



Ministerstvo
životního prostředí

M U N I
S C I

Ústav botaniky
a zoologie

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce

Metodika hodnocení ekologického stavu vysychavých toků pomocí biologických složek

**Michal Straka, David Výravský, Marek Polášek,
Denisa Němejcová**

Brno, duben 2026

Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí ČR

Zhotovitel: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Přírodovědecká fakulta Masarykova univerzity

Tato metodika je výstupem projektu SS06010258 Hodnocení ekologického stavu vysychavých toků podle biologických složek a byla vytvořena se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci programu Prostředí pro život II.

Obsah

1	Úvod	<u>23</u>
2	Východiska řešení	<u>23</u>
3	Oblast použití	<u>34</u>
4	Určení vysychavých vodních útvarů	<u>34</u>
5	Fytobentos	<u>45</u>
5.1	Multimetrický index	<u>45</u>
5.1.1	Saprobní index (SI)	<u>45</u>
5.1.2	Salinita sensu Van Dam (SAL)	<u>56</u>
5.1.3	Nároky na kyslík (O ₂)	<u>67</u>
5.2	Postup výpočtu multimetrického indexu	<u>68</u>
6	Fytoplankton	<u>79</u>
7	Makrofyta	<u>89</u>
8	Makrozoobentos	<u>89</u>
8.1	Typově specifický multimetrický index	<u>810</u>
8.1.1	Podíl zastoupení pošvatek (Plecoptera)	<u>910</u>
8.1.2	Margalefův index diverzity (Margalef)	<u>911</u>
8.1.3	Saprobity (Sapr)	<u>1011</u>
8.1.4	Teplotní preference (Temp_pref)	<u>1011</u>
8.1.5	Reprodukční strategie (Reprod)	<u>1012</u>
8.2	Postup výpočtu multimetrického indexu	<u>1112</u>
9	Ryby	<u>1214</u>
10	Klasifikace multimetrického indexu fytobentosu a makrozoobentosu	<u>1314</u>
11	Úprava monitorovacích programů a spolehlivost hodnocení	<u>1315</u>
12	Použitá literatura	<u>1416</u>
13	Seznam příloh	<u>1618</u>

1 Úvod

Metodika navazuje na požadavky Vyhlášky č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod a Vyhlášky č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik. Při hodnocení ekologického stavu vodních útvarů povrchových vod tekoucích v ČR dle platných metodik hodnocení ekologického stavu (Marvan et al. 2011, Opatřilová et al. 2011a,b, Kočí et al. 2011, Janáč et al. 2019) se potvrdila omezená přenositelnost metod hodnocení používaných pro toky permanentně tekoucí na toky vysychavé. Metriky používané pro hodnocení i výsledný ekologický stav dosahují ve vysychavých tocích nižších (horších) hodnot při srovnatelné antropogenní zátěži (Polášek et al. in prep., Crabot et al. 2021, Wilding et al. 2018). I antropogenně nezasazený tok potom nemůže dosáhnout dobrého ekologického stavu. Předkládaná metodika tuto situaci upravuje a zavádí hodnocení, které na vysychavých tocích umožňuje zhodnotit reálný stav a představuje odraz skutečných environmentálních podmínek. Mění tak způsob hodnocení ekologického stavu povrchových vod tekoucích ve vybraných vodních útvarech, ve kterých se jako páteřní vyskytují vysychavé toky. Hodnocení pomocí této metodiky bude použito na vybraných vodních útvarech od zahájení čtvrtého plánovacího období (2027-2033).

Metodika se primárně zaměřuje na hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) podle biologických složek. Doporučuje, které biologické složky je vhodné ve vysychavých tocích využívat, a upravuje postupy hodnocení. Definuje stanovení vysychavého vodního toku a uvádí seznam vysychavých vodních útvarů, pro které je primárně navržena. Metodika neupravuje postupy hodnocení podle všeobecných fyzikálně-chemických a hydromorfologických složek.

2 Východiska řešení

Pro nové nastavení hodnocení ekologického stavu vodních útvarů vysychavých toků byl vytvořen testovací datový soubor, který zahrnoval data z let 2012-2024. Testovací dataset obsahoval informace o chemických vlastnostech vody (135 lokalit), hydromorfologické kvalitě (109 lokalit), makrozoobentosu (101 lokalit) a fytozobentosu (85 lokalit). V nastavovacím datovém souboru nebyly zastoupeny všechny typy vod dle jemného členění typologie (Langhammer a kol. 2009). Přehled zastoupených typů je uveden v Tab. 1. Lokality testovacího datasetu leží na tocích 1.-5. řádu toku dle Strahlera v nadmořské výšce od 169 do 673 m n. m. a je možné je zařadit do 14 typů jemné typologie (Tab. 1). Dataset zahrnuje vzorky z toků, kde bylo pozorováno úplné vyschnutí, a data byla pořízena v rámci programů monitoringu pro potřeby plánování v oblasti vod státními podniky Povodí a při řešení výzkumných projektů (SS06010258, TA02020395, GA20-17305S, TITSMZP703, LTC17017). Data byla shromážděna a analyzována v rámci projektu SS06010258 (EKOSVYST).

Princip stanovení multimetrického indexu pro každou biologickou složku spočíval v nastavení dvou gradientů poškození lokalit (chemický a hydromorfologický) a hledání biologických metrik, které by na tyto gradienty nejlépe reagovaly. Tyto metriky byly pak použity do výsledné multimetriky. Struktura dat a podrobný popis provedených analýz, jež vedly k výslednému postupu hodnocení, je uveden v souhrnné výzkumné zprávě k řešení projektu SS06010258.

