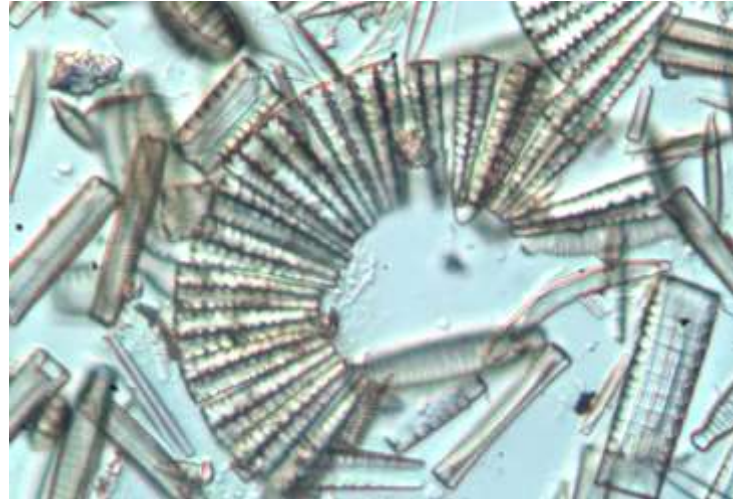


HODNOTENIE EKOLOGICKÉHO POTENCIÁLU VODNÝCH NÁDRŽÍ NA SLOVENSKU PROSTREDNÍCTVOM FYTOBENTOSU

Dana Fidlerová



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



Rámcová smernica o vode (RSV, Smernica 2000/60/ES)

➤ hlavný cieľ: dosiahnutie DOBRÉHO EKOLOGICKÉHO STAVU VÔD

- špecifická skupina - **výrazne zmenené vodné útvary (HMWB)**
- nemôžu dosiahnuť dobrý ekologický stav - v dôsledku hydromorfologických zmien spôsobených ľudskou činnosťou majú podstatne zmenený charakter

➤ hlavný cieľ: dosiahnutie DOBRÉHO EKOLOGICKÉHO POTENCIÁLU

- 23 vodných nádrží na Slovensku

→ **hodnotiace systémy na národnej úrovni pre všetky relevantné prvky kvality**



Relevantné biologické prvky kvality (BPK) na hodnotenie ekologického potenciálu

1. ryby
2. bentické bezstavovce
3. fytoplanktón
4. makrofyty a **fytobentos**

- vhodnosť jednotlivých BPK musí byť testovaná a potvrdená
- schopnosť odzrkadliť **vplyv hydromorfologických zmien**

Bentické rozsievky - reprezentatívna skupina fytobentosu

- nie sú schopné priamo odzrkadliť hydromorfologické zmeny
- zadržanie vody ovplyvňuje celú škálu ekologických podmienok, ktoré sú bentické rozsievky schopné odzrkadliť
- sú schopné sekundárne odzrkadliť vplyv hydromorfologických zmien



CIELE PRÁCE

- overenie bioindikačných vlastností bentických rozsievok
- výber najvhodnejších hodnotiacich indexov založených na bentických rozsievkach
- vytvorenie hodnotiaceho systému ekologického potenciálu vodných nádrží na Slovensku



