

### 5.1.1.5. Metóda stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb – slovenský ichtyologický index FIS

Slovenská republika začala venovať náležitú pozornosť otázke stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb prakticky hneď po prijatí Rámcovej smernice o vode [1]. Vďaka tomu bolo pripravených niekoľko detailne a precízne spracovaných materiálov, ktoré položili pevné základy pre završenie procesu prípravy takej národnej metodiky stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb, ktorá by reflektovala prírodné, historické i kultúrne špecifiká Slovenska. Národná metóda stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb – Slovenský ichtyologický index (Fish Index of Slovakia – FIS) nadviazala najmä na materiály týkajúce sa implementácie Rámcovej smernice o vode s využitím ichtyofauny v podmienkach Slovenska [39], pracovných postupov pre odber vzoriek rýb so zreteľom na požiadavky Rámcovej smernice o vode [40], ako aj prehľadu prístupov niektorých iných krajín k hodnoteniu stavu povrchových vôd na základe rýb [41]. Tieto materiály obsahujú podrobné prehľady o druhovom zložení ichtyofauny Slovenska, zoogeografických aspektoch, typológii tokov a substrátov, o ekologických vlastnostiach rýb, ako aj podrobné návody ako postupovať pri odbere vzoriek v teréne, čo si všímať, a ako robiť zápis údajov o nazbieraných vzorkách, ako aj o environmentálnych premenných.

V ďalšom období vznikla séria materiálov, ktoré obsahujú aktualizované informácie o ďalšom napredovaní pri implementácii Rámcovej smernice o vode s ohľadom na ichtyofaunu, ako aj rozmanité návrhy ďalších postupov. Posledný v poradí týchto materiálov (autor V. Mužík) je súčasťou rozsiahlej správy o metodike pre odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd [20].

Pri vyvíjaní FIS boli využité všetky dostupné a aplikovateľné odborné materiály, údaje a skúsenosti z predchádzajúceho procesu implementácie RSV podľa rýb na Slovensku, všetky aplikovateľné skúsenosti a dáta použité konzorciom FAME pri vyvíjaní ukazovateľa EFI [42] a všetky aplikovateľné skúsenosti a dáta uplatnené v procese interkalibrácie národných metód jednotlivých členských krajín EÚ. Na vyvinutie národnej metódy stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb a slovenského ichtyologického indexu FIS bolo potrebné uskutočniť nasledujúcich sedem krokov:

1. zrevidovať a spresniť typológiu slovenských tokov z hľadiska ichtyofauny
2. zrevidovať doterajšiu typológiu, resp. vytvoriť novú typológiu referenčných rybích spoločenstiev pre jednotlivé typy tokov Slovenska
3. zrevidovať a spresniť ekologickú charakteristiku jednotlivých druhov rýb v podmienkach Slovenska
4. vybrať vhodné metriky na výpočet FIS
5. doladiť a štandardizovať postupy odberu vzoriek a ukladania dát, najmä ich štruktúru s ohľadom na kompatibilitu FIS s EFI+ a s procesom interkalibrácie (vrátane údajov o environmentálnych premenných, celkovej dĺžky rýb a antropických tlakoch)
6. vyriešiť mechanizmus kalkulácie FIS (t.j. vyvinúť softvérový nástroj na výpočet FIS)
7. nakalibrovať hranice medzi piatimi stupňami ekologického stavu (od veľmi dobrého po veľmi zlý) v kontexte FIS

## Typológia slovenských tokov z hľadiska rybích spoločenstiev

Rámcová smernica o vodách umožňuje členským štátom EÚ aplikovať vlastné národné metódy rešpektujúce prírodné a historické osobitosti jednotlivých krajín, kladie však aj určité rámcové princípy, na ktorých musia byť národné metódy postavené. Jedným z týchto princípov je, že hodnotiace indexy musia byť založené na meraní odchýlky medzi očakávanými (referenčnými) hodnotami a pozorovanými hodnotami získanými odberom vzoriek v teréne. V podmienkach Slovenska, ktoré sa na pomerne malom území vyznačuje vysokou rozmanitosťou vodných tokov a relatívne vysokým počtom druhov rýb, si nastavenie očakávaných hodnôt vyžadovalo zadefinovať najskôr všetky typy tokov (a ich úsekov) tak, aby bolo možné pre každý typ toku stanoviť referenčnú ichtyocenózu.

Hlavné kritériá ichyologickej typológie slovenských tokov pre potreby národnej metódy boli dve: zoogeografické členenie ichtyofauny Slovenska a zonácia tečúcich vôd [39]. Takto vytvorená typológia rozlišuje 23 typov tokov (Tabuľka 8) a slúži výlučne pre hodnotenie ekologického stavu vôd podľa rýb.

### Typológia referenčných rybích spoločenstiev (ichtyocenóz)

Vzhľadom na absenciu dostatočného množstva použiteľných údajov zo slovenských tokov nebolo možné určiť referenčné podmienky pre rybie spoločenstvá jednotlivých typov tokov inak ako expertným odhadom. Pre účely národnej metódy stanovovania ekologického stavu vôd podľa rýb, t.j. pomocou ukazovateľa FIS, bolo potrebné, aby mali referenčné podmienky podobu modelových (teoretických) spoločenstiev, a to pre každý z 23 typov tokov (Tabuľka 8) zvlášť. Modelové rybie spoločenstvo pritom predstavuje také druhové zloženie a relatívnu denzitu jednotlivých druhov, aké by sa v danom type toku pravdepodobne vyskytovalo, keby tento tok nebol vystavený nijakým antropickým tlakom, resp. nebol by narušený nijakými antropogénnymi disturbanciami. Allochtónne druhy rýb, vrátane „hospodársky cenných“ druhov sú z týchto modelov pochopiteľne vylúčené.

Pred navrhnutím modelových ichtyocenóz boli spracované súhrnné údaje aj s úplným zoznamom druhov rýb zaznamenaných na území Slovenska, ako aj stručný prehľad dostupných údajov o stave ichtyofauny tečúcich a stojatých vôd Slovenska [39]. Modelové rybie spoločenstvá pre potreby stanovovania ekologického stavu vôd podľa rýb (Príloha 4) boli vypracované na základe dôkladnej analýzy všetkých dostupných literárnych prameňov o ichtyofaune Slovenska (viac ako 6 500 údajov z niekoľkosto lokalít), vlastných záznamov z ichtyologických prieskumov, ako aj na základe terénnych skúseností, údajov a pripomienok viacerých renomovaných slovenských ichtyológov.

Niet pochyb, že takto vytvorené modelové referenčné spoločenstvá môžu byť zat'azené rôzne veľkou chybou, nakoľko použité literárne údaje neboli vždy úplne spoľahlivé – a ani nemohli byť, pretože ichtyologické prieskumy, z ktorých pochádzajú, neboli vykonávané za rovnakým účelom, rovnakým technickým vybavením, v rovnakom období roka, atď. Prípadné nepresnosti by však mali byť pri hodnotení ekologického stavu vôd minimalizované, pretože národná metóda nenašrába s konkrétnym druhovým zložením spoločenstva, ale s metrikami, ktoré sú založené na ekologickej charakteristike jednotlivých druhov (pozri nižšie).

