

Environmentální cíle a limity vodního prostředí pro raka kamenáče

HANA JANOVSKÁ, JITKA SVOBODOVÁ, PAVEL ROSENDORF, PAVEL VLACH

Klíčová slova: rak kamenáč – jakost vody – environmentální cíle – imisní limity pro lososové vody

ABSTRAKT

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) je kriticky ohroženým druhem Červeného seznamu bezobratlých ČR, kriticky ohroženým druhem dle vyhlášky č. 395/1992 Sb., a prioritním druhem podle Směrnice Rady 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Obecně se předpokládá, že rak kamenáč vyžaduje jakost vody, která splňuje alespoň cílové imisní limity pro lososové vody podle nařízení vlády č. 71/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů, potažmo podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Stabilní a početné populace raka kamenáče vyžadují, aby jakost vody odpovídala přísněji nastaveným environmentálním cílům, a to jak ve vztahu k limitním hodnotám, tak k šíři sledovaných parametrů. Pro jejich stanovení bylo vybráno celkem 14 neovlivněných či mírně antropogenně ovlivněných lokalit s potvrzeným současným výskytem raka kamenáče nebo historickým výskytem, kde k jeho vymizení došlo zřejmě vlivem račeho moru. Tyto lokality byly vzorkovány jednou měsíčně v průběhu jednoho roku. S pomocí analýzy hlavních koordinát (PCO) a nemetrického multidimenzionálního škálování (NMDS) se zkoumané lokality v ordinačním prostoru oddělily na základě parametru $KNK_{4,5}$ (s dělicím kritériem ročního mediánu 2 mmol/l) a s ním těsně korelujících ukazatelů (vápník, hořčík, vodivost) na dvě skupiny s odlišnými podmínkami prostředí. Nastavení environmentálních cílů bylo proto provedeno pro tyto dvě skupiny lokalit samostatně. Pro lokality s nízkou kyselinovou neutralizační kapacitou (< 2 mmol/l) jsou environmentální cíle nastaveny přísněji pro parametry ukazující na míru znečištění. Pro obě skupiny lokalit platí, že některé požadované environmentální cíle jsou výrazně přísnější (např. roční medián $BSK_5 = 1,2$ mg/l), než je limit vyžadovaný pro hodnocení vodních útvarů dle Rámcové směrnice o vodách (2000/60/ES, dle typu vod od 1,5 mg/l po 2,5 mg/l). Stejně tak jsou environmentální cíle u některých parametrů nastaveny přísněji než limity dle nařízení vlády č. 71/2003 Sb., i když přímé srovnání mediánu a C_{95} není možné. U parametrů, jejichž hodnoty ve vodním prostředí přirozeně kolísají, považujeme za důležité k hodnocení stavu lokalit používat jako charakteristickou hodnotu především medián, a nehodnotit tak výkyvy naměřených hodnot, jež nejsou pro výskyt raka kamenáče limitující (např. BSK_5). Minima a maxima je naopak smysluplné použít u parametrů, kde by pro raka mohlo být ohrožující i jednorázové překročení stanoveného limitu (např. pH, toxický volný amoniak), případně pro zachycení havárií apod.

ÚVOD

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) je kriticky ohroženým druhem Červeného seznamu bezobratlých ČR [1] a současně kriticky ohroženým druhem podle vyhlášky č. 395/1992 Sb. [2]. Na úrovni Evropské unie je rak kamenáč chráněn jako prioritní druh, uvedený ve Směrnici Rady 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin [3]. Pro zajištění ochrany raka kamenáče v České republice bylo vybráno 13 nejceněnějších lokalit, které byly zařazeny do soustavy Natura 2000 jako evropsky významné lokality (dále jen EVL) [4]. Přehled vyhlášených EVL s jejich základními charakteristikami je uveden v tab. 1. Vzhledem k tomu, že cíleným monitoringem byly nalezeny postupně další lokality s rakem kamenáčem (k roku 2024 bylo evidováno dalších 32 lokalit), ukázalo se, že pouze vyhlášení původních EVL je pro ochranu raka kamenáče

nedostatečné. Za účelem maximální ochrany raka kamenáče v jeho lokalitách výskytu byl v roce 2024 schválen záchranný program, který mimo jiné vymezuje podmínky vodního prostředí nezbytné pro dlouhodobé přežívání druhu. Záchranné programy zaměřené na zachování ohrožených druhů jsou oblíbeným nástrojem, stále častěji používaným u nás i v zahraničí [5]. Výhodou záchranných programů je i to, že ochrana jednoho konkrétního druhu má pozitivní vliv i na ostatní druhy obývající stejný biotop – jde o koncept ochrany deštníkového druhu s pozitivním vlivem na celý ekosystém [6].

Tab. 1. Přehled vyhlášených evropsky významných lokalit na území České republiky, kde je předmětem ochrany rak kamenáč (zdroj: Portál informačního systému ochrany přírody AOPK ČR)

Tab. 1. Overview of designated Special Areas of Conservation in the Czech Republic where the stone crayfish is listed as a species of conservation interest (source: Nature Conservation Information System Portal, AOPK CR)

Název EVL	Kód Natura 2000	Kraj	Rozloha [ha]	Orgán ochrany přírody
Bezejmenný přítok Trojhorského potoka	CZ0423198	Ústecký	1,95	AOPK ČR – RP SCHKO České středohoří
Bradava	CZ0323145	Plzeňský	25,63	Krajský úřad Plzeňského kraje, AOPK ČR – RP Střední Čechy
Huníkovský potok	CZ0423001	Ústecký	4,26	AOPK ČR – RP SCHKO České středohoří
Luční potok – Třebušín	CZ0423219	Ústecký	0,66	AOPK ČR – RP SCHKO České středohoří
Luční potok v Podkrkonoší	CZ0523823	Královéhradecký	5,69	Krajský úřad Královéhradeckého kraje
Mešenský potok	CZ0323156	Plzeňský	1,04	Krajský úřad Plzeňského kraje, AOPK ČR – RP Střední Čechy
Padrt'sko	CZ0214042	Plzeňský, Středočeský	829,9	AOPK ČR – RP Střední Čechy
Přešínský potok	CZ0323161	Plzeňský	1,33	Krajský úřad Plzeňského kraje
Radbuza – Nový Dvůr – Pila	CZ0323166	Plzeňský	11,20	AOPK ČR – RP SCHKO Český les
Stroupínský potok	CZ0214039	Středočeský	5,94	Krajský úřad Středočeského kraje, AOPK ČR – RP Střední Čechy
Týřov – Oupořský potok	CZ0214011	Středočeský	1 341,2	AOPK ČR – RP Střední Čechy
Zákolanský potok	CZ0213016	Středočeský	10,10	Krajský úřad Středočeského kraje
Zlatý potok	CZ0323170	Plzeňský	1,87	Krajský úřad Plzeňského kraje

Rak kamenáč patří k největším bezobratlým živočichům v tekoucích, ale i ve stojatých vodách. Jako ostatní raci patří k všežravým živočichům se širokým spektrem přijímané potravy. Ve sladkovodních ekosystémech proto hraje důležitou roli v koloběhu živin drcením a zpracováním organické hmoty, kterou tímto zpřístupňuje dalším organismům [7, 8]. Rak kamenáč patří k našim původním rakům. Jeho původní areál rozšíření v České republice (ČR) nelze přesně popsat, neboť postupné odhalování jeho výskytu probíhá až do současnosti a původní osídlení již není možné zrekonstruovat. Aktuální výskyt raka kamenáče je situován do středních, severních a západních Čech společně s jednou izolovanou populací, jež se vyskytuje v Podkrkonoší [9]. Obývá mírně meandrující

přírodní toky protékající smíšenými lesy, na nichž se střídají rychle proudící úseky s pomalejšími úseky tvořícími tůně. Dno vodního toku většinou tvoří kameny nebo hrubozrnný substrát. Jeho výskyt je ovlivňován nejen stavem lokality z hlediska hydromorfologického a z hlediska kvality vodního prostředí [4, 10], ale i výskytem nepůvodních druhů raků, kteří jsou přenašeči račího moru. Původcem račího moru je plísň podobný mikroskopický patogen *Aphanomyces astaci*, jenž patří k jedné z nejvážnějších hrozeb, která naše raky ohrožuje. Další hrozbou pro raka kamenáče je ztráta úkrytových možností, a to jak obsazením invazními druhy (i nenakaženými), tak nešetrnou úpravou vodních toků, zanášením úkrytů jemnozrnným materiálem ze zemědělských ploch i rybníků a vyplaveným kalem z čistíren odpadních vod. V poslední době se k negativním vlivům přidala klimatická změna a s ní často spojené vysychání vodních toků [11]. Dalším významným negativním vlivem mohou být např. pesticidy pocházející ze zemědělství či z aplikace v průmyslových odvětvích, které se při neodborném použití dostávají do vodních toků [12].

Rak kamenáč patří mezi vodní živočichy, již jsou závislí na vysoké kvalitě celého ekosystému. Dříve byl považován za lepší bioindikátor jakosti vod, než je rak říční [13], další z našich původních druhů raků. Poslední výzkumy však ukazují, že nároky na jakost vody u obou druhů jsou přibližně stejné [14]. Platí ale, že na lokalitách, kde se nachází stabilní populace raka kamenáče ve vysoké abundanci, je celková kvalita ekosystému na vysoké úrovni, a to včetně jakosti vody [9].

Výzkum nároků raka kamenáče na jakost vody byl v ČR zahájen po roce 2000. První studie se zaměřily na průzkum známých lokalit s výskytem raka kamenáče, kde probíhal monitoring jakosti vody, tedy i na lokality, kde početnost raků byla velmi nízká a kvalita vody špatná. Na části lokalit probíhal dlouhodobější monitoring, ale na většině ostatních toků byly odebrány pouze dva vzorky za rok [15]. Data shromážděná AOPK ČR a VÚV TGM v rámci těchto studií v letech 2006–2010 se stala základem pro nastavení prvních limitních hodnot vodního prostředí pro výskyt raka kamenáče [4, 14, 16, 17]. Z důvodu, aby byla eliminována data, jež reprezentují lokality nepříznivé pro dlouhodobější život raka kamenáče, byly ze souboru dat vyřazeny lokality s dlouhodobě sníženou jakostí vody, postižené epizodickými haváriemi, nebo lokality, kde byla data získána těsně před nebo během úhynu raků. Z původních lokalit bylo vybráno 19 lokalit s rakem kamenáčem, ve kterých byly spočítány pro nejdůležitější ukazatele jakosti vody průměrné hodnoty a mezikvartilové rozpětí [4, 14, 16]. Získané výsledky byly porovnány s platnou legislativou, především s nařízením vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod [18], ve znění pozdějších předpisů. Vypočítané hodnoty se nejvíce blížily cílovým imisním limitům pro lososové vody (tab. 2), proto byly tyto limity z nařízení vlády použity i v Záchranném programu pro raka kamenáče jako závazné limity. Limity pro lososové vody jsou sekundárně uvedeny i v nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech [19], ve znění pozdějších předpisů.