Sledované vodné nádrže

○ 23 VN na Slovensku

➡ 16 viacúčelových

➡ 7 vodárenských

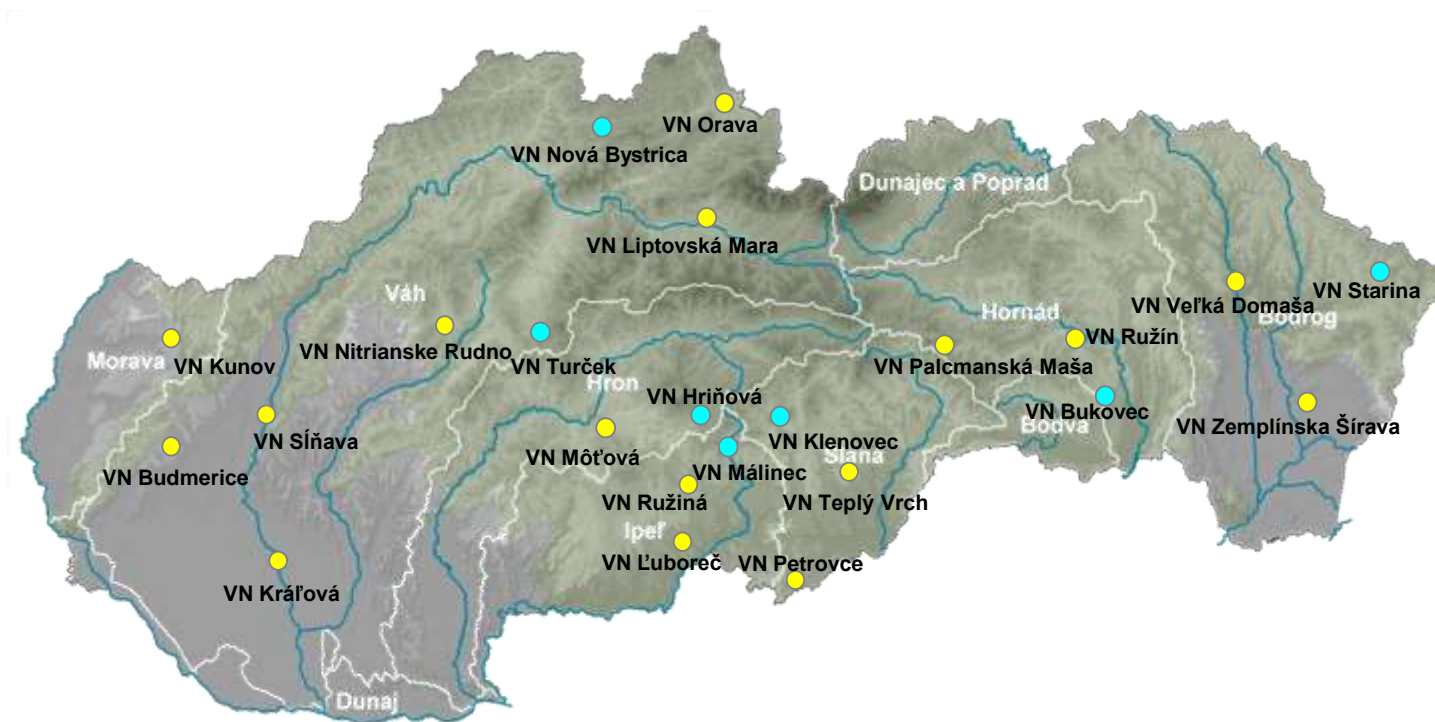
14 typov VÚ

➤ ekoregión

➤ nadmorská výška

➤ priemerná hĺbka

➤ plocha nádrže





Odbery a príprava vzoriek

- 2011 až 2014
- STN EN 13946: 2004. Kvalita vody. Pokyny na rutinný odber a predprípravu vzoriek bentických rozsievok z tečúcich vôd
- princípy špecifikujúce odber vzoriek v stojatých vodách
- viacúčelové nádrže – prirodzený pevný kamenný substrát
- vodárenské nádrže – umelé substráty + prirodzený pevný kamenný substrát
- trvalé mikroskopické preparáty

Analýzy vzoriek

- STN EN 14407: 2005. Kvalita vody. Pokyny na identifikáciu, stanovenie a interpretáciu vzoriek bentických rozsievok z tečúcich vôd
- determinácia taxónov na úroveň druh resp. poddruhu
- kvantifikácia - relatívna početnosť (300-500 misiek)



Štatistické spracovanie výsledkov

Taxonomické zloženie a environmentálne údaje

- ✓ *definovanie rôznych typov rozsievkových spoločenstiev v závislosti od pôsobiacich faktorov*
- Pearsonove korelácie
- ordinačné metódy – PCA, DCA, CA, CCA
- štatistické testy – ANOSIM, SIMPER a Kruskal-Wallisov H-test
- krabicové grafy (box plots)

Indexy založené na bentických rozsievkach

- ✓ *výber najvhodnejších indexov na hodnotenie ekologického potenciálu*

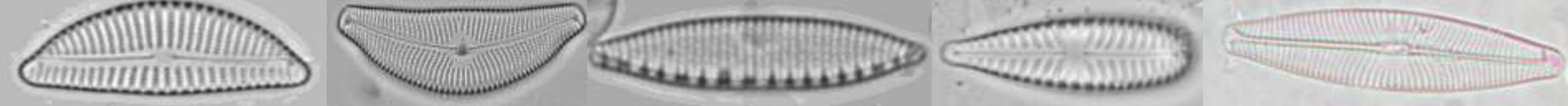
17 indexov vytvorených pre podmienky tečúcich vôd v programe OMNIDIA 5.5:

- IDAP, EPI-D, IBD, SHE, DI-CH, WAT, IPS, SLA, DES, L&M, IDG, CEE, TDI, IDP, SID, TID, LOBO

5 indexov vytvorených pre podmienky stojatých vôd v programoch DILSTORE 1.1 a DARLEQ 2.0:

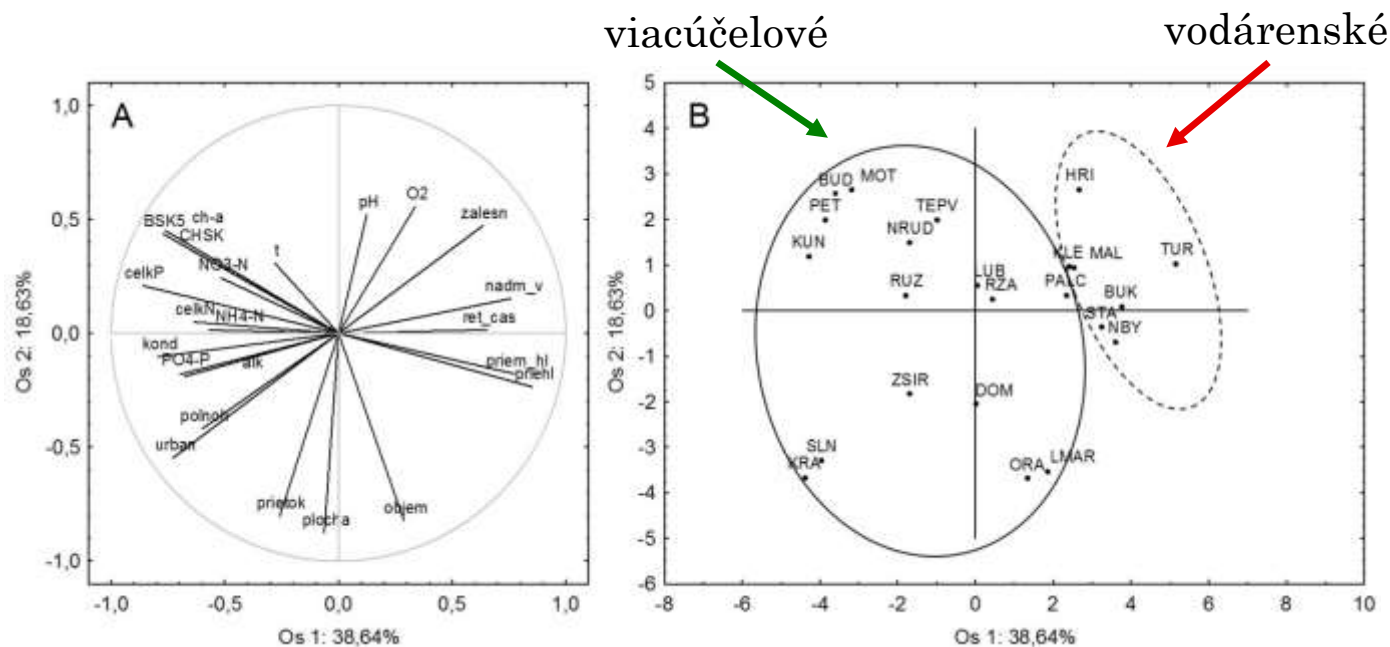
- TI, TDIL, S, SCIL a LTDI

- Spearmanove korelácie
- krabicové grafy (box plots)
- štatistické testy – Studentov t-test, Kruskal-Wallisov H-test a Mann-Whitneyho U-test



