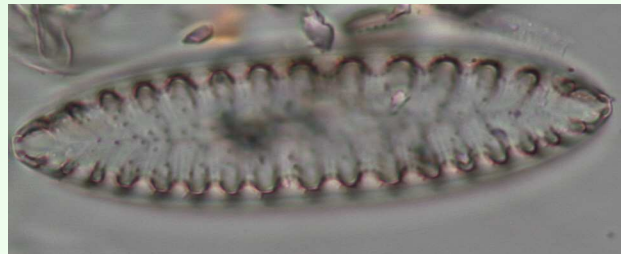


Hodnotenie ekologického stavu tokov Slovenska prostredníctvom fytobentosu



Dana Fidlerová¹ & Daša Hlúbiková²

¹Výskumný ústav vodného hospodárstva, Národné referenčné laboratórium pre oblasť vôd na Slovensku, e-mail: fidlerova@vuvh.sk

²Public Research Centre - Gabriel Lippmann, Department of Environment and Agro-Biotechnologies (EVA)

Požiadavky RSV (2000/60/ES) FYTOBENTOS

Základné ukazovatele referenčných podmienok a antropogénneho narušenia:

- druhové zloženie
- abundancia
- prítomnosť bakteriálnych nárastov

Chýbajúce údaje

- údaje o výskyte ostatných nárastových skupinách rias
- historické údaje

REFCOND (2003) Výber ukazovateľa môže byť prispôbený potrebám monitoringu

Zvolené indikátorové skupiny fyto-bentosu

Bentické rozsievky

- dominantná skupina fyto-bentosu
- jasné a stabilné morfológické znaky
- úzka veľkostná škála
- krátky generačný čas a vysoká frekvencia delenia
- štandardizované metódy odberu a spracovania vzoriek
- opísaná autekológia
- dostupnosť hodnotiacich metrík (Omnidia)

Vláknité baktérie

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

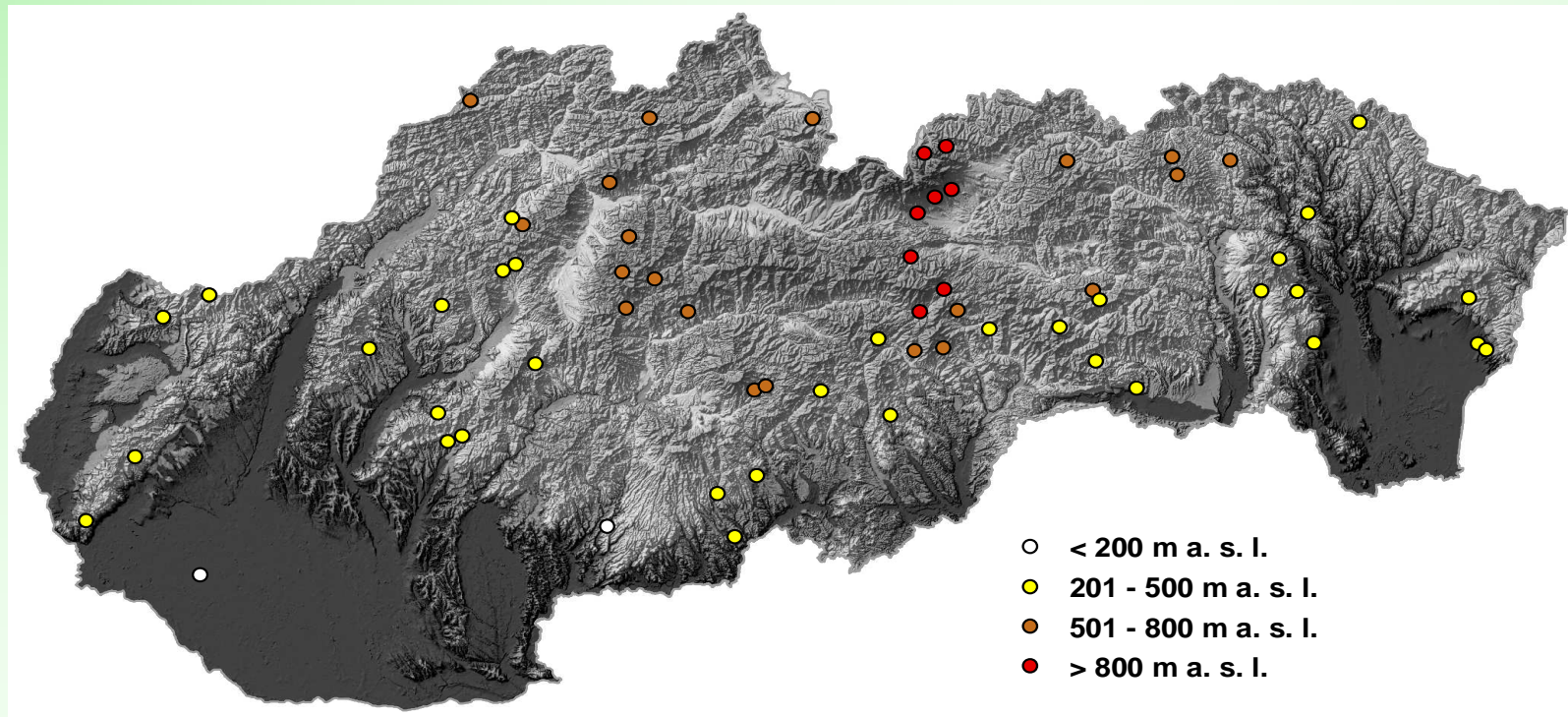


dva samostatné hodnotiace moduly

Monitoring bentických rozsievok:

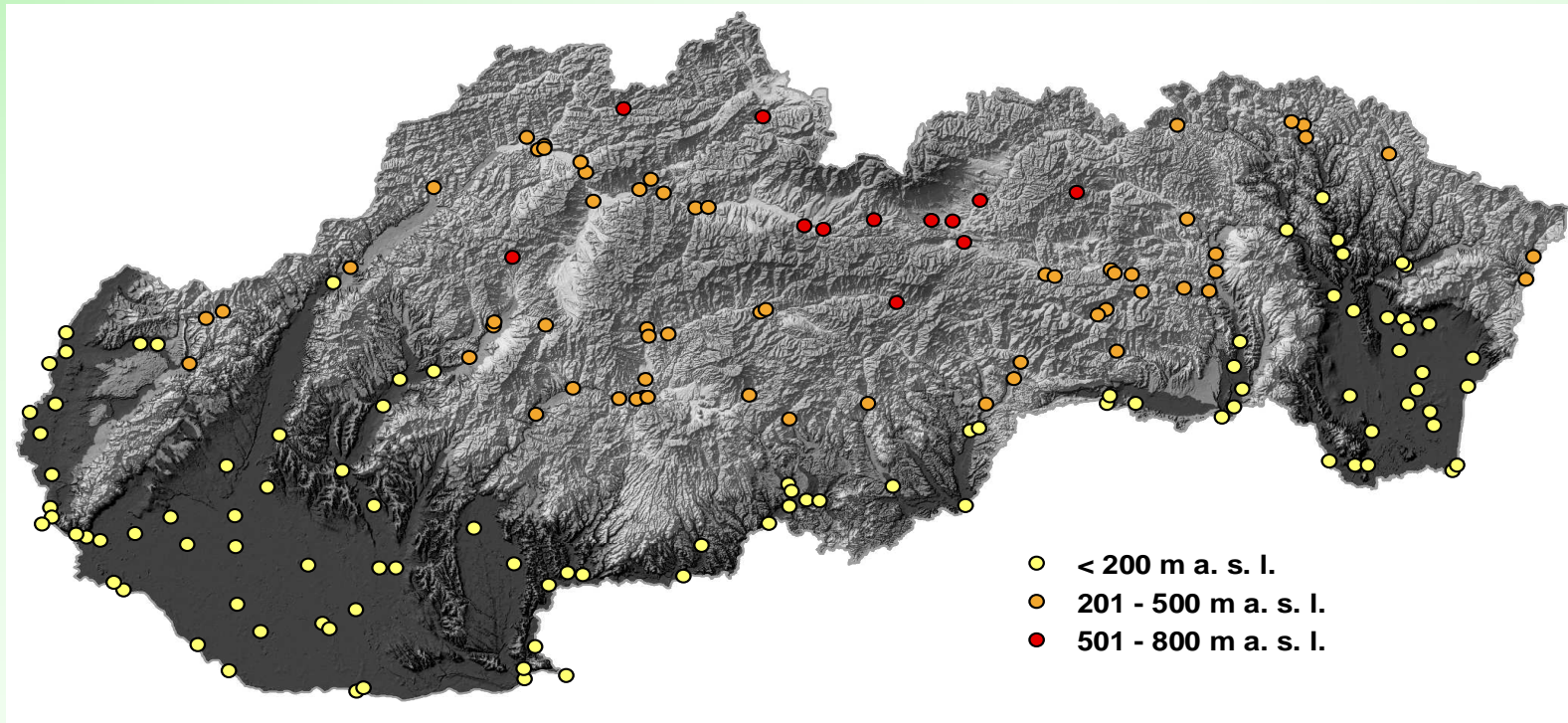
Referenčné lokality

- nenarušené ľudskou činnosťou resp. len minimálne ovplyvnené



Antropogénne ovplyvnené lokality

- rôzny stupeň ovplyvnenia ľudskou činnosťou a znečistenia vody
- predstavujú celý gradient znečistenia tokov Slovenska



Modul bentické rozsievky:

- *odvodenie referenčných podmienok:* **1. odvodenie z referenčných lokalít**
2. modelovanie