Tab. 1: Přehled typů vod dle jemného členění typologie (Langhammer a kol. 2009) zastoupených v nastavovacím datasetu.

typologie jemná	úmoří	nadmořská výška	geologické podloží	řád toku dle Strahlera
1-2-1-1	Severní moře	200-500	Krystalinikum a vulkanity	1-3
1-2-1-2	Severní moře	200-500	Krystalinikum a vulkanity	4-6
1-2-2-1	Severní moře	200-500	Pískovce, jílovce, kvartér	1-3
1-2-2-2	Severní moře	200-500	Pískovce, jílovce, kvartér	4-6
1-3-1-1	Severní moře	500-800	Krystalinikum a vulkanity	1-3
1-3-1-2	Severní moře	500-800	Krystalinikum a vulkanity	4-6
2-2-2-1	Baltské moře	200-500	Pískovce, jílovce, kvartér	1-3
3-1-2-1	Středozevní moře	pod 200	Pískovce, jílovce, kvartér	1-3
3-1-2-2	Středozevní moře	pod 200	Pískovce, jílovce, kvartér	4-6
3-2-1-1	Středozevní moře	200-500	Krystalinikum a vulkanity	1-3
3-2-1-2	Středozevní moře	200-500	Krystalinikum a vulkanity	4-6
3-2-2-1	Středozevní moře	200-500	Pískovce, jílovce, kvartér	1-3
3-2-2-2	Středozevní moře	200-500	Pískovce, jílovce, kvartér	4-6
3-3-1-1	Středozevní moře	500-800	Krystalinikum a vulkanity	1-3

3 Oblast použití

Použití metodiky je primárně určeno pro vodní útvary, které jsou výrazně postiženy pravidelným vysycháním a využití standardních metodik pro povrchové vody tekoucí (kategorie řeka) (Marvan et al. 2011, Opatřilová et al. 2011b) by vedlo k nesprávným výsledkům. Z tohoto důvodu byl vytvořen seznam vysychavých vodních útvarů, který je přílohou této metodiky (Příloha 1). Tento seznam je nutné opakovaně aktualizovat, neboť je pravděpodobné, že problém vysychání vodních toků bude v budoucnu gradovat.

4 Určení vysychavých vodních útvarů

Mezi vysychavé vodní útvary jsou zařazeny ty, které pravidelně meziročně vysychají (tj. i mimo mimořádně suché roky) a je důvodné předpokládat, že biologické složky jsou vysycháním výrazně ovlivněné. Pro posouzení, zda k vysychání dochází opakovaně, je třeba minimálně ve dvou letech

(ideálně každoročně) během šestiletého plánovacího cyklu provést vizuální sledování *vodního stavu* v měsíčním intervalu. *Vodní stav* je každý měsíc zařazen do jedné z šesti kategorií (viz Příloha 2). Vodní útvar je zařazen mezi vysychavé, pokud je ve sledovaných letech opakovaně alespoň po dobu dvou měsíců *vodní stav* v kategorii edaphický-arheický (včetně). Pokud to dostatek dat umožňuje, je vhodné využít postup uvedený v Gallart et al. (2012). Jako vysychavý je potom zařazen vodní útvar, který spadá do kategorie intermittent-pools nebo intermittent-dry (sensu Gallart et al. 2012). Pokud je nějaký vodní útvar zařazený do kategorie episodic-ephemeral (což se v podmínkách ČR nepředpokládá), potom se pomocí biologických složek nehodnotí. Jako podpůrný údaj pro posouzení vysychavosti je možné spočítat index Biosucho, který je založený na makrozoobentosu (Pařil et al. 2015) a který je schopen určit, zda je společenstvo formováno vysycháním.

Jako vysychavý vodní útvar nemůže být zařazen ten vodní útvar, který vysychá na páteřním toku vodního útvaru ojediněle, případně jen na omezeném úseku, a ten, ve kterém je vysychání způsobeno antropogenními vlivy např. čerpáním vody z toku, převody vody apod. Vodní útvary, kde je vysychání způsobeno přímým vlivem člověka, se hodnotí pouze podle metodik pro povrchové vody tekoucí (kategorie řeka) (Marvan et al. 2011, Opatřilová et al. 2011b).

5 Fytobentos

Hodnocení je založeno na analýze vzorků odebraných podle schválené metodiky odběru a zpracování vzorků fytobentosu tekoucích vod (Marvan & Heteša 2006). Principiálně se jedná o vzorky odebrané z pevného podkladu v proudnici, které byly přeneseny do laboratoře a kde byl proveden mikroskopický rozbor, tj. determinace a kvantifikace stanovením zastoupení jednotlivých druhů řas pomocí odhadní stupnice. Pro hodnocení se využívají jen vzorky z jarního období, neboť u podzimních vzorků nelze zajistit jednotně dlouhou dobu pro rekolonizaci po vyschnutí, což výrazně snižuje spolehlivost hodnocení. Při hodnocení se použijí taxony s přiřazenými autekologickými charakteristikami, které umožní výpočet metrik multimetrického indexu. Autekologické charakteristiky, na základě kterých se počítají vybrané metriky, byly převzaty ze softwaru Omnidia 6.1 (Lecointe et al. 1993) a z informačního systému ČHMÚ, hodnoty jsou uvedeny v Příloze 3.