Environmentálne údaje

→ rozdiely v environmentálnych podmienkach medzi viacúčelovými a vodárenskými nádržami



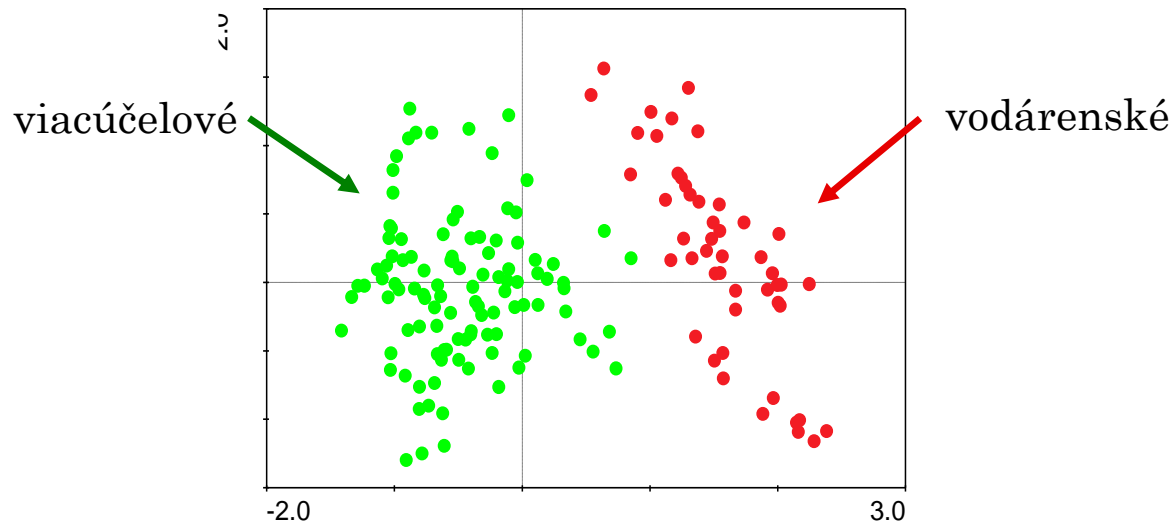
- o nadm. výška ↔ ukazovatele org. znečistenia, koncentrácie živín, merná vodivosť, urbanizácia a poľnohospodárstvo
- o nadm. výška ↔ zalesnenie ↔ priehľadnosť vody
- o urbanizácia a poľnohospodárstvo ↔ merná vodivosť a alkalita



Taxonomické zloženie

- 381 determinovaných taxónov

→ rozdiely v taxonomickom zložení medzi viacúčelovými a vodárenskými nádržami



- viacúčelové nádrže - heterogénnejšie zloženie s viacerými početnými a frekventovanými taxónmi
- vodárenské nádrže - homogénne zloženie, nižšia diverzita a výrazná dominancia *A. minutissimum*



Vplyv schválených kategórií typologických deskriptorov na taxonomické zloženie

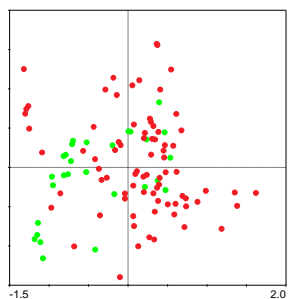
Viacúčelové nádrže

Ekoregión

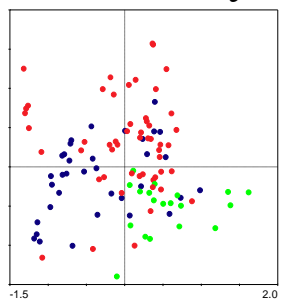
Nadmorská výška

Priemerná hĺbka

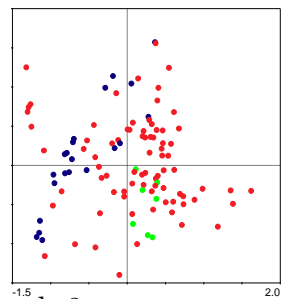
Plocha



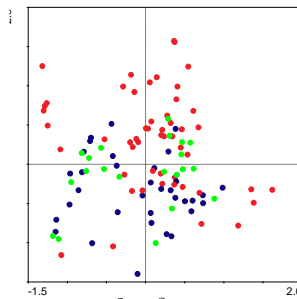
- Karpatský ekoregión
- Panónska panva



- do 200 m n.m.
- 200-500 m n.m.
- 500-800 m n.m.