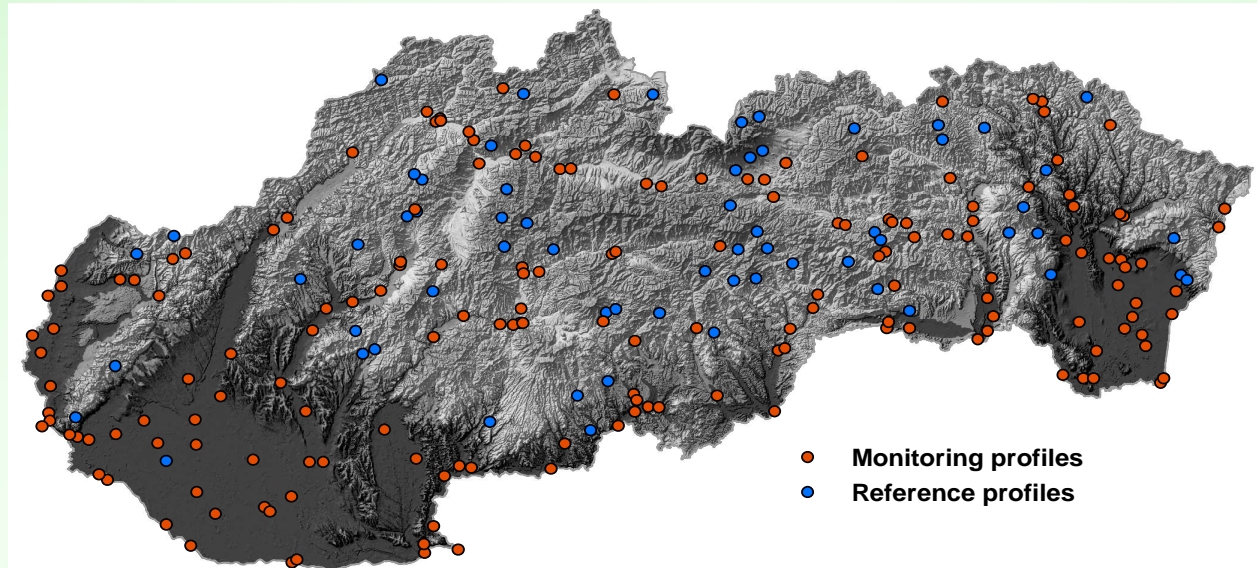
Zdroje údajov - od r. 2003

Referenčné lokality:

- 60 lokalít
- dve sezóny – jar a jeseň

Ovplyvnené lokality:

- 158 lokalít
- jedna sezóna – jar



EN 13946: 2003. Kvalita vody. Pokyny na rutinný odber a predúpravu vzoriek bentických rozsievok z riek.

EN 14407: 2004. Kvalita vody. Pokyny na identifikáciu, stanovenie a interpretáciu vzoriek bentických rozsievok z tečúcich vôd.

Testované indexy

OMNIDIA 4.1 (Lecointe et al. 1993)

- SLA (Sládeček 1986) „Sapróbny 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

❖ **Rozlišovacia schopnosť**

1. schopnosť odlíšiť referenčný stav od narušeného stavu
2. schopnosť odlíšiť všetky stupne degradácie vodného prostredia

❖ **Vzt'ah k faktorom typológie** (nadm. výška, plocha povodia, geológia)

❖ **Vzt'ah k vybraným stresorom prostredia**

- eutrofizácia
- organické znečistenie
- celkové znečistenie
- parametre antropogénneho vplyvu (využívanie krajiny, hydromorfologické zmeny)

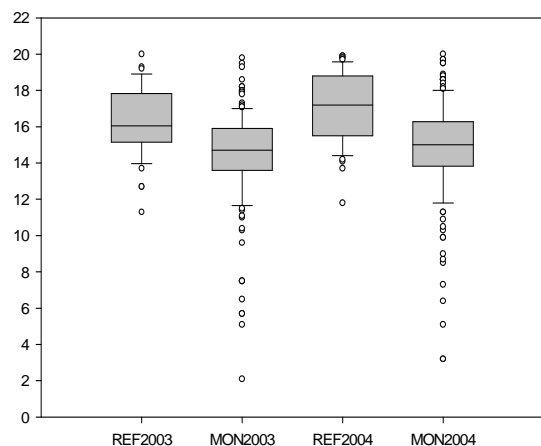
❖ **Korelácie s preddefinovanou triedou kvality**

Výsledky testovania: detekcia tlakov a dopadov

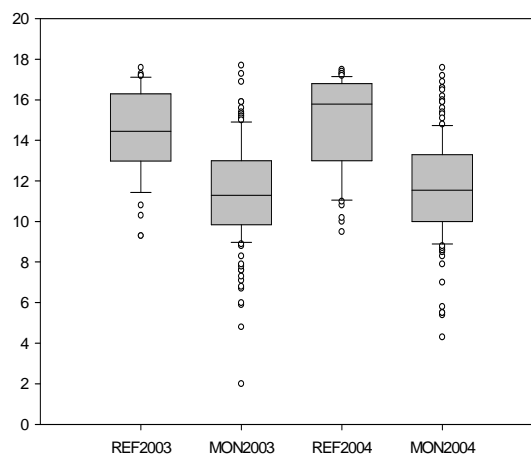
Odlíšenie referenčného stavu od ovplyvneného stavu

- na základe t-testu všetky indexy okrem indexu DESCY vykázali signifikantný rozdiel medzi referenčnými a ovplyvnenými lokalitami
- najvýznamnejšie rozdiely medzi referenčnými a ovplyvnenými lokalitami sa potvrdili pomocou indexov IPS, EPI-D a CEE