5.1 Multimetrický index

Multimetrický index (MMI) představuje matematický nástroj, který integruje několik dílčích metrik popisujících stav biologického společenstva do jediné hodnoty. Tyto dílčí metriky byly vybrány tak, aby reagovaly na různé typy antropogenního stresu, v tomto případě hydromorfologické změny a znečištění vod. Pro hodnocení ekologického stavu vysychavých toků podle složky fytobentos byly vybrány tři následující metriky:

5.1.1 Saprobní index (SI)

Saprobní index fytobentosu je stejně jako v pojetí metodiky (Marvan et al. 2011), založen na koncepci vztahu mezi saprobitou a trofií jako dvou paralelních aspektů klasifikace kvality vod a hodnocení se provádí podle saprobně-trofických autekologických nároků organismů vyjádřených jejich individuálními saprobními indexy. Saprobní index se vypočte jako aritmetický průměr individuálních saprobních indexů jednotlivých druhů zjištěných rozbořem daného vzorku, který

je vážený součinem hojnosti a indikační váhy. Hodnoty individuálního indexu a indikační váhy skórujících druhů jsou uvedeny v Příloze 3 a v informačním systému ČHMÚ. Na základě saprobního indexu je možné rozlišit:

SI = 0: Katarobita, nejčistší vody, bez organického znečištění.

SI = 0-1: Xenosaprobita, čisté toky s minimem živin.

SI = 1-1,5: Oligosaprobita, slabě znečištěné vody.

SI = 1,5-2,5: β-mesosaprobita, středně znečištěné vody.

SI = 2,5-3,5: α-mesosaprobita, silně znečištěné vody.

SI > 3,5: Polysaprobita, extrémně znečištěné vody.

Saprobní index *SI* se vypočte podle vzorce:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n h_i w_i S_i}{\sum_{i=1}^n h_i w_i}$$

kde

S_i je individuální saprobní index *i*-tého druhu (*i* = 1, 2, ..., *n*) ;

n počet taxonů s definovanými hodnotami *S_i*;

h_i hojnost / třída pokryvnosti podle odhadní stupnice pokryvnosti nebo jiný kvantitativní údaj (např. počet organismů nebo buněk, popřípadě valv na jednotku plochy nebo v jednotce objemu vzorku) přiřazený *i*-tému druhu (*i* = 1, 2, ..., *n*);

w_i indikační váha *i*-tého druhu (*i* = 1, 2, ..., *n*).

5.1.2 Salinita sensu Van Dam (SAL)

Salinita sensu Van Dam (Van Dam et al. 1994) je klasifikační systém autekologických nároků (míry tolerance) rozsivek na obsah solí (chloridů) ve vodě. Salinita (koncentrace rozpuštěných solí ve vodě) ovlivňuje fyziologii rozsivek a představuje bariéru při jejich šíření vodním prostředím. Systém byl revidován a aktualizován v novějších studiích (OMNIDIA 6.1, Mertens et al. 2025). Klasifikace (H-hodnoty) rozlišuje rozsivky na základě tolerance salinity (obsahu chloridů) následovně:

- H=1 (sladkovodní): <100 mg/l – Cl⁻ (salinita < 0,2 ‰).
- H=2 (sladkovodní až brakická): <500 mg/l - Cl⁻ (salinita < 0,9 ‰).
- H=3 (brakicko- sladkovodní): 500–1000 mg/l Cl⁻ (salinita 0,9–1,8 ‰).
- H=4 (brakická): 1000–5000 mg/l Cl⁻ (salinita 1,8–9,0 ‰).
- H=5, 6, 7 (brakická/mořská): Hodnoty >5000 mg/l Cl⁻ (salinita >9 ‰)

Metrika je spočítána jako průměrná hodnota kategorie salinity druhů zastoupených ve vzorku (minimum 1 - sladkovodní druh, maximum - 7 mořský druh) vážená hojností (třída pokryvnosti) skórujících druhů. Hodnoty kategorie salinity jednotlivých druhů jsou uvedeny v Příloze 3.

$$SAL = \frac{\sum_{i=1}^n y_i H_i}{\sum_{i=1}^n y_i}$$

kde

y_i = třída pokryvnosti druhu i (kategorie relativního zastoupení (%) druhu i ve vzorku)

H_i = indikovaná kategorie metriky Salinity pro druh i

5.1.3 Nároky na kyslík (O_2)

Kyslík je využíván všemi aerobními organismy a je pro ně limitujícím faktorem. Ve vodním prostředí je kyslíku asi třicetkrát méně než ve vzduchu. Jeho množství závisí zejména na proudění, atmosférickém tlaku, slunečním záření, na stupni respirace všech vodních organismů a fotosyntéze řas.

Metrika nároky na kyslík sensu Van Dam (1994) je počítána jako průměrná hodnota kategorie "nároků na kyslík" druhů zastoupených ve vzorku (minimum 1 - druh na obsah kyslíku velmi náročný, maximum - 5 druh s velice nízkými nároky na kyslík) vážená hojností (třída pokryvnosti) skórujících taxonů. Hodnoty kategorie "nároků na kyslík" jednotlivých druhů jsou uvedeny v Příloze 3. Základní klasifikace podle Van Dama (O-hodnoty) rozlišuje rozsvivky na základě nároků na kyslík následovně:

- O=1 trvale vysoké (kolem 100% nasycení)
- O=2 poměrně vysoké (nad 75% nasycení)
- O=3 střední (nad 50% nasycení)
- O=4 nízké (nad 30% nasycení)
- O=5 velmi nízké (kolem 10% nasycení)

$$O_2 = \frac{\sum_{i=1}^n h_i O_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

kde

h_i = třída pokryvnosti druhu i (kategorie relativního zastoupení (%) druhu i ve vzorku)

O_i = indikovaná kategorie metriky Nároky na kyslík pro druh i

5.2 Postup výpočtu multimetrického indexu

Pro kombinaci jednotlivých metrik do jednotného multimetrického indexu je nezbytné metriky standardizovat na bezrozměrná skóre EQR (ukazatel ekologické kvality) s hodnotami od 0 do 1. Nastavená horní mez koresponduje s 95% percentilem dané metriky v testovacím datasetu a odpovídá hodnotě metriky v nejhorším stavu (platí v případě, že metrika stoupá se zhoršujícími se podmínkami prostředí). Naopak spodní mez představuje 5% percentil v testovacím datasetu a odpovídá hodnotě metriky v referenčních podmínkách (Tab. 2).

