

Perspektivní hydromorfologické fenomény z hlediska zlepšování ekologického stavu vodních toků.

Hydromorphologic phenomenons showing promise for improving of the ecological state of streams

Pavel Kožený¹, Hana Janovská¹, Libuše Opatřilová², Eduard Bouše¹, Tereza Beránková¹

¹ Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30, Praha 6, 160 00

² Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178/8, Praha 5 – Smíchov, 150 00

Key words: hydromorphologic phenomenons, macroinvertebrate, stream restoration

Abstrakt

Hydromorfologický fenomén lze charakterizovat jako prostorovou jednotku koryta, která je vizuálně odlišitelná, charakterizovaná hloubkou, rychlostí proudění a typem dnového substrátu, a představuje tak srozumitelnou jednotku pro projektanty revitalizací a přírodě blízkých opatření. Nejprve byl sledován vztah počtu hydromorfologických fenoménů na lokalitě ke společenstvu makrozoobentosu. Výsledky z 27 lokalit naznačují, že se zvyšujícím se počtem fenoménů se zlepšuje hodnota jednotlivých biologických metrik i celkového multimetrického indexu pro makrozoobentos (MMi). Detailněji byly jednotlivé hydromorfologické fenomény studovány na 6 vybraných lokalitách. Pro ekologický stav toku je zásadní přítomnost proudného úseku koryta s relativně stabilním dnem složeným z kamenů a hrubého štěrku, který je podle výsledků studie plošně hojně zastoupený, stabilně dosahuje vysokých hodnot početnosti i druhové bohatosti bentických bezobratlých a ve všech hodnocených typech toků dosahuje vysoké hodnoty MMi. Druhovou bohatost i početnost makrozoobentosu daného úseku toku ale zvyšují také plošně málo zastoupené fenomény říčního dřeva, vodních makrofyt a pobřežních bylin. Tyto fenomény proto představují velký potenciál pro plánování revitalizačních opatření.

Klíčová slova: hydromorfologické fenomény, makrozoobentos, revitalizace

Úvod

Říční prostředí představuje heterogenní prostředí tvořené různými dnovými substráty a různě zastoupenými úseky peřejnatého (riffle), proudivého (glide) či klidného charakteru (pool). Místa v toku, vymezená substrátem a charakterem proudění jsou obvykle nazývána habitaty. Přesné vymezení habitatu je však poměrně komplikované, proto je pro technické definování jednotlivých odlišitelných prostředí v toku vhodné použít koncept tzv. hydromorfologických fenoménů. Ty představují prostorovou jednotku koryta, která je vizuálně odlišitelná, charakterizovaná hloubkou, rychlostí proudění a typem dnového substrátu (viz obr. 1 a tab. 1) a jsou tak srozumitelnou jednotkou pro technicky zaměřené projektanty revitalizací a přírodě blízkých úprav vodních toků. Cílem výzkumu bylo popsat význam jednotlivých hydromorfologických fenoménů pro ekologický stav toku hodnocený podle makrozoobentosu a experimentálně ověřit možnosti zlepšení hydromorfologického a ekologického stavu pomocí vložení struktur říčního dřeva.