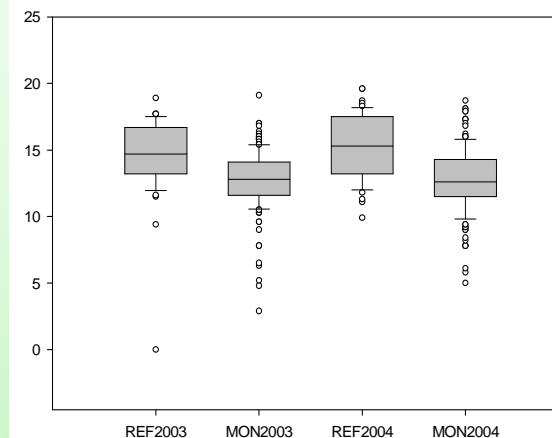
IPS



EPI-D



CEE

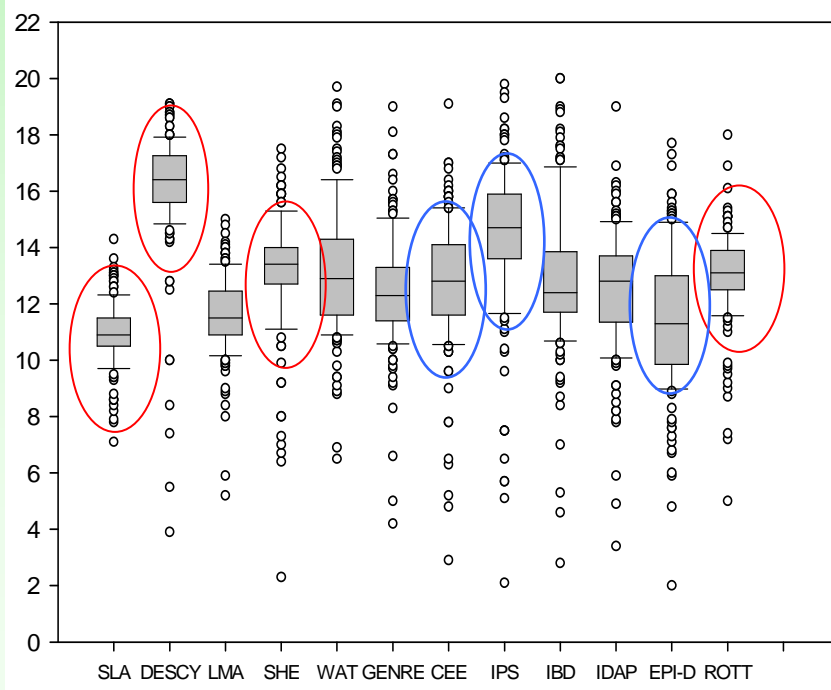


Výsledky testovania: detekcia tlakov a dopadov

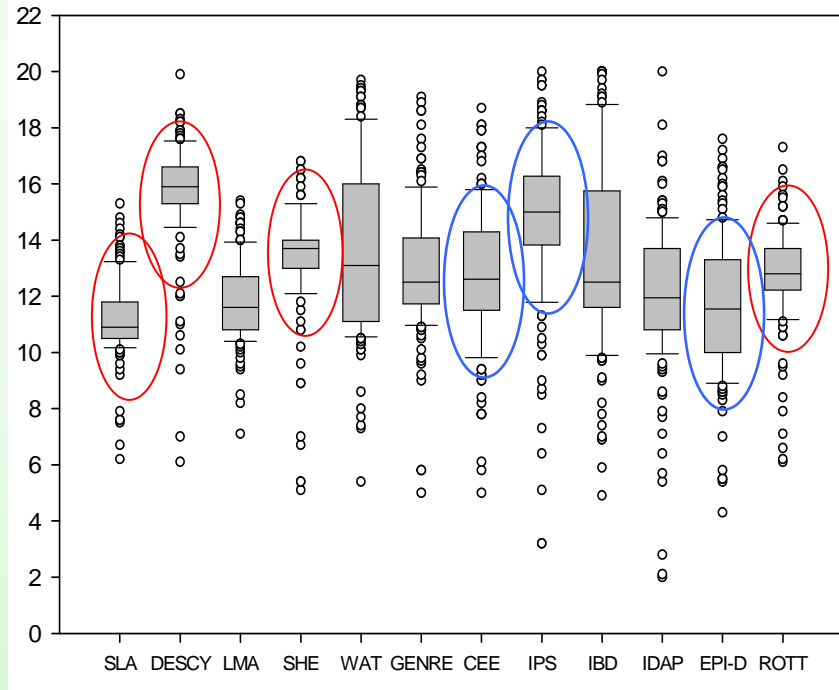
Schopnosť metrík odraziť rôzne stupne znečistenia

- celkovo nízky rozptyl hodnôt metrík v ovplyvnených lokalitách s rôznym stupňom znečistenia bol zaznamenaný pri indexoch SLA, DESCY, SHE a ROTT

jar 2003
(157 ovplyvnených lokalít)



jar 2004
(155 ovplyvnených lokalít)