Tab. 2: Horní a dolní meze metrik vybraných pro kombinaci do multimetrického indexu pro hodnocení ekologického stavu pomocí fyto-bentosu ve vysychavých vodních útvech a jejich hraniční hodnoty tříd stavů (VD – velmi dobrý, D – dobrý, S – střední, P – poškozený, Z – zničený).

Název metriky	Zkratka	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	SI	2,01	1,31	1,49	1,66	1,84	1,14
Salinita	SAL	2,36	1,83	1,96	2,09	2,22	1,69
Nároky na kyslík	O2	2,5	1,54	1,78	2,02	2,26	1,3

Hodnoty EQR se získají použitím následujících vzorců:

$$EQR = 1 - \frac{\text{výsledek metriky} - \text{dolní mez}}{\text{horní mez} - \text{dolní mez}}$$

Vybrané tři metriky stoupají se zvyšujícím se zatížením a z tohoto důvodu se výsledné EQR odečítá od hodnoty jedna. Všechny hodnoty větší než 1 jsou zaokrouhleny na 1 a hodnoty nižší než 0 jsou zaokrouhleny na 0. Na testovacím souboru dat byly hledány možnosti jak vylepšit výsledné hodnocení pomocí přidělení různých vah jednotlivým metrikám. To se ovšem neukázalo jako účelné a ve výsledné multimetrice mají všechny dílčí metriky stejnou váhu. Naopak se ukázalo jako výhodné upravit rozložení hodnocených dat pomocí mocninné transformace. Výsledná hodnota multimetrického indexu je potom druhou odmocninou aritmetického průměru EQR skóre dílčích metrik. Výsledný multimetrický index pro fyto-bentos je tedy:

$$MMI = \sqrt{\frac{EQR_{SI} + EQR_{SAL} + EQR_{O2}}{3}}$$

6 Fytoplankton

Fytoplankton je biologická složka kvality důležitá pro hodnocení středních a dolních úseků pomaleji tekoucích vod. Podle metodiky hodnocení ekologického stavu podle fytoplanktonu (Opatřilová et al. 2011a) je hodnocení prováděno pouze pro řády toků dle Strahlera 7. – 9., kde se fytoplankton přirozeně může rozvíjet, a bylo možné nastavit požadavky na složení referenčních společenstev. Tyto střední a dolní úseky toků však v podmínkách střední Evropy nevysychají.

V drobných vodních tocích (potoky, bystřiny, říčky) se fytoplankton téměř nevyskytuje, protože proud je příliš silný na to, aby se vytvořily stabilní populace, na základě kterých by bylo možné odvodit/nastavit referenční stav. V tocích do velikosti 5. řádu toku dle Strahlera, které vysychají, tak přirozeně nedochází k rozvoji fytoplanktonu z důvodu velké časové proměnlivosti habitatů.

Biologická složka fytoplankton se ve vysychavých vodních útvarech nemonitoruje a nebyl tedy pro ni vytvořen postup hodnocení.

7 Makrofyta

Jako podklad pro hodnocení vysychavých vodních útvarů pomocí složky makrofyta byl proveden průzkum na vysychavých vodních tocích (Kalníková 2024). Tento průzkum ukázal, že ve vysychavých tocích vodní makrofyta využít nelze. Důvodem je nízký výskyt vodních makrofyt, které se zde kvůli vysokému zástinu prakticky nevyskytují. Častější je jen přítomnost jednoho až dvou druhů mechorostů, což je však pro provedení relevantního hodnocení nedostatečné.

Makrofyta se na vysychavých vodních útvarech nemonitorují a pro tuto složku nebyl nastaven postup hodnocení.

8 Makrozoobentos

Hodnocení je založeno na analýze vzorků odebraných podle schválené metodiky odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA (Kokeš & Němejcová 2006). Principiálně se jedná o vzorky odebrané pomocí 3-minutového semikvantitativního multihabitatového vzorkování s použitím ruční sítě. Získané vzorky jsou zpracovány v laboratoři, kde je proveden jejich rozbor, a jsou stanoveny abundance jednotlivých přítomných taxonů pomocí morfologické analýzy. Pro hodnocení se použijí jen vzorky z jarního období, neboť u podzimních vzorků nelze zajistit jednotně dlouhou dobu pro rekolonizaci po vyschnutí, což výrazně snižuje spolehlivost hodnocení. Jednotlivé údaje o autekologických vlastnostech, na základě kterých se počítají vybrané metriky, byly převzaty z databáze RIVERCHANGE (<https://hydro.chmi.cz/riverchange/>) a byly doplněné z databáze freshwaterecology.info. Hodnoty autekologických nároků skórujících taxonů jsou uvedeny v Příloze 3 a v informačním systému ČHMÚ. Hodnocení bylo nastaveno na nastavovacím datasetu lokalit, které patří do finálních typů (Opatřilová et al. 2011b) 2-1 (60 lokalit), 2-2 (23 lokalit), 3-1 (4 lokality), 3-2 (3), 1-1 (4) a 1-2 (5).