Tabuľka 8. Typológia referenčných rybích spoločenstiev (ichtyocenóz) Slovenska pre výpočet Slovenského ichtyologického indexu FIS

Bioregión	Provincia	Okres	Žóna	Nadmorská výška	Príklad	
Karpaty	Atlantická provincia	Popradský okres	horská zóna	nad 800 m n. m.	horný tok Poprad a prítoky Popradu a Dunajca nad 800 m n. m.	1
			podhorská zóna	do 800 m n. m.	stredný tok Popradu, ako aj Dunajec a ich prítoky do 800 m n. m.	2
				do 500 m n. m.	spodný tok Popradu po sútok s Valaskou vodou do 500 m n. m.	3
	Pontokaspická provincia	Hornovážsky	horská zóna	nad 800 m n. m.	pramene a prítoky Váhu nad 800 m n. m.	4
			prechodný okres	podhorská zóna	do 800 m n. m.	prítoky Váhu do 800 m n. m.
					horný tok Váhu po sútok s Oravou	6
		Potiský okres	horská zóna	nad 400/500/600 m n. m.	Laborec, Topľa a Ondava nad 400, Slaná, Bodva a Rimava nad 500, Hornád a Torysa nad 600 m n. m., vrátane ich prítokov	7
			podhorská zóna	do 400/500/600 m n. m.	prítoky Laborca, Tople, Ondavy do 400 Slanej, Bodvy a Rimavy do 500, Hornádu a Torysy do 600 m n. m.	8
					Laborec, Topľa a Ondava do 400, Torysa a Hornád do 700 m n. m.	9
			nížinná z.	do 200 m n. m.	Hornád, Bodva, Rimava, Slaná a ich prítoky do 200 m n. m.	10
		Podunajský okres	horská zóna	nad 500/600/700 m n. m.	prítoky Váhu Nitry a Ipľa nad 500, Turca a Hronu nad 600 a Oravy nad 700 m n. m.	11
			podhorská zóna	do 500/600/700 m .n. m.	prítoky Váhu Nitry a Ipľa do 500, Turca a Hronu do 600 a Oravy do 700 m n. m.	12
					Váh od VDŽ po sútok s Oravou (r. km 430), Orava, Turiec od ústia po Antonský potok (64,6), Hron od Zvolena po Hámor (265)	13
				Váh od Klanečnice (r. km 142) po VDŽ (255), Hron od Rudna n/Hr. (113) po Zvolen (174), Ipeľ od Kalinova (159) po Ipeľský potok (187)	14	
			nížinná z.	do 200 m n. m.	Ipeľ a jeho prítoky	15
Panónska panva	Pontokaspická provincia	Podunajský okres	podhorská	do 300 m n. m.	malé toky Panónskej panvy	16
			nížinná zóna	do 200 m n. m.	prítoky Dunaja, Moravy, M. Dunaja, Váhu, Nitry, Žitavy a Hronu	17
					Morava	18
					Malý Dunaj, dolný tok Váhu, Nitry, Žitavy, Hronu a Ipľa	19
					Dunaj r. km 1789,5 – 1880,2	20
					Dunaj r. km 1708,2 – 1789,5	21
				nížinná zóna	v Panoniku (do cca 200 až 300 m n. m.)	malé toky povodia Tisy v Panoniku
	Potiský okres			Bodrog, Latorica, Uh, Tisa, spodný tok Laborca po Strážske (r. km 57,9), Ondavy po Ondavku (r. km 57,6) a Tople po Soľ (r. km 29)	23	

## Ekologická charakteristika rýb v podmienkach Slovenska

Väčšina metód na stanovenie ekologického stavu vôd používaných v krajinách EÚ, ale aj v USA, je založená na metrikách, ktoré vychádzajú z ekologických charakteristík rýb [41]. Výhodou prístupu, pri ktorom nie je pri hodnotení rozhodujúce samotné druhové zloženie spoločenstva (kvalitatívne i kvantitatívne), ale zastúpenie jednotlivých ekologických skupín, je väčšia flexibilita a univerzálnosť, ako aj menšia náchylnosť na ovplyvnenie výsledku hodnotenia náhodnými výkyvmi v skladbe spoločenstva. Na druhej strane, takýto prístup si vyžaduje dôkladné zváženie ekologických charakteristík jednotlivých druhov rýb, pričom tieto nemusia byť nemenné, ba naopak, často môžu variovať v závislosti od regionálnych podmienok. Pre úspešnú aplikáciu národnej metódy hodnotenia ekologického stavu vôd podľa rýb je preto mimoriadne dôležité priradiť každému autochtónnemu druhu správne ekologické charakteristiky zodpovedajúce jednotlivým metrikám.

Výpočet FIS narába so siedmimi metrikami, ktoré odrážajú ekologickú charakteristiku rýb (pozri nižšie). Dve z týchto metrík reflektujú potravné nároky, dve metriky nároky na substrát počas reprodukcie, dve metriky afinitu k habitatu a jedna metrika migračné vlastnosti rýb. Pre účely národnej metódy hodnotenia ekologického stavu vôd podľa rýb a výpočet ukazovateľa FIS boli tieto charakteristiky dôkladne prehodnotené skupinou expertov z rôznych regiónov Slovenska s bohatými terénnymi skúsenosťami i teoretickými vedomosťami. Vznikol tak zoznam druhov rýb vyskytujúcich sa v súčasnosti v slovenských tokoch, ktorý je obohatený o tie ekologické charakteristiky jednotlivých druhov, ktoré zodpovedajú metrikám 1 – 7 na výpočet FIS (Tab. 9). Metriky 1 – 7 sú založené výlučne na prítomnosti autochtónnych druhov rýb, pričom tieto metriky ovplyvňujú výslednú hodnotu FIS pozitívne. Inými slovami, prítomnosť autochtónnych druhov rýb očakávaných v jednotlivých typoch tokov sa prejaví v priaznivejšom ekologickom stave toku. Zoznam (Tabuľka 9) však obsahuje aj allochtónne druhy, pretože ich prítomnosť ovplyvňuje metriku 10 – index ekvitability, pričom niektoré z nich sú súčasne aj invázne a ich prítomnosť je zohľadnená v metrike 9.

Tabuľka 9. Ekologické charakteristiky rýb v podmienkach Slovenska, upravené pre potreby výpočtu FIS.

Zoznam obsahuje iba druhy, na základe ktorých možno počítať jednotlivé metriky. Názvy druhov sú upravené podľa názvov používaných v databáze FIDES a uplatňovaných pri interkalibrácii, EFI a EFI+, aby bola zabezpečená kompatibilita s európskymi metódami. Na revízii ekologických charakteristík sa podieľali V. Kováč, V. Mužík, I. Stráňai a J. Koščo. Ekologické charakteristiky druhov sú vyznačené binárnym princípom. Druh, ktorý je napríklad reofilný, má v príslušnej bunke „1“, kým druh, ktorý takúto vlastnosť nemá „0“. Pri výpočte FIS sa pre autochtonne druhy (vrátane invázií) uvádza pri všetkých ekologických charakteristikách „0“, pretože ich prítomnosť nesignalizuje priaznivejší ekologický stav toku, a to bez ohľadu na ich ekologické vlastnosti. BEN – bentický, REO – reofilný, LIT – litofilný, FLF – fytolitofilný, INS – inaktivitný, PIS – piscivorný, POT – potamodromný, INV – invázií.

Druh	Ekologická charakteristika							
	BEN	REO	LIT	FTF	INS	PIS	POT	INV
<i>Abramis ballerus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Abramis brama</i>	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Abramis sapa</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Acipenser ruthenus</i>	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Alburnus alburnus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ameiurus melas</i>	1	0	1	0	0	0	0	1
<i>Ameiurus nebulosus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Anguilla anguilla</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aspius aspius</i>	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Barbatula barbatula</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Barbus barbus</i>	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Barbus peloponnesius</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Blicca bjoerkna</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carassius auratus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Carassius carassius</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chondrostoma nasus</i>	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Cobitis taenia</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cottus gobio</i>	1	1	1	0	1	0	0	0
<i>Cottus poecilopus</i>	1	1	1	0	1	0	0	0
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyprinus carpio</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Esox lucius</i>	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Eudontomyzon danfordi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eudontomyzon mariae</i>	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Eudontomyzon vladykovi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gobio albipinnatus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Gobio gobio</i>	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gobio kesslerii</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Gobio uranoscopus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Gymnocephalus baloni</i>	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnocephalus schraetser</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Hucho hucho</i>	0	1	1	0	0	1	1	0
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lampetra planeri</i>	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Lepomis gibbosus</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Leucaspis delineatus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Leuciscus cephalus</i>	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Leuciscus idus</i>	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Leuciscus leuciscus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0

<i>Lota lota</i>	1	0	1	0	0	0	1	0
<i>Micropterus salmoides</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Misgurnus fossilis</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Neogobius fluviatilis</i>	1	0	1	0	0	0	0	1
Ekologická charakteristika								
Druh	BEN	REO	LIT	FTF	INS	PIS	POT	INV
<i>Neogobius gymnotrachelus</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Neogobius kessleri</i>	1	0	1	0	0	0	0	1
<i>Neogobius melanostomus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pelecus cultratus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Perca fluviatilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Percottus glenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Proterorhinus marmoratus</i>	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Pseudorasbora parva</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rhodeus sericeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rutilus meidingeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rutilus pigus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rutilus rutilus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sabanejewia balcanica</i>	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Salmo trutta fario</i>	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Salvelinus fontinalis</i>	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Sander lucioperca</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Sander volgensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Silurus glanis</i>	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Thymallus baicalensis</i>	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Thymallus thymallus</i>	0	1	1	0	1	0	1	0
<i>Tinca tinca</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Umbra krameri</i>	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Vimba vimba</i>	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Zingel streber</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Zingel zingel</i>	1	1	1	0	0	0	0	0

