

Příspěvek ke geografii zdraví: zdroje kontaminace povrchové vody a zdravotní rizika v CHKO Moravský kras

Ivo PAVLÍK, Dana HÜBELOVÁ, Ondřej KONEČNÝ

Contribution to Health geography: sources of the contamination of surface waters and health risks in the Moravian Karst Protected Landscape Area

Abstract: This review article on health geography presents primary findings on the monitoring of the aquatic environment and related health risks in the Moravian Karst Protected Landscape Area. It describes the sources of surface water contamination and the subsequent contamination of karst water in the Moravian Karst. The findings are based on field observations, laboratory tests and they employ the knowledge of both veterinary and human medicine. Surface water is considered to be the greatest risk and the source of disease causative agents causing intestinal infection. In developed countries, surface water is contaminated and it is the source of viral infections (rotaviruses, noroviruses and viruses causing hepatitis A and E and others) and bacterial infections (leptospirosis, coli infection etc.). Rivers and streams in the Moravian Karst are supplied not only with water from relatively clean forests, but also with water from agricultural areas, from villages without wastewater treatment plants, and from areas intensively used by tourists. Results show that point sources of pollution together with diffuse and internal sources of pollution present the most serious threat of possible water contamination and spread of infections. Water pollution increases considerably as the population and number of houses in the area grow. The principal consequences of water pollution comprise eutrophication, degradation of potable water sources and also the threat of spread of bacterial and viral intestinal diseases (including the detection of *Mycobacterium salmoniphilum*).

Keywords: Moravian Karst, health geography, surface water, water-related diseases, water recreation

Úvod

Kvalitou vody není myšlena jen kvalita pitné vody, ale případné důsledky pro zdraví obyvatelstva může mít i zhoršující se kvalita povrchových a podzemních vod. Celosvětovým problémem je zejména znečištění z průmyslu a domácností (Patočka a Zölzer 2013). Chráněná krajinná oblast (CHKO) Moravský kras (MK) je unikátním krasovým prostorem, na jehož utváření se významnou měrou podílela voda. Do CHKO MK o rozloze 92 km² přitéká řada povrchových vodních toků z nekrasových částí, které se na geologické hranici s devonskými vápenci téměř okamžitě ztrácejí do podzemí (Absolon 1970a). Voda z povrchu vtéká do podzemí puklinami, závrtky a zejména ponory, jimiž se propadají do podzemí celé potoky a řeky a mění se v krasové ponorné řeky. Podzemní prostory tak představují sběrače, soustřeďující vodu z krasových povrchů. Krasové vody mají charakter toků s omezenou filtrací a samočisticí schopností, čímž může docházet k rychlému přenosu původců případných infekcí nebo kontaminaci zdrojů pitné vody. V důsledku geologických poměrů, terénní morfologie, klimatických a hydrologických podmínek se na území CHKO MK vytvořil rozvinutý krasový reliéf. Typologicky se jedná o holokarst, tj. úplný kras se značným rozvojem povrchového i podzemního krasového fenoménu (Kranjc 2013, Správa CHKO MK 2016).

Organické znečištění povrchové vody, která se dostává z povodí s téměř třikrát větší rozlohou, bylo v MK popisováno již od 17. stol. Lze předpokládat, že tato kontaminace souvisela

především s lidskou činností (těžba nerostných surovin, odlesňování, zemědělská činnost a vliv sídelní struktury). Nabízí se tak otázka, jaké jsou hlavní zdroje organického znečištění vody (povrchové a krasové) v současné době a jak k němu přispívá činnost lidí a rozsah urbanizovaného území. S růstem lidské činnosti a populační zátěže, s rozvojem cestovního ruchu a řadou nových volnočasových aktivit se zvyšují rizika spojená jak s potenciálním šířením různých původců infekčních onemocnění lidmi, tak s možností rozšíření těchto infekcí cestujícími osobami (Hübelová a Pavlík 2016). Text článku ve spolupráci s poznatky veterinární a humánní medicíny seznamuje s hlavními zdroji znečištění povrchové vody a s ním souvisejícími možnými zdravotními riziky v CHKO MK. Prezentovaná přehledová studie je pouze jedním z dílčích výstupů rozsáhlého průzkumu povodí CHKO MK, jehož smyslem je hledání vlivu lidských aktivit na výskyt mykobakterií v jeskynním prostředí. Vzorky vody, říčních sedimentů a půdy byly systematicky sbírány v povodí CHKO MK a v jeskynním prostředí v průběhu roku 2016 a nyní jsou dále analyzovány celou řadou laboratorních metod.

Vybavenost obcí technickou infrastrukturou (zejm. kanalizace a čistírny odpadních vod – ČOV) mnohdy není v povodí CHKO MK optimální a nestačí reagovat na populační růst a výstavbu rodinných domů (Hübelová et al. 2016a). V povrchových tocích a ve vodě v krasovém prostředí jsou nyní často zjišťovány značné kontaminace organickými složkami, které vedou k eutrofizaci vody a představují jak na povrchu, tak v krasovém podzemí možná zdravotní rizika (Pavlík 2016, Modra et al. 2016). Rizika expozice původci infekčních onemocnění se dnes vyskytují při většině tuzemských (i zahraničních) volnočasových aktivit. Přitom v mnoha případech by bylo možné tato rizika minimalizovat, nebo jim dokonce zcela zabránit, a to zkvalitněním vzdělanostní úrovně pracovníků v různých oborech souvisejících se zemědělstvím, dopravní a technickou infrastrukturou nebo cestovním ruchem i informovaností samotných účastníků cestovního ruchu a obyvatel trvale žijících v regionech s odlišnou environmentální zátěží.

Teoretická východiska

Geografie zdraví (nebo medicínská geografie) je nepříliš rozšířený historicky starý vědní obor (Liceaga 1895, Garrison 1932). Jeho zaměření přitom odráží aktuální dění ve světě i v regionech. Vědní obor se nachází na rozhraní medicíny a geografie a současně na pomezí fyzické a humánní geografie. Patří k vědám o komplexech, které se zabývají všeobecnými zákonitostmi krajinné sféry (Demek 1980). Geografie zdraví se zabývá vlivy životního prostředí na lidské zdraví a zároveň se snaží proniknout do synergeticky propojených jevů, které ovlivňují krajinnou sféru, včetně obyvatelstva. Medicínská geografie tak představuje průnik geografických oborů do problematiky lidského zdraví (Preis 2009). Pomocnými negeografickými disciplínami geografie zdraví je např. medicína (tradiční, humánní, veterinární, sociální, pracovní, hygiena, tropická medicína, parazitologie, bioklimatologie aj.), ekologie, environmentalistika, psychologie, sociologie, etnomedicína, kulturologie aj. (Kandráčová 2005). Geografie zdraví také významně podporuje prevenci a rozvoj péče o lidské zdraví a zlepšení jeho dostupnosti (Preis 2008).

Za novodobé uvedení medicínské geografie se považuje rok 1854, kdy propukla cholera v Londýně. Lékař John Snow do mapy města zakreslil obydlí, kde umírali lidé a místa studní, ze kterých byla čerpána voda. Pomocí shluků dokázal odhalit místa kontaminovaná cholerou a doporučil nebrat vodu z vybraných studní (Preis 2009).

Zatímco v zahraničí je danému tématu dlouhodobě věnována poměrně velká pozornost, v našem prostředí se jedná o problematiku podrobněji zkoumanou naposledy v 80. a 90. letech minulého století (např. Šerý a Votrubec 1988, 1989). Po následném útlumu zájmu o tento obor vznikají v poslední době práce vztahující se právě k oblasti geografie zdraví (např. Dolincová 2006, Kázměr a Krizan 2010, Rapant et al. 2010, Chalupa a Novák 2010, Vilinová 2012, Kázměr a Gregorová 2015, Kázměr 2016). Geografie zdraví na rozdíl od klinické medicíny

sleduje specificky plošné procesy s důrazem na místo a prostorové otázky (např. rozšíření onemocnění v souvislosti se způsobem organizace lidí v prostoru a ve vztahu s životním prostředím, Gesler 1992, Dunn a Hayes 2000, Goovaerts 2010, Anthamatten a Hazen 2011). Geografové často využívají mapování jako vizuálního nástroje pro hledání a zkoumání prostorových vzorů ve vztahu ke zdraví (Abrahams 2006). Obor spolupracuje s geostatistikou (Duncan et al. 1998, Goovaerts, 2009, 2010) a je také důležitým nástrojem plánování a realizování veřejných zdravotních politik (Pearce 2007, Dummer 2008, Guimarães 2010).