8.1 Typově specifický multimetrický index

Multimetrické indexy patří mezi nejpoužívanější nástroje pro klasifikaci stavu ekosystémů sladkých a brakických povrchových vod. Multimetrický index kombinuje tři a více jednotlivých metrik, jejichž výsledky jsou nakonec spojeny do multimetrického výsledku. Různé druhy metrik (např. druhové bohatosti, podílu citlivých a tolerantních taxonů, trofické struktury společenstva), které odráží různé podmínky prostředí, jsou kombinovány do jednoho multimetrického indexu. Ideální metrika by měla být smysluplně interpretovatelná a citlivá na stresor. Hodnoty potenciálně vhodné metriky musí vykazovat významný vztah ke gradientu stresoru. Tento vztah/korelace může být pozitivní nebo negativní, může být buď napříč celým gradientem stresoru, nebo zaměřený na jeho části (např. pouze od středního po velmi dobrý stav lokalit). Součástí multimetrického indexu by se neměly stát metriky, které spolu silně korelují, to znamená,

že jsou tzv. redundantní. Z velkého množství potenciálních kandidátských metrik byly do výsledné multimetricky vybrány ty, které nejlépe reagovaly na různé typy antropogenního stresu, v tomto případě hydromorfologické změny a znečištění vod, a zároveň spolu byly co nejméně vzájemně korelované. Pro hodnocení ekologického stavu vysychavých vodních útvarů podle složky makrozoobentos byly vybrány následující metriky: Podíl zastoupení pošvatek, Margalefův index diverzity, saprobita, teplotní preference, reprodukční strategie. Pro výpočet metrik založených na abundancích jednotlivých taxonů byla použita logaritmovaná data - $\ln(x+1)$ - která jsou robustnější, nejsou citlivá na náhodné extrémní hodnoty, dávají větší váhu výskytu taxonů a naopak snižují váhu dominantních taxonů.

8.1.1 Podíl zastoupení pošvatek (*Plecoptera*)

Metrika je spočítána jako zastoupení jedinců skupiny *Plecoptera* (pošvatky) v celém společenstvu. Pošvatky (*Plecoptera*) představují jednu z nejcitlivějších skupin vodního hmyzu. Jsou to striktně stenotopní organismy s velmi vysokými nároky na koncentraci rozpuštěného kyslíku ve vodě, nízkou teplotu a čistotu substrátu. Jakýkoliv antropogenní tlak – ať už jde o organické znečištění (vedoucí k deficitu kyslíku) nebo hydromorfologické změny (např. napřímení koryta a sedimentace jemných částic) – vede k drastickému poklesu jejich početnosti nebo k jejich úplnému vymizení.

$$Plecoptera = \frac{\ln(n_{pos} + 1)}{\ln(n + 1)} * 100$$

n_{pos} = součet abundancí taxonů pošvatek ve vzorku

n = celková abundance taxonů ve vzorku

8.1.2 Margalefův index diverzity (*Margalef*)

Metrika vyjadřuje druhovou bohatost společenstva korigovanou na celkovou abundanci vzorku. Výpočet vychází ze vztahu mezi počtem zjištěných taxonů a přirozeným logaritmem celkového počtu jedinců ve vzorku. V přirozených, antropogenně neovlivněných podmínkách si společenstvo makrozoobentosu udržuje vysokou diverzitu s rovnoměrným zastoupením mnoha různých ekologických nik. Jakmile na tok začne působit environmentální stres (znečištění živinami, toxické látky nebo výrazná degradace koryta), dochází k narušení této rovnováhy. Margalefův index na tento posun citlivě reaguje: zachycuje pokles celkové strukturní pestrosti ekosystému

$$Margalef = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

S = celkový počet taxonů

N = celková abundance taxonů v daném vzorku.

8.1.3 Saprobity (*Sapr*)

Metrika představuje klíčový indikátor organického znečištění a trofického stavu toku. Je spočítána na základě individuálních saprobních hodnot jednotlivých taxonů, které odrážejí ekologickou valenci organismů k obsahu organických látek. Každý taxon má rozděleno deset bodů mezi jednotlivé kategorie saprobity: xenosaprobita, oligosaprobita, β -mezosaprobita, α -mezosaprobita, polysaprobita. Metrika představuje zastoupení preferencí pro alfa-mesosaprobitu a polysaprobitu ve společenstvu. Výsledná hodnota metriky je definována jako průměr sumy bodů v kategoriích preference pro alfa-mesosaprobitu a preference pro polysaprobitu, který je vážen logaritmovanou abundancí skórujících taxonů.

$$Sapr = \frac{\sum_{i=1}^n T_{i,alpha} x_i + \sum_{i=1}^n T_{i,p} x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} * 10$$

$T_{i,alpha}$ - je počet bodů (v rozmezí 0–10) taxonu i pro kategorii alpha-mesosaprobita.

$T_{i,p}$ - je počet bodů (v rozmezí 0–10) taxonu i pro kategorii polysaprobita.

x_i - přirozený logaritmus počtu jedinců i -tého taxonu ve vzorku

8.1.4 Teplotní preference (*Temp_pref*)

Metrika popisuje odpověď společenstva na teplotní stres, který se projevuje úbytkem chladnomilných druhů. Každý taxon má rozděleno deset bodů mezi jednotlivé kategorie teplotních preferencí: velmi chladnomilný (<6 °C), chladnomilný (6-10 °C), mírný (10-18 °C), teplomilný (> 18 °C), eurytermní (bez vyhranění). Výsledná hodnota metriky je definována jako průměr sumy bodů v kategoriích teplomilný (> 18 °C) a eurytermní, který je vážen logaritmovanou abundancí skórujících taxonů.

$$Temp_pref = \frac{\sum_{i=1}^n pref.war_i x_i + \sum_{i=1}^n pref.eut_i x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} * 10$$