Tab. 2. Imisní limity z nařízení vlády č. 71/2003 Sb. [18], a imisní limity z nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [19] pro lososové vody. Při hodnocení jakosti vody podle nařízení vlády č. 71/2003 Sb., se použije 95% percentil (C_{95}), pokud je k dispozici 12 a více hodnot. Při menším množství dat se použije maximální hodnota. Při hodnocení podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., se použije roční průměr s výjimkou ukazatele teplota, kde se použije maximum

Tab. 2. Immission limits set by Government Regulation No. 71/2003 Coll. [18] and by Government Regulation No. 401/2015 Coll. [19] for salmonid waters. When assessing according to Regulation No. 71/2003 Coll., the 95th percentile (C_{95}) is used if 12 or more values are available. If fewer data are available, the

maximum value is used. When assessing according to Regulation No. 401/2015 Coll., the annual average is used, except for the temperature parameter, where the maximum value is applied

Ukazatel	Jednotka	Nařízení vlády č. 71/2003 Sb.		Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.
		Cílové hodnoty C ₉₅	Přípustné hodnoty C ₉₅	Průměr
Teplota	[°C]		21,5 (maximum)	29 (maximum)
Rozpuštěný kyslík	mg/l	9 (medián) 7 (minimum)	9 (medián)	> 9
BSK ₅	mg/l	3		1,8
pH	pH		6–9	5–9
Nerozpuštěné látky	mg/l	25 (průměr)		20
Amonné ionty (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,04	1	0,038
N-NH ₄	mg/l	0,03		0,03
Volný amoniak (NH ₃)	mg/l	0,005	0,025	
Dusitany (NO ₂ ⁻)	mg/l	0,6		0,26
N-NO ₂	mg/l	0,18		0,08
N-NO ₃	mg/l			5,4
Chloridy	mg/l			150
Rozpuštěná měď (Cu)	mg/l	0,04*		
Celkový chlor – jako HClO	mg/l		0,005	
Celkový zinek (Zn)	mg/l		0,3*	
Celkový fosfor	mg/l			0,05
CHSK _{Cr}	mg/l			26
Celkový organický uhlík	mg/l			10
Celkový dusík	mg/l			6
Rozpuštěné látky sušené	mg/l			750
Rozpuštěné látky žíhané	mg/l			470
Sírany	mg/l			200
Hořčík	mg/l			120
Vápník	mg/l			190

Pozn.: * Cílová hodnota se mění v závislosti na celkové tvrdosti vody na lokalitě; podrobnosti viz nařízení vlády č. 71/2003 Sb., Příloha 2.

Jak se v průběhu dalších výzkumů ukázalo, nároky raka kamenáče sice vyžadují jakost vody, která splňuje alespoň cílové imisní limity pro lososové vody [9, 16, 17], nicméně aby populace raků byla stabilní s vysokou abundancí, měla by jakost vody směřovat k přísnějším environmentálním cílům jak z pohledu limitů, tak z pohledu rozsahu parametrů. Takové environmentální cíle byly nově stanoveny v rámci projektu TA ČR Beta 2 č. TITSMZP701 „Metodika hodnocení stavu chráněných území vymezených dle Rámcové směrnice o vodách pro ochranu stanovišť nebo druhů“, ve kterém byly využity předchozí rozsáhlé datové soubory a informace z referenčních a dalších lokalit, získané v rámci několika výzkumných projektů VÚV TGM [11]. Ty byly v rámci projektu TA ČR Beta 2 doplněny o dvě pilotní lokality (Chejlava a Hůrecký potok), na nichž probíhal monitoring v měsíčním intervalu od listopadu 2018 do října 2019. Na základě těchto dat a jejich vyhodnocení byly nastaveny environmentální cíle pro sadu ukazatelů, které jsou uvedeny v tab. 3 [20]. Environmentální cíle byly nastaveny jako roční mediány ze 12 hodnot, případně jako maximální nebo minimální cílové hodnoty v závislosti na typu hodnoceného ukazatele a vztahu k typu a charakteru znečištění.

Tab. 3. Environmentální cíle pro ukazatele kvality vodního prostředí pro raka kamenáče podle metodiky hodnocení stavu chráněných území [20]

Tab. 3. Environmental objectives for aquatic environment quality indicators for the stone crayfish according to the methodology for assessing the conservation status of protected areas [20]

Ukazatel	Jednotka	Charakteristická hodnota		
		Medián	Maximum	Minimum
teplota vody	°C	9,5	21,5	
rozpuštěný kyslík	mg/l			7
nasycení vody O ₂	%		110	80
BSK ₅	mg/l	1		
elektrická vodivost	μS/cm	500		
pH		7,8	8,4	7
KNK _{4,5}	mmol/l	4		0,5
celkový fosfor	mg/l	0,07		
PO ₄ -P	mg/l	0,05		
NO ₃ -N	mg/l	2,2		
NH ₄ -N	mg/l	0,035		
chloridy	mg/l	17		
vápník	mg/l	55		18
NO ₂ -N	mg/l	0,01		
volný amoniak*	mg/l	0,0007		
NL ₁₀₅	mg/l	3		
železo celkové	mg/l	0,13		

Pozn.: * Hodnota pro volný amoniak se stanoví výpočtem z hodnot pro NH₄⁺, teplotu vody a pH.

I takto nastavené environmentální cíle však vykazovaly nižší spolehlivost, protože většina podkladových dat z monitoringu neobsahovala celoroční sledování. Proto byla v rámci výzkumného projektu č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu (Centrum Voda)“ provedena monitorovací kampaň na referenčních a nejlepších dostupných lokalitách s prokázáním současným nebo historickým výskytem raka kamenáče. Získaná data se stala základem pro nastavení revidovaných environmentálních cílů. Postup sběru, vyhodnocení dat, nové nastavení environmentálních cílů a jejich srovnání s dříve používanými limitními hodnotami je předmětem tohoto článku.

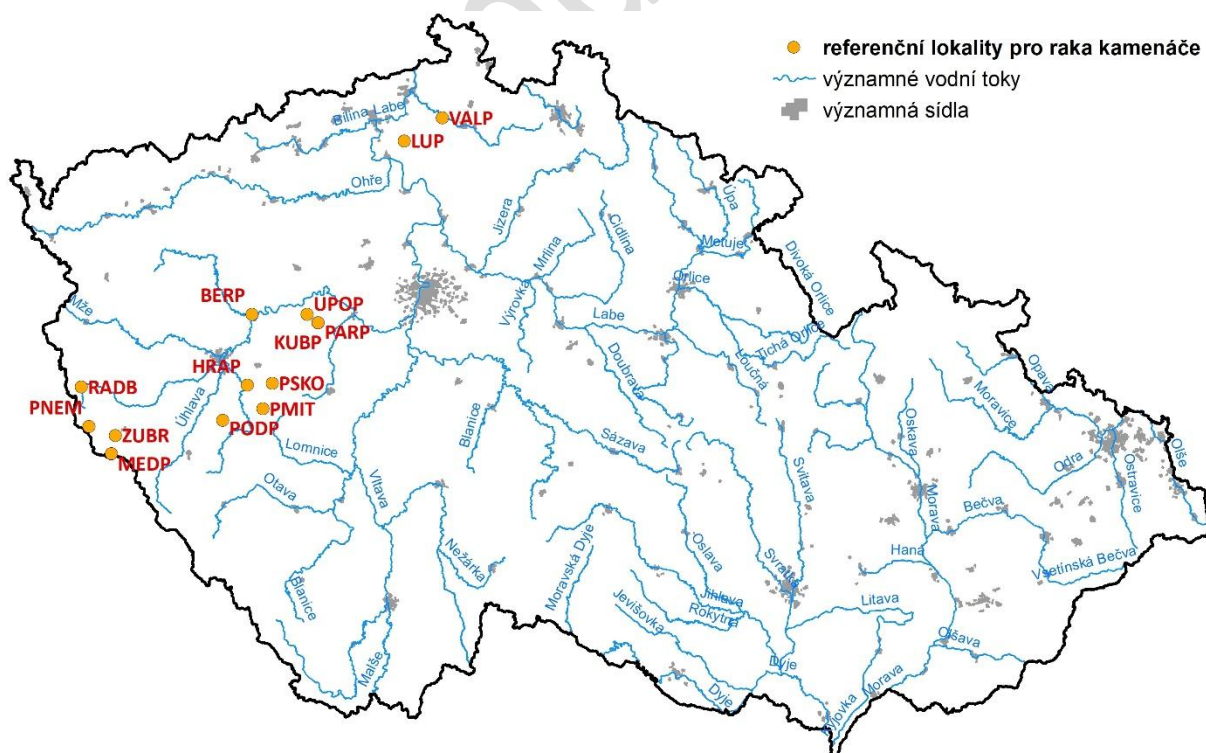
METODIKA

Zpřesnění environmentálních cílů ukazatelů vodního prostředí pro lokality s výskytem raka kamenáče bylo zahájeno výběrem vhodných referenčních lokalit. Na základě dostupných informací o současném i historickém výskytu raka kamenáče a dříve měřených hodnot fyzikálně-chemických ukazatelů ve vodních tocích byly vytipovány vhodné profily pro monitoring. Na území ČR bylo vybráno celkem 14 referenčních nebo mírně antropogenně ovlivněných lokalit, kde byl potvrzen dlouhodobý výskyt raka kamenáče nebo bylo vymizení bohatých populací raků způsobeno zřejmě račím morem, nikoli působením znečištění nebo havárií. Přehled monitorovaných lokalit je uveden v tab. 4 a na obr. 1.