Je patrné, že za posledních více než 25 let se změnil způsob života mnoha obyvatel České republiky (ČR). Od 90. let minulého století se objevila široká paleta nových životních příležitostí, která zcela změnila nejen společenský hodnotový žebříček, ale vyvolala také demografické změny, včetně odlišného pojetí smyslu pracovní kariéry a přístupu k trávení volného času. V ČR došlo ke zkvalitnění zdravotnické péče a mimo oblast přímého zdravotnictví se více obyvatel ČR začalo zabývat realizací zdravého životního stylu. Ve srovnání se situací před rokem 1989 se nabízí širší nabídka potravin a množství tehdy neznámých zdravotně rekreačních aktivit (Hübelová 2014). To se projevuje mimo jiné novými trendy ve způsobu trávení volného času, kterými jsou také exotické dovolené, často i spojené s adrenalinovými sporty dovolené v rozvojových zemích s nižšími hygienickými standardy. Tuzemské dovolené často probíhají v blízkosti vodních ploch, které mohou být pro zdraví v případě kontaminace povrchových vod původci infekčních onemocnění také rizikové (Pavlík et al. 2015).

V zahraničí je věnována nemocem, které vznikají při rekreaci a volnočasových aktivitách, velká pozornost (WHO 2003, 2006, 2011, Pond 2005). V ČR zatím nebyla publikována souhrnná monografie či kniha o rizicích spojených s rekreačním či volnočasovým pobytem u vody zatím. Z dostupných zdrojů je možné se seznámit s prevencí infekčních onemocnění z četných prací zabývajících se cestovní, či tropickou medicínou (Šerý a Bálint 1998, Rose 2001, Šerý et al. 2002, Beran et al. 2006, Pavlík 2014). Publikace se věnují rovněž nebezpečí alimentárních infekcí, tedy infekcí z vody a potravin (Lexová et al. 2013).

Modelový region CHKO MK patří mezi atraktivní oblasti v Jihomoravském kraji přitahující velkou turistickou pozornost. Přestože je atraktivita oblasti primárně spojena s krasovými jevy (jeskyně, propasti, propadání, žleby, závrtý aj.), využívání krajiny a vodní toky hrají v tomto území velmi důležitou roli. Nejvýznamnější složkou prostředí, podílející se na šíření infekčních agens, je totiž voda. Přitom voda je obecně klíčovým faktorem formování a výskytu krasových jevů. Do CHKO MK o rozloze 92 km² přitéká řada povrchových vodních toků z nekrasových částí, které se na geologické hranici s devonskými vápenci téměř okamžitě ztrácejí do podzemí, přičemž hydrologický režim těchto vod je velmi složitý (Absolon 1970a, Hromas 2009, obr. 1). Podzemní prostory představují sběrače, soustřeďující vodu z krasových povrchů. Mají charakter toků s omezenou filtrací a samočisticí schopností, čímž může docházet k rychlému přenosu původců případných infekcí nebo kontaminaci zdrojů pitné vody. Krasové vody se vyznačují menší retenční schopností, a proto současně poměrně rychle reagují na meteorologické výkyvy (Hübelová et al. 2016b).

Vzhledem k uvedeným podmínkám mohou být tyto vody snadno kontaminovány různými polutanty včetně původců infekčních onemocnění (Dura et al. 2010, Matthews et al. 2014). Znečištění vody způsobují do značné míry lidské aktivity, při kterých člověk může na krasové území působit činností přímou (speleologická činnost, zpřístupňování jeskyní, návštěvnost jeskyní aj. aktivity) anebo nepřímou (zemědělství, doprava, těžba nerostných surovin, znečištění krasových vod povrchovými odpadními vodami aj aktivity; Einsiedl et al. 2010). Povrchové krasové jevy odráží stav a průběh podzemních systémů, neboť s nimi komunikují a jakékoli nevhodné zásahy se většinou dříve nebo později negativně projeví na stavu a vývoji v podzemí i na hydrologických funkcích (Butscher et al. 2011).

Dosud realizované ekologické studie prováděné v rámci sledování environmentálních a podmíněně patogenních mykobakterií v MK ve vodním prostředí dokazují, že existuje významné organické znečištění nejen přímo v území CHKO MK, ale také v celém povodí MK (Modra et al. 2016, Pavlík 2016). Znečištěná povrchová voda v MK mechanickými nečistotami (písek, erodovaná půda, struska a další), biologickými nečistotami (především bakterie a plísně) a chemickými nečistotami (saponáty aj.) byla při místních šetřeních často pozorována (nepublikované údaje). Komunální odpadní voda se v současné době jeví jako jeden z nejvýznamnějších rizikových faktorů při eutrofizaci povrchových vod a při šíření různých původců infekčních i neinfekčních onemocnění ve všech regionech včetně MK (Pavlík 2014, 2016). Je proto nezbytné věnovat mimořádnou pozornost nejen nebezpečí vypouštění veškerých odpadních upravených i neupravených vod ze sídel a rekreačních lokalit, ale také vhodnému obhospodařování zemědělských pozemků. Doporučuje se vyloučit meliorační úpravy zrychlující vodní toky, skládkování odpadů na nevhodných místech a aplikaci chemických přípravků včetně pesticidů (Andreo et al. 2006). V CHKO MK bylo zjištěno, že dříve používané pesticidní přípravky na bázi atrazinu se dostávají přes vadózní zónu do skapových vod v jeskyních i po desítkách let od zákazů jejich používání. V pilotní studii provedené v Amatérské jeskyni se ukázalo, že atrazin a jeho metabolity byly přítomny v částech jeskynního systému pod zemědělsky využívanou půdou na rozdíl od částí s lesním porostem (Modrá et al. 2017a). Infikovaná voda je pak často důležitým a někdy i limitujícím faktorem udržitelného rozvoje (Pavlík a Hübelová 2015, Pavlík et al. 2015).

Významnou složkou prostředí, která současně ovlivňuje jeho kvalitu, jsou také obyvatelstvo a lidská sídla. Obce MK populačně rostou, čímž se zvyšují nároky na management s komunální vodou i ekologická zátěž prostředí z hlediska jejího množství a kvality. Přestože podstatným médiem kvality krasového prostředí je voda, některé z obcí v CHKO MK nejsou napojeny na čistírny odpadních vod (ČOV), což může znamenat riziko kontaminace povrchové i podzemní vody (Hübelová a Pavlík 2016). Vybavenost technickou infrastrukturou je vnímána jako jeden z ukazatelů úspěšnosti obce (ČSÚ 2008). V současné době nedisponuje ČOV v povodí CHKO MK osm (42,1 %) z celkového počtu 19 zkoumaných obcí (Hübelová a Pavlík 2016). Z již publikovaných analýz vyplývá, že nadměrná hustota osídlení a v některých obcích dosud nevybudované ČOV představují určitá rizika pro kontaminaci povrchových vod, a následně i podpovrchových a podzemních vod v krasovém území (Hübelová et al. 2016b). Turistická a rekreační aktivita v prostředí CHKO MK může představovat zvýšení zátěže ochrany zdrojů vody i pro trvale žijící obyvatele.

Cíl a metodika práce

Obecně formulovaným cílem předkládané přehledové studie je prezentovat základní poznatky z monitoringu vodního prostředí v CHKO MK se zdravotními riziky s ním spojenými. Na základě laboratorního stanovení hydrochemických parametrů vod vstupujících v místech propadání do podzemních jeskynních systémů (obr. 2) a poznatky, získanými terénním průzkumem a z literární rešerše byla posouzena možná rizika kontaminace povrchové vody v CHKO MK. Dílčí cíle byly realizovány v jednotlivých na sebe navazujících krocích a metodách:

- shrnout současné poznatky o šíření infekčních agens v povrchových a podzemních vodách (teoretická východiska, metoda rešerše),
- analyzovat vybrané vzorky vod v místech propadání (ponorů) a stanovit jejich hlavní hydrochemické parametry (laboratorní hydrochemické analýzy),
- identifikovat a upozornit na možná zdravotní rizika podle hlavních kategorií zdrojů znečištění povrchové vody v CHKO MK (aplikace výše zjištěných výsledků, terénní průzkum).

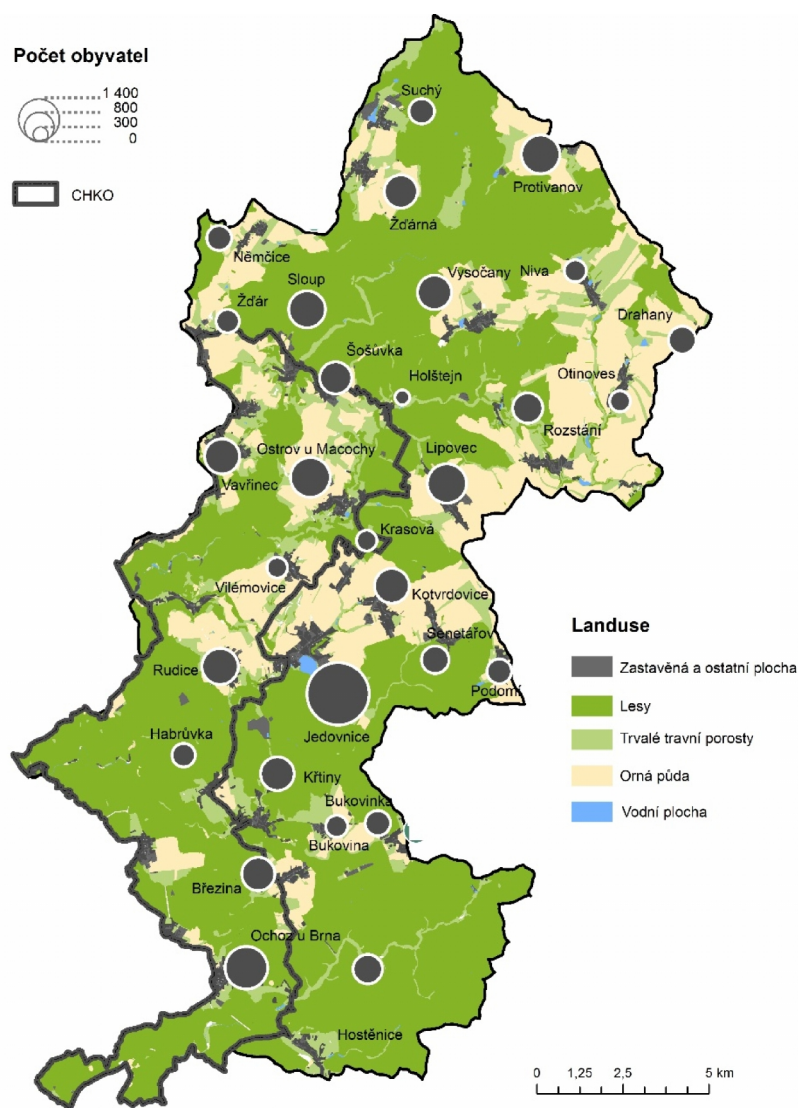
- analyzovat populační vývoj a bytovou výstavbu obcí v povodí CHKO MK od roku 1869 (demografická analýza),

V textu jsou dále specifikovány některé vybrané analýzy vzorků říčních sedimentů, jež dokazují přítomnost podmíněně patogenních mykobakterií, a to mikroskopicky a kultivačně a současně metodou přímé mykobakteriální detekce DNA (Ulmann et al. 2015, Modra et al. 2016). Prezentovaný populační vývoj a bytová výstavba byly hodnoceny v 19 obcích povodí CHKO MK pomocí bazického a řetězového indexu sekundárních dat ze sčítání lidu, domů a bytů dostupných od roku 1867 v přibližně desetiletých intervalech (ČSÚ 2016a, 2016b).

Posouzení rizik kontaminace povrchové vody v CHKO MK

Voda představuje v CHKO MK významný prvek, který modifikuje jak povrch, tak i podzemí této oblasti. Do relativně malého a ohraničeného území CHKO MK přitéká povrchová voda z povodí, které má téměř třikrát větší rozlohu než samotné chráněné území. Přitékající voda se dostává na území CHKO MK ze severu a východu několika vodními toky. Na severu to jsou zejména vody Žďárné a Luhy a na východě Bílé vody, které se při přechodu do krasové oblasti ztrácejí do podzemí a následně vytékají v oblasti Punkevních jeskyní na povrch (řeka Punkva). Potok Luha pramení ve výšce 700 m n. m. na západním úbočí nejvyššího vrchu Drahanské vrchoviny Skály (723 m n. m.) a dosahuje délky 13,8 km. Potok Žďárná s délkou toku necelých 15 km pramení ve výšce 675 m n. m. v mokřadech Spaliska u obce Benešov. Ve střední části MK představují hlavní toky Jedovnický a Křtinský potok. Jedovnickou kotlinu o rozloze zhruba 25 km², odvodňuje Jedovnický potok, vytékající z jedovnické rybníční soustavy. Oba potoky také vstupují do podzemí (Jedovnický potok v Rudickém a Křtinský potok ve Křtinském propadání), v blízkosti Býčí skály opět vyvěrají na povrch a po jejich soutoku pokračují jako Křtinský potok. Křtinské údolí je specifické tím, že vedle podzemního vertikálního krasového odvodňování má ještě odvodňování horizontální, a to povrchově inundačním řečištěm. Tímto řečištěm odtéká voda za zvýšeného vodního stavu (Absolon 1970b, p. 222). Křtinský potok má povrchový tok dlouhý asi 8 km. V jižní části území se povrchová voda na území CHKO MK dostává tokem Říčka a Hostěnickým potokem. Západní hranice CHKO MK je současně rozvodnicí, a proto voda z tohoto území do krasu téměř nepřitéká (obr. 1).

Na znečištění nebo snížení kvality povrchové vody v CHKO MK se podílí nejen aktivity uskutečňované přímo v území CHKO, ale také v celém jeho povodí (obr. 1). Povrchová voda je kontaminována při zemědělské činnosti (vyplavená zemědělská půda – eroze), sedimentujícími prachovými částicemi pocházejícími z ploch bez vegetace, nadměrným používáním pesticidů, organických i průmyslových hnojiv aj. činnostmi. Z urbanizovaných ploch i vlivem zemědělství je povrchová voda kontaminována především vodami odpadními, které způsobují značnou antropogenní eutrofizaci vody. Ta vzniká splachem dusíkatých a fosforečných hnojiv z polí, splaškovými vodami se zvýšeným obsahem fosforečnanů (ze saponátů), z fekálií apod. (Krátký 2014). Do poloviny minulého století bylo možné považovat zemědělskou výrobu a vznikající agroekosystémy za relativně stabilní, schopné autoregulace a zajištění ekologicky vyvážené krajiny. Začátkem 60. let 20. stol. byla intenzifikace zemědělství natolik výrazná (rozorávání závrťů, scelování pozemků vedoucí k erozi orné půdy do závrťů apod.), že již ovlivnila kvalitu povrchové i pozemní vody. Pěstovaly se plodiny náročné na živiny, a proto byla zemědělská půda MK vydatně hnojena nejen organickými, ale i průmyslovými hnojivy. Proto ve skapových vodách pronikaly do jeskynních systémů zejména dusičnany a chloridy (Správa CHKO MK 2016). K omezení hnojení v MK došlo v roce 1982. V současné době jsou využívána tekutá průmyslová hnojiva, organické hnojení, upravily se osevní postupy a na plochách s významným výskytem závrťů došlo k cílenému zatravnění (Správa CHKO MK 2016).



Obr. 1. CHKO MK s plochou povodí toků přivádějících vodu do tohoto území na podkladě mapy využití půdy a počet obyvatel obcí (zdroj vlastní zpracování)

Většina obcí v povodí CHKO MK patří do suburbanizačního zázemí města Brna, pod jehož vlivem dochází sice k významnému omlazení věkové struktury obyvatel, současně však stoupají nároky nejen na zásoby pitné vody, ale také na produkci a množství vody odpadní.

Z analýz dlouhodobých časových řad počtu obyvatel sídel v povodí CHKO MK je patrné, že od 70. let 19. stol. vzrostl do současnosti celkový počet obyvatel ze 14. tis. na více než 21. tis. osob. Ještě významnější se z pohledu rizik kontaminace povrchových a následně krasových vod jeví růst počtu domů v obcích, který se ve shodné časové řadě navýšil celkově z 1 778 na 5 280 domů (Hübelová a Pavlík 2016). Z rekreačních oblastí (zejména chatové osady) je voda rovněž kontaminována různými způsoby, které jsou v oblasti CHKO MK zatím jen částečně identifikované a popsány (Hübelová et al. 2016b, Pavlík 2016).



Obr. 2. CHKO MK a vodní toky s plochou povodí, zdroje znečištění a související krasové prvky (zdroj vlastní zpracování)

Hlavní hydrochemické parametry vod a rizika kontaminace vodního prostředí

V průběhu roku 2016 byly ve dvou sezónách (léto a zima) stanoveny vybrané hydrochemické parametry vod toků vtékajících do krasového podzemí (Hübelová et al. 2017). Sloupský potok se propadá v blízkosti vstupu do turisticky navštěvovaných Sloupsko-šošůvských jeskyní, kdy se těsně před samotným vstupem potoka do propadání napojuje výtok z ČOV pod obcí Sloup. Jedovnický potok vstupuje do jeskynního systému pod obcí Rudice v místě Rudického propadání. Křtinský potok se také propadá do krasového podzemí, a to pod obcí Křtiny a současně do něj v místě pod obcí vstupují vody z místní ČOV (obr. 2).

Z výsledků stanovení hlavních hydrochemických parametrů vod vyplývá nejednoznačný vliv sezón na kvalitu vod ve sledovaných tocích (tab. 1). Koncentrace chloridů, jakožto jednoho ze znaků znečištění antropogenního původu je na většině lokalit vyšší v létě než v zimě, podobný trend je patrný u koncentrace celkového fosforu. Opačný trend lze pozorovat u koncentrací dusičnanů.

Tab. 1. Hydrochemické ukazatele vod vybraných lokalit v CHKO MK v roce 2016

Lokalita	Sezóna	T [°C]	O2 [%]	CHSK	Cl-	N celk.	NO3-	P celk.
Bílá voda, Holštejn	Léto	12,4	59	26,6	24	5,8	5,5	1,460
propadání Nová rasovna	Zima	0,9	56	28,5	57	6,8	23,0	0,227
Sloupský potok	Léto	17,5	98	24,0	100	16,0	59,0	0,409
propadání Sloup	Zima	9,2	98	61,4	44	7,1	25,0	0,900
Jedovnický potok	Léto	15,6	54	24,1	46	3,1	7,7	1,370
propadání Rudice	Zima	8,9	80	25,8	21	2,7	6,1	0,106
Křtinský potok	Léto	13,2	83	11,0	62	1,8	4,5	1,490
propadání Výпустek	Zima	8,1	87	15,0	33	4,2	17,0	0,431

Pozn. <MD = menší než mez detekce

Rozptýl dosažených výsledků je poměrně malý a na studovaných lokalitách nelze popsat rozdíly zásadního významu mezi letní a zimní sezónou. Stanovené hodnoty hydrochemických parametrů povrchových vod nijak nevybočují z běžného standardu takových vod. Avšak v případě, že se tato voda dostane do částečně aerobního podzemního jeskynního systému bez přístupu vzdušného kyslíku, jako je tomu v CHKO MK, začne zahnívát a projevuje se zejména značným zápachem. Vzhledem k tomu, že v území CHKO MK se jedná navíc o povrchové vody s podílem vod, které vytékají z obecních ČOV, může zde existovat souvislost s případným infekčním onemocněním. Analyzované vody jsou tedy vhodné pro život mikroorganismů a jejich přítomnost nelze vyloučit.

Pro snadnější a názornější demonstraci jednotlivých zdravotních rizik způsobovaných kontaminovanou povrchovou vodou je použito dělení zdroje znečištění povrchové vody dle autorů Kalinová et al. (2009). Zdroje znečištění povrchové vody jsou dělené do pěti kategorií:

1. Bodové zdroje znečištění.
2. Difúzní zdroje znečištění.
3. Plošné zdroje znečištění.
4. Vnitřní zdroje znečištění.
5. Znečištění pocházející z vlastní rekreace u vody.

Bodové zdroje znečištění povrchových vod

Bodové zdroje znečištění jsou obecně představovány přítomností průmyslových podniků, velkochovů domácích zvířat, ČOV aj. zdroji, kterými mohou být např. dopravní komunikace. V povodí CHKO MK se nenachází žádné velké průmyslové podniky, které by významně znečišťovaly povrchovou vodou (Hübelová a Pavlík 2016). Chovy hospodářských zvířat se soustřeďují především na skot a to zejména krávy s tržní produkcí mléka. Tyto chovy jsou koncentrovány v podnicích v Protivanově (využívá blízkosti mlékárny v Otínovsi jako důležitého zpracovatele mléka), Sloupu (stádo 550 dojníc), Senetářově, Jedovnicích (150 kusů skotu) a v Bukovině (200 kusů skotu; obr. 2). Chovány jsou také ovce (Krásensko), koně k jezdeckým účelům a v Petrovicích je lokalizován chov krůt (roční odchov 70 tisíc kusů). Chované ovce lze nalézt i v menších stádech do 15 až 20 zvířat (např. stádo ovcí vypásajících škrapová pole v CHKO MK).

Vytékající povrchové vody z obcí jsou kontaminovány organickou hmotou (zejména šedivými odpadními vodami), které vytváří příhodné podmínky pro množení různých druhů bakterií, včetně netuberkulózních mykobakterií. V pilotní studii Modrá et al. (2017b) bylo zjištěno, že podmíněně patogenní mykobakterie byly nejčastěji prokázány v sedimentech vodních toků v obci a pod výtokem z příslušné ČOV. Tato záchytnost dosahovala až 35 %.

Hnůj z velkochovů krav je vyvážen na Správou CHKO vymezená polní hnojiště, která jsou cíleně lokalizována do takových míst, jež by neznamenalá přímé ohrožení jeskynních prostor průsakem z povrchu (obr. 3). Na jaře roku 2016 bylo zjištěno, že je hnůj také používán k hnojení rybníku (obr. 4). Polní hnojiště představuje vždy rizika nejenom pro možnou kontaminaci povrchových a podpovrchových vod původci infekčních agens, ale především pro značné organické znečištění vod, které následně vede k eutrofizaci vody (Pavlík a Hübelová 2015). V hnojeném rybníku je zase podpořen zvýšený výskyt vodního planktonu, který slouží jako potrava pro chované ryby, především kaprovité ryby (Urbánek 2015). Rovněž i v tomto případě je voda intenzivně eutrofizovaná a vytváří tak vhodné podmínky pro přežívání a příp. množení různých patogenů včetně původců bakteriálních střevních infekcí (např. koliinfekcí původců střevních onemocnění) a závažných střevních virových onemocnění (Baudišová a Mlejnková 2009). Eutrofizace vody vede pochopitelně i k intenzivnímu množení sinic, které mohou negativně působit svými toxiny při vodní rekreaci (Bláha a Maršálek 2009).



Obr. 3. Polní hnojiště u obce Jedovnice (foto I. Pavlík)

K dalším významným bodovým zdrojům znečištění patří ČOV (obr. 2). Ačkoliv je v jednotlivých sídlech podíl bytů připojených k vodovodní síti téměř stoprocentní, některé z nich vykazují naopak relativně nízký podíl obyvatel napojených na kanalizace a ČOV (Hübelová a Pavlík 2016). V obcích, ve kterých nejsou k dispozici ČOV, mohou být zdrojem znečištění malé domovní malokapacitní ČOV (obr. 5), nebo septiky opatřené dalším stupněm čištění či žumpy, které bývají u starších domů. Vody z nich mohou být vypouštěny přímo do povrchových toků nebo mohou být vsakovány. Přestože se tato zařízení významným způsobem podílí na odstraňování organických látek z odpadních vod (zejm. komunálních), vody z nich vytékající mohou obsahovat různé původce infekčních onemocnění (Al-Dosary et al. 2015).



Obr. 4. Hnojený rybník poblíž obce Křtiny (foto I. Pavlík)

S ohledem na aktivní přístup pracovníků CHKO MK není v současné době evidována na celém jeho území žádná divoká skládka (L. Štefka, osobní sdělení).



Obr. 5. Domovní malokapacitní ČOV v Habrůvce (vlevo), která nemá obecní ČOV a vytékající voda z ČOV v Jedovnicích (vpravo; foto I. Pavlík)

Na celém území CHKO je věnována pozornost také negativnímu vlivu lineárního znečištění způsobovaného dopravními cestami. V průběhu posledních dvou dekad bylo několik komunikací uzavřeno pro silniční dopravu (např. silnice v Suchém a Pustém žlebu). Kromě toho není na komunikacích v zimních měsících povoleno používat chemický posyp (L. Štefka, ústní sdělení).

Difúzní zdroje znečištění povrchových vod

Difúzní zdroje znečištění jsou představovány komunálními odpadními vodami z obcí bez ČOV, z obcí bez kanalizace (obr. 6), z chatařských a ze zahrádkářských kolonií (obr. 6) a odpadními vodami ze skládek a úložišť hnoje (obr. 3) nebo jiných zdrojů (Li et al. 2016). Počet obcí bez ČOV na území CHKO MK od roku 2011 významně klesl, neboť řada z nich (např. Jedovnice, Niva a Vysočany) využila podpory na budování ČOV z evropských a státních fondů. Rekreační zátěž území je nejvyšší v letních měsících, neboť turismus v MK je spíše sezónní. Koncentrována je do několika lokalit disponující lokalizačními předpoklady a materiálně-technickým zázemím cestovního ruchu (lokalita Skalní Mlýn, obce Jedovnice, Rudice, Sloup, Suchý; obr. 2). Chatařské kolonie jsou lokalizovány v řadě obcí (např. Ochoz u Brna, Březina, Křtiny, Jedovnice a Sloup) a potvrzují velký význam individuální rekreace v okolí Brna (Vystoupil et al. 2006). Vytížení sídel nárůstem obyvatel, kteří zde nemají trvalé bydliště, znamená zvýšený tlak na kvalitu vody promítající se do množství odpadní vody i kapacity příslušných ČOV. Ta je obvykle vyjádřena jako znečištění na jednoho ekvivalentního obyvatele (EO) podle trvale žijících obyvatel v obci (Hübelová a Pavlík 2016). Bohatě organicky znečištěné sedimenty a biofilmy přítékajících potoků do CHKO MK může dokumentovat také skutečně vysoký záchyt podmíněně patogenních mykobakterií, který dosahoval v těchto vzorcích kultivační pozitivita 41,7 % (Modra et al. 2016). V kontextu krasového prostředí, v němž se povrchová voda propadáním dostává do podzemních prostor a po té opět na povrch, může touto cestou docházet k případnému šíření infekčních onemocnění.

U některých návštěvníků jeskyní CHKO MK se vyskytly do 24 h po požití vody protékající jeskyní intenzivní příznaky bolesti břicha doprovázené vodnatými průjmy (nepublikovaná data). Tyto klinické příznaky jsou podobné příznakům po infekci způsobené noroviry, které byly pozorovány v Praze v Dejvicích v květnu roku 2015, kdy došlo ke kontaminaci pitné vody porušeným vodovodním řádem. V kontaminované vodě byly laboratorním vyšetřením noroviry a další původci střevních infekcí následně prokázáni (Kožíšek et al. 2015).



Obr. 6. Vytékající „šedá odpadní“ voda pod obcí Habrůvka, která je bez ČOV (vlevo), četná turistická zařízení v okolí rybníků v Jedovnicích (vpravo; foto I. Pavlík)

Plošné zdroje znečištění povrchových vod

Plošnými zdroji znečištění povrchových vod jsou hnojení pozemků organickými i průmyslovými hnojivy, přítomnost pastvin s chovanými domácími zvířaty, volně žijící zvířata aj. zdroje. Sledované území je z 62 % pokryto lesními porosty a proto je zemědělská činnost méně významná a uskutečňuje se pouze na 35 % plochy (z toho orná půda tvoří asi 2/3 plochy). Přímo na území CHKO MK je finančně dotován výpas škrapových polí ovci v okolí obcí Vilémovice a Rudice, což je prospěšné pro luční vegetaci. Na pastvinách v okolí obce Šošůvka je pastevně chován skot a kašmírské kozy. Pastevní způsob chovu nepředstavuje pro kontaminaci povrchových vod prakticky žádné riziko. Na kontaminaci povrchových vod se podílí pochopitelně i např. lesní hospodářství v souvislosti s deforestací a jakoukoliv činností v lese vedoucí k erozi půdy. V CHKO MK bylo pozorováno po přívalových deštích značné znečištění povrchových vod půdou, která byla splavována z komunikačních cest a skládek vytěženého dřeva (vlastní pozorování).

Vnitřní zdroje znečištění povrchových vod

Vnitřní zdroje znečištění představuje především hospodaření na rybnících (chovy ryb, chov vodní drůbeže apod.) a volně žijící vodní ptactvo. Zdrojem mohou být také sedimenty z vodních nádrží, které jsou vyplavovány do vodotečí potoků a řek při jejich pravidelném vypuštění nebo při povodních. Přestože území není tradiční rybníkářskou krajinou, nachází se zde celá řada rybníků (zejména v povodí Bílé vody a Jedovnického potoka). Nejvýznamnějším zdrojem organického znečištění povrchových vod střední části CHKO MK (obr. 2) je systém pěti rybníků provozovaných v okolí obce Jedovnice na hranici CHKO MK (Olšovec se 42,00 ha, Dubový s 0,68 ha, Budkovan se 7,07 ha, Vrbový se 3,80 ha a Dymák s 0,76 ha).

Při pravidelném vypouštění rybníků (výlov ryb) dochází k masivnímu splavu rybníčních sedimentů do Jedovnického potoka, který se propadá u obce Rudice do druhého nejdelšího (téměř 14 km) jeskynního systému v ČR (Hromas 2009), tvořeného soustavou jeskyní: Rudické propadání (přibližně 6 km), Býčí skála (přibližně 7 km) a Barová jeskyně (přibližně 0,9 km). O organickém znečištění protékající vody tímto systémem jeskyní svědčí uhynulé ryby, které byly pozorovány na jaře i u hráze rybníka Dymák (obr. 7). Přitom v jeskynním systému Rudického propadání je v místě zvaném Tipeček čerpána pitná voda pro obec Rudice. Z tohoto důvodu je tomuto místu věnována zvýšená pozornost pro zabránění kontaminace vody povodňovými sedimenty nebo pobytem nepovolaných osob.



Obr. 7. Na jaře 2016 byly pozorovány uhynulé ryby jak při hrázi rybníka Dymák (vlevo), tak v Jedovnickém potoku uvnitř jeskynního systému Rudické propadání (vpravo; foto I. Pavlík)

Současné jsou při vypouštění rybníků nebo při přívalových deštích splaveny i nitěnky. Při našich terénních šetřeních byly velké kolonie nitének obecných (*Tubifex tubifex*) zjištěny v potoku vytékajícím z ČOV obce Rudice, který ústí do Rudického propadání a také v jezírcích vzniklých po povodňových přívalech přímo v jeskynním systému Býčí skála. Rudá barva těl nitének svědčí pro přítomnost vysoké koncentrace krevního barviva (hemoglobinu), kterého je třeba ve vodním prostředí s nedostatkem kyslíku, tedy v silně organicky znečištěných povrchových vodách (Lellák 1982).

Značné organické znečištění vodního prostředí jeskyní dokumentuje relativně vysoká pozitivita vyšetřovaných vzorků prostředí jeskyně Býčí skála na netuberkulózní mykobakterie, která dosahovala až 41,7 % kultivační pozitivitu (Modra et al. 2016). Kultivační průkaz podmíněně patogenního druhu *Mycobacterium salmoniphilum* v jeskynním prostředí CHKO MK je nutné považovat zcela kuriózní záchyt související pravděpodobně s chovem ryb v rybnících nacházejících se v povodí Jedovnického potoka (dosud nepublikované údaje).

Všechna výše uvedená rizika kontaminace povrchové vody vnitřními zdroji se následně mohou projevit při rekreačním pobytu u vodních ploch. Přírodní koupaliště, resp. rekreace u přírodních koupacích vod, mohou být v určitých případech zdravotně nebezpečná. Puman et al. (2008) upozorňují kromě infekčních agens také na zdravotní a hygienická rizika spojená s přítomností sinic a jejich toxinů, které se v rybnících v obci Jedovnice každoročně objevují, nebo schistosomózu (parazitární infekci kůže koupajících se osob) přenesou z vodních ptáků (nejčastěji kachen divokých).

Vlastní rekreace znečišťující povrchové vody

Znečištění povrchových vod a rizika vznikající při vlastní rekreaci jsou reprezentována buď počtem návštěvníků a koupajících se osob nebo osob, které provozují vodní sporty (vodní lyžování, plavání, ježdění na motorových člunech apod.), či počtem rybářů. Problematice koupání a vodním sportům v ČR a zdravotním rizikům s nimi spojenými byla v posledních několika letech věnována značná pozornost (např. Kožíšek et al. 2008, Baudišová a Benáková 2012).

V zájmovém území je nejvytíženějším místem rekreace u vody vodní plocha a okolí rybníku Olšovec v obci Jedovnice, kde rekreační infrastruktura čítá 40 rekreačních bytů, 360 chat a 14 hromadných ubytovacích zařízení (Hübelová et al. 2016b). Obec Jedovnice je proto vnímána jako středisko letní rekreace u vody nadregionálního významu (Vystoupil et al. 2011) s nejrozsáhlejší chatovou zástavbou v blízkosti hranice CHKO MK a dalšími atraktivitami pro

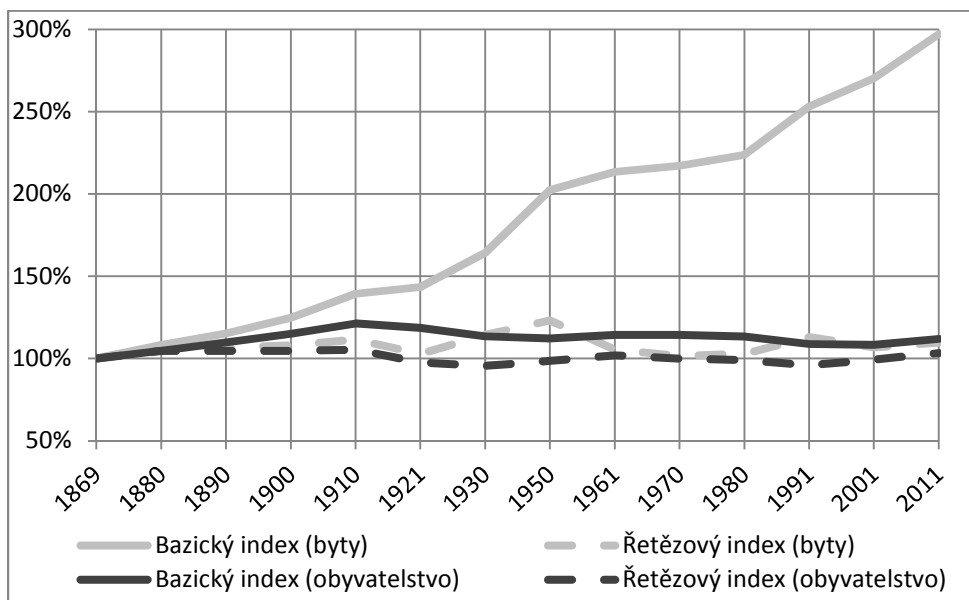
návštěvníky (každoroční Mistrovství světa a Evropy motorových člunů, naučné stezky, každoroční podzimní výlov rybníka, sportovní rybaření, vodní sporty, jednosměrné cyklistické stezky „single trail“ aj.).

Dalším významným střediskem v území je obec Suchý, kde je u Sušského rybníku značné rekreační zatížení v podobě chat, turistického kempu a 8 hromadných ubytovacích zařízení bez připojení na obecní ČOV.

Vývoj počtu obyvatel a bytové výstavby od roku 1869

V obcích MK dochází vlivem suburbanizace k významné bytové výstavbě (obr. 8) a tím k omlazení věkové struktury (Hübelová et al. 2016a). Současně s tímto jevem však stoupají nároky nejen na zásoby pitné vody, ale také na produkci a množství vody odpadní. Přitom věková struktura obyvatelstva je důležitou charakteristikou, která vypovídá o povaze života v obci, životním cyklu obyvatel a zejména o potřebách a možnostech obyvatel obce. Ty se v průběhu životního cyklu mění, ať už se to týká nároků na bydlení, využívání služeb, požadavků na technickou infrastrukturu nebo dopravu (Ouředníček et al. 2011, p. 21). Množství odpadní vody se zvyšuje v kontextu životního cyklu nejmobilnější složky obyvatelstva, kterou jsou lidé v ekonomicky mladším věku.

Ačkoliv je na základě bazického a řetězového indexu patrný růst počtu obyvatel v 19 obcích povodí CHKO MK od roku 1867, nárůst bytové výstavby je ve vyjádření bazického indexu podstatně strmější (obr. 8). Dynamika růstu výstavby nabývá na intenzitě se vznikem samostatného Československa. Po 2. světové válce se zpomaluje z důvodu venkovského sídelního charakteru regionu, který nebyl významně zasažen urbanizací a industrializací měst. Síla růstu se následně zvyšuje od 80. let minulého století a zejména v první dekádě 21. století pod vlivem suburbanizačních a decentralizačních procesů. Pro populačně rostoucí obce znamená zvyšující se počet obyvatel růst zátěže nejen pro vodní zdroje, ale také pro množství odpadních vod. Jedním z potenciálních rizik spojených s lidskou činností a znečištěním vody je tak stávající úroveň technické infrastruktury, zejména pak managementu odpadních vod.



Obr. 8. Bazický a řetězový index počtu obyvatel a bytové výstavby v povodí CHKO MK v časové řadě 1869 – 2011 (vlastní zpracování, zdroj dat ČSÚ 2016a, 2016b)

Z dosud provedených demografických analýz bylo zjištěno, že povrchové a podzemní (krasové) vody jsou v CHKO MK ohroženy možným znečištěním odpadními vodami, které obsahují značné množství organických látek (Hübelová et al. 2016a). V souladu s již publikovanými studiemi lze potvrdit, že obecným rizikem kontaminace povrchové i podzemní vody jsou lidská sídla (Graves et al. 2002). Původ organických látek můžeme spatřovat v odpadních vodách vytékajících z ČOV (Einsiedl et al. 2010). Konsekvencí a vzájemným působením různých lidských činností v krasovém prostředí dochází ke zvýšení rizika kontaminace povrchové vody a případné šíření kontaminace v jeskynních prostorách a krasových vodách CHKO MK, ale i mimo tento prostor (Arcega-Cabrera et al. 2014).

Závěr

Je obecně známo, že voda hraje v krasovém prostředí velkou roli nejen pro vznik krasových jevů a pro svoje specifické odtokové poměry, ale že je také nejvýznamnější složkou prostředí, která se podílí na šíření kontaminace a infekčních agens. Povrchové vody včetně malých zdrojů pitných vod mohou být v povodí CHKO MK ohroženy různými patogeny přenášenými vodou nebo vodním prostředím. Proto je nutné z pohledu pracovníků Správy CHKO MK bedlivě sledovat tuto situaci a preventivními opatřeními bránit bezpečnost povrchových vod na území CHKO MK. Závažnou skutečností je fakt, že z legislativního pohledu nemá žádná CHKO, tedy ani CHKO MK, ochranná pásma, která by umožnila sledovat bezpečnost povrchových vod v celém povodí i mimo vymezené území příslušné CHKO. Jak je patrné z výše uvedených výsledků, v některých případech mohou být zdravotní rizika pro pobývajících osoby v okolí povrchových a podzemních (krasových) vod relativně vysoká. Možnost znečištění povrchové vody a jejího rychlého přenosu do podzemí je v krasovém prostředí umocněna omezenou filtrací a samočisticí schopností krasové vody. Rizika kontaminace povrchových a následně krasových vod v CHKO MK vyplývají především z:

- zemědělské činnosti (zejm. chov ryb a hnojení při rostlinné produkci),
- znečištění komunálními odpadními vodami z obcí bez ČOV (zejm. průsaky ze septiků a žump a vsakování z malokapacitních domácích ČOV),
- vysoké zátěže rekreací (zejm. chatové a rekreační oblasti),
- bytové výstavby a omlazování věkové struktury obcí (zejm. vyšší nároky na management s pitnou a komunální odpadní vodou).

Přítom pobyt speleologů, výzkumných pracovníků, geologů, biologů a v neposlední řadě turistů na území CHKO MK je v současné době velice intenzivní. Z tohoto důvodu by bylo optimální zvýšit informovanost o rizicích představovaných kontaminovanou povrchovou vodou a jejich zdrojích. Bezpečné chování osob v tomto prostředí a znalost možných zdrojů znečištění může tato popsaná rizika snížit na přijatelné minimum nebo je zcela vyloučit. Za nejvýznamnější rizika pro infekci návštěvníků CHKO MK patří především původci norovirových a rotavirových střevních onemocnění, kteří jsou šířeni odpadní vodou. Ze zemědělských podniků je povrchová voda kontaminovaná kryptosporidii, které u vnímavých osob způsobují krvavé záněty především tlustého střeva. V povrchových vodách CHKO MK byli rovněž prokázáni původci legionelózy způsobující infekce horních i dolních cest dýchacích. V povrchových vodách se také vyskytují původci střevních infekcí bakteriálního původu (zejm. salmonely a patogenní *Escherichia coli*).

Záměrem dalších publikačních výstupů je geostatistická analýza dat vzorků vody, vodních sedimentů a půdy v povodí CHKO MK a jejich prostorových vzorů ve vztahu k člověku a prostředí.

Literatúra

- ABSOLON, K. 1970a: *Moravský kras I*. Praha (Academia).
- ABSOLON, K. 1970b: *Moravský kras II*. Praha (Academia).
- ABRAHAM, P. W. 2006: Soil, geography and human disease: a critical review of the importance of medical cartography. *Progress in Physical Geography*, 30(4), 490-512.
- AL-DOSARY, S., GALAL, M.M., ABDEL-HALIM, H. 2015: Environmental impact assessment of wastewater treatment plants. *J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 4(1), 953-964.
- ANDREO, B., GOLDSCHIEDER, N., VADILLO, I., VIAS, J. M., NEUKUM, C., SINREICH, M., JIMENEZ, P., BRECHENMACHER, J., CARRASCO, F., HOTZL, H., PERLES, M. J., ZWAHL, F. 2006: Karst groundwater protection: First application of a Pan-European Approach to vulnerability, hazard and risk mapping in the Sierra de Libar (Southern Spain). *Sci Total Environ*, 34(3), 54-73.
- ANTHAMATTEN, P., HAZEN, H. 2011: *An introduction to the geography of health*. London (Routledge).
- ARCEGA-CABRERA F., VELÁZQUEZ-TAVERA N., FARGHER L., DERRIEN M., NOREÑA-BARROSO E. (2014): Fecal sterols, seasonal variability, and probable sources along the ring of cenotes, Yucatan, Mexico. *J. Contam Hydrol.*, 168, 41-49.
- BAUDIŠOVÁ, D., BENÁKOVÁ, A. 2012: Problematika bakterií *Campylobacter* v koupacích vodách. *Sborník přednášek konference Mikrobiologie vody a prostředí 2012*. Nový Smokovec, Štátní zdravotnická univerzita, 20-24.
- BAUDIŠOVÁ, D., MLEJNKOVÁ, H. 2009: Mikrobiální znečištění povrchových vod – mikrobiologické ukazatele. *Vodní hospodářství*, 3, 101-102.
- BERAN, J., VANÍŠTA, J., MACHALA, L., WERTZOVÁ, V. 2006: *Základy cestovního lékařství*. Praha (Galén).
- BLÁHA, L., MARŠÁLEK, B. 2009: Toxiny sinic a jejich účinky na vodní ekosystémy. *Vodní hospodářství*, 2, 50-54.
- BUTSCHER, C., AUCKENTHALER, A., SCHEIDLER, S., HUGGENBERGER, P. 2011: Validation of a numerical indicator of microbial contamination for karst springs. *Ground Water*, 49(1), 66-76.
- ČSÚ. 2008: *Variety vymezení venkova a jejich zobrazení ve statistických ukazatelích v letech 2000 až 2006*. Praha (ČSÚ).
- ČSÚ. 2016a. *Historický lexikon obcí České republiky 1869-2011*. Český statistický úřad <https://www.czso.cz/csu/czso/iii-pocet-obyvatel-a-domu-podle-kraju-okresu-obci-a-casti-obci-v-letech-1869-2011_2015>.
- ČSÚ. 2016b. *Databáze demografických údajů za obce ČR*. Český statistický úřad <<https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-demografickych-udaju-za-obce-cr>>.
- DEMEK, J. 1980: Soustava geografických věd. In Riedlová, M., Demek, J., Pech, J. *Úvod do studia geografie. Dějiny geografie*. Praha (SPN), pp. 30-43.
- DOLINCOVÁ, D. 2006: Environmentálne faktory podmieňujú zdravie Európanov. *Enviro-magazín*, 11(2), 12-13.
- DUMMER, T., J. 2008: Health geography: supporting public health policy and planning. *Canadian Medical Association J*, 178(9), 1177-1180.
- DUNCAN, C., JONES, K., MOON, G. 1998: Context, composition and heterogeneity: Using multilevel models in health research. *Social Science & Medicine*, 46(1), 97-117.
- DUNN, J. R., HAYES, M. V. 2000: Social inequality, population health, and housing: a study of two Vancouver neighbourhoods. *Social Science & Medicine*, 51(4), 563-587.
- DURA, G., PANDICS, T., KADAR, M., KRISZTALOVICS, K., KISS, Z., BODNAR, J., ASZTALOS, A., PAPP, E. 2010: Environmental health aspects of drinking water-borne outbreak due to karst flooding: case study. *J Water Health*, 8(3), 513-520.

- EINSIEDL, F., RADKE, M., MALOSZEWSKI, P. 2010: Occurrence and transport of pharmaceuticals in a karst groundwater system affected by domestic wastewater treatment plants. *J Contam Hydrol.*, 117, 26-36.
- GARRISON, F., H. 1932: Medical Geography and Geographic Medicine. *Bull N Y Acad Med.*, 8(10), 593-612.
- GESLER, W. M. 1992: Therapeutic landscapes – medical issues in light of the new cultural-geography. *Social Science & Medicine*, 34(7), 735-746.
- GOOVAERTS, P. 2009: Medical geography: a promising field of application for geostatistics. *Mathematical Geosciences*, 41(3), 243-264.
- GOOVAERTS, P. 2010: Combining areal and point data in geostatistical interpolation: applications to soil science and medical geography. *Mathematical Geosciences*, 42(5), 535-554.
- GRAVES, A. K., HAGEDORN, C., TEETOR, A., MAHAL, M., BOOTH, A. M., RENEAU, R. B. Jr. (2002): Antibiotic resistance profiles to determine sources of fecal contamination in a rural Virginia watershed. *Environ Qual*, 3, 1300-1308.
- GUIMARÃES, M., C. 2010: Geography of science makes a difference: an appeal for public health. *Cadernos de Saude Publica*, 26(1), 50-58.
- HROMAS, J. ed. 2009: Jeskyně. In: Mackovič, P., Sedláček, M. eds. *Chráněná území ČR. Svazek XIV*. Praha (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR).
- HÜBELOVÁ, D. 2014: Regionální disparity kvality lidských zdrojů v České republice v kontextu demografického a ekonomického vývoje. *Geographia Cassoviensis*, 8(1), 34-49.
- HÜBELOVÁ, D., HOŘÍNEK, M., PAVLÍK, I. 2016a: Dynamika obyvatelstva v letech 2001 – 2015 a úroveň technické infrastruktury obcí střední části Moravského krasu s ohledem na rizika kontaminace povrchové vody komunálním odpadem. *Konference Region v rozvoji společnosti 2016*. Brno (Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií).
- HÜBELOVÁ, D., CHALUPA, P., PAVLÍK, I. 2016b: Vybraná rizika znehodnocení krasového prostředí lidskou činností na příkladu CHKO Moravský kras. *11. mezinárodní konference Aktuální problémy cestovního ruchu*. Jihlava (Vysoká škola polytechnická).
- HÜBELOVÁ, D., PAVLÍK, I. 2016: Vývoj počtu obyvatelstva a technické infrastruktury v obcích Moravského krasu: potenciální vliv na organické znečištění vodního prostředí. *Konference Geografické aspekty stredoeurópskeho priestoru - nové výzvy pre rozvoj*. Nitra (PrF UKF) in print.
- HÜBELOVÁ, D., KONEČNÝ, O., GERŠL, M., PAVLÍK, I. 2017: Návštěvnost Moravského krasu v letech 2012 – 2015 v souvislosti s udržitelným rozvojem území a cestovního ruchu. *12. mezinárodní konference Aktuální problémy cestovního ruchu*. Jihlava (Vysoká škola polytechnická), in print.
- CHALUPA, P., NOVÁK, S. 2010: *Geografie a zdraví. Škola a zdraví pro XXI. století*. Brno (Masarykova univerzita).
- KALINOVÁ, M., BAUDIŠOVÁ, D., GRÜNVALDOVÁ, H., ROSENDORF, P., PUMANN, P., ŠAŠEK, J., DURAS, J. 2009: Profil vod ke koupání – jeho náplň a popis. Praha (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka).
- KANDRÁČOVÁ, V. 2005: Medicínska (lekárska) geografia - nová geografická disciplína so starou tradíciou. *BIGECHÉ*, 7, 49-55.
- KÁŽMÉR, L., KRIZAN, F. 2010: Priestorové rozšírenie mortality mužov na rakovinu prostaty na úrovni okresov SR v rokoch 1996-2007. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 54(1), 101-118.
- KÁŽMÉR, L., GREGOROVÁ, E. 2015: Subjektivní zdraví a jeho sociálně-prostorová podmíněnost: případová studie bydlení seniorské populace města Brna. *Geografie*, 120, 603-629.
- KÁŽMÉR, L. 2016: Sociálně prostorové nerovnosti v úmrtnosti obyvatelstva velkých českých měst v období let 2001 – 2011. *Demografie*, 58(1), 5-28.
- KOŽÍŠEK, F., PUMANN, P., JAVOŘÍKOVÁ, E., PROCHÁZKOVÁ, P. 2008: Nemoci a epidemie spojené s koupáním v České republice. *Hygiena*, 53(3), 108-109.

- KOŽÍŠEK, F., KOTHAN, F., JELIGOVÁ, H. 2015: Byla dejvická epidemie největší v české historii? 20. konference Monitoring zdraví a životního prostředí. Praha (SZÚ), 6-9.
- KRANJC, A. 2013: Classification of Closed Depressions in Carbonate Karst. *Treatise on Geomorphology*, 6, 104-111.
- KRÁTKÝ, M. 2014: Městské odpadní vody – významný zdroj vody pro zvlahy. *Vodní hospodářství*, 10, 21-23.
- LELLÁK, J. 1982: *Biologie vodních živočichů*. Praha (Univerzita Karlova).
- LEXOVÁ, P., BENEŠ, Č., ČÁSTKOVÁ, J., KYNČL, J., KRÁLOVÁ, R. 2013: Výskyt infekčních onemocnění přenášených potravinami a vodou v ČR – rok 2012 a trendy nemocností. *Zprávy Centra epidemiologie a mikrobiologie*, 22(7), 233-239.
- LI, J. L., LIN, S. Y., SONG, Q. 2016: Characteristics of sediment bacterial community in response to environmental impacts in a sewage polluted river. *Journal of Coastal Research*, 74, 196-206.
- LICEAGA, E. 1895: Contribution to the Study of Yellow Fever in Connection with its Medical Geography and Prophylaxis in the Mexican Republic. *Public Health Pap Rep.*, 2, 164-168.
- MATTHEWS, K. R., SAPERS, G., GERBA, C. 2014: *The Produce Contamination Problem: Causes and Solutions*. London (Elsevier Inc.).
- MODRÁ, M., GRUBEROVÁ, E., KONEČNÝ, O., ULMANN, V., HŘIBOVÁ, P., VLKOVÁ, M., PAVLÍK, I. 2017a: Influx and concentration of triazine pesticides in the Amaterska cave system, Moravian Karst, Czech Republic. *Journal of Soils and Sediments*, in print.
- MODRÁ, H., BARTOŠ, M., HŘIBOVÁ, P., ULMANN, V., HUBELOVÁ, D., KONEČNÝ, O., GERŠL, M., KUDEĚKA, J., VOROS, D., PAVLÍK, I. 2017b: Detection of mycobacteria in the environment of the Moravian Karst (Bull Rock Cave and the relevant water catchment area): the impact of water sediment, earthworm castings and bat guano. *Veterinární medicína*. 62(3), 153-168.
- OUŘEDNÍČEK, M., TEMELOVÁ, J., POSPÍŠILOVÁ, L. eds. 2011: *Atlas sociálně prostorové diferenciacie České republiky*. Praha (UK, Nakladatelství Karolinum).
- PATOČKA, J., ZÖLZER, F. 2013: Environmental health: acute problems. *Kontakt*, 17(3), 190-202.
- PAVLÍK, I. 2014: *Rozvoj zdravého regionu. Význam infekčních onemocnění lidí a zvířat a zoonóz při rozvoji regionů*. Brno (Mendelova univerzita v Brně).
- PAVLÍK, I., HUBELOVÁ, D. 2015: *Rizika rozvoje regionu. Význam onemocnění lidí a zvířat v rozvinutém regionu*. Brno (Mendelova univerzita).
- PAVLÍK, I., HUBELOVÁ, D., HORÁK, M., SOMERLÍKOVÁ, K. 2015: *Význam onemocnění lidí a zvířat pro rozvoj regionů*. Brno (Mendelova univerzita).
- PAVLÍK, I. 2016: Rekreační u vody nemusí být vždy bezpečná: zdravotní rizika kontaminace povrchových vod různými původci onemocnění. *Konference Region v rozvoji společnosti 2016*. Brno (Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií), in print.
- PEARCE, J. 2007: Incorporating geographies of health into public policy debates: The Geo-Health Laboratory. *New Zealand Geographer*, 63(2), 149-153.
- POND, K. 2005: *Water recreation and disease. Plausibility of associated infections: acute effects, sequelae and mortality*. London (IWA Publishing).
- PREIS, J. 2008: *Geografické aspekty pandemie HIV/AIDS: úvod do problematiky a případová studie Ugandy*. Brno (Geografický ústav PŘF MU).
- PREIS, J. 2009: ČR 24. Česká televize 24. *Lékařská geografie může pomoci monitorovat šíření nemoci*. <<http://www.ceskatelevize.cz/ct24/archiv/1400971-lekarska-geografie-muze-pomoci-monitorovat-sireni-nemoci-rika-jiri-preis>>.
- PUMANN, P., CHLUPÁČOVÁ, M., KOŽÍŠEK, F. 2008: Zdravotní a hygienická rizika z přírodních koupacích vod. *Hygiena*, 53(3), 102-107.

- RAPANT S., LETKOVIČOVÁ, M., CVEČKOVÁ, V., FAJČÍKOVÁ, K., GALBAVÝ, J., LETKOVIČ, M. 2010: *Environmentálne a zdravotné indikátory Slovenskej republiky*. Bratislava (ŠGUDŠ).
- ROSE, S. 2001: *International travel health guide*. Northampton (Travel Medicine, Inc.).
- SPRÁVA CHKO MK. 2016: Charakteristika oblasti – zemědělství. *Agenda ochrany přírody a krajiny ČR* <<http://moravskykras.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/zemedelstvi/>>.
- ŠERÝ, V., VOTRUBEC, C. 1988: *Lékařskogeografické problémy Vietnamu*. Praha (Academia).
- ŠERÝ, V., VOTRUBEC, C. 1989: *Lékařskogeografické problémy Alžírsko*. Praha (Academia).
- ŠERÝ, V., RUTSCH, J., MANĎÁKOVÁ, Z., BANĎOUCHOVÁ, L. 2002: *Zdraví na cestách*. Praha (Medon s.r.o.).
- ULMANN, V., KRACALIKOVA, A., DZIEDZINSKA, R. 2015: Mycobacteria in water used for personal hygiene in heavy industry and collieries: A potential risk for employees. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 2870-2877.
- URBÁNEK, M. 2015: *České rybníky a rybníkářství ve 20. století*. České Budějovice (Rybářské sdružení České republiky).
- VILINOVÁ, K. 2012: *Zdravotný stav obyvateľstva Slovenska*. Nitra (UKF FPV)
- VYSTOUPIL, J., HOLEŠÍNSKÁ, A., KUNC, J., MARYÁŠ, J., SEIDENGLANZ, D., ŠAUER, M., TONEV, P., VITURKA, M. 2006: *Atlas cestovního ruchu České republiky*. Praha (MMR).
- VYSTOUPIL, J., HOLEŠÍNSKÁ, A., KUNC, J., SEIDENGLANZ, D., ŠAUER, M. a TONEV, P. 2011. *Geografie cestovního ruchu České republiky*. Plzeň (nakl. Aleš Čeněk).
- WHO 2003: *Guidelines for safe recreational waters. Vol. 1 – Coastal and fresh waters*. Geneva (WHO).
- WHO 2006: *Guidelines for safe recreational waters. Vol. 2 – Swimming pools and similar environments*. Geneva (WHO).
- WHO 2011: *Guidelines for drinking-water quality*. Malta (Gutenberg).

Tento článek vznikl za finanční podpory grantového projektu GAČR č. 16-13231S „Vodní prostředí v krasu: dopad lidských aktivit na "geomykobakteriologii". Letecká fotografie byla pořízena v projektu účelové činnosti Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny, Mendelova univerzita Brno.

Adresy autorů:

prof. MVDr. Ivo Pavlík, CSc.
Ústav teritoriálních studií, Mendelova
univerzita, Fakulta regionálního rozvoje
a mezinárodních studií
Třída Generála Píky 7, 613 00 Brno
Czech Republic
ivo.pavlik@mendelu.cz

PhDr. Dana Hübelová, Ph.D.
Ústav demografie a aplikované statistiky
Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních
studií, Mendelova univerzita
Třída Generála Píky 7, 613 00 Brno,
Czech Republic
dana.hubelova@mendelu.cz

Mgr. Ondřej Konečný, Ph.D.
Ústav regionálního rozvoje a veřejné správy
Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních
studií, Mendelova univerzita
Třída Generála Píky 7, 613 00 Brno,
Czech Republic
ondrej.konecny@mendelu.cz