$pref.war_i$ - počet bodů i -tého taxonu pro teplomilnost

$pref.eut_i$ - počet bodů i -tého taxonu pro eurytermii

x_i - přirozený logaritmus počtu jedinců i -tého taxonu ve vzorku

8.1.5 Reprodukční strategie (*Reprod*)

Tato metrika popisuje zastoupení reprodukčních strategií organismů ve společenstvu. Reprodukční strategie vodních bezobratlých jsou vázané na fyzikální stav koryta a hydrologický režim. Každý taxon má rozděleno deset bodů mezi jednotlivé kategorie reprodukční strategie: asexuální, přilepená jednotlivá vajíčka, shluky ve vegetaci, přilepené shluky ve vodě, Po shlucích volně do vody, volná jednotlivá vajíčka ve vodě, ovoviviparní, parazitický, po shlucích v přibřežní

zóně. Výsledná hodnota metriky je definována jako průměr sumy bodů v kategorii organismů, které kladou vajíčka ve shlucích volně do vody a v kategorii organismů, které kladou vajíčka ve shlucích v příbřežní zóně, který je vážen logaritmovanou abundancí skórujících taxonů.

$$Reprod = \frac{\sum_{i=1}^n reprod.frc_i x_i + \sum_{i=1}^n reprod.tec_i x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} * 10$$

reprod.frc_i - počet bodů *i*-tého taxonu v kategorii "klade vajíčka po shlucích volně do vody"

reprod.tec_i - počet bodů *i*-tého taxonu v kategorii "klade vajíčka po shlucích v příbřežní zóně"

x_i - přirozený logaritmus počtu jedinců *i*-tého taxonu ve vzorku

8.2 Postup výpočtu multimetrického indexu

Pro kombinaci jednotlivých metrik do jednotného multimetrického indexu bylo nezbytné metriky standardizovat na bezrozměrná skóre EQR (ukazatel ekologické kvality) s hodnotami od 0 do 1. Horní mez by měla korespondovat s horním limitem hodnoty metriky v souladu s referenčními podmínkami. Východiskem pro její odvození byla nejvyšší hodnota metriky v testovacím datasetu (pro eliminaci odlehlých hodnot byla použita hodnota 95% percentilu dané metriky), jež byla použita k nastavení hranice VD/D (platí u metrik, jejichž hodnota klesá se zvyšujícím se zatížením). Dolní mez odpovídá hodnotě metriky v nejhorším stavu pro metriky, jejichž hodnota klesá se zvyšujícím se zatížením (pro nastavení dolních jednotlivých metrik mezí byly použity hodnoty 5% percentilu z testovacího datasetu).

Hodnoty EQR se získají použitím následujících vzorců:

$$EQR = \frac{\text{výsledek metriky} - \text{dolní mez}}{\text{horní mez} - \text{dolní mez}}$$

pro metriky klesající se zvyšujícím se zatížením (Margalefův index diverzity, Procentuální zastoupení pošvatek, Reprodukční strategie) a:

$$EQR = 1 - \frac{\text{výsledek metriky} - \text{dolní mez}}{\text{horní mez} - \text{dolní mez}}$$

pro metriky stoupající se zvyšujícím se zatížením (Saprobity, Teplotní preference).

Všechny hodnoty větší než 1 jsou zaokrouhleny na 1 a hodnoty nižší než 0 jsou zaokrouhleny na 0. Horní mez (Tab. 3) koresponduje s horním limitem hodnoty metriky v souladu s referenčními podmínkami u metrik, jejichž hodnota klesá se zvyšujícím se zatížením, tj. u všech vybraných metrik kromě metrik saprobity a teplotní preference. U metrik saprobity a teplotní preference odpovídá horní mez nejhoršímu stavu metriky. Dolní mez (Tab. 3) odpovídá hodnotě metriky v nejhorším stavu pro procentuální zastoupení pošvatek, Margalefův index diverzity a reprodukční

strategii. Na testovacím souboru dat byly hledány možnosti jak vylepšit výsledné hodnocení pomocí přidělení různých vah jednotlivým metrikám. To se ovšem neukázalo jako účelné a ve výsledném multimetrickém indexu mají všechny dílčí metriky stejnou váhu. Naopak se ukázalo jako výhodné upravit rozložení hodnocených dat pomocí mocninné transformace. Výsledná hodnota multimetrického indexu je potom druhou odmocninou aritmetického průměru EQR skóre dílčích metrik. Výsledný multimetrický index pro makrozoobentos je tedy:

$$MMI = \sqrt{\frac{EQR_{Plecoptera} + EQR_{Margalef} + EQR_{Sapr} + EQR_{Temp_pref} + EQR_{Reprod}}{5}}$$

Tab. 3: Horní a dolní meze metrik vybraných pro kombinaci do multimetrického indexu a jejich hraniční hodnoty tříd stavů (VD -- velmi dobrý, D – dobrý, S – střední, P – poškozený, Z – zničený)

Název metriky	Zkratka	horní mez	VD/ D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Procentuální zastoupení pošvatek	Plecoptera	87,44	69,95	52,46	34,98	17,49	0
Margalefův index diverzity	Margalef	10,75	9,41	8,06	6,72	5,37	4,03
Saprobity	Sapr	48,03	18,91	26,19	33,47	10,75	11,63
Teplotní preference	Temp_pref	75,6	49,62	56,11	62,61	69,1	43,12
Reprodukční strategie	Reprod	25	20	15	10	5	0

9 Ryby

Přestože ryby představují důležitou biologickou složku pro hodnocení ekologického stavu, jejich využití pro hodnocení vysychavých toků je problematické. Žádná z evropských ryb není adaptována k přežití vyschnutí (Kerezszy et al. 2017) a ve vysychavých tocích mohou suchou periodu ryby přežívat jen ve zbytkových tůních (pokud jsou vytvořeny) nebo v trvalých refugiích mimo vysychavou část toku. Výzkum provedený v ČR ukázal, že stabilní a samoudržitelné společenstvo bylo přítomno jen v toku, kde nedošlo k úplnému vyschnutí. Na sledovaných tocích, které v předchozí sezoně prokazatelně vyschly, nebyly ryby zjištěny vůbec, případně druhově neodpovídaly charakteru toku. Nalezené ryby pocházely z malých vodních nádrží ležících na sledovaných tocích a byly ve většině případů zjištěny pod nádrží, výjimečně vytáhly i do úseku nad nádrží (Jurajda et al. 2019). Z tohoto důvodu nebylo možné stanovit referenční společenstvo

(respektive je nulové) a biologickou složku ryby není možné využít pro hodnocení ekologického stavu vysychavých vodních útvarů.

Nejběžněji vysychají toky 1.-3. řádu dle Strahlera, pro které metodika hodnocení ekologického stavu pomocí biologické složky ryby (Janáč et al. 2019) způsob hodnocení také nestanovuje, protože na těchto malých tocích není vhodné používat rybí společenstvo jako bioindikátor.

Vodní útvary s páteřními toky 4.-5. řádu, které jsou zařazeny mezi vysychavé z důvodu opakovaného meziročního vysychání, se podle složky ryb nehodnotí.

10 Klasifikace multimetrického indexu fytozobentosu a makrozobentosu

Multimetrický index poskytuje skóre reprezentující celkový vztah mezi kombinovanou hodnotou biologických parametrů zjištěnou pro dané místo a předpokládanou hodnotou v referenčních podmínkách. Toto skóre je stejně jako pro jednotlivé metriky vyjádřeno jako číselná hodnota mezi 0 a 1. Toto rozmezí je rozděleno na pět kategorií (= třídy ekologického stavu). Ty poskytují pět ordinálních hodnotících kategorií pro hodnocení ekologického stavu v souladu s požadavky Směrnice 2000/60/ES (Tab. 4). Podle hodnoty MMI se profil/vodní útvar zařadí do třídy ekologického stavu. Zařazení hodnoty multimetrického indexu do tříd ekologického stavu je pro biologické složky makrozobentos a fytozobentos shodné.

Tab. 4: Zařazení do třídy ekologického stavu podle hodnoty multimetrického indexu (MMI) fytozobentosu a makrozobentosu

Třída ekologického stavu	Klasifikace ekologického stavu	Zkratka	MMI
1	velmi dobrý	VD	$0,75 < \text{MMI}$
2	dobrý	D	$0,6 < \text{MMI} \leq 0,75$
3	střední	S	$0,4 < \text{MMI} \leq 0,6$
4	poškozený	P	$0,2 < \text{MMI} \leq 0,4$
5	zničený	Z	$\text{MMI} \leq 0,2$

11 Úprava monitorovacích programů a spolehlivost hodnocení

Seznam vysychavých vodních útvarů a případně i seznam zranitelných vodních útvarů (tj. kandidátů na vysychavé vodní útvary) aktualizovaný v rámci provádění hodnocení stavu vodních útvarů pro plány dílčích povodí, se stane součástí následujícího Rámcového programu monitoringu.

V případě nejistoty aktuálního zařazení vodního útvaru mezi vysychavé vodní útvary a v případných vodních letech u vysychavého vodního útvaru je vhodné vzorkovat standardně nastaveným způsobem a v rámci hodnocení stavu vodních útvarů pro plány dílčích povodí vodní útvar komplexně posoudit a rozhodnout o způsobu jeho finálního hodnocení.

Ke spolehlivému určení vysychavých vodních útvarů je nutné zajistit dostatečné podklady o vodním stavu (Příloha 2), nejlépe na základě pozorování v terénu prováděných vzorkaři státních podniků Povodí v rámci standardního monitoringu povrchových vod. Pro posouzení, zda k vysychání dochází opakovaně, je třeba minimálně ve dvou letech během šestiletého plánovacího cyklu provést vizuální sledování *vodního stavu* v měsíčním intervalu. U vodních útvarů, které jsou zařazeny jako vysychavé nebo zranitelné (Příloha 1), je vhodné pozorování provádět častěji, zejména s důrazem na zachycení potenciálního vysychání. Aktualizace seznamu vysychavých vodních útvarů potom probíhá na základě takto získaných informací.

Uvedené postupy hodnocení mohou být aplikovány pouze na vzorky fytozobentosu odebrané a zpracované dle metodiky Marvan a Heteša (2006) nebo na vzorky makrozoobentosu, které byly odebrány postupy uvedenými v metodice odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA (Kokeš & Němejcová 2006). K hodnocení se použijí pouze vzorky makrozoobentosu a vzorky fytozobentosu odebrané v jarním vzorkovacím období. Vzorky odebrané na podzim vykazují příliš velkou míru variability v závislosti na délce suché periody a době od zaplavení a mají tudíž nízkou míru spolehlivosti hodnocení. Zpracovatel by měl při zpracování vzorků dodržet závaznou determinační úroveň navrženou pro zpracování dat z monitoringu povrchových vod. Biologické složky fytoplankton, makrofyta a ryby se nehodnotí.

Metodika hodnocení byla nastavena na tocích zařazených do typů jemného členění typologie (Langhammer a kol. 2009) uvedených v Tab. 1. V případě potřeby použití metodiky na tocích jiných typů jemného členění nemusí být hodnocení spolehlivé a je nutné provést ověření jeho nastavení analýzou biologických dat z tohoto typu jemného členění a porovnáním vztahu mezi EQR a vzdáleností od referenčního společenstva.