## Výber metrik na výpočet FIS

Ako základ pre výber metrik na výpočet FIS poslúžilo 10 metrik ukazovateľa EFI, ktoré boli zvolené konzorciom FAME na základe robustných štatistických analýz (FAME 2004) [42]. Pri výbere boli zohľadnené štyri základné kritériá:

- 1) aby bola pri zvolených metrikách čo najväčšmi eliminovaná nejednoznačnosť;
- 2) aby bola čo najväčšmi zohľadnená komplexita interakcií medzi antropogénnymi disturbanciami a rybími spoločenstvami;
- 3) aby bol v čo najväčšej miere zachovaný princíp jednoduchosti;
- 4) aby boli metriky použiteľné aj napriek nedostatočnému množstvu kvantitatívnych údajov zo slovenských tokov (v čase tvorby metódy).

Na základe týchto kritérií boli zo zoznamu metrik pre výpočet FIS vylúčené metriky „Podiel intolerantných druhov“ a „Podiel tolerantných druhov“, pretože tieto metriky obsahujú značnú dávku nejednoznačnosti. Metodika EFI totiž nešpecifikuje celkom jednoznačne, voči akým ekologickým faktorom majú byť prítomné či neprítomné druhy tolerantné, resp. intolerantné. Navyše je všeobecne známe, že tolerancia organizmov k jednotlivým faktorom varíruje v závislosti od interakcií medzi týmito faktormi. Tolerancia rýb voči niektorým druhom znečistenia napríklad

závisí od obsahu rozpusteného kyslíka, veku rýb, ich kondície, atď., a mení sa aj počas obdobia rozmnožovania, ktoré môže u druhov s dávkovitým neresom trvať aj niekoľko mesiacov.

Z rovnakého dôvodu – minimalizovať mieru nejednoznačnosti – bola zo zoznamu metrík pre výpočet ukazovateľa FIS vyradená aj metrika „Denzita omnivorných druhov“. Zloženie potravy rýb totiž nemusí byť také vyhranené, aby sme mohli jednoznačne určiť, ktorý druh nie je omnivorný. Potrava väčšiny druhov rýb sa mení v priebehu ich ontogenézy, podlieha sezónnym i diurnálnym výkyvom a navyše môže byť ovplyvnená aj miestnymi osobitosťami monitorovaného toku. Pri vyradení tejto metriky bolo zohľadnené aj kritérium princípu jednoduchosti: kombinácia metrík, ktoré konečnú hodnotu indexu zvyšujú, a metrík, ktoré konečnú hodnotu indexu znižujú, zvyšuje potenciálne riziko, že miera neistoty bude pri výpočte konečného indexu narastať.

Štvrtou metrikou zo zoznamu metrík na výpočet ukazovateľa EFI, ktorá bola z ďalšieho uvažovania vylúčená, bol „Počet diadromných druhov“. V tomto prípade ide o metriku, ktorá je v súčasnosti v podmienkach Slovenska irelevantná, nakoľko diadromné druhy sa v našich tokoch už niekoľko desiatok rokov nevyskytujú, pričom náprava tohto stavu je možná výlučne zmenou postoja iných európskych krajín (vrátane krajín, ktoré nie sú členmi EÚ).

Z pôvodných 10 metrík na výpočet EFI tak zostalo šesť. Na rad prišlo štvrté kritérium výberu, t.j. bolo potrebné zvážiť, či sú zvyšné metriky použiteľné aj napriek nedostatočnému množstvu kvantitatívnych údajov zo slovenských tokov. V prípade dvoch metrík týkajúcich sa insektivorných a fytofilných druhov sa výpočet EFI uskutočňuje na základe údajov o denzite, t.j. na základe kvantitatívnych údajov. Preto bolo potrebné tieto metriky modifikovať tak, aby sa dali použiť na výpočet FIS aj bez kvantitatívnych údajov zo skutočných referenčných lokalít. Súčasne bolo opäť uplatnené kritérium princípu jednoduchosti, a tak sa pri všetkých zostávajúcich šiestich metrikách modifikoval a zároveň aj unifikoval ich kvantitatívny parameter, a to na relatívnu denzitu. Pre výpočet ukazovateľa FIS tak vzniklo prvých šesť metrík:

- 1) Relatívna denzita insektivorných druhov,
- 2) Relatívna denzita fytofilných druhov,
- 3) Relatívna denzita litofilných druhov,
- 4) Relatívna denzita bentických druhov,
- 5) Relatívna denzita reofilných druhov a
- 6) Relatívna denzita potamodromných druhov.

K týmto šiestim metrikám boli na základe expertného posúdenia pridané ďalšie štyri metriky. Prvou je „Relatívna denzita piscivorných druhov“, čo je parameter, ktorý má pri posudzovaní vyváženosti rybích spoločenstiev v slovenskej, resp. československej ichtyologickej literatúre dlhú tradíciu, napr. [43] a súčasne má vysokú vypovedaciu hodnotu o stave ichtyocenózy.

Druhou doplnenou metrikou je „Relatívna denzita lososovitých druhov“. Pri testovaní  $\beta$ -verzie ukazovateľa FIS sa totiž ukázalo, že v niektorých typoch tokov, pre ktoré je charakteristická referenčná ichtyocenóza s relevantným zastúpením lososovitých rýb, môže byť výsledná hodnota FIS skreslená smerom k pozitívnejším hodnotám vďaka prítomnosti akýchkoľvek reofilných, bentických či litofilných druhov rýb.

V posledných desaťročiach sa v slovenských tokoch objavuje čoraz viac allochtónnych druhov, pričom viaceré z nich sú invázne [44,45]. Prítomnosť invázných druhov sa pritom považuje za relevantný indikátor narušenia prirodzených ekosystémov, napr. [46,47,48], preto bola medzi metriky na výpočet FIS zaradená aj metrika „Relatívna denzita invázných druhov“. Je to jediná metrika, ktorá celkovú hodnotu ukazovateľa FIS znižuje.

S cieľom čo najefektívnejšie a súčasne najjednoduchšie zohľadniť kritérium komplexity bola do výpočtu ukazovateľa FIS zaradená aj deviata metrika „Index ekvitability“. Tento index hodnotí nielen druhovú rozmanitosť spoločenstva, ale aj jeho vyrovnanosť. Vyjadruje sa ako pomer zisteného indexu diverzity k maximálnemu možnému indexu diverzity pri danom počte druhov. Diverzita čiže druhová rozmanitosť spoločenstva vyjadruje vzťah medzi počtom druhov a počtom jedincov. Tento vzťah sa vyjadruje ako index diverzity  $H'$  a počíta sa podľa vzorca, ktorý je odvodený z teórie informácií [49]; obrázok 1. Čím je index diverzity vyšší, tým väčší je počet druhov, ktoré tvoria spoločenstvo, a tým väčší je celkový počet jedincov rozložený na viac druhov. Oveľa významnejšou vlastnosťou spoločenstva je však vyrovnanosť, čiže ekvitabilita, ktorá sa dá vyjadriť napríklad ako pomer zisteného indexu diverzity k maximálnemu možnému indexu diverzity pri danom počte druhov [50]; obrázok 1.

Diverzita		
	$p_i = \frac{N_i}{N}$	pravdepodobnosť, že 1 jedinec spol. patrí druhu i
Diverzita	$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$	Shannonov index
	$H'_{\max} = \ln S$	
Ekvitabilita	$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$	Sheldonov index

**Obrázok 1.** Diverzita čiže druhová rozmanitosť spoločenstva reflektuje pomer počtu druhov k počtu jedincov. Tento vzťah sa vyjadruje ako index diverzity  $H'$ . Ak je počet druhov a, b... s  $N_a$ ,  $N_b$ ...  $N_s$ , a počet všetkých jedincov cenózy  $N$ , potom pravdepodobnosť, že jeden jedinec patrí druhu  $i$  je  $p_i$ . Index diverzity sa počíta podľa vzorca, ktorý je odvodený z teórie informácií (Shannonov Index; [49]).

