdiely v odbere a spracovaní vzoriek

## Rozsievky

Odber z jednotného substrátu

Transport fixovanej vzorky formalínom

Laboratórne

spracovanie a analýza (časovo neobmedzená)

## Baktérie

Odber z viacerých vhodných substrátov

Transport živej vzorky

Laboratórne

spracovanie vzorky do 48 hodín od odberu

# Bentické rozsievky

Odber v súlade s **STN EN 13946 : 2004**

**Odber z pevných (tvrdých) substrátov v stabilných podmienkach v eufotickej zóne v prúdnici**

**minimálne 5 valúnov (64 – 256 mm), resp. 10 krúhliakov minimálna plocha 10cm<sup>2</sup>**

**v prípade absencie pevných substrátov – odber z makrofýty, umelých povrchov**

**Fixácia vzoriek formaldehydom (výsledná koncentrácia 4 %)**

# Základné problémy

## Načasovanie odberov

15. apríl – 30. október – v skoršom termíne je štruktúra nárastov ovplyvnená nízkymi teplotami a výpovedná hodnota vzoriek je výrazne znížená

Zvýšené vodné stavy – vzorky neodoberať

## Absencia vhodného substrátu

neodoberať epipsamál resp. epipelón

Umelé vertikálne povrchy – zhotoviť odberovú aparatúru  
Aplikácia umelých substrátov :

Dlažobné kocky, kachličky, laná (konzultovať konkrétne odberové miesta a typ substrátu s NRL!!!)

## Prítomnosť vláknitých rias

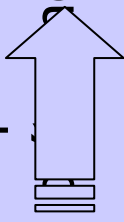
Vyhnúť sa substrátu s vláknitými riasami

Percento pokrývnosti substrátu vláknitými riasami zaznamenať do protokolu !!! (prípadne aj taxón resp. skupinu)

# Bakteriálne nárasty

## Odber

1. Vybavené zariadenia ktoré robia prvý nábeh úseku
2. (obdobie vzdelávacieho) bakteriálnych súborov priamo na odberanom úseku:  
Pred začiatím odberu:



→ je vhodné spracovať najmä nárastov  
- na vrchnej strane substrátu

% pokrývosti substrátu:  
do 25% (málo)  
25-50% (stredne)  
nad 50% (masovo)

## Výber substrátu:

Zhodnotiť zastúpenie substrátu na odberovom úseku

Zhodnotiť vhodnosť substrátu

- pevný substrát (drevo, kamene - 64-256mm)
- makrofyty
- epipelon a epipsamál odobrať len vo výnimočných prípadoch!!!

Stanoviť pokrývnosť substrátu nárastom

## Odber

Min. 10cm<sup>2</sup> z minimálne 5 miest na odberovom úseku

### Príklady:

#### **Výlučne pevný kamenný substrát:**

5 valúnov (možné odobrať súčasne s bentickými rozsievkami)

#### **Pevný substrát, piesok, bahno, makrofyty (1:1:1:1):**

3 valúny + 3 rovnako veľké plochy makrofýt

- Ak by bolo bahno porastené zreteľným nárastom:

2 valúny + 2 diely z bahna + 2 diely z makrofýt



# Bakteriálne nárasty

## Transport vzorky

Dôkladne vyznačiť, s akou presnosťou zásobou vzduchu

- Transport vzorky substrátu 48 hodín
- Zastúpenie substrátu na odberovom úseku
- Pokryvosť substrátu nárastami
- Zhodnotenie pokryvnosti bakteriálnymi nárastami

## Bentické rozsievky

V súlade s **STN EN 14407:2004**

Determinácia taxónov na najnižšiu možnú taxonomickú úroveň

Kvantifikácia stanovením relatívnej početnosti (počítanie 400 schránok)

## Vláknité baktérie

Stanovenie percentuálneho podielu v náraste – relatívny kvantitatívny údaj = relatívna početnosť

Spôsob stanovenia

Počítanie vhodne nariadenej resp. zahustenej vzorky na **Cyrusovej komôrke** ( = počet jedincov baktérií / počet všetkých prítomných taxónov)

Prepočet jedincov v niekoľkých zorných poliach

Odhad (pri homogénnych monotypických vzorkách)