- do 3 m
- 3-15 m
- nad 15 m



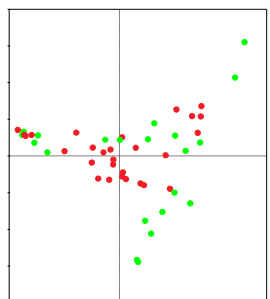
- 0,5-1 km²
- 1-10 km²
- 10-100 km²

Vodárenské nádrže

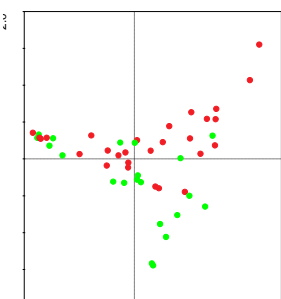
Nadmorská výška

Priemerná hĺbka

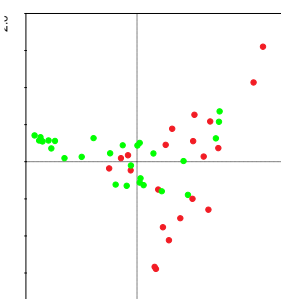
Plocha



- 200-500 m n.m.
- 500-800 m n.m.



- 3-15 m
- nad 15 m



- 0,5-1 km²
- 1-10 km²

- schválené kategórie typologických deskriptorov nemajú vplyv na štruktúru spoločenstiev rozsievok
- na základe ani jedného zo 4 deskriptorov nebolo možné nádrže odlišiť



Najvýznamnejšie environmentálne parametre ovplyvňujúce štruktúru spoločenstiev

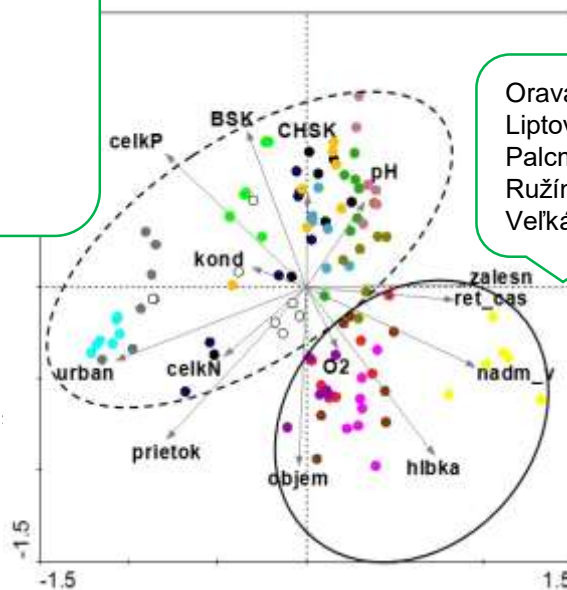
Viacúčelové nádrže

- 14 environmentálnych premenných
- najvýznamnejšie - priemerná hĺbka a priemerný ročný prietok
- skupiny sa signifikantne líšia taxonomickým zložením a hodnotami viacerých env. parametrov

➤ 2 skupiny = 2 „biotypy“

Kunov
Budmerice
Nitrianske Rudno
Môľová
Ružiná
Ľuboreč
Teplý Vrch
Petrovce
Zemplínska
Širava
Sĺňava
Kráľová

Orava
Liptovská Mara
Palcianska Maša
Ružín
Veľká Domaša



- **plytké**; nižšia nadm. výška
- najviac ovplyvnené
- vyššie koncentrácie celkového P, ukazovateľov org. znečistenia, vodivosti, chlorofylu *a*
- nižšia priehľadnosť vody

- **hlboké**; široký rozsah nadm. výšky
- najmenej znečistené
- nízke koncentrácie celkového P, ukazovateľov org. znečistenia, vodivosti, chlorofylu *a*
- vyššia priehľadnosť vody

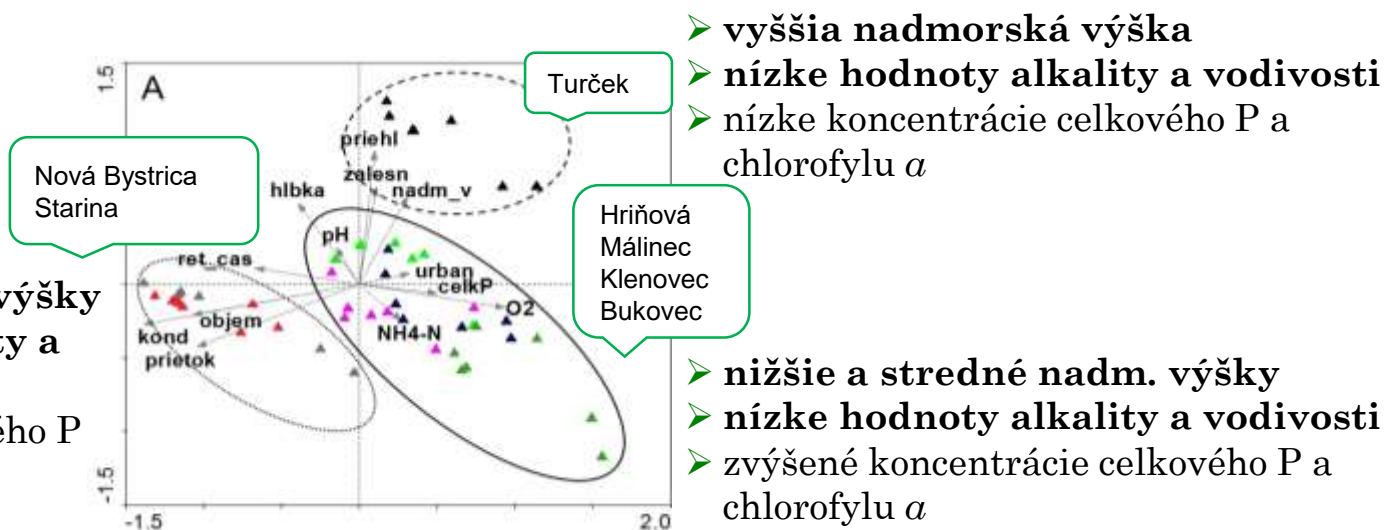


Najvýznamnejšie environmentálne parametre ovplyvňujúce štruktúru spoločenstiev

Vodárenské nádrže

- 13 environmentálnych premenných
- najvýznamnejšie - merná vodivosť a priehľadnosť vody
- skupiny sa signifikantne líšia taxonomickým zložením a hodnotami viacerých env. parametrov