Tab. 4. Přehled referenčních a nejlepších dostupných lokalit pro raka kamenáče použitých pro nastavení nových environmentálních cílů

Tab. 4. Overview of reference and best available sites for the stone crayfish used for establishing new environmental objectives

Kód lokality	Vodní tok	Výskyt raka kamenáče v období odběru vzorků	Nadmořská výška (m n. m.)	Řád vodního toku (Strahler)	Plocha povodí (km ²)	Sklon (‰)	Vzdálenost od pramene (km)
BERP	Bertinský potok	ANO	303,1	1	5,21	21,6	4,79
HRAP	Hrádecký potok	NE	375,3	2	11,77	16,7	4,70
KUBP	Kublovský potok	NE	335,4	2	15,11	26,6	6,69
LUP	Luční potok	ANO	303,9	3	4,17	50,0	2,80
MEDP	Medvědí potok	NE	465,8	3	5,04	17,5	2,70
PARP	Pařezový potok	NE	334,4	2	5,45	24,5	3,94
PMIT	přítok Mítovského potoka	ANO	503,1	1	4,60	55,0	1,96
PNEM	přítok Nemanického potoka	ANO	548,7	2	1,53	69,5	1,51
PODP	Podhrázský potok	ANO	474,1	1	4,89	27,2	2,31
PSKO	přítok Skořického potoka	ANO	460,1	2	2,65	33,7	2,59
RADB	Radbuza	ANO	474,6	4	31,15	14,2	10,81
UPOP	Úpořský potok	NE	423,9	1	9,19	29,0	3,39
VALP	Valdecký potok	ANO	245,4	2	8,16	12,5	3,88
ZUBR	Zubřina	ANO	461,8	2	11,67	10,8	5,00



Obr. 1. Lokalizace vzorkovaných lokalit pro nastavení environmentálních cílů raka kamenáče. BERP – Bertinský p., HRAP – Hrádecký p., KUBP – Kublovský p., LUP – Luční p., MEDP – Medvědí p.,

PARP – Pařezový p., PMIT – přítok Mítovského p., PNEM – přítok Nemanického p., PODP – Podhrázský p., PSKO – přítok Skořického p., RADB – Radbuza, UPOP – Úpořský potok, VALP – Valdecký p., ZUBR – Zubřina

Fig. 1. Location of sampled sites for establishing environmental objectives for the stone crayfish. BERP – Bertinský stream, HRAP – Hrádecký stream, KUBP – Kublovský stream, LUP – Luční stream, MEDP – Medvědí stream, PARP – Pařezový stream, PMIT – Mítovský stream tributary, PNEM – Nemanický stream tributary, PODP – Podhrázský stream, PSKO – Skořický stream tributary, RADB – Radbuza river, UPOP – Úpořský stream, VALP – Valdecký stream, ZUBR – Zubřina river

Vybrané lokality byly monitorovány v měsíčním intervalu od července 2021 do června 2022. Na lokalitách byl pomocí terénní multimetrické sondy HQ40d multi (HACH-LANGE) měřen rozpuštěný kyslík a jeho nasycení, pH, vodivost a teplota vody a byl zaznamenáván odhad aktuálního průtoku. Zároveň byl odebrán prostý vzorek vody z proudnice pro stanovení dalších fyzikálně-chemických parametrů (BSK₅, chloridy, sírany, amoniakální dusík, dusičnanový dusík a dusitanový dusík, dusičnany a dusitany, fosforečnanový fosfor, celkový fosfor a fosforečnany, nerozpuštěné látky, kyselinová neutralizační kapacita KNK_{4,5}, vápník, hořčík, železo, amonný iont). Součástí výběru ukazatelů byly i parametry vodního prostředí, jejichž vztah k výskytu raka kamenáče na lokalitách nebyl dosud v literatuře zdokumentován. Tyto ukazatele (např. železo, hořčík, sírany) byly do sledování zařazeny s cílem prověřit jejich případný význam. Odebrané vzorky byly chlazeny a transportovány do VÚV TGM v Praze, kde proběhly analýzy v akreditované laboratoři.

Získaná data byla zpracována pomocí softwaru Canoco 5. Využita byla analýza hlavních koordinát (PCO), která v ordinačním prostoru zobrazí vzorky tak, že ty podobné jsou blízko sebe a nepodobné vzorky jsou vzdálené. Pro přehlednější zobrazení bylo použito i nemetrické multidimenzionální škálování (NMDS), jež nezachovává vzdálenosti mezi objekty (vzorky), ale co nejlépe reprezentuje pozici objektů n-rozměrného prostoru v dvojrozměrném zobrazení a prostřednictvím zachování pořadových vztahů mezi objekty tak vykresluje vzdálené objekty daleko od sebe a blízké objekty blízko sebe. Pro další návazné analýzy skupin lokalit získaných při testování pomocí softwaru Canoco 5 byl – vzhledem k normálnímu rozdělení naměřených dat – použit dvouvýběrový T test, který srovnává dva nezávislé soubory s různým rozptylem.

Získané výsledky byly dále porovnány s limitními hodnotami uvedenými v nařízení vlády č. 71/2003 Sb. [18] a nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [19], a také s environmentálními cíli používanými pro hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu vodních útvarů [21] a cíli pro hodnocení stavu předmětů ochrany EVL [20]. Je nutné mít na zřeteli, že jednotlivé legislativní rámce používají rozdílné charakteristické hodnoty – v nařízení vlády č. 71/2003 Sb., je hodnocení založeno převážně na 95. percentilu, v nařízení vlády č. 401/2015 Sb., na ročním průměru, zatímco environmentální cíle pro raka kamenáče byly stanoveny na základě ročního mediánu, případně minima či maxima. Tyto odlišnosti metodik byly zohledněny při porovnávání výsledků.

VÝSLEDKY

Získané výsledky analýz vzorků a výsledky terénních měření na všech 14 lokalitách byly vyhodnoceny a byly pro ně zpracovány základní charakteristiky (medián, minimum a maximum). Výsledky shrnuje tab. 5.

Z výsledků analýzy hlavních koordinát (PCO, obr. 2) a nemetrického multidimenzionálního škálování (NMDS, obr. 3) vyplynulo, že 14 hodnocených lokalit tvoří v ordinačním prostoru dva jasně oddělené shluky. Analýza PCO vysvětlila 75,3 % variability dat (osa 1 = 50,6 %, osa 2 = 22,6 %), přičemž nejvýznamnější environmentální proměnné korelovaly s první a druhou osou hodnotami $r =$

0,98 a 0,88. Analýza NMDS poskytla obdobné výsledky a vysvětlila 89 % variability dat (osa 1 = 62,6 %, osa 2 = 31,4 %), přičemž korelace environmentálních proměnných s prvními dvěma osami dosahovala $r = 0,98$ a $0,94$. V grafu PCO jsou zobrazeny vzorky s nejvyšší vahou odpovídající prvním dvěma osám; vzorky z Podhrázského a Úpořského potoka nejsou uvedeny, jelikož se promítají až podél třetí osy. Obě ordinační metody ukázaly shodnou strukturu – pět lokalit (skupina 1) se vyděluje ve směru parametrů $KNK_{4,5}$, elektrické vodivosti a souvisejících ukazatelů, zatímco zbývajících devět lokalit tvoří méně kompaktní shluk. Roztažení této skupiny ve vertikálním směru je dáno zejména výrazně vyšším průtokem Radbuzy oproti ostatním, převážně drobným vodním tokům.

Tab. 5. Medián a naměřené hodnoty minima a maxima pro jednotlivé ukazatele na lokalitách raka kamenáče; zeleně jsou označeny lokality spadající do skupiny 1 s mediánem $KNK_{4,5} \geq 2 \text{ mmol/l}$, modře lokality spadající do skupiny 2 s mediánem $KNK_{4,5} < 2 \text{ mmol/l}$.

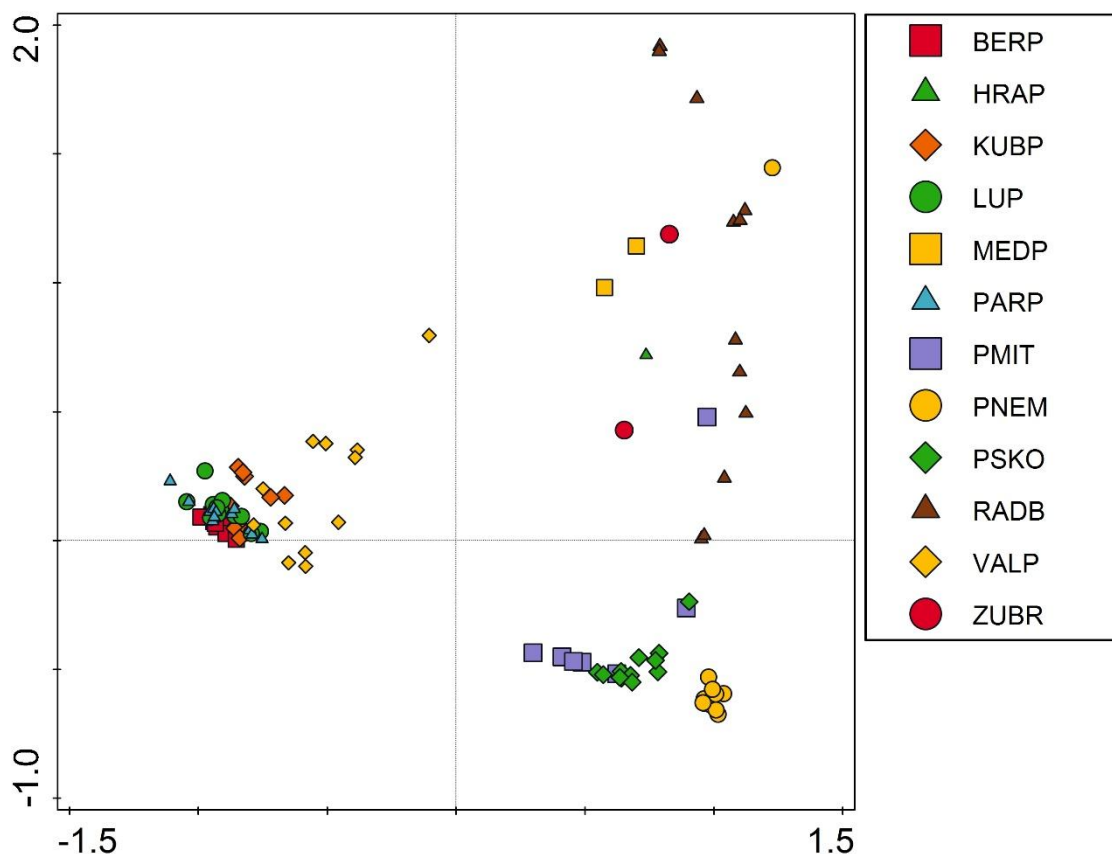
BERP – Bertinský p., HRAP – Hrádecký p., KUBP – Kublovský p., LUP – Luční p., MEDP – Medvědí p., PARP – Pařezový p., PMIT – přítok Mítovského p., PNEM – přítok Nemanického p., PODP – Podhrázský p., PSKO – přítok Skořického p., RADB – Radbuza, UPOP – Úpořský potok, VALP – Valdecký p., ZUBR – Zubřina

Tab. 5. Median and measured minimum and maximum values for individual indicators at stone crayfish sites; sites belonging to group 1 with a median of acid neutralization capacity at $\text{pH } 4,5$ ($ANC_{4,5}$) $\geq 2 \text{ mmol/l}$ are marked in green, while sites belonging to group 2 with $ANC_{4,5}$ median $< 2 \text{ mmol/l}$ are marked in blue.