Materiál a metody

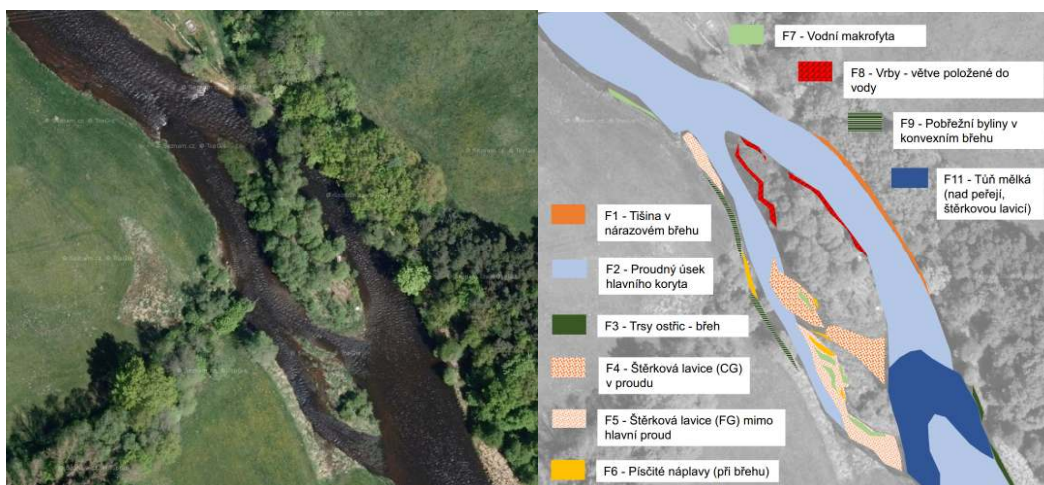
Vliv počtu hydromorfologických fenoménů na společenstvo makrozoobentosu

Vztah počtu hydromorfologických fenoménů na lokalitě vzhledem k společenstvu makrozoobentosu byl sledován na 27 lokalitách, které zahrnovaly toky 2. – 7. řádu podle Strahlera z různých geomorfologických typů. Makrozoobentos byl vzorkován standartní českou národní multihabitatovou metodou PERLA (Kokeš 2006, Kokeš and Němejcová 2006, ČSN 75 7701) na jaře 2015 a determinován na co nejnižší taxonomickou úroveň. Byly vypočteny vybrané metriky makrozoobentosu, celkový multimetrický index a provedeno hodnocení ekologického stavu lokality podle makrozoobentosu (Opatřilová a kol. 2011). Hydromorfologické fenomény a jejich počet byly na každé lokalitě definovány na základě substrátu, charakteru proudění a hloubky vodního sloupce. Na jedné lokalitě bylo definováno maximálně 13 odlišitelných fenoménů.

Vliv jednotlivých hydromorfologických fenoménů na ekologický stav toku

Pro zodpovězení otázky, který z fenoménů přispívá nejvíce k lepšímu ekologickému stavu lokality, byly v následující fázi studie odebírány vzorky makrozoobentosu na vybraných šesti lokalitách (Bečva – Osek, Blanice – nad Křemenným p., Morávka – Nižní Lhoty, Svratka – Spělkov, Tichá Orlice – Kunčice a Vltava – Plešovice) z jednotlivých hydromorfologických fenoménů. Na lokalitách bylo identifikováno celkem 13 hydromorfologických fenoménů (tab. 1) definovaných blíže substrátem, hloubkou a rychlostí proudění. Pro každý fenomén byla stanovena jeho průměrná pokrývnost na lokalitě. Z každého vyskytujícího se fenoménu na lokalitě byly odebrány 3 paralelní bodové vzorky za použití klasické bentosové sítě rozrušováním substrátu před sítí do hloubky 5 až 10 cm po dobu asi 8 vteřin. Terénní práce probíhaly v jarním období roku 2016.

Na lokalitách byl vymezen experimentální úsek toku, do kterého byly umístěny objekty dřeva a srovnávací úsek toku, který zůstal bez zásahu. Vzhledem k relativně krátké délce revitalizovaných úseků toků na zájmových lokalitách studovaných v rámci projektu navazoval srovnávací úsek přímo na úsek experimentální. Na experimentálním i srovnávacím úseku byly v transektech napříč tokem měřeny hloubky toku, hydrometrickou vrtulí rychlosti proudu a stanoven převládající substrát. Body měření byly v transektu od sebe vzdáleny přibližně 25 cm. Transekty byly od sebe vzdáleny přibližně na šířku toku a byly voleny tak, aby postihly měnící se charakteristiky úseku. Na každém úseku bylo tímto způsobem změněno minimálně 100 bodů. Ke každému transektu byla ještě navíc laserovým dálkoměrem měřena šířka toku mezi břehy koryta a aktuální šířka hladiny. Měření proběhlo v jarním období roku 2017 (před instalací objektů dřeva) a v jarním období roku 2018 (po instalaci) za srovnatelných průtokových poměrů.