➤ 3 skupiny = 3 „biotypy“

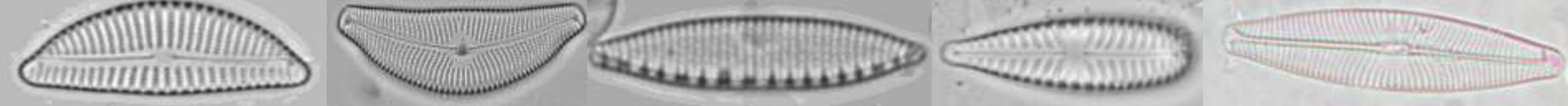




Výber najvhodnejších indexov na hodnotenie ekologického potenciálu

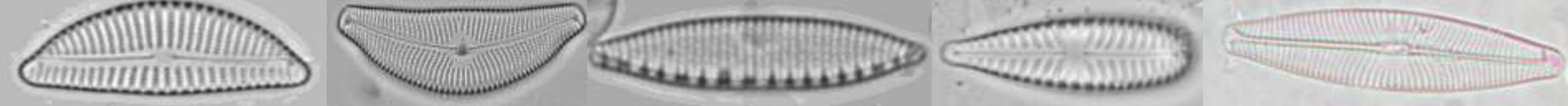
- korelácie indexov s environmentálnymi údajmi
- celková variancia indexov
- schopnosť indexov odlíšiť nenarušené podmienky od narušených
- schopnosť indexov odlíšiť rozdiely medzi 2 biotypmi vo viacúčelových nádržiach a tiež medzi 3 biotypmi vo vodárenských nádržiach





Korelácie medzi environmentálnymi ukazovateľmi a rozsievkovými indexami

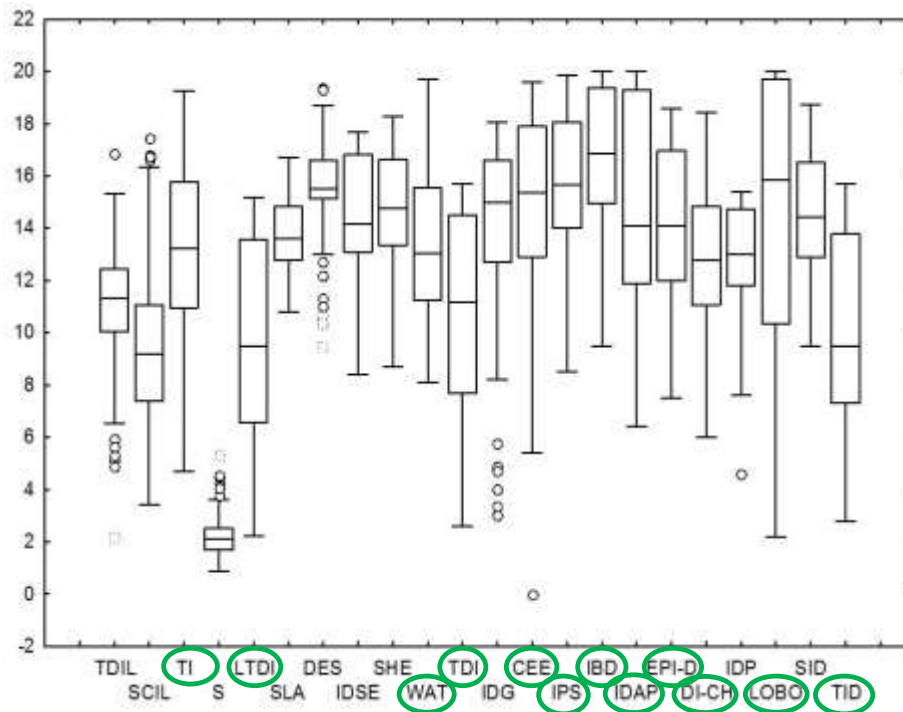
	TDIL	SCIL	TI	S	LTDI	SLA	DES	IDSE	SHE	WAT	TDI	IDG	CEE	IPS	IBD	IDAP	EPI-D	DI-CH	IDP	LOBO	SID	TID	
nadm_v	ns	-0,29	0,54	ns	0,67	0,71	ns	0,67	0,57	0,42	0,66	0,55	0,70	0,66	0,59	0,65	0,69	0,61	0,62	0,62	0,61	0,67	
priem_hl	ns	-0,27	0,53	0,16	0,64	0,59	ns	0,63	0,52	0,48	0,61	0,52	0,67	0,59	0,53	0,59	0,60	0,59	0,54	0,60	0,51	0,64	
plocha	ns	0,18	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,07	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,24	ns
objem	ns	ns	0,17	ns	0,19	0,23	ns	0,27	0,19	0,30	ns	ns	0,27	0,21	0,18	0,25	0,18	0,24	0,22	0,19	ns	0,21	
prietok	ns	ns	ns	ns	-0,18	ns	ns	ns	ns	0,20	-0,23	-0,18	ns	ns	ns	ns	-0,16	ns	ns	ns	-0,32	-0,16	
ret_cas	ns	-0,21	0,51	0,20	0,62	0,51	ns	0,56	0,56	0,24	0,62	0,56	0,60	0,62	0,57	0,59	0,62	0,57	0,48	0,48	0,62	0,60	
urban	ns	0,41	-0,46	ns	-0,65	-0,59	0,24	-0,60	-0,55	-0,37	-0,72	-0,56	-0,60	-0,63	-0,60	-0,57	-0,63	-0,53	-0,61	-0,62	-0,65	-0,67	
polnoh	ns	0,37	-0,41	ns	-0,44	-0,52	ns	-0,47	-0,37	-0,21	-0,50	-0,35	-0,46	-0,41	-0,43	-0,40	-0,49	-0,43	-0,41	-0,48	-0,50	-0,48	
zalesn	ns	-0,39	0,41	ns	0,47	0,54	ns	0,48	0,39	0,23	0,53	0,37	0,48	0,44	0,45	0,42	0,51	0,44	0,44	0,51	0,52	0,51	
O ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,17	
BSK	-0,19	ns	-0,40	ns	-0,51	-0,57	ns	-0,57	-0,58	-0,46	-0,50	-0,49	-0,57	-0,58	-0,59	-0,58	-0,57	-0,62	-0,55	-0,48	-0,52	-0,58	
CHSK	-0,27	ns	-0,23	ns	-0,32	-0,33	ns	-0,37	-0,46	-0,44	-0,32	-0,33	-0,39	-0,41	-0,41	-0,43	-0,38	-0,38	-0,39	-0,33	-0,33	-0,36	
pH	-0,21	-0,23	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
t	-0,25	-0,36	ns	ns	0,17	ns	ns	ns	ns	-0,20	0,17	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
kond	ns	0,33	-0,23	ns	-0,57	-0,53	0,27	-0,57	-0,51	-0,47	-0,55	-0,51	-0,56	-0,58	-0,50	-0,59	-0,51	-0,37	-0,56	-0,59	-0,48	-0,57	
NH ₄ -N	-0,17	ns	-0,24	ns	-0,33	-0,25	ns	-0,29	-0,33	ns	-0,35	-0,32	-0,33	-0,40	-0,32	-0,35	-0,35	-0,31	-0,28	-0,18	-0,41	-0,34	
NO ₃ -N	ns	0,17	-0,24	ns	-0,23	-0,32	ns	-0,35	-0,24	ns	-0,26	-0,23	-0,29	-0,28	-0,31	-0,26	-0,29	-0,20	-0,33	-0,26	-0,25	-0,28	
celkP	ns	ns	-0,49	ns	-0,63	-0,62	ns	-0,64	-0,61	-0,44	-0,63	-0,59	-0,68	-0,68	-0,65	-0,67	-0,66	-0,65	-0,62	-0,56	-0,57	-0,69	
celkN	ns	0,19	-0,19	ns	-0,36	-0,36	ns	-0,40	-0,30	-0,18	-0,39	-0,35	-0,35	-0,41	-0,38	-0,37	-0,35	-0,25	-0,39	-0,30	-0,38	-0,39	
PO ₄ -P	ns	ns	-0,33	ns	-0,52	-0,37	ns	-0,43	-0,38	-0,28	-0,53	-0,46	-0,47	-0,50	-0,45	-0,46	-0,47	-0,44	-0,39	-0,40	-0,47	-0,55	
alk	ns	0,27	ns	-0,16	-0,47	-0,39	0,31	-0,44	-0,38	-0,40	-0,44	-0,41	-0,42	-0,46	-0,37	-0,46	-0,39	-0,21	-0,41	-0,49	-0,37	-0,44	
ch-a	ns	ns	-0,42	ns	-0,37	-0,48	ns	-0,49	-0,46	-0,39	-0,38	-0,39	-0,48	-0,47	-0,51	-0,49	-0,45	-0,48	-0,49	-0,39	-0,42	-0,47	
priehl	ns	ns	0,52	ns	0,57	0,61	ns	0,63	0,55	0,41	0,57	0,53	0,63	0,62	0,62	0,63	0,60	0,58	0,62	0,54	0,57	0,64	