Na výpočet ukazovateľa FIS sa teda používa nasledujúcich desiat metrík, ktoré sú tu zoradené podľa ekologických vlastností druhov – afinity k habitatu (1, 2), nárokov na substrát počas reprodukcie (3, 4), potravných nárokov (5, 6), migračných vlastností (7), taxonomickej príslušnosti (8) a invázneho potenciálu (9); metrika 10 je vlastnosťou spoločenstva:

1. Relatívna denzita bentických druhov
2. Relatívna denzita reofilných druhov
3. Relatívna denzita litofilných druhov
4. Relatívna denzita fytofilných druhov
5. Relatívna denzita insektivorných druhov
6. Relatívna denzita piscivorných druhov
7. Relatívna denzita potamodromných druhov
8. Relatívna denzita lososovitých druhov
9. Relatívna denzita invázných druhov
10. Index ekvitability



## Postup pri výpočte FIS

Výpočet FIS sa vykonáva prostredníctvom softvérového nástroja FIScalc (pozri nižšie). Princíp výpočtu je nasledovný:

V prvom kroku hodnotiteľ ekologického stavu zaradi monitorovanú lokalitu do niektorého z 23 typov slovenských tokov (Tabuľka 8).

V druhom kroku sa vypočíta hodnota prvých 8 metrík (vo všetkých prípadoch ide o relatívnu denzitu).

V treťom kroku sa vypočíta odchýlka zistených hodnôt jednotlivých metrík od hodnôt týchto ôsmich metrík nadefinovaných v príslušnom referenčnom (modelovom) spoločenstve podľa zvoleného typu toku (Tabuľka 10) a vyjadri sa – v súlade s podmienkami RSV – v podobe pomeru ekologickej kvality (PEK, resp. Ecological Quality Ratio – EQR). Zdôvodnenie takého postupu možno nájsť aj v materiály o metodike pre odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd [20]:

„Pomer vyjadruje vzťah medzi zistenými hodnotami biologických prvkov kvality k referenčným podmienkam v danom útvare. Pomer ekologickej kvality je vyjadrený hodnotami v intervale 0 – 1, pričom tieto hodnoty sú vypočítané na základe vzťahu, ktorý je daný hraničnými podmienkami:

$$PEK = \frac{hm - dh}{hh - dh}$$

kde hm = hodnota metriky, dh = dolná prahová hodnota a hh = horná prahová hodnota.”

Pokiaľ takto štandardizovaná metrika (prostredníctvom PEK) dosahuje hodnotu vyššiu ako 1,0 (t.j. ak pozorovaná hodnota relatívnej denzity danej metriky prevýši v hodnotenom spoločenstve očakávanú hodnotu danej metriky v referenčnom spoločenstve), vo štvrtom kroku sa hodnota takejto metriky upraví na 1,0. Vychádza sa pritom z predpokladu, že ak relatívna hodnota danej metriky, ktorá indikuje stav spoločenstva, dosiahne hodnotu očakávanú v referenčnom spoločenstve, daná metrika indikuje hornú hranicu veľmi dobrého stavu (triedu 1), ktorý sa už ďalším zvyšovaním hodnoty nemá kam zlepšiť. Tu sa prejavuje výhoda princípu jednoduchosti, ktorý spočíva v tom, že všetky metriky, s výnimkou “Relatívnej denzity invázných druhov” hodnotu ukazovateľa FIS zvyšujú (t.j. hodnota týchto metrík klesá s narastajúcim antropogénnym ovplyvnením). Pri metrike “Relatívna denzita invázných druhov”, ktorá ako jediná hodnotu ukazovateľa FIS znižuje (t.j. jej hodnota stúpa s antropogénnym ovplyvnením), je pritom referenčná hodnota všetkých 23 typov tokov nastavená na 0, takže odchýlka od očakávaného stavu nemôže ani teoreticky prekročiť hodnotu 1,0 (túto hodnotu by dosiahla, keby bolo spoločenstvo tvorené výlučne inváznymi druhmi).

Prípadnú, teoreticky možnú situáciu, že viaceré z metrík 1 – 8, ktoré hodnotu ukazovateľa FIS zvyšujú, dosiahnu hodnotu vysoko prevyšujúcu 1,0 a napriek tomu do výpočtu FIS vstúpia iba hodnotou 1,0, čo by mohlo celkové hodnotenie ekologického stavu monitorovanej lokality deformovať, rieši piaty krok, ktorým je výpočet indexu ekvitability (obrázok 1). Táto metrika

totiž citlivo reaguje na nevyváženosť spoločenstva tak, že čím väčšími niektorý druh dominuje (napríklad druh, ktorý zvyšuje hodnotu hociktorej z metrík 1 – 8), tým väčšími sa jej hodnota znižuje.

V šiestom – poslednom – kroku sa hodnoty všetkých metrík sčítajú a vydedia počtom metrík aplikovaných pre daný typ toku (nie všetky typy tokov majú v referenčných spoločenstvách také zastúpenie druhov, že sú nimi pokryté všetky metriky 1 – 8; okrem toho, v prípade absencie invázných druhov táto metrika s negatívnym dosahom na hodnotu FIS do výpočtu nevstupuje, takže počet metrík nemusí byť pre všetky typy tokov rovnaký). Výsledkom je hodnota ukazovateľa FIS, ktorá sa pohybuje v intervale 0 – 1.

Tabuľka 10. Referenčné hodnoty desiatich metrík pre ichtyocenózy 23 typov tokov na výpočet slovenského ichtyologického indexu FIS.

BEN – relatívna densita bentických druhov, REO – relatívna densita reofilných druhov, LIT – relatívna densita litofilných druhov, FLF – relatívna densita fytolitofilných druhov, INS – relatívna densita insektivorných druhov, PIS – relatívna densita piscivorných druhov, POT – relatívna densita potamodromných druhov, SAL – relatívna densita druhov čeľade Salmonidae, INV – relatívna densita invázných druhov, IEQ – index ekvitability.

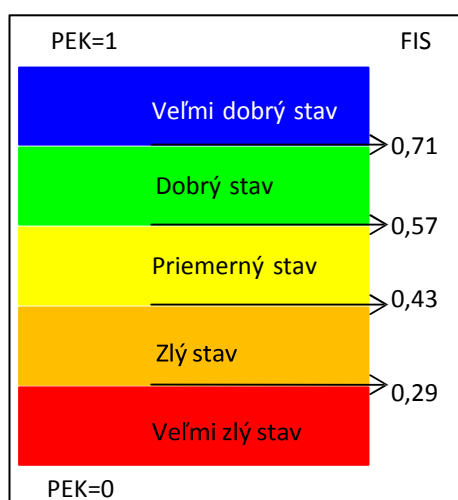
Typ toku	Metrika									
	BEN	REO	LIT	FTF	INS	PIS	POT	SAL	INV	IEQ
1	50,50	100,00	100,00	0,00	71,50	0,00	8,00	30,00	0	0,7553
2	47,50	98,70	96,40	0,00	20,60	0,00	35,60	12,60	0	0,8053
3	67,10	91,30	90,00	0,20	4,30	0,40	57,90	1,30	0	0,6683
4	87,00	99,90	99,90	0,00	98,30	0,00	0,30	12,30	0	0,2982
5	54,90	99,70	98,30	0,00	68,30	0,10	13,10	20,90	0	0,6857
6	33,70	98,20	93,40	0,00	32,50	0,50	15,10	17,50	0	0,6676
7	35,80	96,80	96,00	3,00	64,40	0,00	8,20	45,20	0	0,6343
8	41,24	98,98	94,68	1,01	16,07	0,00	40,78	4,45	0	0,6146
9	59,01	96,94	94,30	0,83	9,30	0,11	45,29	1,40	0	0,6058
10	54,12	86,44	83,75	2,33	15,00	0,80	46,41	0,00	0	0,6445
11	62,30	97,20	97,60	0,10	71,60	0,00	5,80	12,50	0	0,5319
12	41,77	87,16	81,36	0,82	28,00	0,53	36,70	10,50	0	0,8119
13	49,75	87,65	87,25	6,80	33,90	6,65	70,70	30,40	0	0,6443
14	28,55	87,95	85,95	2,80	34,20	1,85	27,60	9,30	0	0,7160
15	49,15	66,70	53,10	15,40	5,00	7,10	35,80	0,00	0	0,7695
16	39,20	84,70	76,50	8,20	11,50	1,00	28,00	0,00	0	0,7445
17	51,13	28,88	23,46	25,92	2,91	7,00	14,10	0,01	0	0,8296
18	46,10	11,75	13,01	10,40	0,01	5,18	20,62	0,00	0	0,6818
19	57,15	56,15	41,85	10,55	0,00	4,20	29,30	0,10	0	0,7988
20	49,79	34,14	26,54	3,41	0,55	7,05	37,75	0,05	0	0,7446
21	70,35	49,10	53,90	19,20	8,00	6,45	25,75	0,05	0	0,8879
22	34,63	64,49	58,59	6,13	3,55	0,70	38,76	0,05	0	0,7404
23	54,80	39,00	32,80	17,90	1,50	6,50	28,10	0,00	0	0,8806