Obr. 1: Příklad zastoupení hydromorfologických fenoménů na lokalitě Vltava – Plešovice.

Tab. 1: Charakteristika vzorkovaných fenoménů na 6ti vybraných lokalitách (B – balvany, CG – hrubý štěrk, FG – jemný štěrk, S – písek, MA – makrofyta, LPTP – ponožené části terestrických rostlin, CPOM – hrubá partikulovaná organická hmota, WD – mrtvé dřevo).

Kód fenoménu	název fenoménu	habitat (substrát)	rychlost proudění (medián) (m/s)	hloubka (medián) (cm)	průměrná pokrývnost (%)
F1	Tišina v nárazovém břehu	LPTP	0,21	30	2,0
F2	Proudňý úsek hlavního koryta	B	1,07	29	37,4
F3	Trsy ostřic - břeh	LPTP	0,07	50	0,2
F4	Štěrková lavice (CG) v proudu	CG	1,06	24	8,4
F5	Štěrková lavice (FG) mimo hlavní proud	FG	0,53	14	17,2
F6	Písčité náplavy (př. břehu)	S	0,04	33	2,0
F7	Vodní makrofyta	MA	0,32	12	1,8
F8	Vrby - větve položené do vody	LPTP	0,29	55	0,3
F9	Pobřežní byliny v konvexním břehu	LPTP	0,16	15	1,0
F10	Tůň hluboká (pod peřejí, stupněm)	B - FG (podle proudění)	0,26	72	9,2
F11	Tůň mělká (nad peřejí, štěrkovou lavicí)	B - FG, CPOM (podle proudění)	0,18	40	18,4
F12	Říční dřevo (samostatné kusy a akumulace, nikoliv kořeny ze břehu nebo větve ve vodě)	WD	0,24	60	1,6
F13	rozpadlé břehové opevnění (přírůstky F7)	B	0,53	43	1,0