Porovnanie variancie testovaných indexov

➤ základné kritérium – minimálne 4 body na škále od 0 do 20

➤ 12 indexov



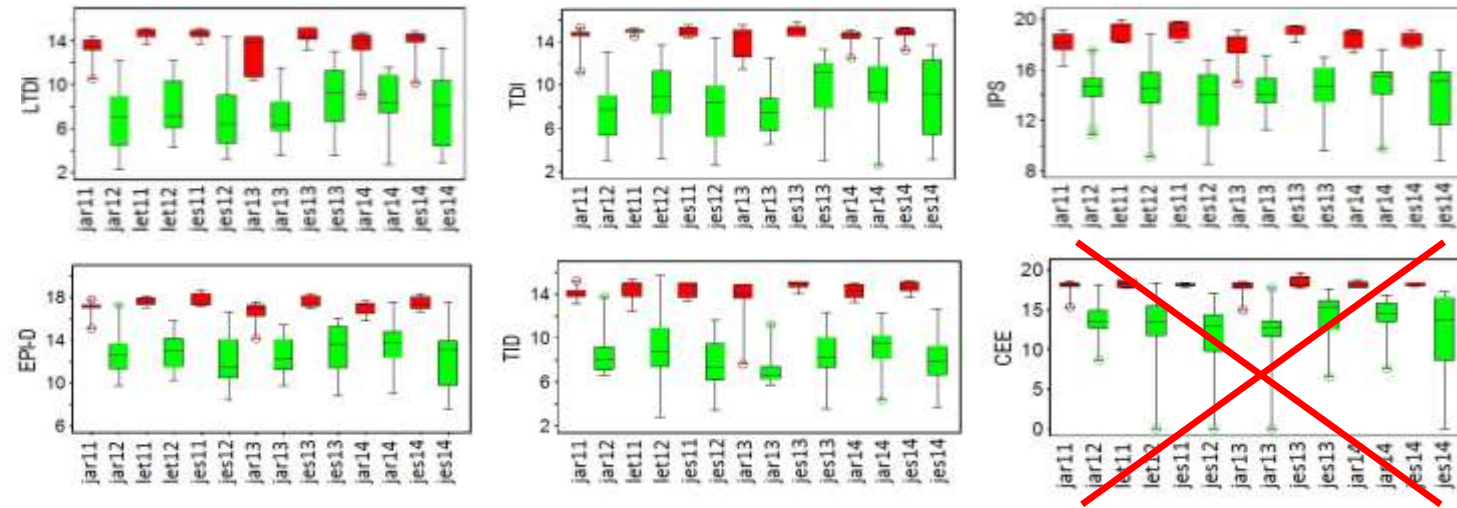
➤ do ďalších analýz bolo zahrnutých z 22 indexov iba 6 indexov a to LTDI, TDI, CEE, IPS, EPI-D a TID