## Kalibrácia hraníc medzi piatimi triedami ekologického stavu

Na to, aby akýkoľvek multimetrický ukazovateľ hodnotenia ekologického stavu vôd fungoval, je potrebné stanoviť korektné hranice medzi jednotlivými triedami kvality od veľmi dobrej po veľmi zlú. Inými slovami, akýkoľvek ukazovateľ, vrátane FIS, je len číslo, ktoré samé o sebe nič neznamená – skutočný význam nadobudne až vtedy, keď je známa jeho interpretácia.

Problém stanovenia korektných hraníc medzi jednotlivými triedami kvality patrí medzi najťažšie riešiteľné problémy pri uplatňovaní multimetrických indexov ekologického stavu, napr. [51]. Metódu iterácií, ktorá bola použitá pri kalibrácii ukazovateľa EFI, nemožno pri ukazovateli FIS uplatniť pre nedostatok dát. Zásady použité pri stanovovaní hraničných hodnôt pre makrozoobentos [20]; zasa nemožno prevziať preto, lebo filozofia FIS je založená na komplexnom hodnotení ichtyofauny, takže neuvažuje o význame hodnôt jednotlivých metrik pre hodnotenie ekologického stavu izolovane, ale vníma ich výlučne ako celok.

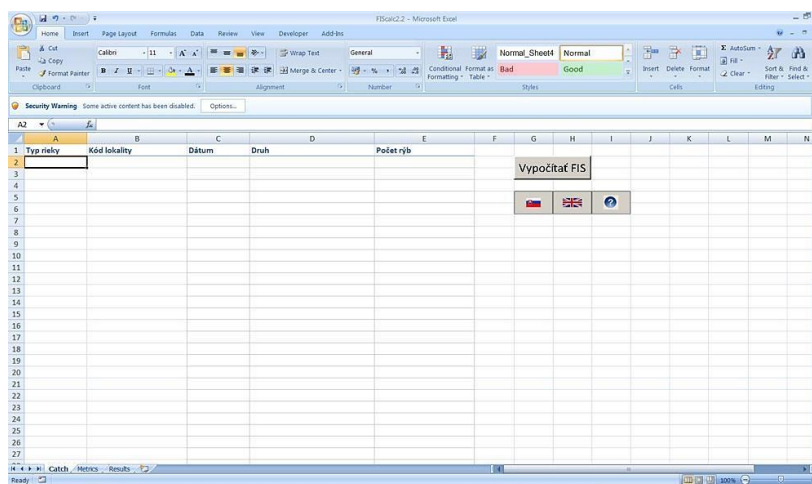
Na základe výsledkov z procesu interkalibrácie [52]; boli stanovené hranice medzi triedami, a to nasledujúcim spôsobom: hranica medzi triedami 1 a 2 bola stanovená ako medián hodnôt ukazovateľa FIS slovenských referenčných lokalít (Slovak RefCond sites), t.j. na hodnote 0,71. Hranica medzi triedami 4 a 5 bola stanovená ako symetrická hodnota vzdialenosti hranice medzi triedami 1 a 2 od hodnoty 0, t.j. 0,29. Zvyšné hranice boli napokon rozdelené rovnomerne medzi hodnotami 0,71 a 0,29 (obrázok 2).



**Obrázok 2.** Hranice medzi triedami ekologického stavu podľa slovenského ichtyologického indexu FIS. PEK – pomer ekologickej kvality.

## Softvérový nástroj na výpočet FIS

Na vypočítanie slovenského ichtyologického ukazovateľa FIS slúži softvérový nástroj FIScalc2.21, ktorý pracuje v programe Microsoft Excel a je vyhotovený v dvoch jazykových mutáciách: slovenskej a anglickej. Pri počítaní ukazovateľa FIS stačí vložiť do listu „Catch“ dáta v príslušnej štruktúre a kliknúť na tlačidlo „Vypočítať FIS“ (obrázok 3). FIScalc2.21 automaticky vypočíta FIS pre všetky lokality a vypočítané hodnoty uloží do listu „Results“. Pre kontrolu a lepší prehľad ukladá FIScalc2.21 aj vypočítané hodnoty všetkých metrik, a to do listu „Metrics“. Návod na používanie softvérového nástroja FIScalc2.2 možno získať po stlačení tlačidla s bielym otáznikom v modrom kruhu (obrázok 3).



Obrázok 3. Softvérový nástroj na výpočet Slovenského ichtyologického indexu FIScalc2.21.

## Pravidlá pre aplikáciu národnej metódy stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb

Odber vzoriek sa vykonáva pomocou certifikovaného elektrického prístroja na lov rýb. Monitorovanie musia vykonávať 3-5-členné ichtyologické skupiny (podľa veľkosti toku, na väčších brodných tokoch by mali pracovať dve skupiny súčasne), a to pod vedením zaškoleného vedúceho skupiny a držiteľa osvedčenia o absolvovaní poučenia o obsluhu zariadenia na lov rýb elektrickým prúdom, ako aj o absolvovaní zaučenia v poskytovaní prvej pomoci pri úraze elektrickým prúdom a overenia vedomostí v zmysle § 20 vyhlášky MPSVaR SR č. 508/2009 Z. z. Pri odbere vzoriek a zhromažďovaní dát sa musia striktno dodržiavať všetky postupy požadované národnou metódou. Na veľkých nebrodných tokoch sa odber vzoriek musí uskutočniť z člnov, so zvýšeným počtom členov lovných skupín, a to podľa miestnych podmienok.

Odber vzoriek je najlepšie uskutočňovať od 16. júla do 30. novembra, a to s prihliadnutím na región, kde sa monitorovaný tok nachádza, tak, aby bola zabezpečená možnosť získať vzorky

tohoročných juvenilných rýb (vek 0+). Vyhovujúce na odber vzoriek je aj obdobie od 1. apríla, v závislosti od počasia a prietokových pomerov. Odber vzoriek mimo obdobia od 1. apríla do 30. novembra národná metóda nepripúšťa. Odber vzoriek sa uskutočňuje výlučne za denného svetla, výnimkou môže byť monitoring veľmi veľkých tokov (Dunaj), pre ktoré v súčasnosti ešte nie je schválená národná metóda.

Odber vzoriek sa uskutočňuje jednosmerným alebo pulzovaným jednosmerným prúdom. Za broditel'né úseky tokov sa považujú úseky s hĺbkou do 0,7–1 m. Na každých 5-7 m šírky toku je potrebná jedna anóda. To znamená, že pri toku so šírkou 10-14 m treba použiť dve anódy súčasne, pri toku so šírkou 15-20 m tri anódy, atď. Pokiaľ nemá ichtyologická skupina k dispozícii potrebný počet anód súčasne, vykoná odber vzoriek opakovane tak, že najskôr odoberie vzorky z jedného brehu, po nevyhnutnej prestávke (vyčistenie toku, upokojenie ichtyofauny) odoberie vzorky z druhého brehu, potom, ak je tok širší, aj z ďalších 5-7 m širokých pásov vzdialenejších od brehov. Odber sa takto vykonáva dovtedy, kým nie je pokrytá celá broditel'ná šírka toku.