Výsledky

Vliv počtu hydromorfologických fenoménů na společenstvo makrozoobentosu

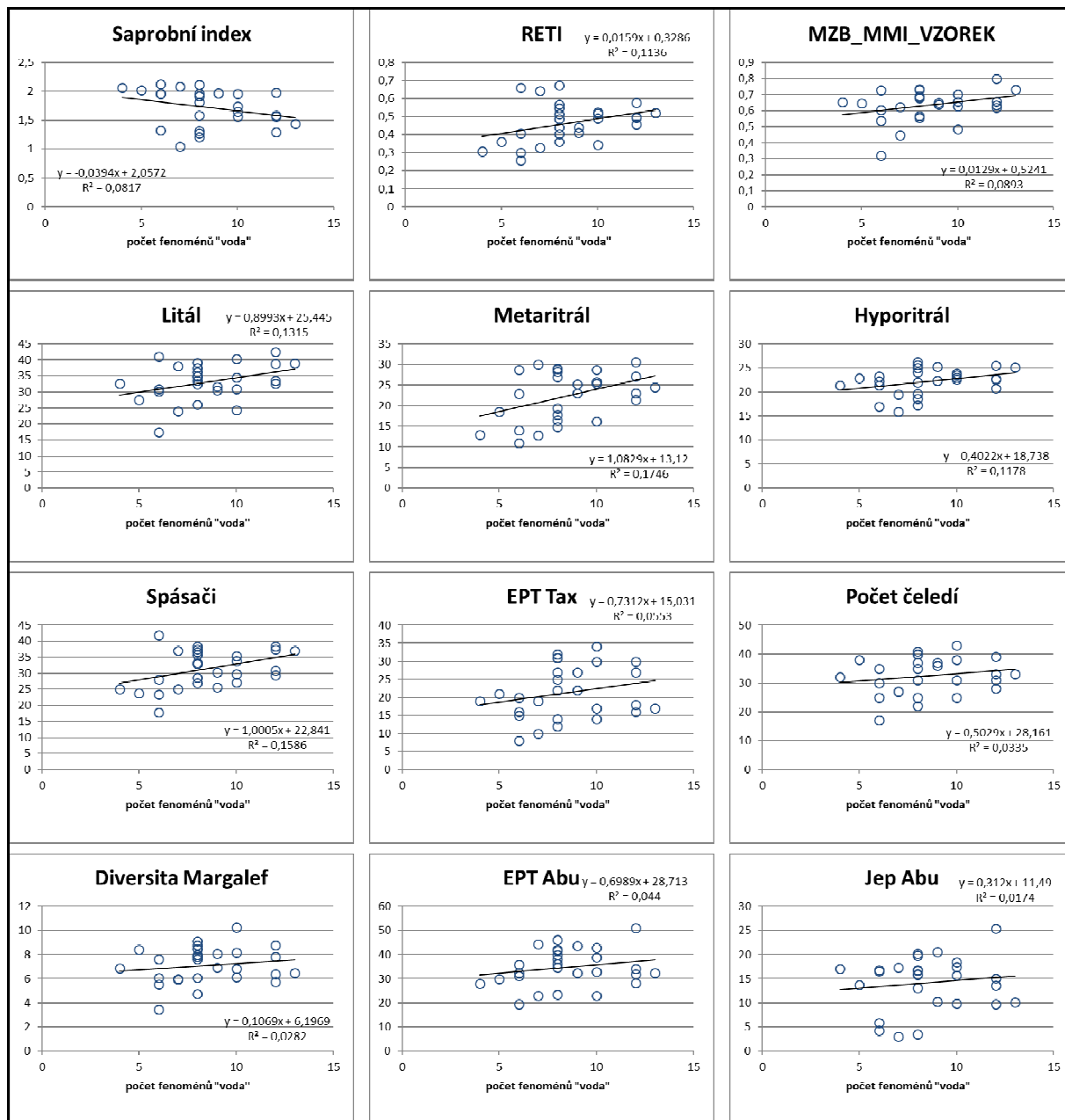
I přes velkou variabilitu mezi lokalitami je trend závislosti mnoha metrik (Opatřilová a kol. 2011) konzistentní (graf 1).. Trend závislosti sice není vzhledem k malému datovému souboru statisticky průkazný, nicméně výsledky jasně naznačují, že se zvyšujícím se počtem hydromorfologických fenoménů na lokalitě se zlepšují hodnoty nejen jednotlivých metrik makrozoobentosu (u saprobního indexu nižší hodnoty značí lepší stav společenstva makrozoobentosu), ale i celkového multimetrického indexu, podle kterého se určuje ekologický stav lokality.

Vliv jednotlivých hydromorfologických fenoménů na ekologický stav toku

Mezi často se vyskytujícími fenomény s vysokými hodnotami početnosti i druhové bohatosti makrozoobentosu patří především F2 a F12 (proudňý úsek hlavního koryta a říční dřevo), které se vyskytovaly na většině lokalit. Stabilně nejnižší hodnoty početnosti i druhové bohatosti makrozoobentosu byly dosahovány v hlubokých tůňích (F10) a na písčitých usazeninách (F6) (graf 2).