Porovnanie indexov vo vodárenských a viacúčelových nádržiach

= schopnosť indexov odlíšiť nenarušené podmienky od narušených

- vodárenské nádrže – neznečistené podmienky
- viacúčelové nádrže – znečistené podmienky

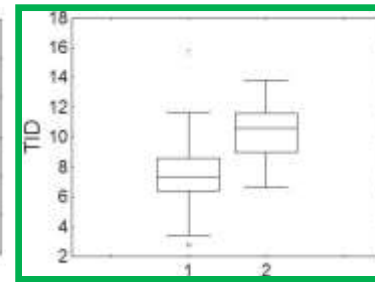
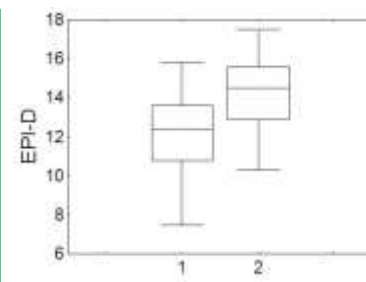
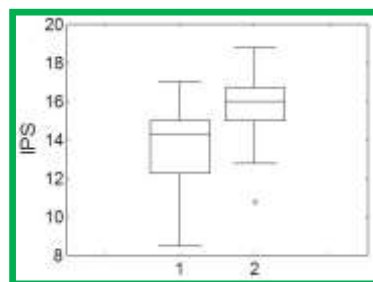
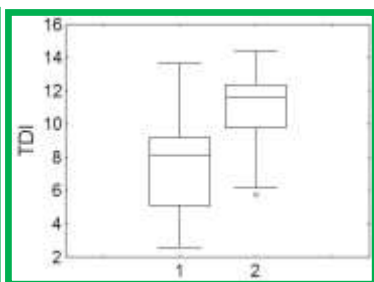
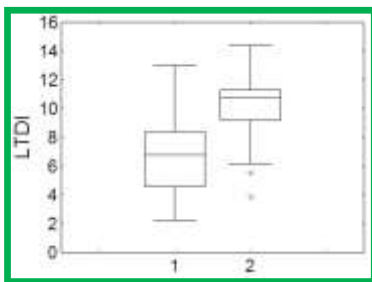


- 5 indexov odlíšilo viacúčelové nádrže od vodárenských vo všetkých sledovaných obdobiach
- index CEE bol z ďalšieho testovania vylúčený



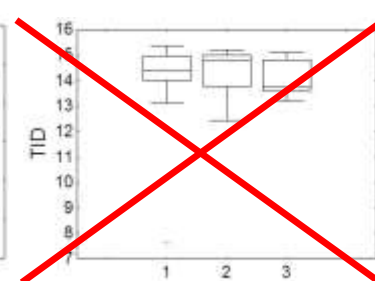
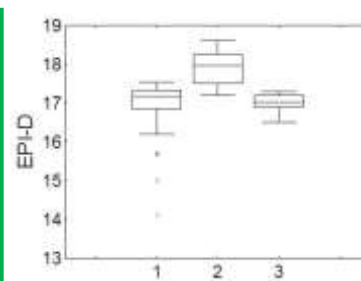
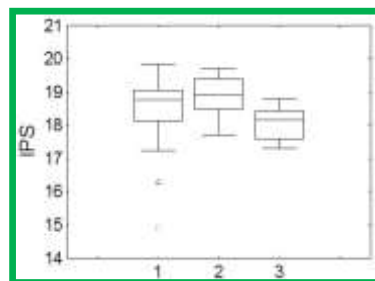
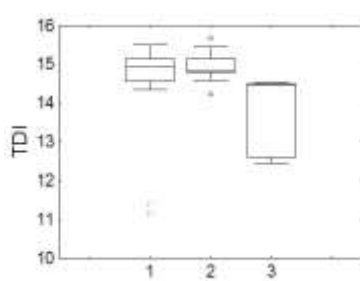
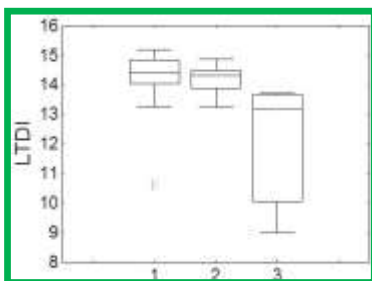
Schopnosť indexov odlíšiť rozdiely medzi definovanými biotypmi nádrží

➤ 2 biotypy vo viacúčelových nádržiach



1–plytké viacúčelové nádrže
2–hlboké viacúčelové nádrže

➤ 3 biotypy vo vodárenských nádržiach



1–lokálnosť v nižších a stredných nadmorských výškach s nízkymi hodnotami vodivosti a alkality
2–lokálnosť v nižších a stredných nadmorských výškach s vyššími hodnotami vodivosti a alkality
3–lokálnosť vo vyšších nadmorských výškach s nízkymi hodnotami vodivosti a alkality

❖ z testovaných indexov boli na hodnotenie ekologického potenciálu vodných nádrží na Slovensku vybrané indexy **IPS** a **LTDI**



Klasifikačná schéma pre hodnotenie ekologického potenciálu

- samostatne pre 5 biotypov pre 2 indexy
- expertné posúdenie vybraných štatistických ukazovateľov (5-ty, 10-ty, 25-ty, 50-ty, 75-ty, 90-ty percentil, priemer, minimálna hodnota zo súboru, lineárna regresia)
- skórovací systém od 1 do 5 (rozdielna variancia indexov), podľa triedy ekologického potenciálu, ktorý indikuje

$$PEK = \frac{\text{skóre indexu IPS} + \text{skóre indexu LTDI}}{\text{maximálna možná hodnota skóre (10)}}$$

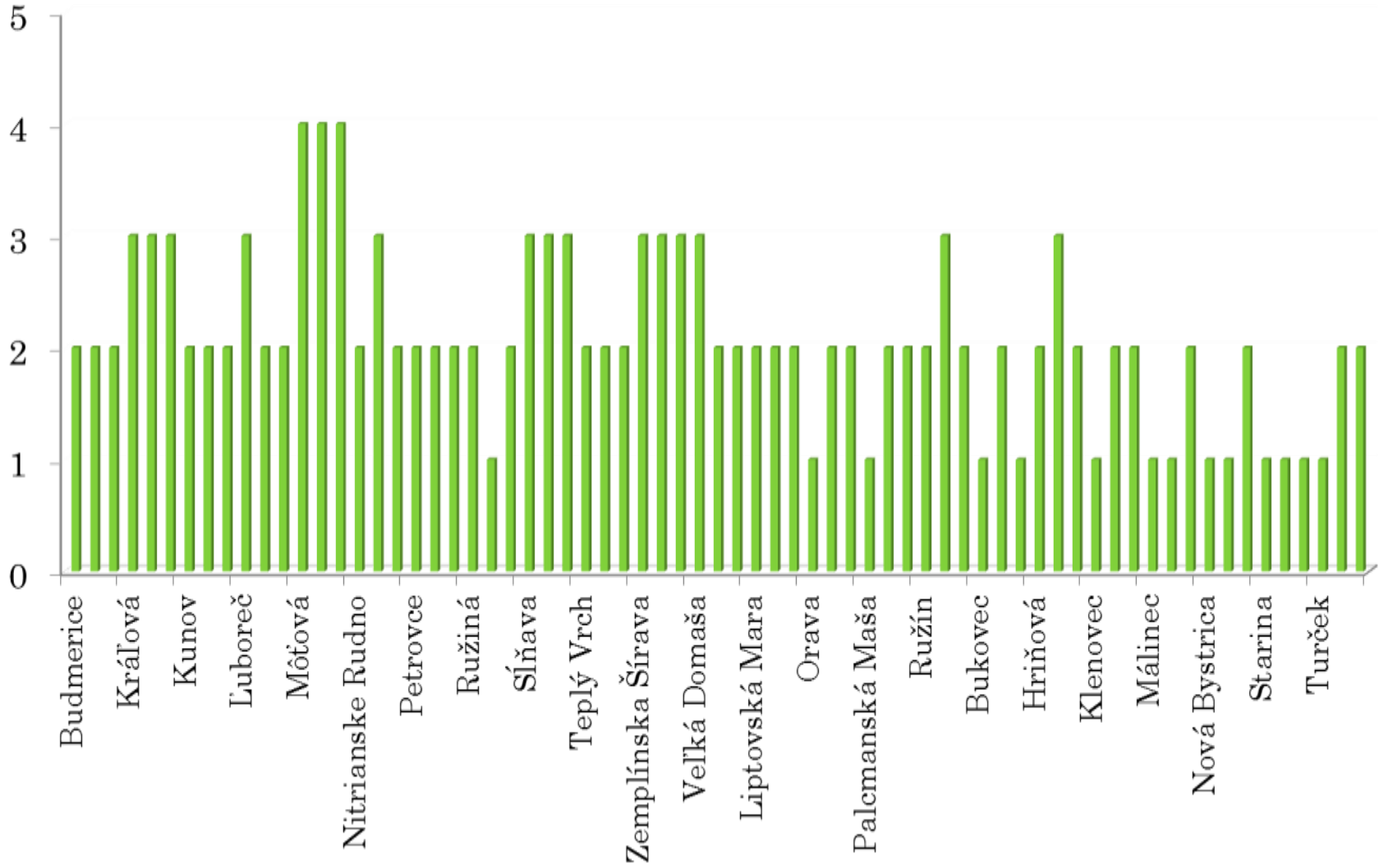
- hranice pre PEK v jednotlivých kategóriách ekologického potenciálu odvodené úmerne zo strednej hodnoty podľa stanovenej maximálnej hodnoty skóre

Výsledné hraničné hodnoty indexov a hraničné hodnoty PEK pre 5 biotypov nádrží

EP	triedy EP	hraničné hodnoty indexov										skóre	PEK
		Biotyp 1		Biotyp 2		Biotyp 3		Biotyp 4		Biotyp 5			
		IPS	LTDI	IPS	LTDI	IPS	LTDI	IPS	LTDI	IPS	LTDI		
maximálny	1	15,00	9,52	15,70	11,31	18,50	14,20	18,53	13,93	17,65	10,24	5	0,9
dobrý	2	12,48	6,78	13,34	9,21	17,37	11,57	17,70	13,20	17,30	9,00	4	0,7
stredný	3	9,95	4,10	10,98	7,11	16,24	8,94	16,87	12,47	16,95	7,76	3	0,5
poškodený	4	7,43	1,40	8,62	5,01	15,11	6,31	16,04	11,74	16,60	6,52	2	0,3
zničený	5	7,43	1,40	8,62	5,01	15,11	6,31	16,04	11,74	16,60	6,52	1	0,3



Ekologický potenciál





Obr. Rozsievky
(zdroj: www.studyblue.com)

Ďakujem za pozornosť!