BERP – Bertinský stream, HRAP – Hrádecký stream, KUBP – Kublovský stream, LUP – Luční stream, MEDP – Medvědí stream, PARP – Pařezový stream, PMIT – Mítovský stream tributary, PNEM – Nemanický stream tributary, PODP – Podhrázský stream, PSKO – Skořický stream tributary, RADB – Radbuza river, UPOP – Úpořský stream, VALP – Valdecký stream, ZUBR – Zubřina river

	kód profilu	vápník	teplota vody	rozpuštěný kyslík	nasycení vody kyslíkem	BSK ₅	elektrická vodivost	pH	KNK _{4,5}	celkový fosfor	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	chloridy	NO ₂ -N	volný amoniak	NL ₁₀₅	železo celkové
		mg/l	°C	mg/l	%	mg/l	µS/cm		mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
mediány	BERP	63,85	8,8	10,34	88,86	0,77	520,0	8,24	3,00	0,032	0,011	2,705	0,014	28,60	0,004	0,00043	6,2	0,13
	PARP	56,75	8,1	10,20	86,24	1,43	533,5	8,24	4,71	0,072	0,022	0,583	0,029	10,55	0,003	0,00093	20,0	0,19
	KUBP	51,80	7,4	10,47	87,95	1,11	507,0	8,15	3,49	0,256	0,209	4,110	0,020	23,00	0,007	0,00075	5,2	0,07
	LUP	65,30	8,2	10,65	87,84	1,17	520,0	8,16	3,35	0,062	0,016	1,275	0,015	9,85	0,005	0,00052	31,5	0,56
	VALP	48,45	6,1	10,45	84,33	1,26	384,0	7,97	2,54	0,085	0,041	1,195	0,040	10,09	0,013	0,00082	14,0	0,61
	HRAP	25,40	9,0	10,03	88,98	1,52	247,0	8,08	1,75	0,040	0,008	1,335	0,013	6,30	0,007	0,00039	4,0	0,27
	MEDP	15,70	10,0	9,74	87,84	1,07	186,8	7,75	0,72	0,040	0,011	3,830	0,022	12,20	0,009	0,00026	5,2	0,48
	PMIT	12,10	9,5	9,97	87,41	0,74	160,5	7,92	0,83	0,030	0,010	0,895	0,009	8,71	0,002	0,00019	5,2	0,13
	PNEM	4,35	9,3	9,81	86,69	0,81	62,2	7,51	0,23	0,019	0,005	0,758	0,008	1,73	0,001	0,00004	3,8	0,16
	PODP	29,75	8,9	9,13	83,15	1,04	306,5	7,82	2,02	0,061	0,020	2,880	0,018	18,30	0,009	0,00029	7,4	0,34
	PSKO	12,35	8,8	10,00	87,56	0,69	126,0	7,87	0,93	0,015	0,005	0,630	0,007	3,44	0,002	0,00013	1,4	0,15
	RADB	8,26	9,4	10,17	88,33	1,05	95,8	7,83	0,57	0,049	0,019	0,729	0,019	2,89	0,004	0,00020	5,8	0,82
	UPOP	23,70	8,2	10,27	85,41	0,98	248,5	7,86	1,21	0,028	0,008	0,614	0,015	7,53	0,002	0,00024	3,2	0,07
	ZUBR	15,70	10,0	9,56	85,32	1,76	172,9	7,81	0,86	0,080	0,014	2,355	0,032	6,63	0,014	0,00051	11,4	0,66
minima	BERP	58,30	0,4	9,42	85,64	0,48	478,0	7,95	2,49	0,011	0,003	1,650	0,001	27,20	0,002	0,00008	1,2	0,04
	PARP	47,00	0,1	8,79	80,53	0,79	454,0	8,07	3,84	0,028	0,005	0,014	0,006	6,69	0,002	0,00028	5,6	0,04
	KUBP	48,50	0,2	9,32	83,19	0,50	460,0	7,97	2,51	0,160	0,129	3,010	0,006	19,20	0,002	0,00012	0,8	0,02
	LUP	53,00	0,8	7,24	70,76	0,70	409,0	7,37	2,77	0,016	0,005	1,010	0,007	7,73	0,002	0,00015	5,2	0,07
	VALP	34,40	0,8	7,60	73,26	0,80	295,0	6,99	1,23	0,032	0,016	0,643	0,014	6,25	0,003	0,00021	2,0	0,28
	HRAP	14,40	1,4	8,52	84,68	0,50	151,3	7,66	0,62	0,014	0,004	0,228	0,008	3,90	0,001	0,00016	0,4	0,11

	kód profilu	vápník	teplota vody	rozpuštěný kyslík	nasycení vody kyslíkem	BSK ₅	elektrická vodivost	pH	KNK _{4,5}	celkový fosfor	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	chloridy	NO ₂ -N	volný amoniak	NL ₁₀₅	železo celkové
		mg/l	°C	mg/l	%	mg/l	µS/cm		mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	MEDP	14,40	1,7	8,32	81,72	0,50	168,9	7,40	0,43	0,020	0,007	2,940	0,010	11,40	0,003	0,00010	2,0	0,24
	PMIT	5,50	2,6	8,85	82,50	0,50	95,8	7,50	0,17	0,017	0,006	0,244	0,005	4,33	0,001	0,00002	2,0	0,07
	PNEM	3,54	1,1	8,86	81,29	0,49	50,5	6,74	0,02	0,008	0,001	0,336	0,002	1,08	0,000	0,00001	0,4	0,05
	PODP	18,20	1,5	8,13	71,23	0,66	190,6	7,39	0,47	0,019	0,010	0,738	0,008	12,30	0,003	0,00012	0,4	0,11
	PSKO	8,65	2,0	8,86	81,70	0,50	92,8	7,41	0,32	0,004	0,001	0,336	0,001	2,57	0,001	0,00003	0,4	0,05
	RADB	6,46	2,1	8,74	80,22	0,50	72,5	7,29	0,24	0,032	0,013	0,452	0,006	2,15	0,002	0,00010	1,2	0,31
	UPOP	14,40	0,3	8,47	77,74	0,50	176,3	7,13	0,38	0,009	0,006	0,318	0,003	3,77	0,001	0,00003	0,4	0,01
	ZUBR	12,60	2,7	7,97	80,89	0,75	137,6	7,31	0,53	0,032	0,006	0,959	0,009	5,05	0,003	0,00016	1,6	0,21
maxima	BERP	70,20	16,2	12,51	97,29	4,69	548,0	8,42	3,41	0,091	0,021	4,310	0,034	37,40	0,022	0,00084	26,0	0,33
	PARP	64,10	15,5	12,16	92,45	10,00	636,0	8,46	5,53	0,217	0,033	0,888	0,055	32,30	0,012	0,00183	120,0	0,33
	KUBP	52,70	12,6	12,54	92,47	4,83	558,0	8,36	3,66	0,515	0,429	6,910	2,390	31,50	0,105	0,04220	17,0	0,54
	LUP	75,30	16,6	12,81	92,42	2,86	580,0	8,27	3,58	0,221	0,097	3,380	0,236	12,80	0,015	0,00327	140,0	2,23
	VALP	53,90	16,6	12,35	90,30	2,70	473,0	8,34	2,83	0,241	0,077	4,150	0,119	16,90	0,030	0,00251	100,0	3,49
	HRAP	29,90	18,3	12,49	92,05	2,74	281,0	8,27	2,37	0,075	0,025	4,990	0,029	8,14	0,021	0,00059	10,0	0,50
	MEDP	17,50	16,5	11,53	93,27	1,80	200,6	8,06	0,81	0,153	0,107	6,730	0,051	17,50	0,013	0,00050	12,0	0,89
	PMIT	19,00	16,9	11,42	101,08	3,98	187,9	8,29	1,53	0,125	0,023	2,970	0,019	19,60	0,010	0,00052	22,0	0,68
	PNEM	6,00	15,0	12,06	91,41	1,20	73,2	8,15	0,52	0,036	0,008	2,090	0,019	2,26	0,003	0,00032	9,6	0,28
	PODP	33,30	16,6	11,43	90,43	1,93	328,0	8,13	2,63	0,315	0,065	5,360	0,079	29,90	0,035	0,00136	58,0	1,44
	PSKO	14,90	16,0	11,70	91,16	3,47	148,6	8,09	1,30	0,055	0,012	1,930	0,024	4,26	0,007	0,00025	8,4	0,42
	RADB	9,28	16,3	12,16	95,49	2,39	104,0	8,20	0,70	0,158	0,050	1,980	0,034	3,77	0,011	0,00056	26,0	1,95
	UPOP	34,10	15,5	11,87	91,97	11,00	314,0	8,16	2,17	0,049	0,018	1,950	0,101	9,71	0,017	0,00113	19,0	0,57
	ZUBR	17,30	18,1	11,28	89,99	4,58	184,5	8,05	1,10	0,146	0,035	6,260	0,094	7,82	0,047	0,00154	44,0	1,97

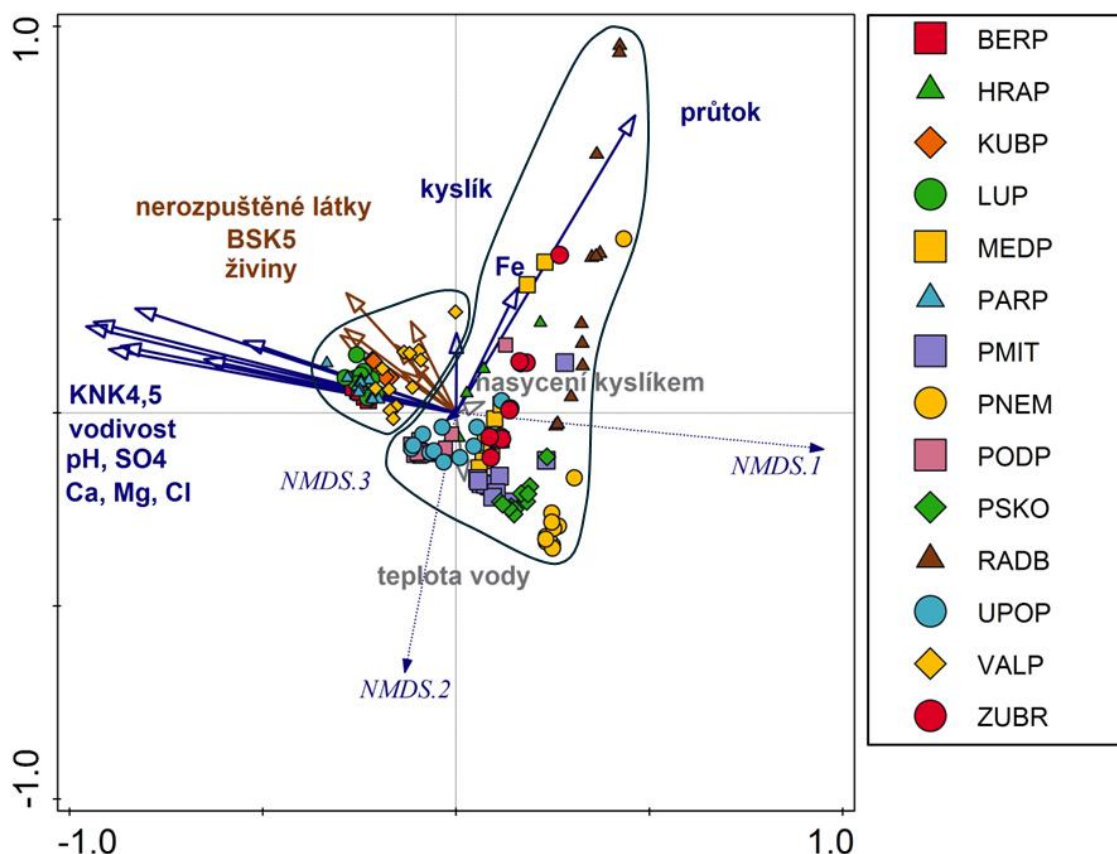


Obr. 2. Analýza PCO (Canoco 5) pro hodnocené lokality charakterizované měsíčními hodnotami měřených ukazatelů, zobrazena 1. a 2. osa, kumulativní variabilita vysvětlená zobrazenými osami je 73,12 %

BERP – Bertinský p., HRAP – Hrádecký p., KUBP – Kublovský p., LUP – Luční p., MEDP – Medvědí p., PARP – Pařezový p., PMIT – přítok Mítovského p., PNEM – přítok Nemanického p., PSKO – přítok Skořického p., RADB – Radbuza, VALP – Valdecký p., ZUBR – Zubřina (vzorky z Podhrázského a Úpořského potoka nejsou uvedeny, protože se promítají až podél třetí osy)

Fig. 2. PCO analysis (Canoco 5) for the assessed sites characterized by monthly values of measured indicators, 1st and 2nd axes shown, cumulative variability explained by the displayed axes is 73.12%

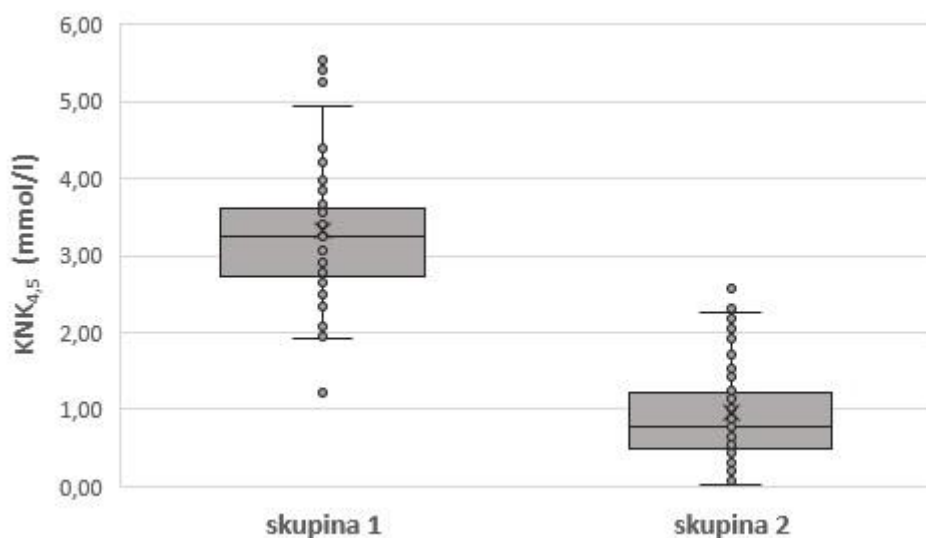
BERP – Bertinský stream, HRAP – Hrádecký stream, KUBP – Kublovský stream, LUP – Luční stream, MEDP – Medvědí stream, PARP – Pařezový stream, PMIT – Mítovský stream tributary, PNEM – Nemanický stream tributary, PSKO – Skořický stream tributary, RADB – Radbuza river, VALP – Valdecký stream, ZUBR – Zubřina river (samples from Podhrázský and Úpořský streams are not displayed because they are projected along the third axis)



Obr. 3. Analýza NMDS (Canoco 5) pro hodnocené lokality charakterizované měsíčními hodnotami měřených ukazatelů, zobrazena 1. a 2. osa, kumulativní variabilita vysvětlená zobrazenými osami je 94 %. BERP – Bertinský p., HRAP – Hrádecký p., KUBP – Kublovský p., LUP – Luční p., MEDP – Medvědí p., PARP – Pařezový p., PMIT – přítok Mítovského p., PNEM – přítok Nemanického p., PODP – Podhrázský p., PSKO – přítok Skořického p., RADB – Radbuza, UPOP – Úpořský potok, VALP – Valdecký p., ZUBR – Zubřina

Fig. 3. NMDS analysis (Canoco 5) for the assessed sites characterized by monthly values of measured indicators, 1st and 2nd axes shown, cumulative variability explained by the displayed axes is 94 %. BERP – Bertinský stream, HRAP – Hrádecký stream, KUBP – Kublovský stream, LUP – Luční stream, MEDP – Medvědí stream, PARP – Pařezový stream, PMIT – Mítovský stream tributary, PNEM – Nemanický stream tributary, PODP – Podhrázský stream, PSKO – Skořický stream tributary, RADB – Radbuza river, UPOP – Úpořský stream, VALP – Valdecký stream, ZUBR – Zubřina river

Z analýzy je patrné rozdělení do dvou skupin na základě alkality (parametr $KNK_{4,5}$) a s ní těsně korelujících ukazatelů (vápník, hořčík, vodivost). Vzhledem k tomu, že alkalita je komplexní, člověkem málo ovlivnitelný parametr popisující přirozený charakter lokality, probíhaly další analýzy ve dvou skupinách lokalit, kde dělicím kritériem byl na základě analyzovaných dat stanoven roční medián $KNK_{4,5} = 2$ mmol/l (viz zřetelné oddělení skupin na obr. 4). Pro takto definované skupiny bylo provedeno statistické vyhodnocení rozdílů pro jednotlivé ukazatele pomocí dvouvýběrového T testu (srovnává dva nezávislé soubory s různým rozptylem, použita byla hladina významnosti $p = 0,001$). Výsledky testování jsou shrnuty v tab. 6.



Obr. 4. Krabicový diagram pro ukazatel $KNK_{4,5}$ s rozdělením lokalit do skupin podle analýz PCO a NMDS; skupina 1 = lokality s vyšším obsahem bazických iontů – $KNK_{4,5} \geq 2 \text{ mmol/l}$, skupina 2 = lokality s nižším obsahem bazických iontů – $KNK_{4,5} < 2 \text{ mmol/l}$

Fig. 4. Boxplot for the $ANC_{4,5}$ indicator with sites divided into groups based on PCO and NMDS analyses; group 1 = sites with higher base ion content – $ANC_{4,5} \geq 2 \text{ mmol/l}$, group 2 = sites with lower base ion content – $ANC_{4,5} < 2 \text{ mmol/l}$

Tab. 6. Rozsah hodnot naměřených ve dvou skupinách lokalit rozdělených podle obsahu bazických iontů s vyznačením statisticky významné odlišnosti všech naměřených hodnot konkrétního parametru mezi skupinami

Tab. 6. Range of values measured in two groups of sites classified by base ion content, with indication of the statistically significant differences in all measured values of the respective parameter between the groups

Ukazatel	Jednotka	Rozsah naměřených hodnot ve skupině lokalit 1 ($KNK_{4,5} \geq 2 \text{ mmol/l}$)		Rozsah naměřených hodnot ve skupině lokalit 2 ($KNK_{4,5} < 2 \text{ mmol/l}$)		T test (dvouvýběrový s různým rozptylem) p – hodnota	Statistická významnost: * p < 0,05 *** p < 0,001
		MIN	MAX	MIN	MAX		
$KNK_{4,5}$	mmol/l	1,23	5,53	0,021	2,63	$2,091 \times 10^{-31}$	***
elektrická vodivost	$\mu\text{S/cm}$	295	636	50,5	328	$1,076 \times 10^{-55}$	***
pH		6,99	8,46	6,74	8,29	$7,590 \times 10^{-14}$	***
teplota vody	$^{\circ}\text{C}$	0,1	16,6	0,3	18,3	0,2260	
rozpuštěný kyslík	mg/l	7,24	12,81	7,97	12,49	0,1511	
nasycení kyslíkem	%	70,76	97,29	71,23	101,08	0,7285	
BSK_5	mg/l	0,475	10	0,49	11	0,2709	
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/l	0,001	2,39	0,001	0,101	0,0915	
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/l	0,014	6,91	0,228	6,73	0,1834	
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/l	0,002	0,105	0,0004	0,047	0,0624	
celkový fosfor	mg/l	0,011	0,515	0,004	0,315	$2,620 \times 10^{-5}$	***

PO ₄ -P	mg/l	0,003	0,429	0,001	0,107	0,0001	***
nerozpuštěné látky	mg/l	0,8	140	0,4	58	0,0006	***
vápník	mg/l	34,4	75,3	3,54	34,1	1,814 x 10 ⁻⁵⁵	***
hořčík	mg/l	10,1	36,8	1,39	13,6	8,932 x 10 ⁻²⁴	***
železo	mg/l	0,024	3,49	0,014	1,97	0,9148	
chloridy	mg/l	6,25	37,4	1,08	29,9	1,930 x 10 ⁻¹⁰	***
sírany	mg/l	32,1	120	5,16	54,2	1,035 x 10 ⁻³¹	***
volný amoniak	mg/l	0,000082	0,042	0,000014	0,002	0,0384	*

Statisticky významné rozdíly mezi skupinami byly zjištěny pro ukazatele vápník, elektrická vodivost, pH, chloridy, celkový fosfor, fosforečnanový fosfor a nerozpuštěné látky. Pro tyto parametry byly environmentální cíle týkající se raka kamenáče nastaveny zvlášť pro každou ze skupin lokalit. Pro ostatní parametry (teplota vody, rozpuštěný kyslík a nasycení vody kyslíkem, BSK₅, dusičnanový, amoniakální a dusitanový dusík, volný amoniak a železo) nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl na zvolené hladině významnosti $p = 0,001$, a proto byl environmentální cíl nastaven jednotně pro obě skupiny lokalit.

Výsledné environmentální cíle, jak jsou uvedeny v tab. 7, byly nastaveny s ohledem na míru antropogenního ovlivnění lokalit dle naměřených hodnot parametrů. V případě ukazatelů, které dokumentují vliv znečištění (především živiny a organické látky vyjádřené jako BSK₅), byly ze souboru dat vyřazeny významně ovlivněné lokality a cíle byly stanoveny pouze z nezatížených lokalit. Cílové hodnoty mediánů byly nastaveny podle vypočteného mediánu z příslušného datového souboru s expertním přihlédnutím ke středním hodnotám parametru v jednotlivých lokalitách a vyskytujícím se extrémním hodnotám. Minima byla nastavena podle nejnižší hodnoty v datovém souboru (daná skupina lokalit či všechna data) s úpravou zaokrouhlením směrem dolů, maxima naopak se zaokrouhlením směrem nahoru.

Tab. 7. Environmentální cíle vybraných parametrů vodního prostředí pro raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) s rozdělením na dvě skupiny podle ukazatele KNK_{4,5}; modře jsou označeny parametry, pro které vyšla statisticky významná odlišnost mezi skupinami lokalit

Tab. 7. Environmental objectives of selected aquatic environment parameters for the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*), divided into two groups according to the ANC_{4,5} indicator; parameters for which a statistically significant difference between the site groups was identified are marked in blue

Ukazatel	Jednotka	Charakteristická hodnota					
		Lokality s mediánem KNK _{4,5} ≥ 2 mmol/l			Lokality s mediánem KNK _{4,5} < 2 mmol/l		
		MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN
vápník	mg/l			30			5
teplota vody	°C	9,5	21,5		9,5	21,5	
rozpuštěný kyslík	mg/l			7			7
nasycení vody O ₂	%		105	75		105	75
BSK ₅	mg/l	1,2			1,2		
elektrická vodivost	μS/cm	550			300		

pH			8,4	7,5		8,3	6,7
KNK _{4,5}	mmol/l			1			0,2
celkový fosfor	mg/l	0,07			0,05		
PO ₄ -P	mg/l	0,03			0,02		
NO ₃ -N	mg/l		3			3	
NH ₄ -N	mg/l	0,035			0,035		
chloridy	mg/l	15			10		
NO ₂ -N	mg/l	0,01			0,01		
volný amoniak	mg/l	0,0007	0,005		0,0007	0,005	
NL ₁₀₅	mg/l	15			6		

DISKUZE

Nově odvozené environmentální cíle se od původních cílů uvedených v metodice hodnocení stavu chráněných území [20] liší zejména v tom, že nejsou pro všechny lokality nastaveny jednotně, ale jsou rozděleny do dvou skupin podle střední hodnoty KNK_{4,5} (alkalita). Ta odlišuje lokality s vysokým a nízkým obsahem bazických iontů. Na základě statistického testování dat v obou skupinách byly nalezeny statisticky významné rozdíly v obsahu některých ukazatelů, jež souvisejí jak s přirozenými obsahy látek ve vodách, tak i s ukazateli, které mohou souviset se znečištěním. V předchozí metodice byly environmentální cíle nastavovány na základě výrazně omezeného datového souboru, zatímco nový monitoring referenčních a dalších lokalit umožnil robustnější analýzu dat i statistické hodnocení obou výsledných skupin.

Ve srovnání s cíli uvedenými ve výše uvedené metodice [20] byly upraveny nejen absolutní cílové hodnoty, ale došlo i ke změnám charakteristických hodnot, které jsou nově stanoveny jako limitní. V případě parametru vápník a KNK_{4,5} není již používána hodnota mediánu a limit je stanoven pouze jako minimální hodnota. Medián není nadále používán ani v případě hodnoty pH, kde je nově stanoven jen rozsah mezi minimální a maximální hodnotou. Vzhledem k charakteru znečištění a riziku průniku dalších látek ze zemědělsky obhospodařovaných ploch byla upravena také používaná charakteristická hodnota u dusičnanového dusíku. Nově je cíl určen maximální hodnotou oproti původní mediánové hodnotě. V tomto parametru tedy došlo ke zpřísnění požadavku na kvalitu vody, a více se tak blíží k postupu hodnocení, který je uplatňován podle tzv. nitrátové směrnice [22]. Z důvodu ochrany raků v kritických obdobích roku s vysokými teplotami a rizikem tvorby volného amoniaku byla nově pro tento ukazatel stanovena i cílová hodnota pro přípustné maximum a ponechána současně hodnota pro medián.

Obecně pak byly pro lokality s nízkou kyselinovou neutralizační kapacitou (roční medián KNK_{4,5} < 2 mmol/l) nastaveny přísnější cíle pro parametry charakterizující antropogenní znečištění. Týká se to zejména celkového i fosforečnanového fosforu, chloridů a nerozpuštěných látek. Jak vyplynulo z provedených statistických hodnocení, ukazatel KNK_{4,5} koreluje mimo jiné s obsahem vápníku ve vodách. U raků bylo v předchozích studiích zjištěno, že mají-li v prostředí dost dostupného vápníku, jsou schopni přežít i v horších podmínkách prostředí a tolerovat i určité znečištění [4].

V původní metodice hodnocení stavu chráněných území [20] byla jako cíl nastavena i hodnota pro celkové železo. Na jednotlivých referenčních lokalitách byl zjištěn velký rozsah hodnot bez toho, aniž by byla nalezena přímá souvislost s výskytem nebo absencí raků. Ze získaných výsledků

usuzujeme, že parametr železo nemá přímý vliv na výskyt raka kamenáče na lokalitách, a proto pro něj nebyl nastaven environmentální cíl. Obdobně nebyly environmentální cíle nastaveny ani pro další měřené parametry s velkým rozsahem měřených hodnot (hořčík, sírany a také odhadovaný aktuální průtok, zaznamenávaný při odběru vzorků).

Speciální pozornost při nastavení byla věnována ukazateli, který charakterizuje obsah lehce rozložitelných organických látek ve vodách, tedy hodnotám BSK₅. Z dřívějších výzkumů a měření na lokalitách s výskytem raka kamenáče vyplynulo, že cílové hodnoty by měly být velmi nízké. Tyto limitní hodnoty však byly odvozovány z datových sad, které neobsahovaly kompletní roční měření, ale soustředily se pouze na sezonní monitoring. Z provedených analýz vzorků na referenčních lokalitách v rámci současné studie se ukázalo, že střední hodnoty souborů dat ukazují na nutnost zvýšení environmentálního cíle pro tento ukazatel. Hlavním důvodem je celková dynamika ukazatele BSK₅ během roku související s koloběhem organické hmoty ve vodních tocích. Je nutné si uvědomit, že zejména v období opadu listů na podzim dochází k velké akumulaci organické hmoty ve vodním toku. Rak patří mezi drtiče (kouskovače) a jako všežravec se značnou měrou podílí na likvidaci této organické hmoty. Tyto výkyvy, jež se projevují většinou zvýšenou hodnotou BSK₅ na podzim, byly zaznamenány na všech sledovaných vodních tocích. Určité rozdíly pak byly zjištěny také na lokalitách s přítomností a absencí raků. Zatímco na lokalitách se současným výskytem raka kamenáče nepřekračovaly hodnotu 4 mg/l, ve vodních tocích, kde raci např. v důsledku račího moru vyhynuli, byly tyto hodnoty vyšší, v některých případech až 10 mg/l BSK₅. Na lokalitách bez antropogenního znečištění se zvýšená hodnota BSK₅ při pravidelném monitoringu objevila většinou jen v podzimním období, kdy bylo dno pokryté rozdrčenými zbytky listů. Ačkoli tyto lokality splňují nově nastavený environmentální cíl pro medián BSK₅ 1,2 mg/l, limit C₉₅ biologické spotřeby kyslíku 3 mg/l pro lososové vody [18] byl kvůli období opadu listů překročen. V dalších měsících pak došlo k poklesu BSK₅ na obvyklou, nízkou hodnotu.

Pro obě skupiny lokalit byl tedy původní požadavek metodiky hodnocení stavu chráněných území [20] na střední hodnotu BSK₅ zmírněn. Nová hodnota (1,2 mg/l) je však stále výrazně přísnější, než je limit vyžadovaný podle metodiky hodnocení vodních útvarů podle Rámcové směrnice o vodách [21] (podle typu vod od 1,5 mg/l po 2,5 mg/l). Nové hodnoty environmentálních cílů byly zapracovány do dokončeného Záchraného programu pro raka kamenáče [9] a budou použity do připravované aktualizace metodiky hodnocení EVL [20] v roce 2026.

O významu ukazatele BSK₅ z pohledu přežívání raka kamenáče svědčí i hodnocení kvality vody v EVL Zákolanský potok. Tento vodní tok patří k nejvíce znečištěným tokům s výskytem raka kamenáče. Na lokalitě Dobrovíz **pod** – Dobrovízský potok byly v této EVL v roce 2023 naměřeny v šesti vzorcích za rok vysoké hodnoty BSK₅ v rozmezí 9 až 16 mg/l. Tyto hodnoty překračují jak nový environmentální cíl vodního prostředí pro raka kamenáče, tak limit stanovený nařízením vlády č. 71/2003 Sb. [18], i limit vyžadovaný pro dosažení dobrého ekologického stavu vodních útvarů [21]. Ačkoli tato lokalita byla vyhlášena jako EVL s rakem kamenáčem, v posledních letech vlivem silného komunálního znečištění rak kamenáč v této části EVL vyhynul.

Z výše popsaných důvodů považujeme za důležité k hodnocení stavu vodního prostředí lokalit s rakem kamenáčem u znečišťujících látek, jako jsou BSK₅, celkový a fosforečnanový fosfor nebo chloridy, používat jako základní environmentální cíl hodnotu mediánu, a nehodnotit tak výkyvy naměřených hodnot, jež v přirozeném prostředí pravidelně nastávají a nejsou pro výskyt raka kamenáče limitující. Minima a maxima (včetně C₉₅ použitého v nařízení vlády č. 71/2003 Sb. [18]) jsou důležitá pro zachycení extrémních hodnot, např. při haváriích, a je smysluplné je použít u parametrů, kde by pro raka kamenáče mohlo být ohrožující i jednorázové překročení stanoveného limitu (např. pH,

dusičnanový dusík, toxický volný amoniak apod.). Ideální by tak při hodnocení vodního prostředí lokalit raka kamenáče bylo použít jak hodnocení podle environmentálních cílů, tak podle cílů pro lososové vody [18].

Nově nastavené environmentální cíle byly proto dále porovnány s cílovými hodnotami pro lososové vody, jak jsou uváděny primárně v nařízení vlády č. 71/2003 Sb. [18], a sekundárně i v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [19]. Při porovnávání jednotlivých limitů z nařízení vlády č. 71/2003 Sb. [18] s environmentálními cíli je třeba mít na zřeteli, že environmentální cíle pracují s charakteristickou hodnotou mediánu, minima a maxima z 12 měsíčních měření, zatímco limity pro lososové vody pracují převážně s 95. percentilem, pokud je k dispozici všech 12 hodnot, nebo s maximem, pokud je hodnot méně. Přímé srovnání limitů tak není možné, nicméně při srovnání měřených dat z referenčních lokalit se některé parametry ukázaly být nastaveny srovnatelně (např. teplota vody či amoniakální dusík), zatímco jiné přísněji. Přísnější environmentální cíle byly nastaveny u volného amoniaku (NH_3), který je svojí schopností pronikat buněčnou stěnou silně toxický pro vodní živočichy, dále pro dusitany (NO_2^-) a také pro nerozpuštěné látky (NL_{105}). Nerozpuštěné látky na lokalitách s raky způsobují zákal vody, usazují se na zábrách raků a způsobují i zanesení vhodných úkrytů ve vodním toku. Přísněji nastavena je nově i horní hranice pH, neboť pH vyšší než 8,5 společně s vyšší teplotou podporuje disociaci NH_4^+ na toxický NH_3 . Zároveň je třeba zmínit, že v porovnání s nařízením vlády č. 71/2003 Sb. [18], obsahuje nové nastavení cílů pro raka kamenáče větší počet parametrů. Nařízení vlády naopak stanovuje navíc limity pro rozpuštěnou měď, celkový zinek a celkový chlor (jako HClO).

Limity pro lososové vody, které jsou druhotně uváděny i v tabulce imisních limitů v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [19], jsou nastaveny jako roční průměrné hodnoty s výjimkou rozsahu pH a teploty vody, která je uváděna jako maximální hodnota. Vzhledem k použití ročního průměru ale může dojít k situaci (na rozdíl od použití C_{95} u nařízení vlády č. 71/2003 Sb. [18]), že pokud na lokalitě proběhne havárie nebo jde o provoz, který pracuje nárazově jen pár měsíců v roce, stanovené imisní limity mohou být splněny. Nicméně populace většiny vodních živočichů může být v takovémto vodním toku silně ovlivněna, nebo dokonce až zdecimována. Ačkoli se může zdát, že hodnoty mediánu a průměru jsou relativně blízké, průměr je na rozdíl od mediánu snadno ovlivnitelný extrémními a odlehlými hodnotami. Přímé srovnání je tedy možné jen pro limit maxima teploty vody, jenž je v nařízení vlády č. 401/2015 Sb., povolen výrazně vyšší (29°C), a pro rozpětí hodnot pH, které je v tomto nařízení vlády uvedeno širší (5–9) [19]. Při srovnání hodnot mediánů a průměrů na měřených datech z referenčních lokalit se oproti environmentálním cílům jeví být v tomto nařízení vlády benevolentněji nastaveny imisní limity i pro další parametry (BSK_5 , nerozpuštěné látky, chloridy aj.).

Zajímavé výsledky přináší i srovnání nově navržených environmentálních cílů s limity pro hodnocení ekologického stavu vodních útvarů pro všeobecné fyzikálně-chemické složky [21]. Metodika byla zpracována pro účely hodnocení vodních útvarů kategorie řeka pro potřeby směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (dále RSV) [23]. Ta si klade mj. za cíl dosáhnout ve vodních útvech alespoň druhé, tj. dobré, třídy ekologického stavu, kdy hodnoty biologických kvalitativních složek daného typu útvaru povrchové vody vykazují mírnou úroveň narušení vzniklého lidskou činností, avšak odlišují se pouze málo od těch, které se obvykle vyskytují u tohoto typu vodního útvaru v nenarušených podmínkách [23].

Limity stanovené pro hodnocení vodních útvarů dle požadavků RSV jsou rozdílné pro různé typy útvarů. Tyto limity jsou shodně s environmentálními cíli nastaveny jako mediány, případně minima a maxima. Je tak možné přímé srovnání daných hodnot. Jak již bylo zmíněno výše, podle požadavků RSV by mělo být dosaženo alespoň dobrého ekologického stavu. Hodnoty environmentálních cílů je tedy relevantní srovnávat s hodnotou hranice mezi středním a dobrým ekologickým stavem [21]. Vodní

útvary jsou charakterizovány pomocí úmoří, nadmořské výšky, geologického podloží a řádu toku podle Strahlera. Pro naše srovnání s environmentálními cíli je možné použít jen nadmořskou výšku, protože ostatní charakteristiky (úmoří apod.) nastavenou limitní hodnotu v daném rozmezí nadmořské výšky nemění.

Ve vodních tocích v nadmořské výšce nad 800 m n. m. je mezní hodnota mezi středním a dobrým ekologickým stavem pro BSK₅ stanovena na 1,5 mg/l, pro toky ve výšce 500–800 m n. m. 1,7 mg/l, pro toky ve výšce 200–500 m n. m. 2,2 mg/l a pro toky ve výšce nižší než 200 m n. m. je 2,5 mg/l. Ve všech případech jsou tyto limity méně přísné než určený environmentální cíl pro raka kamenáče, jehož těžiště výskytu je ve středních polohách nadmořské výšky, tj. mezi 200 až 800 m n. m. Shodná hodnota tohoto parametru 1,2 mg/l je uvedena až jako hranice mezi dobrým a velmi dobrým stavem ve vodních tocích nad 800 m n. m., tzn. ve velmi čistých horských tocích bez antropogenního ovlivnění. Podobně přísně je nastaven environmentální cíl pro teplotu vody (9,5 °C), kdy limit ročního mediánu mezi středním a dobrým stavem podle metodiky hodnocení vodních útvarů [21] je pro jednotlivé výše uvedené kategorie nadmořské výšky 10, 11, 12 a 13 °C, a hodnota 9 °C je uvedena až jako mezní pro dobrý a velmi dobrý stav pro toky nad 800 m n. m.

Fosforečnanový fosfor je v environmentálních cílech pro raka kamenáče stanoven přísněji pro toky do 500 m n. m. v obou skupinách lokalit dle obsahu bazických iontů, ve vyšších nadmořských výškách je již limit srovnatelný. Environmentální cíl pro amoniakální dusík je stanoven přísněji ve všech kategoriích nadmořské výšky. Přísněji je stanovena i hodnota maxima pro dusičnanový dusík (3 mg/l) pro toky do 800 m n. m. (dle hodnocení pro RSV 4,6 mg/l pro nadmořské výšky 500–800 m n. m. a 5,6 mg/l do 500 m n. m.). V kategorii nadmořské výšky nad 800 m n. m. je pak v tomto parametru přísnější hodnocení podle metodiky hodnocení vodních útvarů [21] – 1,4 mg/l. Dále je přísněji nastaven environmentální cíl pro maximum nasycení kyslíkem (105 %), hranice mezi středním a dobrým ekologickým stavem je 125 % pro toky do 500 m n. m. a 120 % pro toky mezi 500 a 800 m n. m. Ostatní parametry mají hodnoty environmentálních cílů s limity dle RSV nastaveny víceméně srovnatelně.

ZÁVĚR

Ve 14 referenčních a nejlepších dostupných lokalitách vhodných pro život raka kamenáče byl proveden roční monitoring fyzikálně-chemických ukazatelů jakosti vody a takto získaná data byla statisticky vyhodnocena. Vyhodnocení odhalilo, že je možné lokality pro raka kamenáče rozdělit podle přírodních podmínek na dva typy, kdy rozdělovacím parametrem je hodnota alkality vyjádřená jako medián KNK_{4,5} = 2 mmol/l. Na základě statistického hodnocení lokalit v těchto dvou skupinách byly určeny ukazatele, jež se statisticky významně liší a je možné pro ně nastavit různé environmentální cíle. Současně byly také určeny zbývající ukazatele, pro které byly environmentální cíle nastaveny shodně pro obě skupiny. Přísnější požadavky na stav vodního prostředí pro raka kamenáče byly nastaveny pro skupinu lokalit s nízkým obsahem bazických iontů.