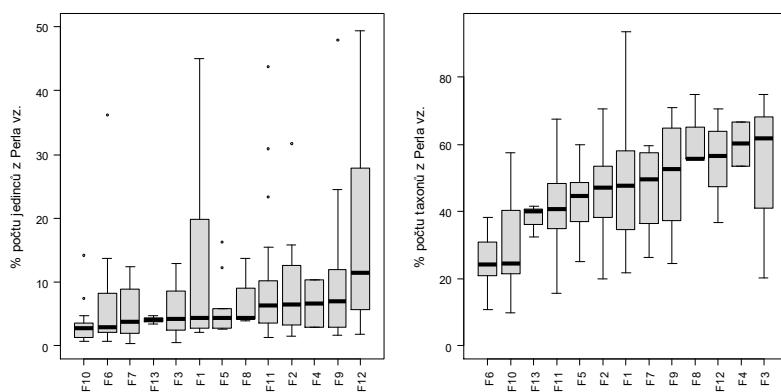
Důležitá je vyšší hodnota multimetrického indexu (MMI) nejčastěji se vyskytujícího fenoménu F2 (proudňý úsek hlavního koryta) ve všech hodnocených typech toků (Langhammer 2009, Vyhláška č. 49/2011 Sb.). Vyšší hodnoty MMI dalších fenoménů (F12, F8, F7, F9 – mrtvé říční dřevo, pobřežní vrby, vodní makrofyta a pobřežní byliny), které nezabírají v korytě ani 2 % průměrné pokrývnosti, ukazují na význam těchto drobných ploch pro diverzitu makrozoobentosu v daném úseku toku (graf 3). To potvrzuje i relativně vyšší přínos nových taxonů u fenoménů F1, F12 a F9 (tišina s ponoženými částmi terestrických rostlin, říční dřevo a pobřežní byliny) (tab. 2). V tabulce 2 jsou uvedeny průměrné pokrývnosti fenoménů na lokalitách a fenomény jsou podle toho v tabulce seřazeny zleva doprava sestupně. Tabulka uvádí absolutní počty taxonů zjištěných na daných fenoménech na všech 6ti lokalitách. Celkem bylo ve všech fenoménech dohromady zjištěno 406 taxonů, vyšší počet taxonů vykázaly fenomény F2, F11, F12 a F9 (hlavní úsek proudňého koryta, mělká tůň nad peřejí, říční dřevo a pobřežní byliny). V tabulce jsou dále uvedeny počty shodných taxonů s taxony nalezenými ve všech fenoménech s vyšší pokrývností (tj. s těmi nalevo od daného fenoménu), počty nových taxonů oproti taxonům nalezeným ve všech fenoménech

s vyšší pokryvností a počty chybějících taxonů oproti taxonům nalezeným ve všech fenoménech s vyšší pokryvností. V posledním řádku tabulky je počet nových taxonů uveden i procentuálně –procento nových taxonů z celkového počtu 406 taxonů zjištěných ve všech fenoménech. Zvýrazněny jsou vyšší hodnoty nových taxonů ve fenoménech F1, F12 a F9.

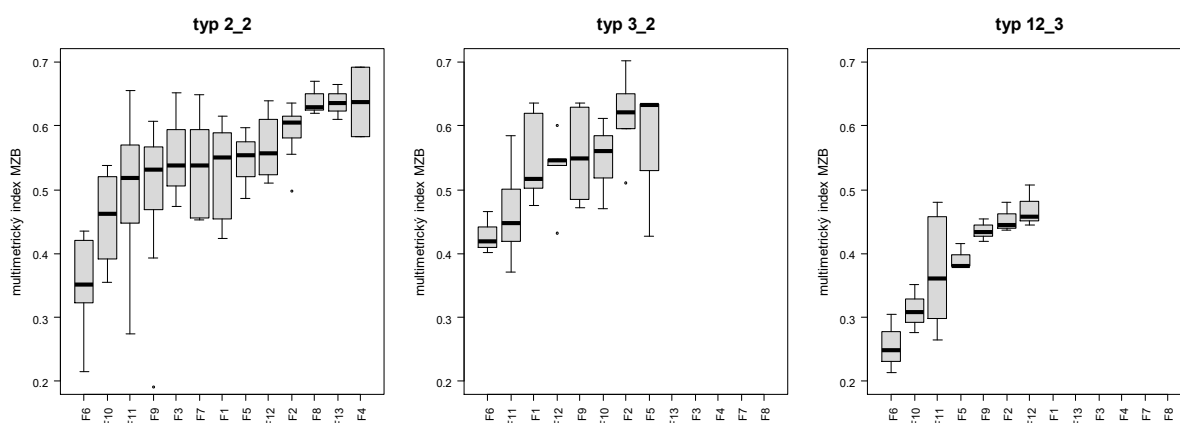


Graf 1: Vztah vybraných metrik makrozoobentosu a počtu hydromorfologických fenoménů zjištěných na lokalitách vzorkovaných v roce 2015 metodou Perla.