Pri odbere vzoriek je nevyhnutné dbať na to, aby boli vzorky pozorne odobraté zo všetkých mezohabitatov (napr. perejnaté úseky, tíšiny, atď.) ako aj mikrohabitatov (pod konármi stromov, za väčšími kameňmi, atď.), na čo treba dávať osobitný pozor najmä pri širších tokoch. Pri nebroditel'ných tokoch je nutné použiť odber vzoriek z člna. Vzorky sa odoberajú z úsekov pri oboch brehoch, ako aj v otvorenej časti toku. Pri odbere vzoriek z člna je potrebné použiť výkonný prístroj s dostatočnou účinnosťou a nastavením pre odber vzoriek z väčších hĺbok. Dĺžka odberového úseku, resp. monitorovaná plocha, musia zodpovedať veľkosti toku. Najmä dĺžka odberového úseku popri brehovej línii musí byť dostatočná, aby bolo zachytené celé druhové spektrum – spravidla najmenej dvoj- až troj-násobok dĺžky pri broditel'ných tokoch. Dĺžka úseku, na ktorom sa robí odber vzoriek, má byť 10- až 20-násobkom zavodnenej šírky toku, minimálna dĺžka úseku je 100 m. Pri odbere vzoriek sa všade tam, kde je to možné, odporúča ohraničiť odberový úsek sieťami. Je nevyhnutné presne zaznamenať dĺžku odberového úseku (údaj je nevyhnutný na vypočítanie plochy odberu vzoriek, ktorá sa vypočítava zo šírky účinného záberu anódy, nie zo zavodnenej šírky toku. Plocha, z ktorej bola vzorka odobratá nesmie byť menšia ako 100 m<sup>2</sup>.

Zavodnená šírka toku v metroch sa uvádza ako priemerná šírka toku vo viacerých transektoch odberového úseku toku. Počíta sa zo zavodnenej šírky v čase odberu vzoriek, preto ju treba odmerať priamo v teréne (t.j. nie z mapy).

Z každého odberu sa zhotoví fotodokumentácia tak, aby bolo zrejmé, o aký typ toku ide, t.j. fotografie musia zachytiť celú šírku toku vrátane brehovej línii a pobrežnej vegetácie. Jeden obrázok treba urobiť smerom po prúde, jeden smerom proti prúde. V prípade širších tokov sa odporúča urobiť viac záberov tak, aby bol dobre rozoznateľný charakter brehov aj stred toku. Z každého odberu sa zhotoví aj fotodokumentácia z odberu vzoriek, t.j. dve-tri fotografie členov odberného tímu v akcii, prípadne ilustračná fotografia vzorky rýb.

Pri odbere vzoriek je nevyhnutné zaznamenať všetky environmentálne premenné (Príloha 5) a všetky antropogénne tlaky tak, ako boli dohodnuté v procese interkalibrácie a v procese hodnotenia ekologického stavu vôd pomocou ukazovateľa EFI+ (Príloha 6, [52]).

Pri odbere vzoriek je nevyhnutné zamerať sa na všetky druhy rýb a kruhoústnic, vrátane jedincov menších ako 150 mm celkovej dĺžky. Meria sa celková dĺžka rýb (longitudo totalis). Nazbierané vzorky treba identifikovať na úroveň druhu priamo v teréne a nepoškodené jedince treba opatrne vrátiť naspäť do vody; no jedince, pri ktorých sa druhová príslušnosť nedá určiť jednoznačne v

teréne (často ide o juvenilné jedince) je nutné ich narkotizovať a následne fixovať v 4 % roztoku formaldehydu a identifikáciu urobiť v laboratóriu – pri väčšom počte takýchto jedincov, napríklad pri vzorke zo zhľuku juvenilov, nie je nutné fixovať celú vzorku, ale iba jej reprezentatívnu časť. Pri druhovej identifikácii nie je prípustné postupovať podľa známeho geografického rozšírenia druhu, ale je nutné dôsledne preveriť druhovú príslušnosť každého jedinca, čo platí najmä pre niektoré ťažšie identifikovateľné druhy, kde je riziko zámény s iným blízko príbuzným druhom, ako aj pre juvenilné jedince. Každá analyzovaná vzorka by mala obsahovať najmenej 50 jedincov. Pri zápise je nevyhnutné používať jednotné názvoslovie rýb, t.j. výlučne tie druhové názvy, ktoré boli konsenzom prijaté pracovnou skupinou pre interkalibráciu (Príloha 4).

Elektronický zápis o odbere vzoriek sa robí spravidla v programe Microsoft Excel, pričom musí obsahovať najmenej tri listy (tabuľky), a to „údaje lokalita“, údaje vzorka a údaje TL (obrázok 4). List „údaje lokalita“ obsahuje všetky povinné údaje uvádzané v zázname o odbere vzoriek pri aplikácii národnej metódy stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb, ako aj údaje o antropických tlakoch (Príloha 5 a 6). Tieto údaje sú usporiadané do stĺpcov, takže každý riadok obsahuje kompletne údaje o jednej lokalite (obrázok 4). List „údaje vzorka“ obsahuje štyri stĺpce, a to kód lokality, dátum, druh (zo zoznamu druhov) a počet jedincov (obrázok 4). V tomto liste každý riadok obsahuje údaje o jednom druhu zistenom na danej lokalite. Každá lokalita je tu zastúpená takým počtom riadkov, ktorý sa rovná počtu druhov na lokalite zistených. List „údaje TL“ obsahuje tiež štyri stĺpce, a to kód lokality, dátum, druh a celkovú dĺžku každého jedinca v mm (obrázok 4). V tomto liste každý riadok obsahuje údaje o jednom jedincovi zistenom na danej lokalite. Každá lokalita je tu zastúpená takým počtom riadkov, ktorý sa rovná počtu jedincov na lokalite zistených a súčasne každý druh je tu zastúpený takým počtom riadkov, ktorý sa rovná počtu jedincov príslušného druhu na lokalite zistených.

Národná metóda stanovovania ekologického stavu vôd podľa rýb pomocou FIS [58] bola v roku 2010 testovaná na viacerých lokalitách na Slovensku, ako aj v zahraničí (Česká republika, Maďarsko, Rakúsko a Rumunsko) a na základe nových dostupných dát priebežne aktualizovaná. Vďaka týmto aktivitám bolo možné overiť fungovanie FIS v podmienkach viacerých typov tokov. Celkovo možno konštatovať, že v zásadných princípoch národnej metódy nie je potrebné nič meniť. Treba však zdôrazniť, že implementácia Rámcovej smernice o vodách v členských krajinách Európskej únie je dlhodobý proces, ktorý je v nepretrajnom vývine a vyžaduje intenzívnu medzinárodnú spoluprácu.

A1	kód lokality														
1	kód lokality	dátum	zem. šírka	zem. dĺžka	tok	lokalita	nadm. výška	sediment dna	pôvod vody	zamokrená šírka	zsah odberu vzorí	bósov odberu vzorí	locha odberu vzorí	ariéra nad lokalit	ariér
23	RSV15062	2015/06/28	48.7422N	21.2395E	Čermeľ	Košice	225	stredný	zrážková voda	2,5	celá šírka	brodením	325		2
24	RSV15065	2015/05/09	48.4181N	19.7428E	Ipeľ	Breznička	215	jemný	zrážková voda	6,5	celá šírka	brodením	975		1
25	RSV15192	2015/05/16	48.3072N	17.6582E	Križoviansky kanál	Vlčkovce	128	jemný	zrážková voda	12	časť šírky	z člna	520		4
26	RSV15155	2015/06/08	48.1909N	18.5792E	Starotekovský kanál	cestný most Levice-	152	jemný	zrážková voda	1,7	celá šírka	brodením	170		1
27	RSV15066	2015/06/08	47.8863N	18.7627E	Ipeľ	Salka	117	stredný	zrážková voda	30	časť šírky	brodením	1800		3
28	RSV15038	2015/06/17	48.6648N	22.0429E	Okna	Senné nad - pod do	99	jemný	zrážková voda	7	časť šírky	z člna	400		1

1	kód lokality	Dátum	Druh (zo zoznamu)	počet jedincov
167	RSV15187	2015/06/10	Esox_lucius	2
168	RSV15187	2015/06/10	Abramis_brama	1
169	RSV15187	2015/06/10	Rhodeus_sericeus	1
170	RSV15187	2015/06/10	Vimba_vimba	1
171	RSV15188	2015/06/07	Leuciscus_cephalus	51
172	RSV15188	2015/06/07	Alburnus_alburnus	43

1	kód lokality	Dátum	Druh (zo zoznamu)	dĺžka tela v mm
5453	RSV15187	2015/06/10	Esox_lucius	523
5454	RSV15187	2015/06/10	Rhodeus_sericeus	66
5455	RSV15187	2015/06/10	Vimba_vimba	36
5456	RSV15188	2015/06/07	Alburnoides_bipunctatus	35
5457	RSV15188	2015/06/07	Alburnoides_bipunctatus	38
5458	RSV15188	2015/06/07	Alburnoides_bipunctatus	38

Obrázok 4. Príklad elektronického zápisu o odbere vzoriek v programe Microsoft Excel s povinnými tromi listami (tabuľkami) – „údaje lokalita“ (hore), „údaje vzorka“ (v strede) a „údaje TL“ (dole).