Z pohledu kvality vodního prostředí lze raka kamenáče považovat za deštníkový druh jen v případě některých parametrů. Jako přísně nastavený lze určitě označit parametr BSK₅, který odpovídá úrovni horní hranice oligosaprobity [24, 25] a je nastaven mnohem přísněji, než je stanoven limit pro dosažení dobrého ekologického stavu pro příslušný typ vodního útvaru dle Rámcové směrnice o vodách. Z pohledu maximální naměřené hodnoty je však poměrně přísně nastavena i hodnota C₉₅ pro lososové vody podle nařízení vlády č. 71/2003 Sb., kterou některé měřené referenční lokality překročily, a to z důvodu zvýšené hodnoty BSK₅ v době opadu listů. V mnoha případech šlo o lokality, kde populace raka kamenáče nebyla v období vzorkování potvrzena. Ve srovnání s limity podle RSV jsou přísněji nastaveny také parametry ukazující na teplotní a kyslíkové poměry a parametry hodnotící živinové

podmínky ve vodním toku. Ve srovnání s limity pro lososové vody jsou environmentální cíle přísněji nastaveny pro volný amoniak, pro dusitany a nerozpuštěné látky. Přímé srovnání je však možné jen s limity podle RSV, kde jsou shodně s environmentálními cíli charakteristické hodnoty uvedeny jako medián, případně minimum a maximum. Srovnání s nařízením vlády č. 71/2003 Sb., a nařízením vlády č. 401/2015 Sb., které pracují s C_{95} a s průměrem, tak bylo provedeno na datech z měřených referenčních lokalit.

Accepted for print

Poděkování

Příspěvek vznikl díky projektům Technologické agentury České republiky č. TITSMZP701 „Metodika hodnocení stavu chráněných území vymezených dle Rámcové směrnice o vodách pro ochranu stanovišť nebo druhů“ a č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu (Centrum Voda)“.

Literatura

- [1] HEJDA, R., FARKAČ, J., CHOBOT, K. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí*. Praha: AOPK ČR, 2017. 612 s.
- [2] *Vyhláška č. 395/1992 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Sbírka zákonů ČR, částka 80, 1992.*
- [3] *Směrnice Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Úřední věstník evropských společenství, L 206, 22. 7. 1992.*
- [4] ŠTAMBERGOVÁ, M., SVOBODOVÁ, J., KOZUBÍKOVÁ, E. *Raci v České republice*. Praha: AOPK ČR, 2009. 255 s.
- [5] AOPK. *Záchranné programy*. 2024. Dostupné na: <https://www.zachranneprogramy.cz/>
- [6] ROBERGE, J.-M., ANGELSTAM, P. Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. *Conservation Biology*. 2004, 18(1), s. 76–85. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00450.x>
- [7] PARKYN, S. M., COLLIER, K. J., HICKS, B. J. New Zealand Stream Crayfish: Functional Omnivores but Trophic Predators? *Freshwater Biology*. 2001, 46(5), s. 641–652. Dostupné na: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00702.x>
- [8] CREED, R. P., JR., REED, J. M. Ecosystem Engineering by Crayfish in a Headwater Stream Community. *Journal of the North American Benthological Society*. 2004, 23(2), s. 224–236. Dostupné na: [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2004\)023<0224:EEBCIA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2004)023<0224:EEBCIA>2.0.CO;2)
- [9] HRONKOVÁ, J. (ed.). *Záchranný program pro raka kamenáče v ČR*. Praha: AOPK ČR, 2024. 87 s.
- [10] ŘÍMALOVÁ, K., DOUDA, K., ŠTAMBERGOVÁ, M. Species-Specific Pattern of Crayfish Distribution within a River Network Relates to Habitat Degradation: Implications for Conservation. *Biodiversity and Conservation*. 2014, 23(13), s. 3 301–3 317. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0784-5>
- [11] SVOBODOVÁ, J., FISCHER, D., SVOBODOVÁ, E., VLACH, P. Periodické vysychání toků: další faktor negativně ovlivňující populace našich raků. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2016, 58(3), s. 34–38. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/06/periodicke-vysychani-toku-dalsi-faktor-negativne-ovlivnujici-populace-nasich-raku/>
- [12] LET, M., ŠPAČEK, J., FERENČÍK, M., KOUBA, A., BLÁHA, M. Insecticides and Drought as a Fatal Combination for a Stream Macroinvertebrate Assemblage in a Catchment Area Exploited by Large-Scale Agriculture. *Water*. 2021, 13, 1352. 20 s. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/w13101352>
- [13] PÖKL, M., STREISSEL, F. *Austropotamobius Torrentium* as an Indicator for Habitat Quality in Running Waters. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 2005, 376–377, s. 743–758. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/kmae:2005030>

- [14] SVOBODOVÁ, J., DOUDA, K., ŠTAMBERGOVÁ, M., PICEK, J., VLACH, P., FISCHER, D. The Relationship between Water Quality and Indigenous and Alien Crayfish Distribution in the Czech Republic: Patterns and Conservation Implications. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*. 2012, 22(6), s. 776–786. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/aqc.2262>
- [15] VLACH, P., SVOBODOVÁ, J., FISCHER, D. Stone Crayfish in the Czech Republic: How Does its Population Density Depend on Basic Chemical and Physical Properties of Water? *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 2012, 407, 5, 13 s. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/kmae/2012031>
- [16] SVOBODOVÁ, J., ŠTAMBERGOVÁ, M., VLACH, P., PICEK, J., DOUDA, K., BERÁNKOVÁ, M. Vliv jakosti vody na populace raků v České Republice – porovnání s legislativou ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2008, 50(6), s. 1–5 (in Czech with English summary). Dostupné z: https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2008_6.pdf
- [17] SVOBODOVÁ, J., DOUDA, K., VLACH, P. Souvislost mezi výskytem raků a jakostí vody v České republice. *Bulletin VÚRH Vodňany*. 2009, 2–3, s. 100–109. ISSN 0007-389X.
- [18] *Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. Nařízení vlády o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod*. Sbírka zákonů ČR, částka 28, 2003.
- [19] *Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. Sbírka zákonů ČR, částka 166, 2015.
- [20] ROSENDORF, P., JANOVSÁ, H., SVOBODOVÁ, J., HAVEL, L., KLADIVOVÁ, V. *Metodika hodnocení stavu chráněných území vymezených pro ochranu stanovišť a druhů s vazbou na vody*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2020. 114 s. ISBN 978-80-87402-80-1.
- [21] ROSENDORF, P., TUŠIL, P., DURČÁK, M., SVOBODOVÁ, J., BERÁNKOVÁ, T., VYSKOČ, P. *Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích. Závěrečná zpráva dílčí části projektu SFŽP č. 02671012 (MŽP)*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2011. 20 s.
- [22] *Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů*. Úřední věstník evropských společenství, L 375, 31. 12. 1991.
- [23] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky*. Úřední věstník evropských společenství, L 327, 22. 12. 2000.
- [24] KUBÍČEK, F., ZELINKA, M. *Základy hydrobiologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982. 40 s.
- [25] ČSN 757716 *Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení saprobního indexu*. Praha: Český normalizační institut, 1998. 174 s.

Autoři

RNDr. Hana Janovská

hana.janovska@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-7259-1418

RNDr. Jitka Svobodová

jitka.svobodova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-4811-503X

Mgr. Pavel Rosendorf

pavel.rosendorf@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-0543-5295

RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.

vlach.pavel@mybox.cz

ORCID: 0000-0002-9759-0312

Príspevek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2025.11.003

ISSN 0322-8916/© 2025 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

ENVIRONMENTAL OBJECTIVES AND AQUATIC ENVIRONMENT LIMITS FOR STONE CRAYFISH

JANOVSKÁ, H.¹; SVOBODOVÁ, J.¹; ROSENDORF, P.¹; VLACH, P.²

¹ T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague (Czech Republic)

² Ekosolution, Blovice (Czech Republic)

Keywords: stone crayfish – water quality – environmental objectives – pollution limits for salmon waters

The stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) is a critically endangered species listed on the Red List of Invertebrates of the Czech Republic. It is protected under Decree No. 395/1992 Coll. and designated as a priority species according to Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats, wild fauna, and flora. It is generally assumed that stone crayfish requires water quality that meets at least the emission limits for salmon waters as defined by Government Regulation No. 71/2003 Coll., as amended, and also by Government Regulation No. 401/2015 Coll., as amended. Stable and abundant populations, however, require stricter environmental objectives, both in terms of limit values and the range of monitored parameters. To establish these objectives, 14 localities were selected. These sites are either unaffected or only slightly influenced by human activities, with confirmed current occurrence of stone crayfish or historical presence where disappearance was probably due to crayfish plague. The localities were sampled monthly over one year. Using principal coordinate analysis (PCO) and non-metric multidimensional scaling (NMDS), the sites were separated in ordination space based

on the $ANC_{4,5}$ (Total Alkalinity) (with a dividing criterion of an annual median of 2 mmol/l) and closely correlated indicators (calcium, magnesium, conductivity). This resulted in two groups of localities with distinct environmental conditions. Environmental objectives were set separately for these two groups. For localities with low acid neutralization capacity (< 2 mmol/l), stricter objectives were applied to parameters indicating pollution. For both groups, some environmental objectives are considerably stricter (e.g. annual median $BOD_5 = 1.2$ mg/l) than the limits used for water body assessment under the Water Framework Directive (2000/60/EC), depending on the water type (1.5–2.5 mg/l). Environmental objectives for some parameters are also stricter than those in Government Regulation No. 71/2003 Coll., although direct comparison of median and C_{95} values is not possible. For parameters that naturally fluctuate in aquatic environments, we consider it is important to use the median to assess site conditions, rather than short-term fluctuations that are not limiting for stone crayfish (e.g., BOD_5). In contrast, minima and maxima should be applied for parameters where even a single exceedance could be harmful (e.g., pH, toxic free ammonia) or to detect accidental pollution events.