PERSPEKTIVNÍ HYDROMORFOLOGICKÉ FENOMÉNY Z HLEDISKA ZLEPŠOVÁNÍ EKOLOGICKÉHO STAVU VODNÍCH TOKŮ



Graf 2: Počty jedinců a taxonů makrozoobentosu ve vzorcích z fenoménů. Počty jsou vztahy k celkovému počtu jedinců, který byl zjištěn ve směsných vzorcích na jednotlivých lokalitách v roce 2015 (metodou Perla). Tento procentuální podíl lépe souhrnně vypovídá o významu fenoménů pro početnost makrozoobentosu.



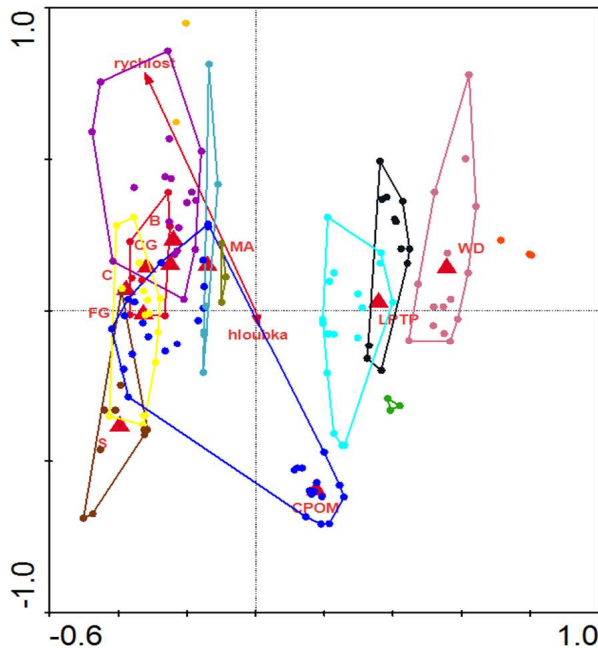
Graf 3: Hodnoty multimetrického indexu MMI spočítané pro vzorky makrozoobentosu z jednotlivých fenoménů v konkrétním typu řek. Typ 2_2 – toky v nadm. výškách 200 – 500 m n.m. a 4. – 6. řádu dle Strahlera, typ 3_2 - toky v nadm. výškách 500 – 800 m n.m. a 4. – 6. řádu dle Strahlera, typ 12_3 - toky v nadm. výškách do 500 m n.m. a 7. – 9. řádu dle Strahlera.

Tab 2: Celkové počty, počty shodných, nových a chybějících taxonů makrozoobentosu ve vzorcích z fenoménů vzhledem k počtu taxonů zjištěných ve fenoménech s vyšší pokryvností dohromady. Grafy seřazeny podle celkové pokryvnosti fenoménu zleva sestupně.

	F2	F11	F5	F10	F4	F1	F6	F7	F12	F13	F9	F8	F3
průměrná pokryvnost (%)	37,4	18,4	17,2	9,2	8,4	2	2	1,8	1,6	1	1	0,3	0,2
celkem taxonů ve fenoménu	217	259	155	159	83	201	130	139	234	86	254	103	99
shodných taxonů		169	140	156	80	171	126	134	217	84	239	99	98
nových taxonů	217	90	15	3	3	30	4	5	17	2	15	4	1
chybějících taxonů		48	166	166	244	157	231	227	150	299	147	302	307
% nových taxonů	53,4	22,2	3,7	0,7	0,7	7,4	1,0	1,2	4,2	0,5	3,7	1,0	0,2