## 7. LITERATÚRA

(pozn. zoznam obsahuje literatúru použitú v celej Metodike monitorovania a hodnotenia vodných útvarov povrchových vôd Slovenska)

- [1] Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000 ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky: [http://old.vuvh.sk/rsv2/download/02\\_Dokumenty/01\\_Dokumenty\\_Legislativa\\_EU\\_swisiaca\\_s\\_RSV/2000\\_60\\_ES\\_SK\\_RSV.pdf](http://old.vuvh.sk/rsv2/download/02_Dokumenty/01_Dokumenty_Legislativa_EU_swisiaca_s_RSV/2000_60_ES_SK_RSV.pdf)
- [2] Vodný plán Slovenska, 2009: <https://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/koncepcne-aplanovacie-dokumenty/vodny-plan-sr/>
- [3] Vodný plán Slovenska, 2015: <https://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/koncepcne-aplanovacie-dokumenty/vodny-plan-slovenska-aktualizacia-2015/>
- [4] Makovinská, J., Mišíková Elexová, E., Baláži, P., Fidlerová, D., Lešťáková, M., Ščerbáková, S., Plachá, M., Horváthová, G., Kováč, V.: Biologická validácia typológie. Záverečná správa VÚVH Bratislava, (bez príloh) 1-33, 2013.
- [5] Chriaštel, R. a kol.: Rámcový Program monitorovania vôd Slovenska na roky 2008 - 2010, MŽP SR, Bratislava, 1- 45 (bez príloh), 2007.
- [6] Chriaštel, R. a kol. Doplnok Programu monitorovania stavu vôd pre obdobie 2008 – 2010 (rok 2009) (bez príloh), MŽP SR, Bratislava, 1-35, 2009
- [7] Rámcový Program monitorovania vôd Slovenska na roky 2010 – 2015:



- [http://www.sbm.sk/File/cms/PM2010\\_2015/Text\\_Ramcovy\\_PM10\\_15\\_final%20\(PK\).pdf](http://www.sbm.sk/File/cms/PM2010_2015/Text_Ramcovy_PM10_15_final%20(PK).pdf)
- [8] Program monitorovania vôd Slovenska na rok 2010:  
<http://www.sbm.sk/sk/?page=1536>
- [9] Program monitorovania vôd Slovenska na rok 2011:  
[http://old.vuvh.sk/rsv2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=82&Itemid=100&lang=sk](http://old.vuvh.sk/rsv2/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=100&lang=sk)
- [10] Program monitorovania vôd Slovenska na rok 2012:  
[http://old.vuvh.sk/rsv2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=105&Itemid=121&lang=sk](http://old.vuvh.sk/rsv2/index.php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=121&lang=sk)
- [11] Program monitorovania vôd Slovenska na rok 2013:  
[http://old.vuvh.sk/rsv2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=107&Itemid=123&lang=sk](http://old.vuvh.sk/rsv2/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=123&lang=sk)
- [12] Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z.z. o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona.
- [13] 2008/105/ES Smernica Európskeho parlamentu a Rady o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky, o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a o zmene a doplnení smernice 2000/60/ES zo 16. decembra 2008.
- [14] Smernica Komisie 2009/90/ES, ktorou sa v súlade so smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES ustanovujú technické špecifikácie pre chemickú analýzu a sledovanie stavu vôd.
- [15] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov.
- [16] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 398/2010 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.
- [17] Guidance document No. 10. River and Lakes – Typology, reference conditions and classification systems:  
[http://www.vuvh.sk/rsv2/download/02\\_Dokumenty/03\\_Metodicke\\_usmernenia/Guidance%20No%2010%20-%20references%20conditions%20inland%20waters%20-%20REFCOND%20\(WG%202.3\).pdf](http://www.vuvh.sk/rsv2/download/02_Dokumenty/03_Metodicke_usmernenia/Guidance%20No%2010%20-%20references%20conditions%20inland%20waters%20-%20REFCOND%20(WG%202.3).pdf)
- [18] Guidance document No. 13. Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential:  
[http://www.vuvh.sk/rsv2/download/02\\_Dokumenty/03\\_Metodicke\\_usmernenia/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20\(WG%20A\).pdf](http://www.vuvh.sk/rsv2/download/02_Dokumenty/03_Metodicke_usmernenia/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20(WG%20A).pdf)
- [19] Predbežný prehľad významných vodohospodárskych problémov Správneho územia povodia Dunaja a Správneho územia povodia Visly pre implementačný cyklus 2015 – 2021: [http://old.vuvh.sk/download/RSV/V\\_VH\\_problemy\\_Visla2013.pdf](http://old.vuvh.sk/download/RSV/V_VH_problemy_Visla2013.pdf)
- [20] Šporka, F., Makovinská, J., Hlúbiková, D., Tóthová, L., Mužík, V., Magulová, R., Kučárová, K., Pekárová, P., Mrafková, L. (2007). Metodika pre odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd. VÚVH Bratislava, SHMÚ Bratislava, UZ SAV Bratislava, SAŽP Banská Bystrica, <http://www.vuvh.sk>, s. 210-247.
- [21] Šporka, F., Pastuchová, Z., Hamerlík, L., Dobiášová, M., Beracko, P. 2009. Assessment of running waters (Slovakia) using benthic macroinvertebrates – derivation of ecological quality classes with respect to altitudinal gradients. *Biologia* 64/6: 1196-1205.
- [22] Caton, L. W. 1991. Improved subsampling methods for EPA rapid bioassessment benthic protocols. *Bull. N. Am. Benthol. Soc.* 8:317-319.



- [23] Mišíková Elexová, E., Haviar, M., Lešťáková, M. 2014. Dopracovanie metodiky stanovenia ekologického stavu vôd podľa bentických bezstavovcov. Priebežná správa VÚVH, 2009,1-39.
- [24] Baláži P., Plachá M., Ščerbáková S., Mišíková Elexová E., Lešťáková M., Fidlerová D., Makovinská J., Supeková M.: Aktualizácia klasifikačných schém pre vybrané typy tokov pre vybrané BPK. Priebežná správa VÚVH, 2012, 1- 53.
- [25] Rott E., Pipp E. & Pfister P. 2003. Diatom methods developed for river quality assessment in Austria and a cross-check against numerical trophic indication methods used in Europe. *Algological Studies* 110: 91–115.
- [26] Kelly M. G. & Whitton B. A. 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia* 384: 55–67.
- [27] Kelly M.G. 2006. A comparison of diatoms with other phytobenthos as indicators of ecological status in streams in northern England. In: Witkowski A. (ed.) *Proceedings of the 18th International Diatom Symposium*. Biopress, Bristol, pp. 139–151.
- [28] Kelly M.G., Bennett C., Coste M., Delgado C., Delmas F., Denys L., Ector L., Fauville C., Ferreol M., Golub M., Jarlman A., Kahlert M., Lucey J., Chathain B.N., Pardo I., Pfister P., Picinska-Faltynowicz J., Rosebery J., Schranz C., Schaumburg J., Van Dam H. & Vilbaste S. 2009. Comparison of national approaches to setting ecological status boundaries in phytobenthos assessment for the European Water Framework Directive: results of an intercalibration exercise. *Hydrobiologia* 621: 169–182.
- [29] Van Dam H., Mertens A. & Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Nether. J. Aquat. Ecol.* 28: 117–133.
- [30] Cemagref 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q. E. Lyon-A. F. Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 218 pp.
- [31] Descy J. P. & Coste M. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 24: 2112–2116.
- [32] Dell'Uomo A. 1996. Assessment of water quality of an Apennine river as pilot study for diatom-based monitoring of Italian watercourses. In: Whitton B. A. & Rott E. (ed.). *Use of Algae for monitoring rivers II*. Innsbruck, Austria 17-19 Sept. 95. *Studia Student. G.m.b.H., Innsbruck*, pp. 65–72.
- [33] Dell'Uomo A. 2004. L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. *Linee guida*. APAT. ARPAT. CTN\_AIM. Roma. Firenze, p. 101.
- [34] Fidlerová D. & Baláži P. 2012. Metodické usmernenie (zmena). Biologické prvky kvality – fytobentos a vláknité baktérie:  
<http://www.vuvh.sk/download/dok/MethodickeUsmernenieNrl2012.pdf>
- [35] Haury J., Peltre M.C., Termolieres M., Barbe J., Thiebaut G., Bernez I., Daniel H., Chatenet P., Haan-Archipof G., Muller S., Dutartre A., Laplace-Treyture C., Cazaubon A. and Lambert-Servien E., 2006. A new method to assess water trophy and organic pollution: the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR) its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia*, 570,153–158.
- [36] Pouličková, A. 2011 *Základy ekologie sinic a řas*. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Olomouc 92 pp.
- [37] Hindák, F., ed., 1978: *Sladkovodné riasy*.- Slov. pedag. nakl., Bratislava, 728 pp.
- [38] Baláži P., Fidlerová D., Makovinská J., Mišíková Elexová E., Plachá M., Rajczyková E.: Revízia a doplnenie klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu (na základe skúseností z výsledkov monitorovania, interkalibrácie). Priebežná správa VÚVH, 2013, 1- 27 (bez príloh).

- [39] Hensel, K. (2001). Implementácia rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES, časť „monitoring a hodnotenie povrchových vôd“ – ryby. Slovenský hydrometeorologický ústav, 22 s.
- [40] Hensel, K. (2002). Pracovný postup pre odber vzoriek rýb so zreteľom na požiadavky Rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES. Slovenský hydrometeorologický ústav, 16 s.
- [41] Hensel, K. (2003). Prehľad prístupov k hodnoteniu stavu povrchových vôd na základe rýb a návrh metrík. Slovenský hydrometeorologický ústav, 18 s.
- [42] FAME CONSORTIUM (2004). Manual for the application of the European Fish Index - EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive. Version 1.1, January 2005.
- [43] Balon, E., K. (1966). Príspevok k poznaniu vyváženosti rybích spoločenstiev v inundačných vodách Dunaja. *Biológia*, 21, 12: 865-884.
- [44] Copp G. H, Bianco, P.G., Bogutskaya, N.G., Erős, T., Falka, I., Ferreira, M.T., Fox, M.G., Freyhof, J., Gozlan, R.E., Grabowska, J., Kováč, V., Moreno-Amich, R., Naseka, A.M., Pawson, M.G., Penáz, M., Povž, M., Przybylski, M., Robillard, M., Russell, I.C., Stakėnas, S. Šumer, S., Vila-Gispert, A., Wiesner, C. (2005). To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 242-262.
- [45] Kováč V., Hensel K., Černý J., Kautman J., Koščo J. (2008). Invázne druhy rýb v povodiach Slovenska – aktualizovaný zoznam 2007. *Chránené územia*, 73: 30. Štátna ochrana prírody SR, Banská Bystrica. ISSN 1335-1737.
- [46] Moyle, P.B., Light, T. (1996). Fish invasions in California: do abiotic factors determine success? *Ecology*, 77: 1666–1670.
- [47] Marchetti, M. P., Light, T., Moyle, P.B., Viers, J.H. (2004). Fish invasion in California watersheds: testing hypotheses using landscape patterns. *Ecological Applications*, 14: 1507–1525.
- [48] Ribeiro, F., Elvira, B., Collares-Pereira, M.J., Moyle, P.B. (2007). Life-history traits of non- native fishes in Iberian watersheds across several invasion stages: a first approach. *Biological Invasions*, 10, 1: 89-102.
- [49] Shannon, C.E., Weaver W. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423 a 623-656.
- [50] Sheldon, A.L. (1969). Equitability indices: dependence on the species count. *Ecology* 50: 466-467.
- [51] Pont, D., Hugueny, B., Roset, N., Rogers C. (2004). Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecological Status of European Rivers - A Contribution to the Water Framework Directive (FAME). Final Report, WP6-8, 59 s.
- [52] Pont, D; Beers, M.; Buijse, T.; Delaigue, O.; Ferrera, T.; Jepsen, N.; Kovac, V.; Schabuss, M.; Segurado, P.; Schuetz, C.; Vehanen, T. (2009) River Fish Intercalibration Group WFD Intercalibration Phase 2: Milestone 1 report. Report to the European community.
- [53] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 301/2011 Z.z., ktorým sa ustanovujú technické špecifikácie pre chemickú analýzu a monitorovanie vôd.
- [54] Guidance document No. 27. Technical guidance for deriving environmental quality standards:  
<https://circabc.europa.eu/sd/a/0cc3581b-5f65-4b6f-91c6-433a1e947838/TGD-EQS%20CIS-WFD%2027%20EC%202011.pdf>
- [55] Bodiš, D. a kol. Návrh stanovenia požadovaných koncentrácií vybraných kovov vo vodných útvaroch Slovenskej republiky. Záverečná správa. ŠGÚDŠ, SHMÚ, SVP, š.p., UH SAV, Bratislava, 2008.

- [56] Baláži, P. a kol.: Aktualizácia klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu na základe skúseností z výsledkov interkalibrácie. Záverečná správa VÚVH Bratislava, 2014, 1-21.
- [57] Guidance document No. 23. Eutrophication Assessment in the context of European Water Policies:  
[http://www3.moev.government.bg/files/file/Water/Legislation/Guidance\\_EU\\_legislation/Guidance\\_document\\_23\\_Eutrophication.pdf](http://www3.moev.government.bg/files/file/Water/Legislation/Guidance_EU_legislation/Guidance_document_23_Eutrophication.pdf)
- [58] Kováč, V.: Národná metóda stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb – Slovenský ichtyologický index. Aktualizovaná verzia, AQBIOŠ Bratislava, december 2010, p. 1-41
- [59] Rajczyková a kol., 2013. Prehodnotenie zoznamu prioritných látok Smernice 2008/105/ES. Záverečná správa VÚVH, Bratislava, 1-20, 2014.

## Zoznam použitých noriem

- STN 757711. 2000. Kvalita vody. Biologický rozbor. Stanovenie biosestónu.
- STN 757715. 2008. Kvalita vody. Biologický rozbor povrchovej vody.
- STN EN 13946. 2014. Kvalita vody. Pokyny na rutinný odber a predúpravu vzoriek bentických rozsievok z riek a jazier.
- STN EN 14407. 2014. Kvalita vody. Pokyny na identifikáciu, stanovenie a interpretáciu vzoriek bentických rozsievok vo vzorkách z riek a jazier.
- STN EN 14184. 2014. Kvalita vody. Pokyny na skúmanie vodných makrofytov v tečúcich vodách.
- STN EN 15460. 2007. Kvalita vody. Pokyny na skúmanie vodných makrofytov v jazerách.
- STN EN 15708. 2010. Kvalita vody. Návod na prieskum, odber vzoriek a laboratórnu analýzu fytobentosu v plytkých tečúcich vodách.
- STN EN 15196. 2007. Kvalita vody. Pokyny na odber vzoriek a úpravu exúvíi kukiel dvojkrídleho hmyzu čeľade Chironomidae na ekologické hodnotenie.
- STN EN 16150. 2012 Kvalita vody. Pokyny na pomerný (pro-rata) multihabitatový odber vzoriek bentických makrovertebrát v brodných tokoch.
- STN EN ISO. 5667-3. 2005. Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 3. Pokyny na konzerváciu vzoriek vody a manipuláciu s nimi.
- STN EN ISO 10870. 2013. Kvalita vody. Návod na výber metód a zariadení na odber vzoriek bentických makrovertebrát v sladkých vodách.
- STN ISO 10260. 1999. Kvalita vody. Meranie biochemických parametrov. Spektrofotometrické stanovenie koncentrácie chlorofylu-a.