# Vyhodnotenie výsledkov

## Bentické rozsievky

Výpočet metrík (IPS, EPID, CEE)

Ovodenie ekologického stavu pre každú metriku zvlášť a priradenie skóre

Stanovenie výslednej hodnoty EQR pre rozsievky

## Vláknité baktérie

Priradenie skóre (podľa stanoveného percentuálneho podielu)

Výpočet EQR pre rozsievky

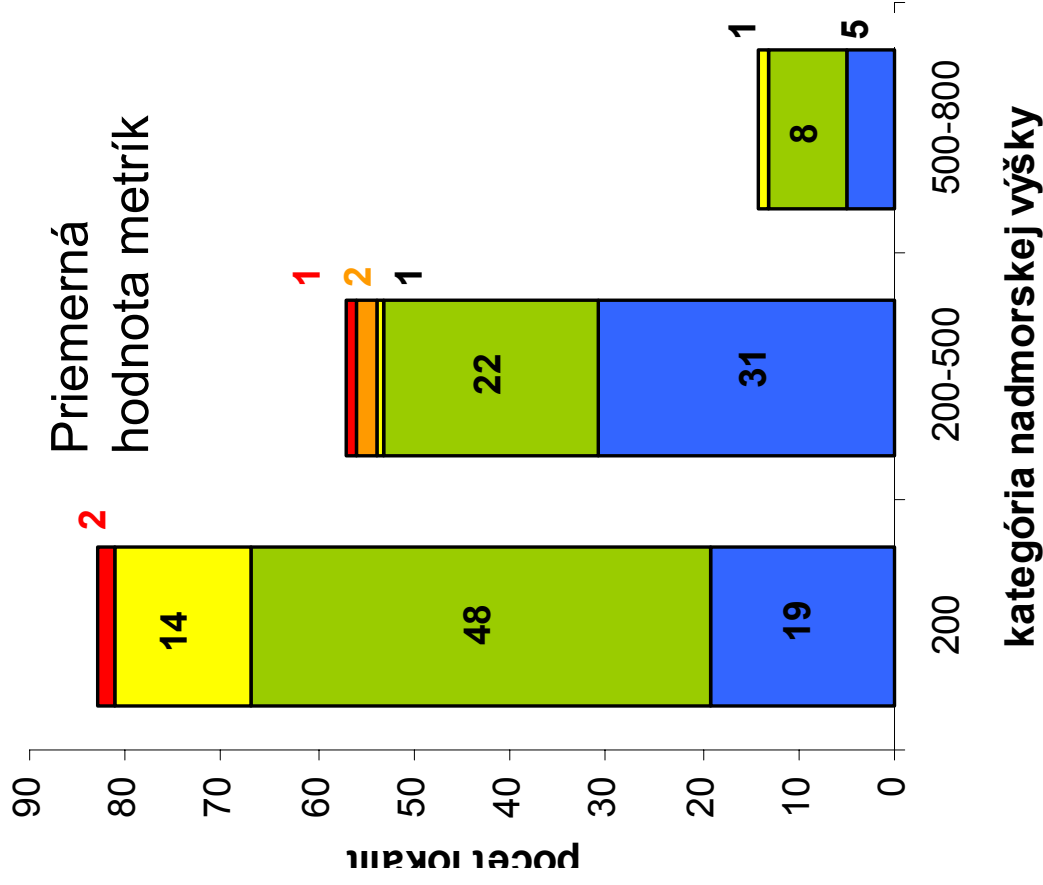
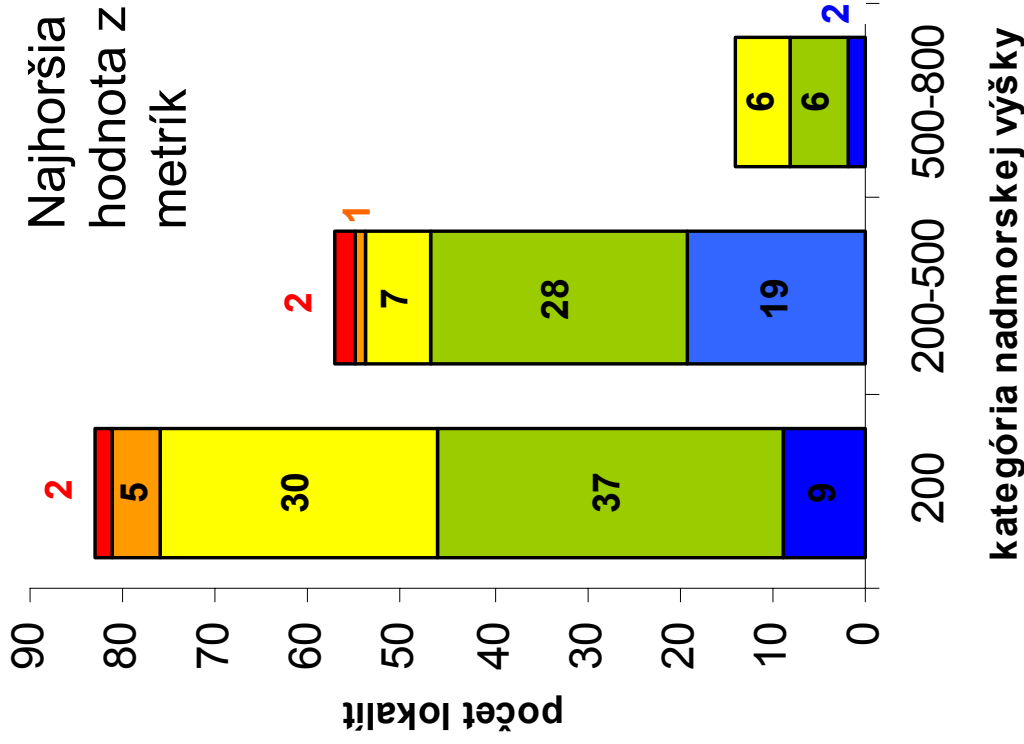
Porovnanie zistených EQR a stanovenie výsledného ekologického stavu na základe horšej hodnoty

# Aplikovanie hodnotiaceho systému

## Monitorovacie lokality 2004 (156 lokalít)

Ekologický stav	CEE	IPS	EPI-D	Najhoršia	Priemerná
veľmi dobrý	64	67	40	30	52
dobrý	68	61	70	71	75
priemerný	36	14	31	43	16
zlý	5	2	2	6	2
veľmi zlý	1	2	5	4	3

# Ekologický stav monitorovacích lokalít 2004



# Spôľahlivosť a podmienky hodnotenia

- Dostatok údajov (minimálne jarný a jesenný odber)
- Dostatočná výpovedná hodnota spoločenstva

## **Ovplyvnenie výpovednej hodnoty spoločenstva:**

Stabilita podmienok prostredia, extrémne hydrologické podmienky, charakter odobieraného substrátu, tienenie, biotické faktory (ožieranie, konkurenčné vzťahy)

# Posúdenie výpovednej hodnoty

## ? Posúdenie podmienok a kvality odberu

(Odoberal sa vhodný substrát? Bol nárast v stabilných podmienkach a ako dlho? Mohol byť odber vykonaný lepšie? Postupovalo sa presne v súlade s požiadavkami normy? Bol substrát zatienený? Bol nárast vizuálne detekovateľný?)

## ? Posúdenie hydrologických pomerov

(Aké boli prietokové pomery? Bol vodný stav zvýšený, znížený a ako dlho?)

## ? Posúdenie štruktúry spločenstva

Dominujú v náraste rozsievky? Nebolo vo vzorke vysoké percento prázdnych schránok? Dominujú v spoločenstve druhy so širokou ekologickou valenciou – sú pre hodnotenie spoľahlivé? Sú dominantné taxóny správne determinované?



# Posúdenie výpovednej hodnoty

- 👉 Pokiaľ sa stanoví, že spoločenstvo **nemá dostatočnú výpovednú hodnotu**, musí byť z finálneho hodnotenia **vylúčené**
- 👉 Výsledný ekologický stav sa stanoví ako **priemerná hodnota zo spoľahlivých výsledkov** (napr. jarný a jesenný odber)

# Ďakujeme za pozornosť