Graf přímé ordinace RDA (graf 4), kde byl potlačen vliv lokality, zobrazuje fenomény a jejich polohu v ordinačním prostoru 1. a 2. osy (13,4 = variability druhových dat). V horní části grafu jsou zobrazeny fenomény s rychle proudící vodou, v dolní části pak fenomény vázané na vodu klidnou. Podle výsledků Monte Carlo permutačního testu je nejdůležitější

proměnnou rychlost proudění (4% vysvětlené variability druhových dat) a dále substráty a fenomény zastupující mrtvé nebo živé dřevo, části pobřežních bylin a partikulovaná organická hmota (v grafu odděleny vpravo). Rozklad variance vlivu fenoménů a substrátů ukázal, že pouze fenomény lze vysvětlit 9 % variability druhových dat a pouze substráty 6,8 %. Společně však tyto dvě kategoriální proměnné vysvětlují 24 % variability druhových dat. Sdílená variabilita je tedy 8,2 % a poukazuje na nutnost definování jednotlivých fenoménů i pomocí typicky se vyskytujícího dnového substrátu v daném fenoménu.



Graf 4: RDA - Barevné znázornění polohy vzorků příslušných k určitým fenoménům. Jednotlivé fenomény jsou ohraničeny obálkami. Legenda : F1 – černá, F2 – fialová, F3 – zelená, F4 – sv. oranžová, F5 – červená, F6 – hnědá, F7 – sv. modrá, F8 – tm. oranžová, F9 – tyrkysová, F10 – žlutá, F11 – tm. modrá, F12 – růžová, F13 – khaki.

Diskuse

Dosažené výsledky jsou obecně v souladu s podobnými pracemi na dané téma. Vyšší morfologická členitost revitalizovaných koryt vodních toků bývá dobře zdokumentována, ale v celkovém porovnání s morfologicky chudšími úseky nebývá společenstvo makrozoobentosu významně odlišné (Jähnig a Lorenz, 2008, Jähnig a kol, 2010). Tyto výsledky bývají často zdůvodňovány faktem, že v původním i revitalizovaném korytě zaujímají velkou plochu štěrkové substráty, které podporují početně i druhově bohatá společenstva makrozoobentosu. Habitaty typu říčního dřeva a vodních makrofyt jsou často označovány za centra početnosti i druhové diverzity makrozoobentosu, avšak není příliš jasný jejich celkový příspěvek k ekologickému stavu celé lokality. Příznivý efekt revitalizace vodního toku je často zřetelnější pro společenstva organismů obývajících břehovou a mokřadní zónu, než pro společenstva obývající samotný vodní tok (<https://reformrivers.eu>). Vztah hydro-morfologického stavu vodního toku a biologických složek kvality je studován zejména v souvislosti s požadavky Rámcové směrnice o vodní politice (2000/60/ES), jejíž mechanismus počítá s opatřeními na zlepšení hydromorfologického stavu vodních toků jako nástrojem pro dosažení dobrého ekologického stavu / potenciálu vodních útvarů. Efektivita

vynaložených prostředků může být poměřována mírou zlepšení ekologického stavu dotčeného vodního útvaru.