Výsledek hodnocení ekologického stavu vodního útvaru podle předložené metodiky nemusí být spolehlivý v případě, že je k výpočtu použitý vzorek s malým počtem jedinců nebo taxonů. Kritická hranice je u makrozoobentosu méně než 200 jedinců; u fytozobentosu méně než 5 taxonů, pro které je dostupná informace o všech třech využívaných autekologických vlastnostech. Rozhodnutí o vyloučení vzorků z dalších analýz však musí provést osoba odpovědná za hodnocení po zvážení všech dostupných informací.

12 Použitá literatura

- Crabot J., Dolédec S., Forcellini M. & Datry T. (2021): Efficiency of invertebrate-based bioassessment for evaluating the ecological status of streams along a gradient of flow intermittence. *Ecological Indicators* 133: 108440
- ČSN 75 7701 Jakost vod – Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. Český normalizační institut, 2008.
- ČSN 75 7729 (TNI CEN/TR 16151) Jakost vod – Návod pro navrhování multimetrických indexů. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- Janáč M., Jurajda P., Polášek M., Němejcová D. (2019): Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky ryby. Aktualizace metodického postupu Horký a Slavík (2011). Zpracováno pro MŽP.

- Jurajda P., Šlapanský L., Jurajdová Z., Janáč M. (2019): Ichtyologický průzkum lokalit vysychavých toků v rámci projektu TA ČR (TITSMZP703). Ústav biologie obratlovců, Brno, 10 pp.
- Kalníková V. (2024): Hodnocení ekologického stavu vysychavých toků podle biologických složek: Průzkum a hodnocení vodních makrofyt. Zpráva pro projekt SS06010258. Brno, 20 pp.
- Kerezszy A., Gido K., Magalhães M.F., Skelton P.H. (2017): The biota of intermittent rivers and ephemeral streams: Fishes. In: Datry, T., Bonada, N., Boulton, A.J. (Eds.), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Ecology and Management*. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, pp. 273–298. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00010-3>
- Kočí M., Grulich V., Opatřilová L., Horký P. (2011): Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrofyta. VÚV TGM, v. v. i., Certifikovaná metodika MŽP. Aktualizace platná od března 2018.
- Kokeš J., Němejcová D. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou Perla. Metodika akceptovaná MŽP. VÚV TGM, Brno, 9 pp. <https://mzp.gov.cz/cz/agenda/voda/ochrana-vod/povrchove-vody/metodiky-k-hodnoceni-stavu-vod/prehled-akceptovanych-0>
- Langhammer J., et al. (2009): Vymezení typů útvarů povrchových vod, PřF UK Praha. Zpracováno pro MŽP.
- Lecointe C., Coste M., & Prygiel J. 1. (1993): "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, 269(1), 509–513. <https://doi.org/10.1007/BF00028048>
- Marvan P., Opatřilová L., Heteša J., Maciak M., Horký P. (2011): Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky fytoobentos. VÚV TGM, v. v. i., Certifikovaná metodika MŽP. Aktualizace platná od března 2018.
- Marvan P. Heteša J. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků fytoobentosu tekoucích vod. Metodika akceptovaná MŽP. BÚ AV ČR, Brno, 8 pp. <https://mzp.gov.cz/cz/agenda/voda/ochrana-vod/povrchove-vody/metodiky-k-hodnoceni-stavu-vod/prehled-akceptovanych-0>
- Mertens A., van der Wal J., Verweij G., Pex B., van Dulmen A. & van Dam H. (2025): A revised list of diatom ecological indicator values in The Netherlands. *Ecological Indicators* 172: 113219.
- Opatřilová L., Desortová B., Potužák J., Liška M., Maciak M., Horký P. (2011a): Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky fytoplankton. VÚV TGM, v. v. i., Certifikovaná metodika MŽP. Aktualizace platná od března 2018.
- Opatřilová L., Kokeš J., Němejcová D., Syrovátka V., Zahrádková S., Maciak M., Horký P. (2011b): Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky makrozoobentos. VÚV TGM, v.v.i., Certifikovaná metodika MŽP. Aktualizace platná od března 2018.
- Pařil P., Syrovátka V., Zahrádková S., Straka M., Polášek M., Němejcová D., Opatřilová L., Šikulová L. & Řezníčková P. (2015): Metodika retrospektivní bioindikace epizod vyschnutí toků na základě analýzy makrozoobentosu. Metodika certifikovaná Ministerstvem životního prostředí dne 21.12. 2015 pod číslem 91808/ENV/15, 34 pp.

- Polášek M., Loskotová B., Straka M., Polášková V., Stubbington R, Datry T. & Pařil P. (in prep). Interactive effects of flow intermittency and pollution on macroinvertebrate-based bioassessment in temperate streams.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- Strahler A. N. (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*: 38(6): 913-920.
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands *Netherl. J. Aquat. Ecol.*, 28, pp. 117-131, 10.1007/BF02334251
- Vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod ve znění pozdějších předpisů.
- Wilding N. A., White J. C., Chadd R. P., House A. & Wood P. J. (2018): The influence of flow permanence and drying pattern on macroinvertebrate biomonitoring tools used in the assessment of riverine ecosystems. *Ecological Indicators* 85: 548-555.

13 Seznam příloh

Příloha 1: Seznam vysychavých a zranitelných vodních útvarů

Příloha 2: Vodní stav_kategorie

Příloha 3: Autekologické charakteristiky pro výpočet jednotlivých metrik