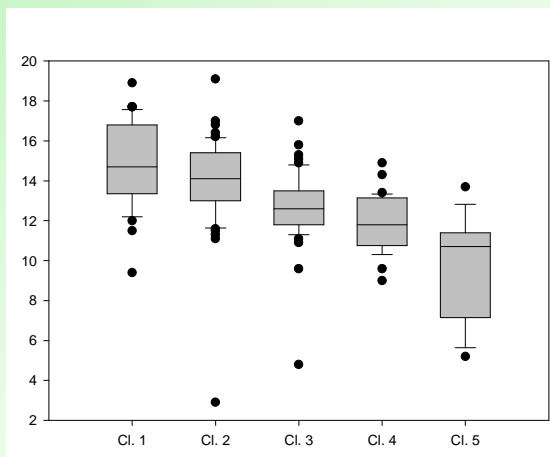


Výsledky testovania: detekcia tlakov a dopadov

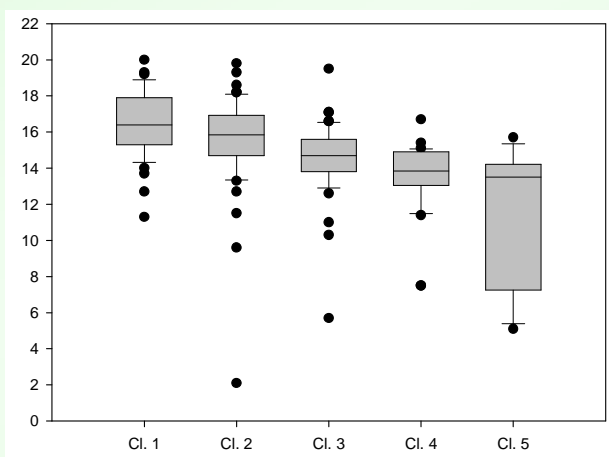
Distribúcia hodnôt indexov v preddefinovaných triedach kvality

- predklasifikácia tokov z roku 2003 na základe 3 skupín prvkov kvality – nutrienty, kyslíkový režim a základné fyzikálno-chemické parametre
- zmenu stupňa znečistenia dokázali najlepšie odraziť indexy EPI-D, IPS a CEE
- hodnoty indexov úmerne klesali so zhoršujúcou sa predklasifikovanou triedou kvality

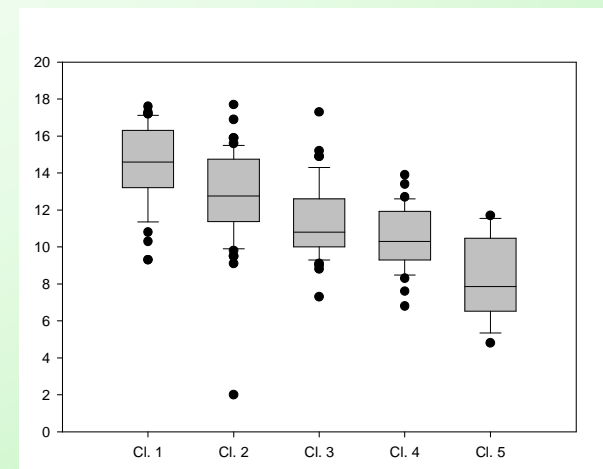
EPI-D



IPS



CEE



1. Trieda (n= 60)
2. Trieda (n= 54)
3. Trieda (n= 55)
4. Trieda (n= 33)
5. Trieda (n=14)

Výsledky testovania: detekcia tlakov a dopadov

Korelácie s ukazovateľmi antropogénneho narušenia



Chemické ukazovatele

- BSK₅
- nutrienty (celk. P, N)



% poľnohospodárstva



% urbanizácie



Hydromorfológia (HMQS)

Spearmanove korelačné koeficienty medzi hodnotami vybraných metrík a ukazovateľmi antropogénneho narušenia

Index	BSK ₅ (N=123)	celk. P (N=122)	celk. N (N=80)	% poľnoh. (N=129)	% urban. (N=129)	HMQS (N=137)
LMA	-.441**	-.468**	-.507**	-.302**	-.286**	-.113
SLA	-.457**	-.434**	-.499**	-.411**	-.330**	-.086
CEE	-.513**	-.604**	-.607**	-.461**	-.405**	-.204*
IPS	-.429**	-.519**	-.473**	-.469**	-.444**	-.263**
IDAP	-.467**	-.561**	-.548**	-.367**	-.289**	-.127
EPI-D	-.520**	-.611**	-.616**	-.444**	-.441**	-.178*
ROTT	-.363**	-.317**	-.283**	-.234**	-.246**	-.112

** korelácia signifikantná na úrovni 0.01

* korelácia signifikantná na úrovni 0.05

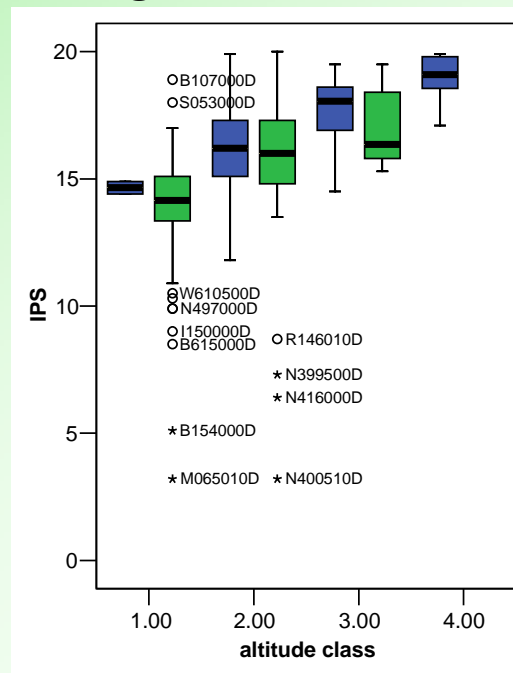
Výsledky testovania: typovo-špecifická variabilita metrick

Korelácie s typovo-špecifickými deskriptormi prostredia (typologické kritériá)

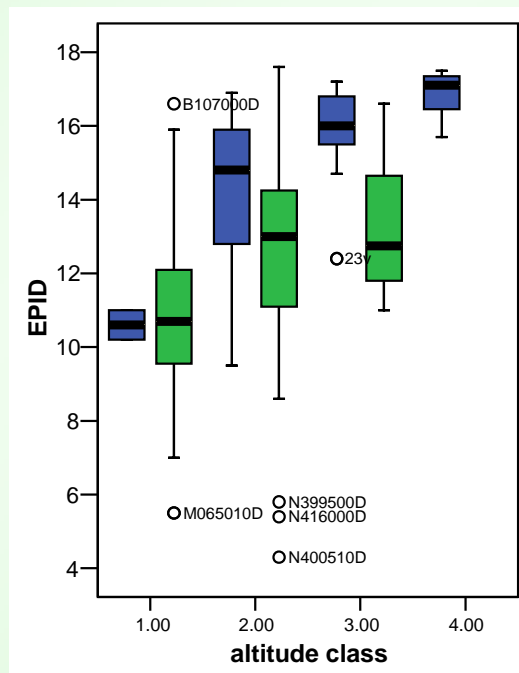
- všetky 3 metriky odrážajú prirodzený gradient zmeny podmienok prostredia v súvislosti so zmenou nadmorskej výšky

Rozptyl hodnôt metrick v referenčných a oplyvnených lokalitách v rôznych kategóriách nadmorskej výšky

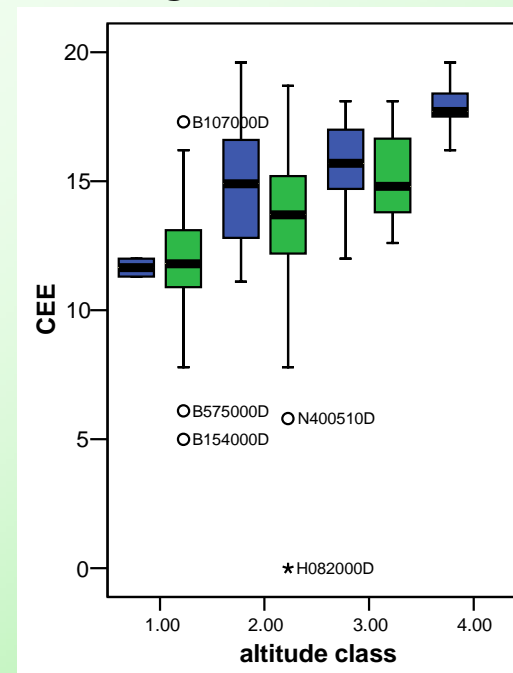
IPS



EPI-D



CEE



- referenčné lokality

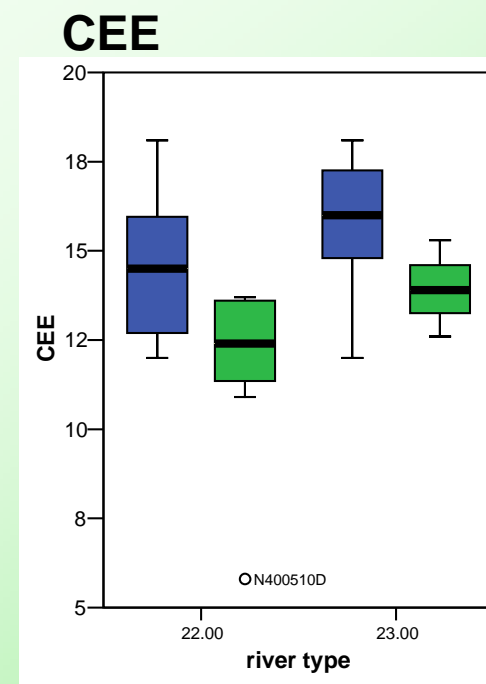
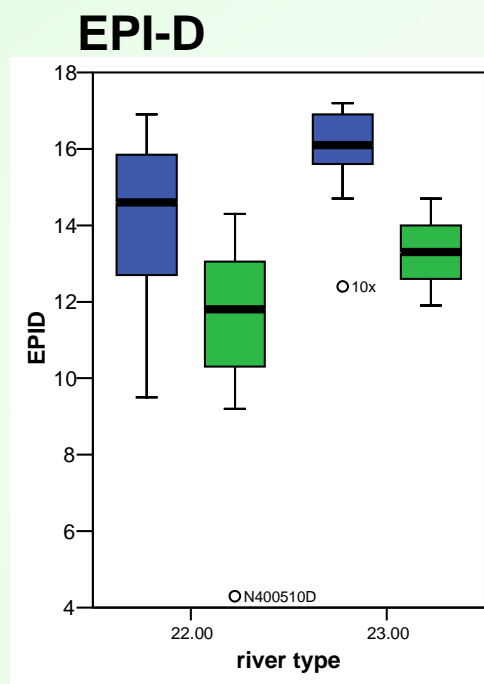
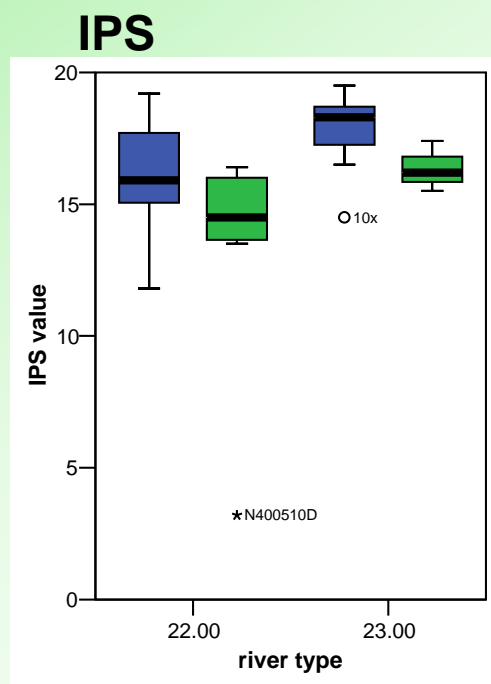
- monitorovacie lokality

Výsledky testovania: typovo-špecifická variabilita metrick

Korelácie s typovo-špecifickými deskriptormi prostredia (typologické kritériá)

- v najlepšie zastúpených typoch K2M a K3M sa hodnoty indexov v referenčných a ovplyvnených lokalitách významne odlišovali – vysoká rozlišovacia schopnosť metrick

Odlíšenie hodnôt metrick v referenčných a ovplyvnených lokalitách v type K2M a K3M



- referenčné lokality
- monitorovacie lokality

- typ K2M (200-500 m n. m., 10-100 km²)
- typ K3M (500-800 m n. m., 10-100 km²)

Výsledky testovania – vybrané metriky

-klasifikačná schéma na hodnotenie ekologického stavu tokov Slovenska bola vytvorená na základe týchto 3 indexov:

Indexy celkového znečistenia

- **IPS (Coste in Cemagref 1982)** „Specific Pollution Sensitivity Index“
- Maďarsko, Poľsko, Francúzsko, Belgicko, Fínsko, Švédsko
- **CEE (Descy & Coste 1991)** „Descy & Coste Index“
- Európsky index – frankofónne krajiny

Trofický index

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

- metriky splnili všetky stanovené kritériá
- odrážajú rôzny typ a intenzitu znečistenia
- korelujú s hodnotami vybraných ukazovateľov antropogénneho narušenia
- ich prirodzená variabilita koreluje s typologickými kritériami (nadm. výška)

Odvodenie referenčných podmienok Zadefinovanie typovo-špecifických deskriptorov

- relevantný deskriptor typológie - **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.
 - **Typ 2.** 200-500 m.n.m
 - **Typ 3.** 500-800 m.n.m.
 - **Typ 4.** > 800 m.n.m.

Modelovanie vzťahu metrík k pôsobiacim environmentálnym premenným

- 3 vybrané metriky - lineárny vzťah k nadm. výške a ukazovateľom antropogénneho narušenia
- absencie údajov z určitého typu tokov - referenčné hodnoty odvodené modelovaním
- model lineárnej regresie - výsledky z antropogénne ovplyvnených lokalít

**Súčasť modelu - významné typologické faktory (nadm.výška)
- významné ukazovatele antropogénneho narušenia**

$$\text{IPS} = 15.821 + 0.005(\text{nadm.v.}) - 0.491(\text{HMQS}) - 0.025(\text{agriurban}) \quad (R^2=0,366)$$

$$\text{CEE} = 13.187 + 0.005(\text{nadm.v.}) - 0.043(\text{agriurban}) \quad (R^2=0.412)$$

$$\text{EPI-D} = 12.924 + 0.006(\text{nadm.v.}) - 0.031(\text{agriurban}) \quad (R^2=0.444)$$

- R^2 je regresný koeficient, $R \cdot 100$ predstavuje % variability dát interpretovateľné modelom

- hladiny významnosti (p): p (nadm. výška) = 0,000; p (HMQS) = 0.038; p (agriurban) = 0.036

Dosadené hodnoty:

nadm. výška = stredná hodnota; agriurban = 0; HMQS = 1

Odvodenie referenčných podmienok a hraníc veľmi dobrého a dobrého ekologického stavu

Posudzované alternatívy

- Priemer z hodnôt metrík v referenčných lokalitách
 - Medián z hodnôt metrík v referenčných lokalitách
 - 75. percentil z hodnôt metrík v referenčných lokalitách
 - 25. percentil z hodnôt metrík v referenčných lokalitách
 - 10. percentil z hodnôt metrík v referenčných lokalitách
 - 75. percentil z hodnôt metrík v ovplyvnených lokalitách
 - Referenčná hodnota odvodená lineárnou regresiou z ovplyvnených lokalít
-
- vhodná alternatíva - porovnanie reálnych hodnôt metrík s hodnotami získanými pomocou lineárnej regresie
 - každá alternatíva bola v procese testovania použitá na odvodenie referenčných a hraničných hodnôt
 - výsledky boli porovnané s reálnymi hodnotami metrík z referenčných a ovplyvnených lokalít a predklasifikovanými triedami kvality

Výsledné referenčné hodnoty a hraničné hodnoty medzi veľmi dobrým a dobrým ekologickým stavom pre jednotlivé metriky a kategórie nadmorskej výšky

CEE				
Typ	Referenčná hodnota		Hranica veľmi dobrý/dobrý 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/dobrý 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/dobrý 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 ostatných úrovní 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**

Hraničné hodnoty ekologického stavu

Klasifikačné schéma: 4 relevantné typy, 3 metriky

CEE						
Typ (mm)	H/G	G/M	M/P	P/B	REF	min
1. <200	12,40	10,10	7,80	5,50	13,90	3,2
2. 200-500	13,40	10,85	8,30	5,75	14,90	3,2
3. 500-800	15,10	12,13	9,15	6,18	16,20	3,2
4. >800	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
1. <200	12,40	10,10	7,80	5,50	13,80	3,2
2. 200-500	13,60	11,00	8,40	5,80	14,80	3,2
3. 500-800	15,50	12,43	9,35	6,28	16,30	3,2
4. >800	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
1. <200	14,70	11,83	8,95	6,08	16,00	3,2
2. 200-500	15,70	12,58	9,45	6,33	16,50	3,2
3. 500-800	17,80	14,15	10,50	6,85	18,30	3,2
4. >800	18,55	14,71	10,88	7,04	18,90	3,2

H/G - high/good (veľmi dobrý/dobrý)

G/M - good/moderate (dobrý/priemerný)

M/P - moderate/poor (priemerný/zlý)

P/B - poor/bad (zlý/veľmi zlý)

REF- reference value (referenčná hodnota)

Min - minimal value (minimálna hodnota)

Odvozenie EQR hodnôt

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

Rôzny rozptyl metrík

→ 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
<200	0,89	0,73	0,56	0,40
200-500	0,90	0,73	0,56	0,39
500-800	0,93	0,75	0,56	0,38
>800	0,98	0,78	0,58	0,38

EPI-D				
Typ (mm)	EQR H/G	EQR G/M	EQR M/P	EQR P/B
<200	0,90	0,73	0,57	0,40
200-500	0,92	0,74	0,57	0,39
500-800	0,95	0,76	0,57	0,38
>800	0,96	0,76	0,57	0,38

IPS				
Typ (mm)	EQR H/G	EQR G/M	EQR M/P	EQR P/B
<200	0,92	0,74	0,56	0,38
200-500	0,95	0,76	0,57	0,38
500-800	0,97	0,77	0,57	0,37
>800	0,98	0,78	0,58	0,37

Kalkulácia EQR

Priemerovanie hodnôt = system priradenia skóre

1. stanovenie ekologického stavu podľa každej metriky osobitne
2. priradenie skóre

Skórovací systém

Ekologický stav		Skóre
veľmi dobrý	=	5
dobrá	=	4
priemerný	=	3
zlý	=	2
veľmi zlý	=	1

Napr.

CEE → dobrý → skóre 4

EPID → dobrý → skóre 4

IPS → veľmi dobrý → skóre 5

EQR = $4+5+4/15 = 0.866 \Rightarrow$ **dobrá**

$$\text{EQR} = \frac{\text{CEE skóre} + \text{EPI-D skóre} + \text{IPS skóre}}{\text{maximálna možná hodnota skóre (15)}}$$

Hraničné hodnoty EQR:	veľmi dobrý/dobrá	0.9
	dobrá/priemerný	0.7
	priemerný/zlý	0.5
	zlý/veľmi zlý	0.3

Modul vláknité baktérie:

➤ **odvodenie referenčných podmienok: expertný odhad**

- **základ modulu – percentálny podiel vláknitých baktérií vo fytobentose**

Hodnotenie prítomnosti vláknitých baktérií podľa požiadaviek RSV (2000/ES/60), REFCOND (2003):

Prítomnosť bakteriálnych nárastov	Skóre	Ekologický stav
bakteriálne nárasty nie sú prítomné = referenčný stav	5	veľmi dobrý (1)
bakteriálne nárasty môžu byť prítomné iba na spodnej strane substrátu ale nie sú viditeľné voľným okom na vrchnej strane substrátu, ale môžu byť zaznamenané pri mikroskopickej analýze odobratej vzorky fytobentosu	4	dobrý (2)
bakteriálne nárasty sú viditeľné voľným okom a sú prítomné na vrchnej strane substrátu v podiele menšom ako 25 %	3	priemerný (3)
bakteriálne nárasty sú viditeľné voľným okom a sú prítomné na vrchnej strane substrátu v podiele od 26 do 40 %	2	zlý (4)
bakteriálne nárasty sú viditeľné voľným okom a sú prítomné na vrchnej strane substrátu v podiele vyššom ako 40 %	1	veľmi zlý (5)

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

Odvozenie EQR hodnôt

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

- zistená hodnota - hodnota skóre podľa odhadovej stupnice
- referenčná hodnota - maximálna možná hodnota skóre (5)

Výsledný ekologický stav je na základe vláknitých baktérií stanovený podľa hraničných EQR:

Hraničné hodnoty EQR:

veľmi dobrý/dobrý	0.9
dobrý/priemerný	0.7
priemerný/zlý	0.5
zlý/veľmi zlý	0.3

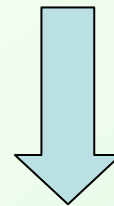
Napr.

$EQR = 4/5 = 0,8 \Rightarrow$ **dobrý**

Výsledné stanovenie ekologického stavu prostredníctvom fyto-bentosu

EQR na základe
bentických rozsievok

EQR na základe
vláknitých baktérií



určujúcou je horšia hodnota



Ďakujem za pozornosť!