Výsledky popsané v této práci vznikly popisem vztahu jednoduše definovaných hydromorfologických fenoménů ke společenstvu makrozoobentosu. Studované lokality se nacházely na území celé ČR a spadaly do tří odlišných typů. Přesto se podařilo identifikovat fenomény významné pro početnost i diverzitu vodních bezobratlých. Kromě několika hlavních fenoménů, které dohromady pokrývají průměrně kolem 90 % plochy koryta, byla identifikována řada fenoménů s řádově nižší pokrývností. Tyto „doplňkové“ fenomény mohou sehrát významnou roli při zlepšování návrhů revitalizací a přírodě blízkých úprav vodních toků. Jejich výhodou totiž je, že mohou být do koryta přidány dodatečně a přitom nezmění jeho převažující charakter. Výsledky proto podporují zaměření na dobře provedený detail návrhů revitalizačních koryt, kterými jsou výsadba břehových dřevin, podpora bylinné pobřežní vegetace nebo vkládání říčního dřeva. V praxi byl tento přístup vyzkoušen na několika úsecích revitalizovaných potoků na území Hlavního města Prahy. Ačkoliv byla koryta dobře navržena tvarově, postrádala podrobnější tvarovou členitost, rozmanitost hloubek a rychlostí proudění nebo zastoupených substrátů. Experimentálně byly do vybraných úseků vloženy objekty říčního dřeva nebo byl doplněn štěrkový substrát. Zatímco střední hodnoty sledovaných hydromorfologických parametrů (hloubka, rychlost proudění) se nezměnily, vzrostla jejich variabilita.

Závěr

Se zvyšujícím se počtem hydromorfologických fenoménů na lokalitě se zlepšují hodnoty jednotlivých metrik makrozoobentosu i celkového multimetrického indexu, který je určující pro hodnocení ekologického stavu lokality podle makrozoobentosu.

Výsledky svědčí o významu proudných úseků koryta s členitým a relativně stabilním dnem, které je reprezentováno hrubým štěrkem a kameny. Tyto plochy jsou v přirozených korytech plošně poměrně hojně zastoupeny a přítomnost tohoto fenoménu je tedy pro dobrý ekologický stav hodnocených úseků zásadní. Druhou skupinou jsou plošně málo zastoupené fenomény, ve kterých hraje významnou roli organická struktura – mrtvé nebo živé dřevo, vodní makrofyta a pobřežní byliny. Tyto fenomény tvoří řádově procenta plochy koryta a pro plánování záměrných opatření na vodních tocích představují velký potenciál. Z hlediska makrozoobentosu jsou nejchudším prostředím písek a hluboké tůně.

Poděkování

Výzkum byl podpořen projektem TA04021446 Softwarové nástroje pro hodnocení hydromorfologie vodních ekosystémů a navrhovaných opatření ve vazbě na biologické složky a projektem CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_023/0000118 VODA PRO PRAHU, aktivita č. 2: Využití umělých a přírodních struktur pro revitalizace a zvýšení biologické a morfologické pestrosti pražských potoků. Výzkum byl spolufinancován institucionální podporou Ministerstva životního prostředí ČR v rámci naplňování Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, na období 2018–2022.

Literatura

Fremrová, L., Kokeš, J., Němejcová, D., Opatřilová, L., Janovská, H. & Zahrádková, S. (2008): ČSN 75 7701 Jakost vod – Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. Český normalizační institut. 16 pp.

- Jähmig, S. C., Brabec, K., Buffagni, A., Erba, S., Lorenz, A. W., Ofenbock, T., . . . Hering, D. (2010) A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydro-morphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers. *Journal of Applied Ecology* 47(3): 671-680.
- Jähmig, S. C., Lorenz, A. W. (2008) Substrate-specific macroinvertebrate diversity patterns following stream restoration. *Aquatic Sciences* 70(3): 292-303.
- Kokeš J. and Němejcová D. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodu PERLA. VUV T.G.M., v.v.i., Metodika Ministerstva životního prostředí, www.mzp.cz, 10 pp.
- Kokeš J., Zahrádková S., Němejcová D., Hodovský J., Jarkovský J. and Soldán T. (2006): The PERLA system in the Czech republic: a multivariate approach for assessing the ecological status of running waters. *Hydrobiologia*, 566: 343 – 354.
- Langhammer, J., Hartvich, F., Mattas, D. and Zbořil, A. (2009): Vymezení typů vodních toků. PŘF UK Praha, 29 pp.
- Opatřilová, L., Kokeš, J., Němejcová, D., Syrovátka, V., Zahrádková, S., Maciak, M. & Horký, P. (2011): Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky makrozoobentos. Praha, VUV T.G.M., v.v.i., 24 pp.
- Vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod.