



Hranický kras v mezioborových souvislostech

Krajina v celku, krajina v detailu

Jozef Sedláček, Petra Oppeltová, Hana Vavrouchová, Kristýna Kohoutková, Vítězslav Vlček, Radim Klepárník, Jana Šimečková, Milan Geršl, Pavel Chaloupský, Ondřej Ulrich, Petr Kučera

● MENDELU
● Zahradnická
● fakulta
●

● MENDELU
● Agronomická
● fakulta
●

Mendelova univerzita v Brně

Hranický kras v mezioborových souvislostech

Krajina v celku, krajina v detailu

Jozef Sedláček, Petra Oppeltová, Hana Vavrouchová, Kristýna Kohoutková, Vítězslav Vlček, Radim Klepárník, Jana Šimečková, Milan Geršl, Pavel Chaloupský, Ondřej Ulrich, Petr Kučera

2024



Recenzenti

RNDr. PhDr. Markéta Šantrůčková, Ph.D.
Ing. Václav Stránský

Autorský kolektiv

Ing. Jozef Sedláček, Ph.D.¹; Ing. Radim Klepárník, Ph.D.¹; Ing. Kristýna Kohoutková¹; doc. Ing. Petr Kučera, Ph.D.¹; Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.²; Mgr. et Mgr. Ing. Hana Vavrouchová, Ph.D.²; Ing. Ondřej Ulrich²; doc. Mgr. Milan Geršl, Ph.D.³; Ing. Vítězslav Vlček, Ph.D.⁴; Ing. Jana Šimečková, Ph.D.⁴; Ing. Pavel Chaloupský, Ph.D.⁵

¹Ústav plánování krajiny, Zahradnická fakulta, MENDELU

²Ústav aplikované a krajinné ekologie, Agronomická fakulta, MENDELU

³Ústav potravinářské, zemědělské a environmentální techniky, Agronomická fakulta, MENDELU

⁴Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, MENDELU

⁵Ústav chemie a biochemie, Agronomická fakulta, MENDELU

Editoři

Mgr. et Mgr. Ing. Hana Vavrouchová, Ph.D; Ing. Kristýna Kohoutková

Grafika a sazba

Ing. Kristýna Kohoutková

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, 2024

ISBN 978-80-7509-999-0 (online ; PDF)

DOI <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-999-0>

Dedikace

Kniha vznikla na základě výsledků výzkumu podpořeného Grantovou agenturou Gregora Johanna Mendela Mendelovy univerzity v Brně v rámci projektu Krajina v celku a krajina v detailu. Mezioborový výzkum Hranického krasu.

Poděkování

Výzkum, jehož výsledky shrnuje tato kniha, by nevznikl bez pomoci odborníků přímo spojených s Hranickým krasem. Jmenovitě děkujeme Barboře Šimečkové ze Správy Zbrašovských aragonitových jeskyní, Františkovi Kopeckému z Místní akční skupiny Hranicko, Michalu Gubovi a týmu speleopotápěčů ZO 7-02 Hranický kras a Zbyňku Sedlákovi, Vlastimilu Zelovi a dalším speleologům z České speleologické společnosti.



Open Access. Publikace *Hranický kras v mezioborových souvislostech: Krajina v celku, krajina v detailu* podléhá licenci CC BY-NC-ND 4.0



„Územím nevelký, povrchem nenápadný, turisticky donedávna pozapomenutý. Několik typů vod, několik druhů hornin, několik geologických procesů. Nad jiné komplikovaný, překvapující, nebezpečný. Generacím badatelů odolávající, jen neochotně odkrývající střípky souvislostí. Existující v podstatě zázrakem, souhrou unikátních okolností. Obtížně pochopitelný, o to snadněji zranitelný. Vnímavá srdce ale zasahuje naplno. Těm nemocným dokonce pomáhá. Hranický kras.“

*Barbora Šimečková
vedoucí správy Zbrašovských aragonitových jeskyní*

Obsah

Abstrakt	7	5.3 Změny <i>land use</i> – srovnání vývoje ploch v letech 1830 a 2021	53
1 Úvod	9	6 Půdní pokryv	
2 Přehled literatury k výzkumu krasových oblastí – základní souvislosti a trendy	11	6.1 Co je vlastně půda	73
2.1 Zranitelnost krasových oblastí	12	6.2 Podklady pro půdní mapování	75
2.2 Koncentrace živin a znečišťujících látek v krasových zvodních	15	6.3 Půdní mapování a jeho výsledky	81
2.3 Využití území a ochrana krasových oblastí	16	6.4 Další potenciál vývoje půd v okolí Hranické propasti na zemědělských pozemcích	86
2.4 Potenciál cestovního ruchu v krasových oblastech	18	7 Zatížení okolí propasti dusíkem – iontoměniče	90
3 Vymezení území a jeho základní charakteristika	21	8 Vody Hranického krasu	94
4 Základní koncepce výzkumu a metodologická východiska	24	8.1 Typy vod	96
4.1 Zdroje prostorových dat	26	8.2 Znečištění vod organickými polutanty	98
4.2 Terénní průzkumy	30	9 Drenážní systémy v Hranickém krasu	112
4.3 Odběry vzorků a jejich analýzy	31	9.1 Identifikace drenáží na vybraných lokalitách Hranického krasu	114
4.4 Identifikace drenážních systémů	36	9.2 Projevy poruch na drenážích	122
4.5 Úroveň prostorového zobrazování a koncept zranitelnosti podzemních vod	38	9.3 Kvalita vody z drenáží	123
4.6 Monitoring návštěvnosti Hranické propasti	40	10 Multikriteriální analýza zranitelnosti podzemních vod	125
4.7 Zjišťování preferencí místních obyvatel	43	10.1 Přírodě blízká řešení	126
5 Stav a vývoj území Hranického krasu	46	10.2 Analýza citlivosti krajiny s ohledem na zranitelnost podzemních vod (parametr VUL)	128
5.1 Historický vývoj osídlení	49		
5.2 Urbanistický vývoj osídlení	51		

10.3 Návrh a dopady scénářů	130
11 Lidé v Hranickém krasu	137
11.1 Monitoring návštěvnosti Hranické propasti	138
11.2 Místní obyvatelé	143
Závěr	157
Summary	161
Seznam použité literatury	163
Seznam zkratk	175
Seznam obrázků	177
Seznam tabulek	183
Apendix	185

Abstrakt

V Hranickém krasu byl v letech 2021–2024 prováděn multioborový výzkum, který se primárně zaměřoval na vymezení hranic této citlivé oblasti. V rámci stanoveného území byly následně prováděny podrobné analýzy. Zastřešujícím konceptem, založeným na syntéze dílčích poznatků o území, byla zranitelnost krasových oblastí, která je zde prezentována ve vztahu k ochraně podzemních vod a pracuje na bázi scénářů vývoje území a modifikace *land use*. Dalšími řešenými okruhy byly interpretace vývoje krajinné struktury v čase, zpřesňování půdních charakteristik a detailní mapování půdních typů. Zásadní směr výzkumu byl orientován na hodnocení kvality různých typů vod (povrchové, podzemní prosté, minerální a skapové vody). Doplnkově byly analyzovány i vody drenážní. V ohnisku zájmu byly koncentrace moderních organických polutantů. Dále byla prováděna analýza půdy z hlediska obsahu dusíku. Je zde také představena metodika identifikace nevidovaných drenážních systémů a výsledná databáze drenáží v okolí Hranické propasti. Doplnkově je řešeno téma návštěvnosti Hranické propasti a postoje místního obyvatelstva k současnému stavu a budoucímu vývoji Hranického krasu. Monografie shrnuje nové zásadní poznatky k území Hranického krasu a přináší současné metodické přístupy k výzkumu a ochraně krasových oblastí.

Klíčová slova

Hranický kras, zranitelnost krasových oblastí, kvalita vody v krasu, půdní charakteristiky krasu, odvodnění krasových oblastí, návštěvnost a přetížení lokalit

Abstract

In the Hranice Karst, a multidisciplinary research project was conducted from 2021 to 2024, primarily focusing on defining the boundaries of this sensitive area. Within the established territory, detailed analyses were subsequently performed. The overarching concept, based on the synthesis of partial findings about the area, was the vulnerability of karst regions, which is presented here in relation to the protection of groundwater and operates on the basis of land use development scenarios. Other areas of focus included the interpretation of landscape structure development over time, refinement of soil characteristics, and detailed mapping of soil types. A key direction of the research was the evaluation of the quality of various types of water (surface, plain groundwater, karst water, mineral, and drip water). Additionally, drainage waters were also analysed. The primary interest was the concentration of modern organic pollutants. Furthermore, soil analysis was conducted concerning nitrogen content. The methodology for identifying undocumented drainage systems and the resulting database of drainage in the vicinity of the Hranice Abyss are also presented. Additionally, the topic of visitation to the Hranice Abyss and the attitudes of the local population towards the current state and future development of the Hranice Karst were addressed. The monograph summarizes essential new findings about the Hranice Karst area and introduces new methodological approaches to the research and protection of karst regions.

Keywords

Hranice Karst, vulnerability of karst areas, water quality in karst, soil characteristics of karst, drainage of karst areas, visitation and overloading of sites

1 Úvod

Výzkum krasových oblastí je jednou z prioritních výzev současnosti. Jedná se o území, která jsou důležitá z hlediska akumulace vody a určování její kvality, mají potenciál pro vyvažování důsledků klimatické změny a v neposlední řadě jsou spojená se zvýšenou koncentrací přírodních hodnot. Bez ohledu na vnitřní stavbu a fungování krasových oblastí je využívání těchto území na povrchu značně diverzifikováno a většinou jsou zde vedle ochranného režimu realizovány zcela běžné aktivity od bydlení a rekreace přes zemědělství až např. po těžbu. Úkolem současného výzkumu je najít rovnováhu mezi potřebami společnosti a zranitelností ekosystémů, detekovat vlivy ohrožující křehkou krasovou krajinu nad mez únosnosti a získané poznatky převést do praxe. Vývoj krasových systémů je přitom určován jak přírodními, tak antropogenními procesy a tomu musí odpovídat i charakter výzkumu – nesmí být zúžený jen na optiku jednotlivých oborů, ale musí být nalézány mezioborové souvislosti.

Tento přístup byl uplatňován na území Hranického krasu v rámci tříletého výzkumu řešeného na Mendelově univerzitě v Brně v letech 2021 – 2024 napříč pěti ústavu a dvěma fakultami. Do výzkumu byli na úrovni univerzity zapojeni odborníci na geologii, hydrologii, pedologii, chemii a plánování krajiny. Byla navázána četná spolupráce přímo v území – se speleology, s ochránci přírody, se správou jeskyní, s těžební společností, s obecními zastupitelstvy, s managementem místní akční skupiny a dalšími subjekty. Neopomenutelným východiskem pro tuto práci bylo nalézání souvislostí napříč prostorem na vertikální i horizontální úrovni krajinné struktury. Monografie je tematicky zastřešena konceptem zranitelnosti krasové krajiny.

Cílem autorů předložené publikace nebyl text, který by vyčerpávajícím způsobem shrnul veškeré současné vědění o Hranickém krasu. Publikace představuje vybrané nové poznatky zmíněného multioborového výzkumu,

kteřý vycházel právě z dosavadního stavu poznání a doplnil nové souvislosti nahlížené mezioborovou optikou. Výzkumný tým si kladl zásadní otázku týkající se vymezení území Hranického krasu, které do té doby nebylo uspokojivým způsobem provedeno, a v ohnisku zájmu byly lokality, které je možné pro krasový systém považovat za zdrojové (dochází zde k infiltraci a sycení krasových zvodní). Nalézány byly souvislosti mezi současným a minulým využíváním území a podrobněji byl zkoumán systém půda–voda–hornina. Následující text tak rozšiřuje vědecké poznání v okruzích, které dosud pro Hranický kras nebyly komplexně zkoumány, a předpokládáme, že tyto nové poznatky pomohou lépe pochopit zranitelnost tohoto cenného území a nastartovat odpovídající správu a ochranu hodnot.

Publikaci provází autorská díla žáků z Hranického krasu. Umělecká díla vznikla v rámci soutěže Hranický kras – místo, kde žiju, která byla vyhlášena na podzim roku 2023. Do soutěže se zapojila ZUŠ Hranice, ZŠ Studentská (Hranice), ZŠ Ústí a ZŠ Černotín. Umělecká díla byla součástí výstavy Hranice poznání v Hranicích. Společně se sociologickým průzkumem, který v oblasti proběhl, jsou výsledná díla důležitou součástí mozaiky pohledu místních obyvatel.

Přehled literatury k výzkumu krasových oblastí Základní souvislosti a trendy

Hana Vavrouchová

2 Přehled literatury k výzkumu krasových oblastí – základní souvislosti a trendy

Krasové oblasti představují velmi unikátní ekosystémy s mnoha odlišnostmi oproti ostatním typům krajiny a ani vnitřní variabilita námi vnímaných charakteristik nedovoluje vzájemné srovnání jednotlivých krasových území. Základním východiskem studia krasu je individuální přístup jak ve výzkumu, tak v ochraně a správě těchto území. Společným jmenovatelem všech krasových oblastí je bez ohledu na jejich charakter zvýšená citlivost k antropogennímu znečištění a zranitelnost vůči klimatické změně.

Klíčovou složkou krasového systému je vždy voda. Specifikem krasových zvodní jsou hydrogeologické vlastnosti vyznačující se absencí půdních vrstev, které by zpomalily infiltraci povrchových vod do vod podzemních a poskytly čisticí schopnosti. Do podzemí tak mohou být vnášeny různé látky, které jsou pro krasové prostředí cizorodé. Racionální management včetně ochrany hodnot je tedy třeba odvodit právě od znalosti geneze celého krasového území i kvality a množství vody, která do krasového systému vstupuje.

Na základě rešerše aktuální literatury byly vybrány tři základní a jeden doplňkový okruh výzkumných témat, které byly aplikovány na území Hranického krasu: zranitelnosti krasových zvodní (1), monitoring a hodnocení zvýšených koncentrací makroživin a znečišťujících látek v krasových vodách (2) a následná ochranná opatření související s využíváním půdy a zemského povrchu (3). Doplňkově je zařazeno téma udržitelného turismu v krasových oblastech (4).

2.1 Zranitelnost krasových oblastí

Náchylnost ke znečištění vod je v krasových oblastech násobně vyšší než v nekrasových oblastech (Zhu a kol., 2019). V této souvislosti byl zaveden koncept zranitelnosti, který je postaven na dvojí komplementární úrovni hodnocení – vnitřní zranitelnosti a zranitelnosti vyvolané specifickými vnějšími vlivy, zpravidla antropogenními kontaminanty (Vrba a Zaporozec, 1994). Pro vnitřní zranitelnost dále Butscher a Huggenberger (2009) zavádějí podkategorie přechodné zranitelnosti a trvalé zranitelnosti, které jsou determinovány typem cizorodé látky, dobou zdržení a chemickými reakcemi polutantů s okolním prostředím.

Vnitřní zranitelnost krasových vod je významně ovlivňována hydrogeologickými podmínkami a genezí krasových zvodní (Cao a kol., 2023). Vnější zranitelnost je spoluurčována způsobem využití území. Průnikovým fenoménem je tedy právě transport kontaminantů, jehož průběh je určován vnitřními charakteristikami krasových zvodní a jehož původ je determinován vnějšími hrozbami souvisejícími s využitím území. Monitoring cizorodých látek je tedy důležitý pro pochopení zranitelnosti konkrétního krasového ekosystému.

Podle nejnovějších poznatků by v rámci hodnocení zranitelnosti krasových krajin měla být věnována větší pozornost vlastnostem půdy, které jsou v současných výzkumech spíše marginalizovány. V ohnisku zájmu by měly být zejména textura půdy, míra agregace, obsah organické hmoty a kvantitativní parametry typu hydraulické vodivosti, ale i data ve vztahu k infiltraci a sklonu svahu nebo případně také k prostorové distribuci srážek (Moreno-Gómez a kol., 2024). Důležitým faktorem je též hloubka uložení kolektoru podzemní vody. V rámci výzkumu na území Hranického krasu byla zásadní pozornost věnována právě vnější zranitelnosti definované transportem cizorodých látek (bez ohledu na jejich charakter) a specifickým využitím území. Zpřesňovány byly také půdní charakteristiky.



„Kolik se třeba sportovci nadřou, než se dostanou na bednu. My máme v Hranickém krasu shůry dáno už navždy jedno světové prvenství a k tomu další řadu unikátů. Je pouze na nás místních, jak toho dokážeme využít a zároveň nezneužít.“

*Mgr. František Kopecký
Místní akční skupina Hranicko*

2.2 Koncentrace živin a znečišťujících látek v krasových zvodnících

Pro dynamiku živin v krasových kolektorech je typická vyšší rychlost transportu z povrchu do podzemních partií a omezená předvídatelnost dynamiky proudění ve zvodnících. Atypický je zvláště transport nutrientů, který představuje jeden z hlavních zdrojů zatížení toků v krasovém povodí (koncentrace dusíku lze detekovat na vstupu i na výstupu, jeho průchod systémem je relativně rychlý a reaguje s okolním prostředím). Odlišné chování fosforu a draslíku (delší setrvání v mělkých podpovrchových a podzemních prouděních) oproti dusíku potvrzuje např. Amin a kol. (2017). Původ zvýšených koncentrací dusičnanů v mělkých podzemních vodách lze podle Wanga a kol. (2022) jednoznačně přisoudit aplikaci hnojiv na zemědělské pozemky, přičemž i dusičnany mají v krasovém prostředí delší dobu setrvání a dochází k postupnému uvolňování. Tato zjištění potvrzují i mnohé další studie (např. Buvaneshwari a kol., 2017; Lorette a kol., 2020).

Za další potenciální hrozbu pro vodní ekosystémy lze novodobě považovat moderní organické polutanty (EOCs – *emerging organic contaminants*), jejichž účinek se v krasových oblastech oproti ostatním ekosystémům násobí. Mezi EOCs lze zahrnout zejména různé druhy pesticidů včetně jejich metabolitů, farmaka, kosmetické přípravky a aditiva používaná při výrobě plastů. Jejich zdroji jsou především zemědělské hospodaření, nevyčištěné odpadní vody, ale i odpadní vody vyčištěné pouze běžnými čistírenskými technologiemi (Yang a kol., 2019). Procesem vyluhování se EOCs dostávají do hlubších vrstev půdy a následně do podzemních vod (Zemann a kol., 2016; Pérez-Lucas a kol., 2019). Závěry studie Reberski a kol. (2022) formulované na bázi rešerše padesáti renomovaných studií potvrzují výrazné koncentrace farmak a pesticidů v podzemních krasových vodách. Ačkoliv z výsledků vyplývají nižší koncentrace těchto látek v krasových zvodnících ve srovnání s okolními povrchovými toky, obecně vykazují tyto oblasti vyšší koncentrace oproti jiným (nekrasovým) oblastem. Autorský tým dále doporučuje tyto charakteristiky zařadit mezi indikátory

charakterizující povodí (např. určování směru proudění, ukládání látek a doba setrvání, zranitelnost oblasti), a to zejména v kontextu rozdílné rychlosti degradace EOCs (např. látky s rychlým procesem degradace mohou ukazovat na malou dobu zdržení ve zvodni a na vysokou rychlost proudění podzemních vod, naopak perzistentní polutanty potvrzují dlouhodobý akumulací účinek). Zajímavý je také pohled na osud těchto polutantů v ekosystému (tedy např. akumulace v půdě a organické hmotě). Aktuálnost problému EOCs v krasových oblastech dokládají četné další studie (např. Selak a kol., 2023; Selak a kol., 2024; Reberski a kol., 2023; Marumure a kol., 2024; Hu a kol., 2024).

Obecně mohou být podzemní krasové vody také náchylnější k mikrobiální kontaminaci (Buckerfield a kol., 2019). To potvrzuje i dlouhodobý výzkum prováděný na území Hranického krasu, který je zaměřený na stanovení výskytu mykobakterií v Hranické propasti a Zbrašovských aragonitových jeskyních (Pavlík a kol., 2018). Související výzkum je prováděn také na území Moravského krasu (např. Modrá a kol., 2024). Novým trendem je analýza krasových vod z hlediska výskytu mikroplastů (např. Balestra a kol., 2024; Wei a kol., 2024; Reberski a kol., 2022).

2.3 Využití území a ochrana krasových oblastí

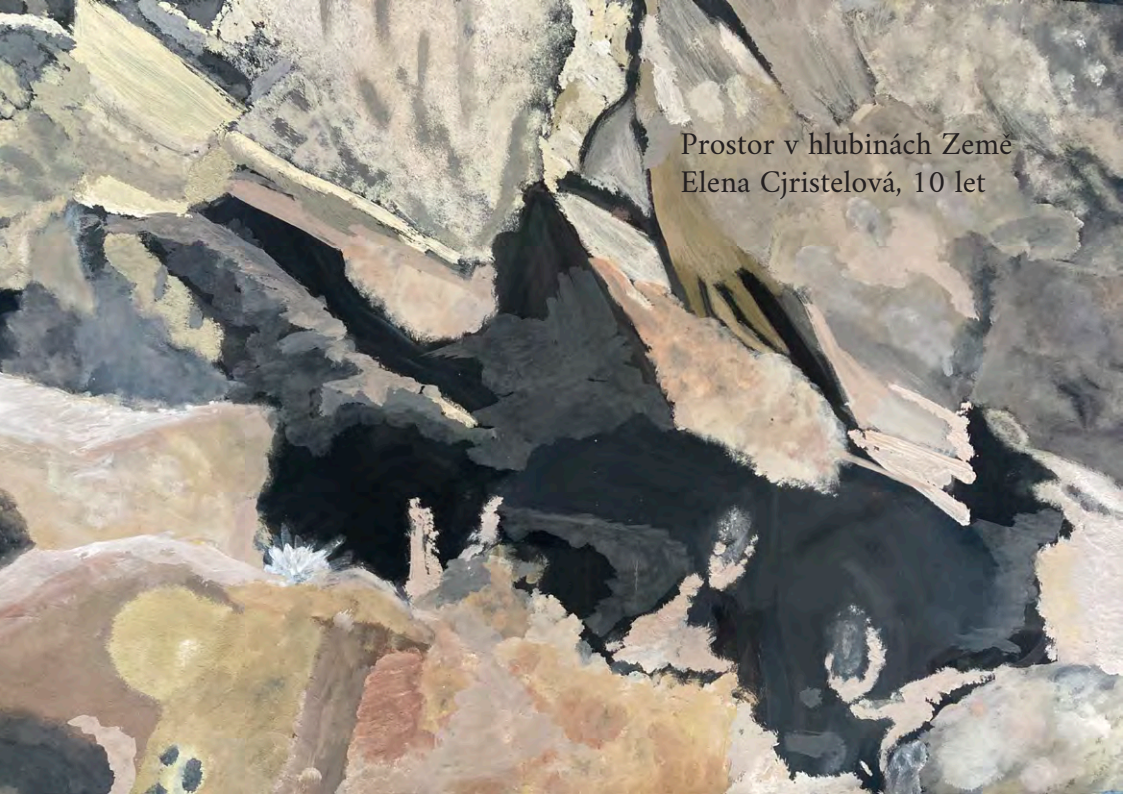
D'Ettorre a kol. (2024) upozorňuje na riziko degradace krasového ekosystému v souvislosti s nevhodným managementem využívání území. Za rizikové lze v této souvislosti považovat zejména: odlesňování, zábor půdy, nadměrné využívání podzemních vod a v neposlední řadě vliv klimatických změn. Zhang a kol. (2024) upozorňuje na významnou zpětnou vazbu mezi růstem zástavby, tvorbou tepelných ostrovů a vysušováním krasových oblastí. Zásadním aspektem je tedy nejen kvalita vod, ale i kolísání vydatnosti a vypořádání se s hydrometeorologickými extrémy (sucho, přívalové srážky). V této souvislosti je nutné poukázat na skutečnost, že velká část zemědělských pozemků v Hranickém krasu je odvodněna, přičemž některé studie potvrzují klesající zásobu vody v uměle odvodňovaných krasech, která může být dále umocněna klimatickou změnou (např. Liu, 2021).

Velmi důležitý je také ochranný účinek vegetace a celkový kontext využití území (Zhu a kol., 2019). Studie Ulloa-Cedamano a kol. (2022) potvrdila silnou korelaci mezi změnami ve struktuře krajiny a hydrochemií toků v krasových oblastech. Úvahu o změně využití krajinné pokrývky v krasové hydrologii za účelem ochrany zdrojů podporuje také Seveille a kol. (2022). Holistický výzkum vegetace včetně jejích prostorových změn založený na komplexním monitoringu pro ochranu krasových oblastí dále doporučuje Vilhar a kol. (2022).

Na možné nepřesnosti ochrany krasových vod založené pouze na hydrogeologických znalostech a předpokládané rychlosti proudění podzemních vod upozorňuje např. Ravbar a kol. (2021). Vnitřní charakteristiky krasových systémů jsou navíc většinou zatíženy významnou mírou subjektivity (Moreno-Gómez, 2024) v predikci dynamiky proudění, doby setrvání krasových vod v systému či vnitřní stavby zvodně. Ochranné pásmo krasových oblastí by tak mělo být objektivizováno např. pomocí environmentálních indikátorů (přirozené a umělé stopovače

proudění podzemní vody v krasu) (Lorenzi a kol., 2024). Také koncept NDVI (*normalized difference vegetation index*) je možné použít ke zpřesnění ekologicky citlivých zón.

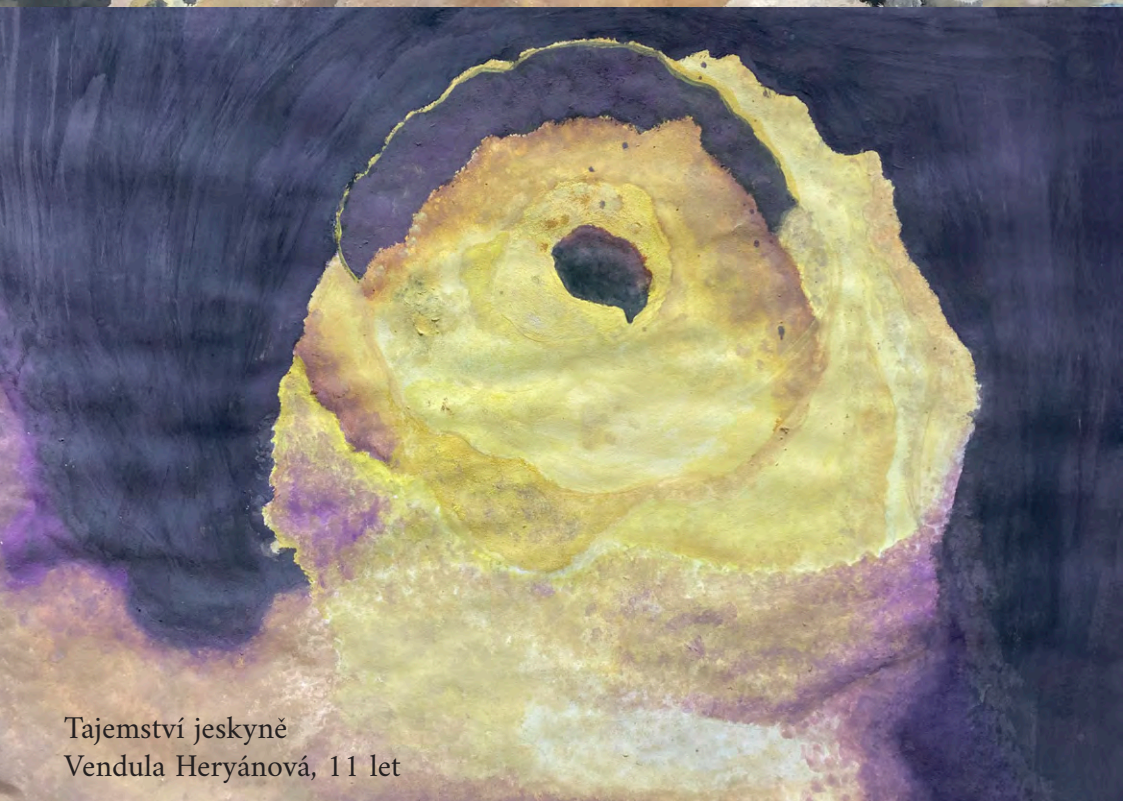
Identifikované zóny náchylné ke kontaminaci podzemních vod se musí promítnout do územního plánování. Zásadní roli prostorového plánování v ochraně krasových oblastí a při implementaci změn využití území za účelem podpory ekosystémových služeb zdůrazňují např. Xiong a Li (2024). Vedle této strategické úrovně se dále hovoří také o průmětu do systému včasného varování založeného na holistickém přístupu (Ravbar a kol., 2023), protože kumulace rizikových látek napříč ekosystémem a také rychlost proudění mohou znamenat znásobení rizika a přesah do environmetální bezpečnosti. Ochrana je důležitá také z hlediska biodiverzity specificky vázané na krasové deprese či závrtý (Bátori a kol., 2023).



Prostor v hlubinách Země
Elena Čristelová, 10 let



Krápníky - skřítkové
Filip Lutonský, 9 let



Tajemství jeskyně
Vendula Heryánová, 11 let



Stezka v pozdémí
Anna Večeřová, 11 let

2.4 Potenciál cestovního ruchu v krasových oblastech

Zranitelnost krasových ekosystémů může být ovlivněna také nevhodnými trendy v rozvoji cestovního ruchu. Jestliže hovoříme o udržitelnosti a ochraně krasové oblasti, musí být v souladu i rozvoj souvisejícího turistického potenciálu.

Přírodní hodnoty generují mimo jiné kulturní ekosystémové služby (např. Vrbičanová a kol., 2020; Nie a kol., 2022). Mezi benefity kulturních ekosystémových služeb patří i rekreační potenciál území, který je symptomatický právě pro přírodní či přírodě blízké ekosystémy (Roux a kol., 2020). Zpravidla se ale zároveň jedná o citlivá území a jejich přetížení turisty může posilovat zranitelnost celého území. Zvláště naléhavá je tato hrozba v krasových oblastech, a proto zejména v těchto lokalitách je důležité managementovými opatřeními vyvažovat ochranu přírodních hodnot a podporu biodiverzity s rozvojem turistického ruchu a regulací počtu turistů (Reinhart a kol., 2023). Současně je nutné zajistit, aby turismus generoval příjmy v lokální ekonomice (Meng a kol., 2023). Stejně tak je důležité do plánování rozvoje cestovního ruchu zapojit místní komunitu a ověřovat její postoje k rozvoji oblasti (Wang a Xiao, 2020; Obradović a Stojanović, 2021; Sisto a kol., 2022; Stacchini a kol., 2022). Známým efektem je komplexní rozvoj území nad rámec sektoru cestovního ruchu a výrazná akceptace prostorových změn veřejností (Zachrisson a kol., 2021). Pro návrh kvalitního managementu cestovního ruchu je nutné podrobně prozkoumat oblast a zmapovat všechny hodnoty (Valjarević a kol., 2017).

Krasová krajina je do určité míry limitem rozvoje území, je ale také hnacím motorem rozvoje, který musí být adaptován na specifika, jež jsou s krasovými oblastmi spojena (Ribeiro a Zorn, 2021). To znamená, že turismus ke krasové oblasti neodmyslitelně patří, je však nezbytné rozložit atraktivitu napříč územím, diverzifikovat návštěvnické cíle a posilovat turistickou infrastrukturu (Fray a Briviba, 2021; Indra a kol., 2021; Meng

a kol., 2023; Cerdá-Mansilla, 2024). Lokalita musí být navíc atraktivní nejen pro návštěvníka, ale i pro místní obyvatele.



Hotel Bečva

Antonín Zástěra, 1864–1866

neorenesance

Karel Kotas, 1931

funkcionalismus

Hotel Bečva má ze všech lázeňských domů nejdelší historii. První stavba na tomto místě byla postavena již v roce 1711, a to sice jednopatrová zděná budova, která nahradila původní jednoduchou dřevěnou kůlnu. Kněžna Gabriela, majitelka lázní, nechala v druhé polovině 19. století tuto budovu nahradit modernější, třípatrovou stavbou v neorenesančním slohu. Další modernizace přišla ve 30. letech 20. století, kdy byl hotel Bečva přestavěn podle projektu architekta Karla Kotase (Pospěch, 2000).

V prostoru mezi řekou a lázeňským domem stály vzrostlé stromy a utvářely místní kolonádu. V tomto centru lázeňského života hrávala lázeňská kapela (Kollman, 1987).

Budova je kulturní památkou.

Historická pohlednice ukazuje původní podobu hotelu Bečva od architekta Antonína Zástěry. Na blížící se proměnu budovy a lázeňského areálu ukazuje betonové zábradlí na nábreží, jehož autorem je architekt Karel Kotas, autor pozdější přestavby lázeňského domu.

Současná fotografie zachycuje hotel Bečva po úpravách architekta Karla Kotase. Kolonáda navazující na budovu propojovala hotel a restauraci. Ve 40. letech 20. století byla přestavěna podle návrhu manželů Oehlerových (Pospěch, 2000). V pozadí je viditelná kotelna od stejného autora.



Obrázek č. 2: Hotel Bečva a nábreží, 2023

Vymezení území a jeho základní charakteristika

**Jozef Sedláček, Milan Geršl, Ondřej Ulrich, Radim Klepárník,
Petra Oppeltová, Kristýna Kohoutková, Hana Vavrouchová**

3 Vymezení území a jeho základní charakteristika

Hranický kras je výjimečnou geologickou lokalitou a laická i odborná veřejnost jej vnímá jako příklad tzv. hydrotermálního krasu. Je také jediným krasovým územím s projevy hydrotermální geneze v ČR.

Širší oblast, známá jako Hranické paleozoikum, je součástí paleozoického sedimentárního pokryvu jednotky brunovistulika, která byla deformována během variského vrásnění (Kalvoda a kol., 2008; Schulmann a Gayer, 2000; Dvořák a Friáková 1978). Z hlediska územního rozsahu jde o velmi malé území o rozměrech cca 3 × 5 km. Jednoznačné vymezení Hranického krasu je ztíženo překrytím většiny vápencových těles terciárními a kvartérními sedimenty. Základní prostorové vymezení Hranického krasu, od kterého se odvíjejí další související výzkumy, je uvedeno na Obr. 3.

Hranice území byly stanoveny pro účely podrobnějších analýz na základě geologických a hydrogeologických poměrů území, přičemž základní prostorovou jednotkou pro vymezení řešené plochy bylo mikropovodí. Z hlediska územních samosprávných celků Hranický kras pokrývají správní obvody obcí Černotín, Teplice nad Bečvou a části obcí Hranice, Ústí, Špičky a Běloutín (Olomoucký kraj).

V tomto krasovém území je známo přibližně třicet jeskyní, z nichž největší jsou Zbrašovské aragonitové jeskyně (ZAJ) s unikátní hydrotermální výzdobou a plynovými jezery s CO₂. Nachází se zde i Hranická propast (HP), v současné době nejhlubší sladkovodní zatopená propast na světě (v srpnu 2022 bylo naměřeno 450 m hloubky zatopené části, dosud však nebylo dosaženo dna propasti). Vznik propasti a okolních minerálních pramenů v krasové oblasti souvisí s přílivem juvenilního CO₂ z hlubších oblastí geosféry (Špaček a kol., 2015). Propast je naplněna minerální vodou s vysokým obsahem CO₂ (Šráček a kol., 2019) a do hloubky 30 m, 40 m a 60 m vyvěrají hypogenní minerální vody.

Zájmové území je součástí povodí Bečvy a jejích přítoků. Průměrný roční průtok Bečvy v Hranicích je podle dat ČHMÚ 14,8 m³/s, průměrná výška hladiny 0,89 m (na stejném místě).

Využívání území je značně diverzifikováno, dominantním způsobem využití jsou zemědělsky obhospodařované plochy, konkrétně orná půda. V menším rozsahu jsou zde zastoupeny trvalé travní porosty a lesy. Z hlediska zatížení území jsou dominantními vlivy těžba vápence a frekventovaná doprava. Území má výrazný rekreační potenciál. Teplice nad Bečvou jsou významným lázeňským místem s výraznou akumulací architektonických a krajinářských hodnot. Pro území je typická maloplošná ochrana přírody, nachází se zde několik chráněných lokalit (např. národní přírodní rezervace Hůrka u Hranic, jejíž součástí je Hranická propast, národní přírodní památka Zbrašovské aragonitové jeskyně, přírodní památka Nad kostelíčkem a přírodní rezervace Malá a Velká Kobylanka). Turistický potenciál však není zcela využit, což společně s nutností ochrany podzemních krasových vod a posilováním resilience krajiny vůči změně klimatu představuje výzvu pro budoucí management oblasti.

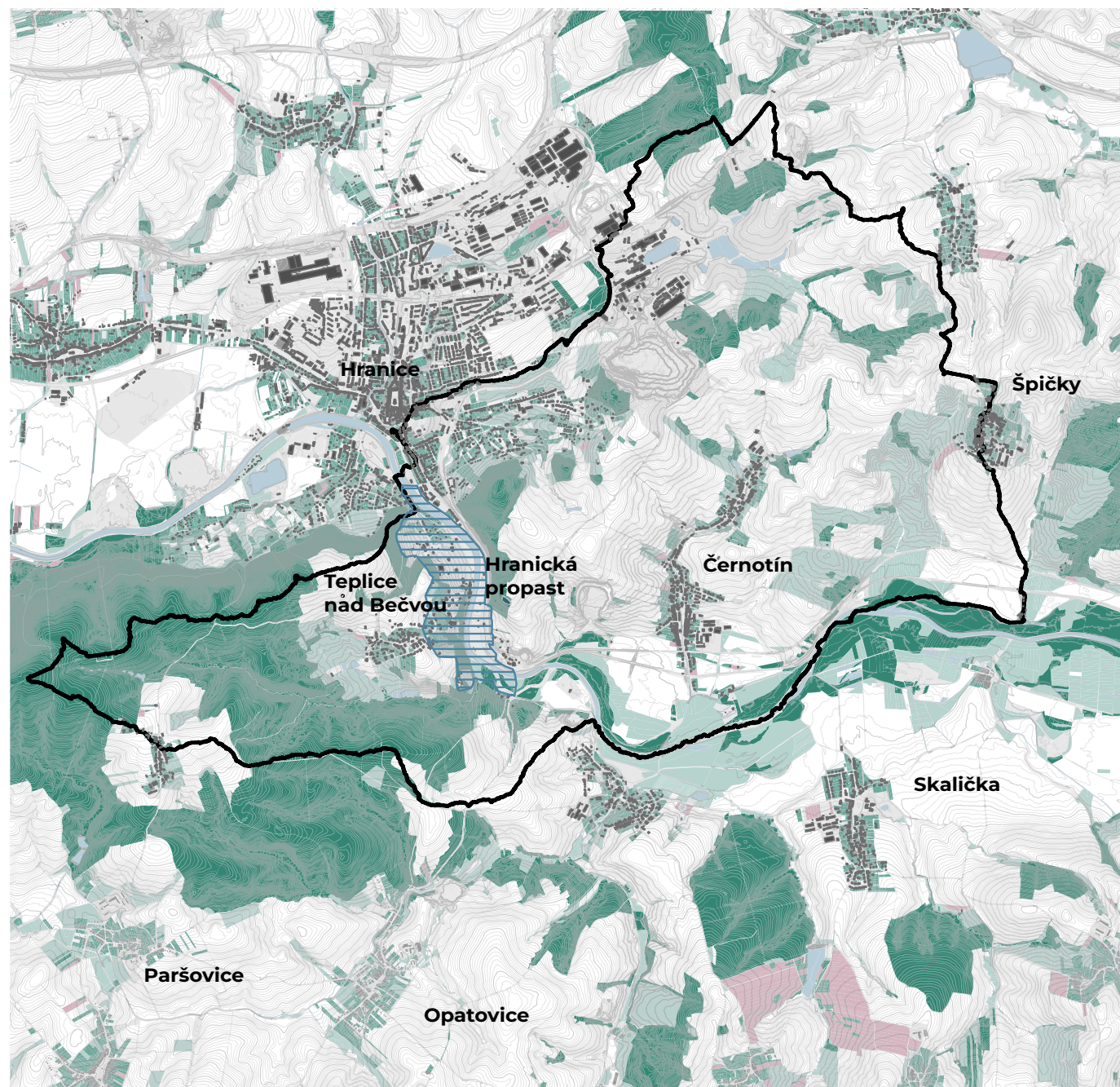


LOKALIZACE

-  řešené území
-  lázně Teplice nad Bečvou
-  vrstevnice

land use

-  lesní pozemek
-  orná půda
-  ostatní plocha
-  ovocný sad
-  trvalý travní porost
-  vodní plocha
-  zahrada
-  zastavěná plocha a nádvoří



Obrázek č. 3: Základní prostorové vymezení řešeného území

Základní koncepce výzkumu a metodologická východiska

**Jozef Sedláček, Milan Geršl, Petra Oppeltová, Vítězslav Vlček,
Radim Klepárník, Kristýna Kohoutková, Petr Kučera, Hana Vavrouchová**

4 Základní koncepce výzkumu a metodologická východiska

Jedním z hlavních cílů výzkumu v Hranickém krasu bylo navržení zónačních a organizačních opatření krajinného managementu založeného na prostorových a časových charakteristikách krajiny a jejích dílčích subsystémů. Účelem těchto opatření je zvýšení odolnosti krajiny vůči znečištění krasových vod a projevům klimatické změny.

Tato opatření byla formulována na základě podrobného výzkumu oblasti, který představuje poznatkovou nadstavbu dosavadního stavu poznání. Stěžejními oblastmi výzkumu byly (názorně viz schéma na Obr. 4):

- změny krajinné struktury a budoucí trendy rozvoje území,
- precizace půdních charakteristik a provádění souvisejících analýz,
- mapování rozsahu odvodnění v okolí Hranické propasti,
- monitoring transportu dusičnanů a moderních organických polutantů,
- pokročilé krajinné analýzy a syntéza poznatků v konceptu zranitelnosti,
- monitoring návštěvnosti Hranické propasti a zjišťování postojů zainteresované veřejnosti k okolní krajině a jejím potenciálním změnám.

Zastřešujícím konceptem je zranitelnost krasových oblastí s důrazem na vnější zranitelnost a s ní související ovlivnění kvality vody a půdy.

Syntéza poznatků a návrh opatření podporujících adaptaci krajiny Hranického krasu na změnu klimatu, ochranu podzemních vod a zvyšování rekreačního potenciálu (Ochrana a návrh managementu oblasti) jsou zpracovány ve formě specializované mapy s odborným obsahem, viz Sedláček a kol. (2024a). Uvedené dílo vychází ze specializované mapy s odborným obsahem analytického charakteru, viz Sedláček a kol. (2024b).

ZRANITELNOST KRASOVÉ KRAJINY

VNITŘNÍ ZRANITELNOST

- vnitřní stavba krasové zvodně
- rychlost proudění vody v krasovém systému

•koncentrace dusíku v různých typech vod

•koncentrace pesticidů a farmak v různých typech vod

•koncentrace dusíku v půdě

VNĚJŠÍ ZRANITELNOST

- využití území a jeho změny v čase
- identifikace možných zón sycení a výběr míst odběrů vzorků vody
- identifikace problémových lokalit a střetů zájmů
- turistický potenciál krasové oblasti

Ochrana a návrh managementu
ochrany krajiny

Obrázek č. 4: Schéma výzkumu Hranického krasu

4.1 Zdroje prostorových dat

Pro analýzu změn v krajině byly využity Císařské povinné otisky stabilního katastru, letecké měřické snímky a ortofotomapy. Císařské povinné otisky stabilního katastru u nás představují nejstarší mapový podklad v relevantní přesnosti využitelné pro prostorové analýzy. Povinné císařské otisky jsou v měřítku 1 : 2 880. Pro řešené území pocházejí z roku 1830. Pro každé období (viz Tab. 1) byla vytvořena samostatná vrstva s následujícími kategoriemi *land use*: krajinná zeleň, les, urbánní vegetace, zahrada, orná půda, lom, ovocný sad, trvalý travní porost, vodní plocha, zastavěná plocha. Tab. 1 a 2 obsahují přehled použitých mapových podkladů včetně vypořádání dostupnosti pro jednotlivá období a pro území jako celek.

Tabulka č. 1.: Přehled mapových podkladů použitých pro prostorové analýzy

Mapový podklad	Datum vzniku
Stabilní katastr/Císařské povinné otisky	1830
Letecký měřický snímek	1950
Letecký měřický snímek	1955
Letecký měřický snímek	1959
Letecký měřický snímek	1967
Letecký měřický snímek	1971
Letecký měřický snímek	1999
Ortofotomapa	2012
Ortofotomapa	2021

Tabulka č. 2: Použité mapové podklady pro analýzu urbanistického vývoje území a jejich dostupnost pro jednotlivá katastrální území

Katastrální území	Císařské povinné otisky stabilního katastru	Katastrální mapy evidenční	Letecké snímky 50. léta	Státní mapa 1 : 5 000				Katastrální data
	1830	1880	1955	1989		2005		2022
				1986	1989	2004	2005	
Hranice	1830	1875	1954/55	ano	ne	ano	ne	ano
Valšovice	1830	1872	1954	ano	ne	ne	ano	ano
Kunčice	1830	ne	1955	1985	ne	ano	ne	ano
Teplice n. B.	1830	1887	1954	ano	ne	ne	ano	ano
Černotín	1830	1872	1955	ano	ne	ne	ano	ano
Hluzov	1830	ne	1955	ne	ano	ano	ne	ano
Špičky	1830	1872	1955	ne	ano	ano	ne	ano
Ústí	1830	1872	1955	ano	ne	ne	ano	ano
Skalička	1830	ne	1955	ne	ano	ano	ne	ano

Pro mapování povrchu byla využita metoda LIDAR (Light Detection And Ranging). Na základě upraveného¹ mračna bodů z leteckého laserového snímkování ve třídách *ground, low medium, high vegetation, building, water, low point, high noise* byly vytvořeny tyto výstupy:

- hydrologicky korektní digitální model reliéfu (DEM),
- digitální model povrchu,
- digitální model vegetace (CHM – *canopy height model*) včetně stanovení etážovitosti vegetace,
- vymezení bezodtokových depresí a potenciálních krasových jevů,²
- zpřesněná mapa *land use* na základě vegetační analýzy.

Na základě uvedených výstupů byla vytvořena tato původní autorská data:

- databáze lokalit pro odebrání vzorků,
- digitalizované císařské otisky,
- databáze přírodních a kulturních hodnot území,
- databáze bezodtokových depresí a krasových jevů,
- databáze vegetace,
- družicové snímky Sentinel 2 k teplotnímu mapování.

Nejpodrobnější databází o využití území ČR je katastrální mapa, která se vyhodnocuje pro kartografickou přesnost 1 : 1 000 a je aktualizována na týdenní bázi. Její nevýhodou je, že zachycuje právní, nikoliv aktuální stav a neposkytuje informace o aktuálním vegetačním pokryvu. Z tohoto důvodu byla pro účely výzkumu Hranického krasu vytvořena účelová klasifikace *Land Use / Land Cover* založená na katastrální mapě, s rozlišením vybraných funkčních ploch a přidáním informací o vegetaci (podrobněji viz Příloha 1). K tomu bylo využito mračna bodů z leteckého snímkování LIDAR klasifikovaného do tříd dle standardu LAS 1.4 („LAS Specification

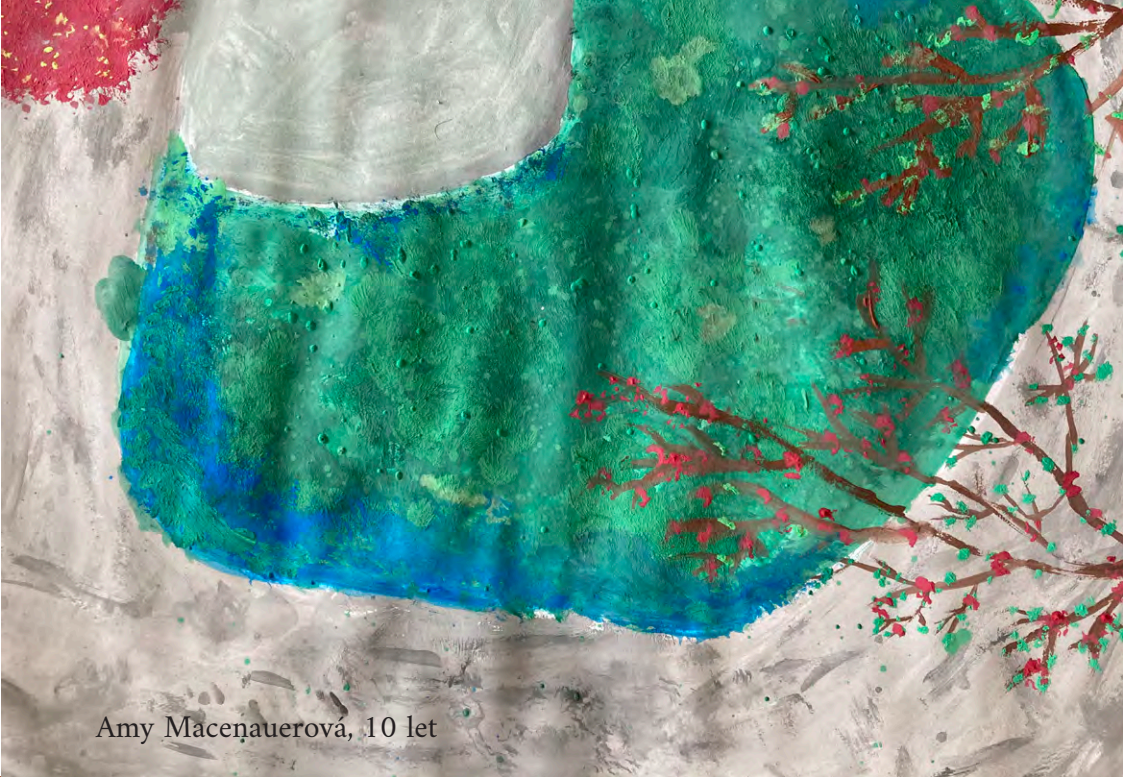
1 Mračno bodů bylo obarveno a vyčištěno pro interaktivní zobrazování ve 3D prostředí.

2 Části povrchových útvarů byly snímány fotogrammetrickou metodou jednotlivě, např. Hranická propast, drobné povrchové jevy (kaverny, závrtý apod.).

1.4 – R14“, 2019³). Z mračna bodů byl vytvořen *canopy height model* (CHM) na základě klasifikovaných tříd vegetace (*low vegetation, medium vegetation, high vegetation*) v rozlišení 1 x 1 m. Ten byl následně rozdělen dle výšky vegetace na *low vegetation* ($1 \leq \text{height} < 3 \text{ m}$) a *canopy* ($\text{height} > 3 \text{ m}$). Vegetace s výškou $\text{height} < 1 \text{ m}$ byla odstraněna.

Pro další práci byly jednotlivé třídy vyselektovány samostatně a následně převedeny do rastrového formátu s rozlišením 0,5 m (11 704 x 9 408 pixelů) se zachováním informace o průměrné výšce v rámci kategorie a hustoty bodů v rámci daného pixelu. Následně byly jednotlivé rastry postupně sloučeny do několika kombinací. První variantou bylo slučování jednotlivých kategorií v posloupnosti zem – nízká a střední vegetace – budovy – voda – železnice – vysoká vegetace. Vznikl tak podklad charakterizující aktuální *land use* pro modelové území, který následně posloužil jako podklad do dalších dílčích analýz. Druhou variantou bylo sloučení kategorií vegetace (*low vegetation, medium vegetation, high vegetation*). Výsledný podklad vypovídá nejen o plošném zastoupení vegetace, ale i o její vnitřní struktuře (kategorie bylinná vegetace / *low vegetation*; keřovo bylinná vegetace / *low vegetation + medium vegetation*; keřová vegetace / *medium vegetation*; keřovo-stromová vegetace / *medium vegetation + high vegetation*; stromová vegetace / *high vegetation*; bylinno-keřovo-stromová vegetace / *low vegetation + medium vegetation + high vegetation*).

3 https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2019/03/LAS_1_4_r14.pdf



Amy Macenauerová, 10 let



Laura Macenauerová, 10 let



Jan Rybanský, 11 let



Ondřej Hrab, 10 let

4.2 Terénní průzkumy

Před terénním průzkumem byly sumarizovány veškeré relevantní informace o území. Podrobnější analýza se týkala územních plánů dotčených obcí a dosud zmapovaných pedologických charakteristik (viz kapitoly 5.3.4 a 6.3). Data byla doplňována snímkováním z dronu (lokality vybrané na základě analýzy dostupných informací o území). V terénu byly identifikovány lokality zásadní pro fungování krasového systému (problémové lokality, citlivé lokality, lokality perspektivní pro ochranu hodnot apod.). Šlo zejména o:

- zamokřené lokality,
- terénní propady,
- neevidované odvodňovací systémy,
- nezmapované krasové jevy a terénní deprese,
- potenciální místa infiltrace povrchových vod do vod podzemních,
- plochy rizikové z hlediska tvorby tepelných ostrovů,
- plochy perspektivní pro zvýšení rekreačního potenciálu,
- plochy perspektivní pro zvýšení odolnosti krajiny vůči změně klimatu.

K identifikaci drenážních systémů byla dále využita technologie multispektrálního snímkování, která umožňuje efektivní a neinvazivní monitoring rozsáhlých území. Cílem použité metody nebyla přesná prospekce a zmapování všech lokalit s drenážemi, ale obecné definování rozsahu odvodnění v této specifické krajině.

4.3 Odběry vzorků a jejich analýzy

4.3.1 Odběry a analýza vzorků vody

Během řešení projektu probíhal pravidelný monitoring jakosti povrchových a podzemních vod. Odebrané vzorky vod byly dále děleny dle místa výskytu a jejich charakteru na vody prosté, minerální a drenážní. Vzorkování bylo realizováno ve dvouměsíčních intervalech. Opakovaně byly odebírány vody z jezer ve Zbrašovských aragonitových jeskyních, z dílčích částí Hranické propasti včetně tzv. teplých vývěrů minerálních vod v hloubkách 30 m, 40 m a 60 m. Vzorkování probíhalo ve spolupráci se speleopotápěči a speleology České speleologické skupiny (Obr. 5, 48, 49, 50).

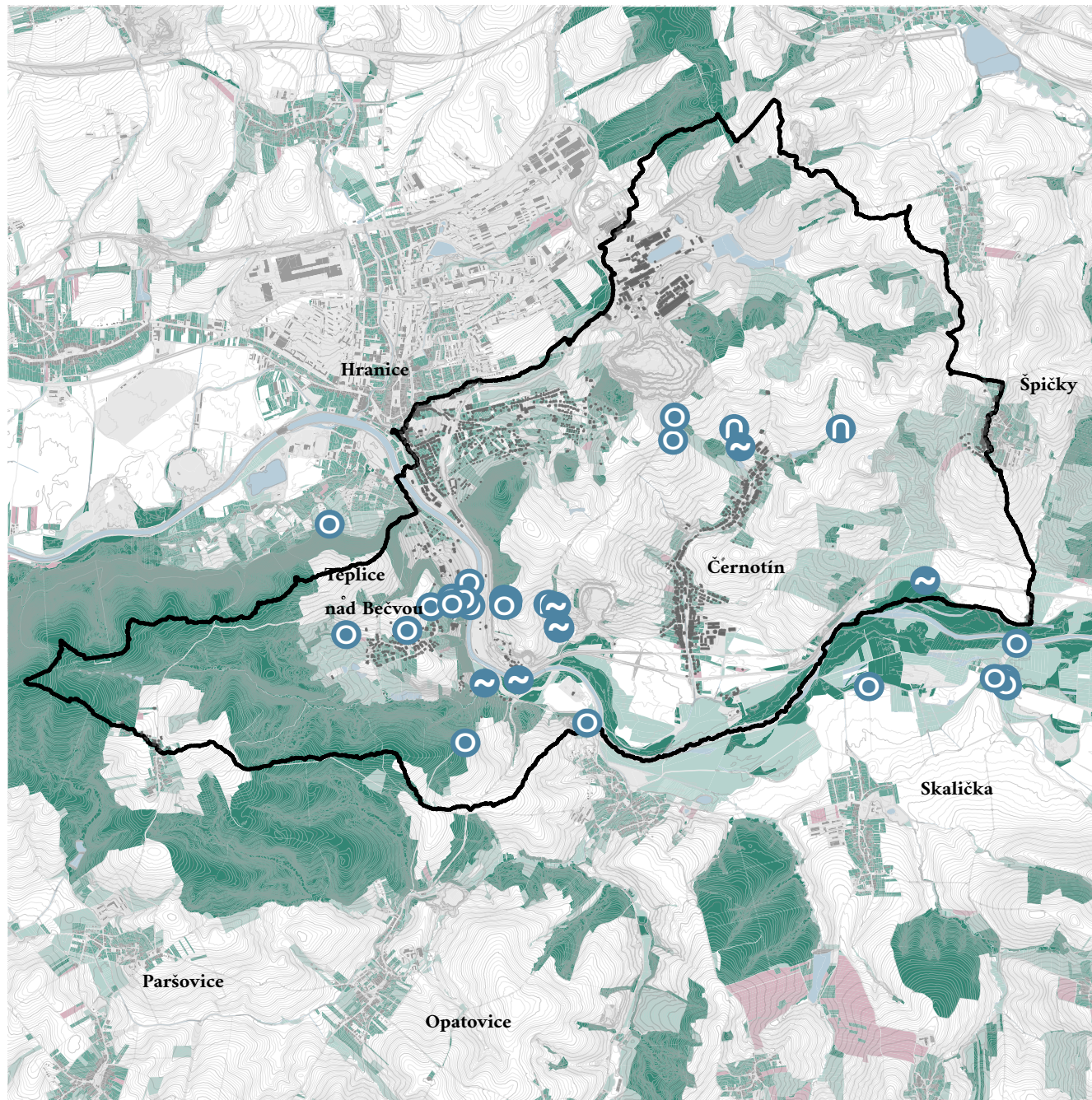
Na základě opakovaných pozitivních nálezů celé řady organických polutantů (pesticidů, metabolitů pesticidů a farmak, Bisphenolu A) v krasových vodách na konci prvního roku řešení projektu (2021) byl pravidelný monitoring anorganických látek rozšířen o sledování těchto organických polutantů i na dalších vybraných lokalitách na území Hranického krasu. Jednalo se o vody z vybraných hlubokých i mělkých vrtů, vody z jeskyní a z teplých vývěrů v propasti a pro porovnání i některé vývěry z drenáží a vzorky z povrchových toků. Chemické analýzy vzorků probíhaly v laboratoři Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně a v akreditované laboratoři Povodí Moravy, s. p. Přehled lokalit, kde probíhalo vzorkování vod, je uveden na Obr. 6.



Obrázek č. 5: Přípravy na vzorkování v Hranické propasti ve spolupráci se speleopotápěči

LOKALIZACE ODBĚRŮ VZORKŮ VOD

-  řešené území
 vrstevnice
- typ odběru
-  atmosférický
 -  podpovrchový
 -  podzemní
 -  povrchový
- land use
-  lesní pozemek
 -  orná půda
 -  ostatní plocha
 -  ovocný sad
 -  trvalý travní porost
 -  vodní plocha
 -  zahrada
 -  zastavěná plocha a nádvoří



Obrázek č. 6: Přehled lokalit odběrů vzorků vod v Hranickém krasu

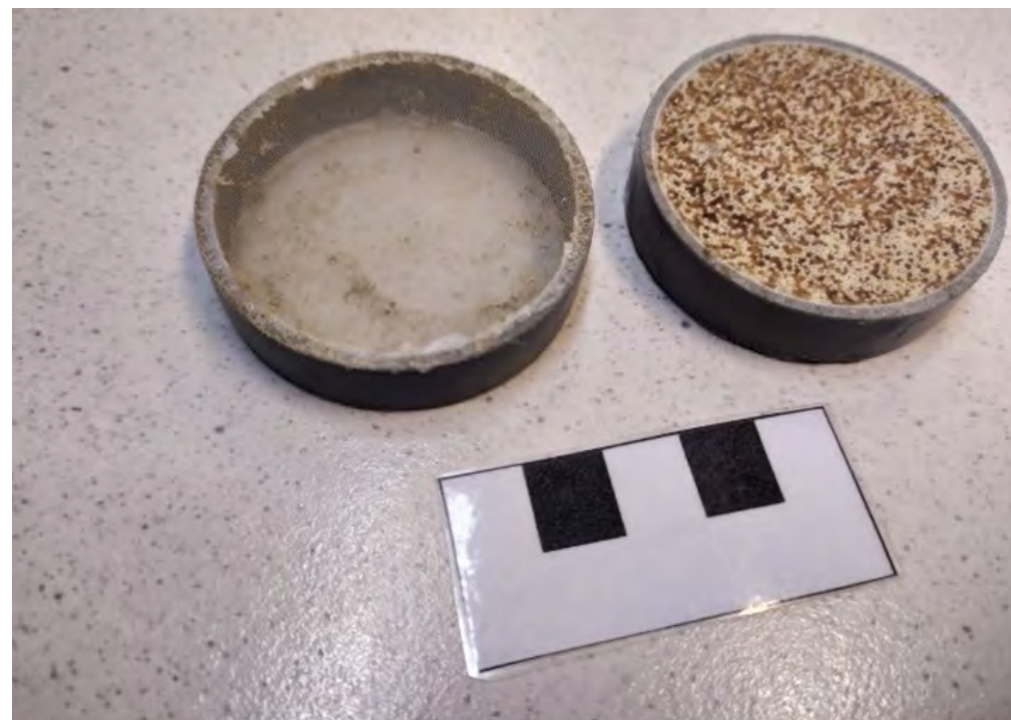


4.3.2 Stanovování obsahu dusíku v půdě

Jednou z výzkumných aktivit bylo rovněž stanovení zatížení bezprostředního okolí Hranické propasti dusíkem. Obsah minerálního dusíku a potenciálně mineralizovatelného dusíku v půdě se obvykle stanovuje pomocí inkubačních metod v laboratoři nebo chemickou analýzou. Tyto výsledky jsou však zatíženy kumulací chyb způsobených manipulací se vzorkem, případně nepostihují dynamiku tohoto prvku v systému, proto bylo prováděno měření in-situ pomocí iontoměničů. K prvnímu uložení iontoměničů došlo 11. června 2021, k poslednímu pak 13. září 2023. Výměna iontoměničů probíhala po 90 dnech expozice. Měření probíhalo v laboratoři Ústavu agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin. Přehled lokalit, kde byly umístěny iontoměniče, je na Obr. 8. Podoba iontoměniče je vidět na Obr. 7.

Body měření 1–9 byly umístěny ve svahu k jezírku v propasti, body 10–14 v kruhu okolo propasti nedaleko turistických chodníků, body 15–18 u výusti trubkové drenáže (překlenují je dvě dřevěné lávky na červené turistické značce od propasti směrem na Svrčov) a bod 19 u výusti trubkové drenáže vedle polní cesty.

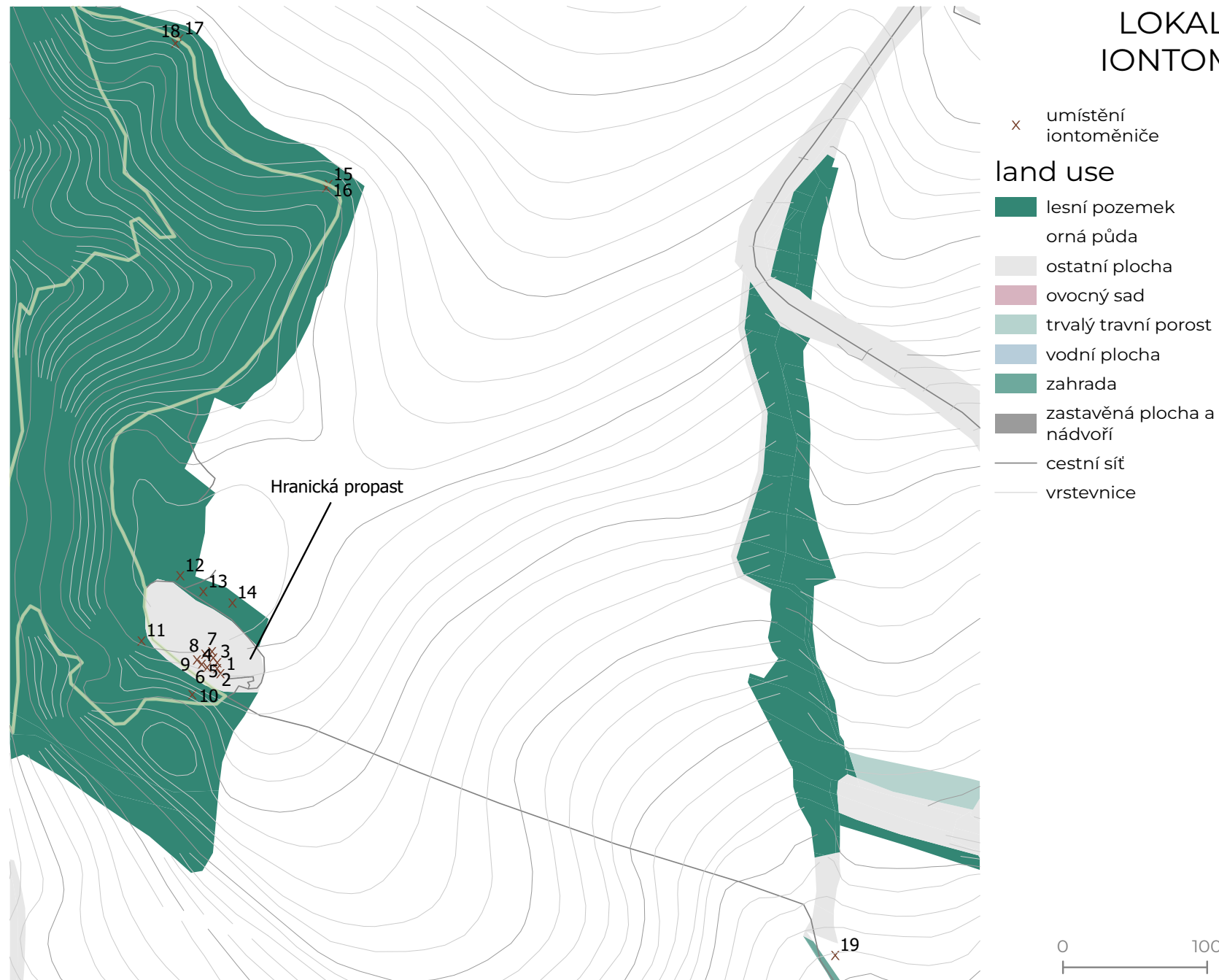
Iontoměniče jsou složeny z umělého polymeru a fungují na principu iontové výměny, kdy ionty rozpuštěné v roztoku jsou nahrazeny jinými ionty se stejným nábojem. Tyto iontoměniče nepřetržitě absorbují ionty až do dosažení své kapacitní hranice, což je činí ideálními pro kumulativní měření toku živin za určitou dobu. Bylo zvoleno období měření v délce 90 dnů. Fungování iontoměniče a detaily měření jsou uvedeny v INTEKO ATCZ42, AT 1.2.1 „Inovovaná metoda měření vyplavování dusičnanů“.¹



Obrázek č. 7: Ukázka iontoměniče – vlevo prázdný obal, vpravo obal s ionexem, který bude později analyzován (měřítko v centimetrech)

1 <https://2014-2020.at-cz.eu/data/projects/f/17/388.pdf>

LOKALIZACE IONTOMĚNIČŮ



Obrázek č. 8: Mapa umístění iontoměničů

4.4 Identifikace drenážních systémů

Vzhledem k charakteru potrubních drenáží, zpravidla umístěných nejméně 0,6 m pod povrchem, je velmi problematické tyto konstrukce sledovat v rámci běžných metod dálkového průzkumu země, resp. v rámci viditelného spektra na klasických leteckých snímcích (Tlapáková a kol., 2016). Pro jejich zjišťování je tedy nutné využít nepřímých metod sledování jejich projevů (poklesy půdy, vývěry, rýhy apod.) nebo speciálního spektrálního či infračerveného snímkování.

K identifikaci nevidovaných drenáží v Hranickém krasu bylo provedeno snímkování multispektrální kamerou ve čtyřech samostatných barevných pásmech. Jedná se o červené pásmo (RED, vlnová délka 660 nm, šířka pásma 40 nm), zelené pásmo (GREEN, vlnová délka 550 nm, šířka pásma 40 nm), blízké infračervené pásmo (NIR, vlnová délka 790 nm, šířka pásma 40 nm) a tzv. red-edge pásmo (vlnová délka 735 nm, šířka pásma 10 nm). Snímkování ve všech těchto pásmech mělo rozlišení 1,2 Mpx (1 280 × 960 pixelů). Kamera Parrot Sequoia je vybavena také 16 Mpx RGB kamerou, ta využita nebyla. Pro aktuální RGB ortofotomapu byla využita DJI X4S RGB kamera s rozlišením 16 Mpx (4 608 × 3 456 pixelů) s mechanickou závěrkou. Dále je kamera Parrot Sequoia doplněna slunečním senzorem pro radiometrickou kalibraci snímků v závislosti na aktuálním slunečním světle. Tím se eliminuje změna světelných podmínek během letu a je možné jednotlivé fotografie porovnávat. Tyto hodnoty se zapisují do jednotlivých fotografií.

Pro snímkování byl využit bezpilotní systém DJI Matrice 210 s RGB kamerou X4S a multispektrální kamerou Parrot Sequoia. Pro georeferencování bylo využito GPS dat dronu a multispektrální kamery (bez RTK a vřícovacích bodů). Snímkování bylo provedeno ve výšce 60 m a 80 m s překryvem 80 %.

Takto pořízené snímky je možné analyzovat a vyhodnocovat pomocí

vegetačních indexů. Pro tento konkrétní účel byl použit NDVI (*normalized difference vegetation index*; Rouse a kol., 1974), který se standardně využívá ke zjišťování vitality vegetace.

$$\text{Výpočet: NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Zvolený index NDVI je založen na kombinaci oddělených záznamů červeného a blízkého infračerveného spektra elektromagnetického záření. Tímto výpočtem se zvýrazní rozdíly ve zdravotním stavu vegetace na jednotlivých zemědělských plochách. Červené spektrum záření je pohlcováno při fotosyntéze, zatímco blízké infračervené spektrum je odráženo. Čím více červeného záření je pohlceno, tím vyšší je kontrast, hodnota NDVI, a tedy předpoklad lépe prosperující vegetace. Rostliny rostoucí přímo nad drenážemi jsou vystaveny stresovým podmínkám, jiným podmínkám růstu, a tím vzniká pozorovatelný rozdíl oproti vegetaci rostoucí mimo tyto stresory. Tyto hodnoty se zároveň liší podle druhu rostlin (zejména podle stavby listu), obsahu vody a vegetačního stádia.

Po zpracování obrazových dat metodou fotogrammetrie byl pro jejich další úpravu a interpretaci využit program QGIS. Jako vhodné metody pro zvýraznění drenáží bylo využito nepravých barev (*singleband pseudocolor*) v odstínech od sytě fialové (minimální hodnota NDVI -0,7) pro neživé povrchy přes modrou a zelenou až po žlutou (maximální hodnota NDVI +0,95) pro zdravou vegetaci. V místě drenáží se vegetace projevuje mírně zvýšenou hodnotou NDVI, tedy vzhledem k použitému zobrazení žlutým odstínem. Následně byly identifikované drenáže ručním zákresem mapovány do kategorií drenáže I. řádu (hlavní větve) a drenáže II. řádu (boční větve). Plochy, kde byly drenáže hůře identifikovatelné, ale stále dostatečně zřetelné (přerušované nebo bez jasných návazností), byly zakresleny jako polygony.



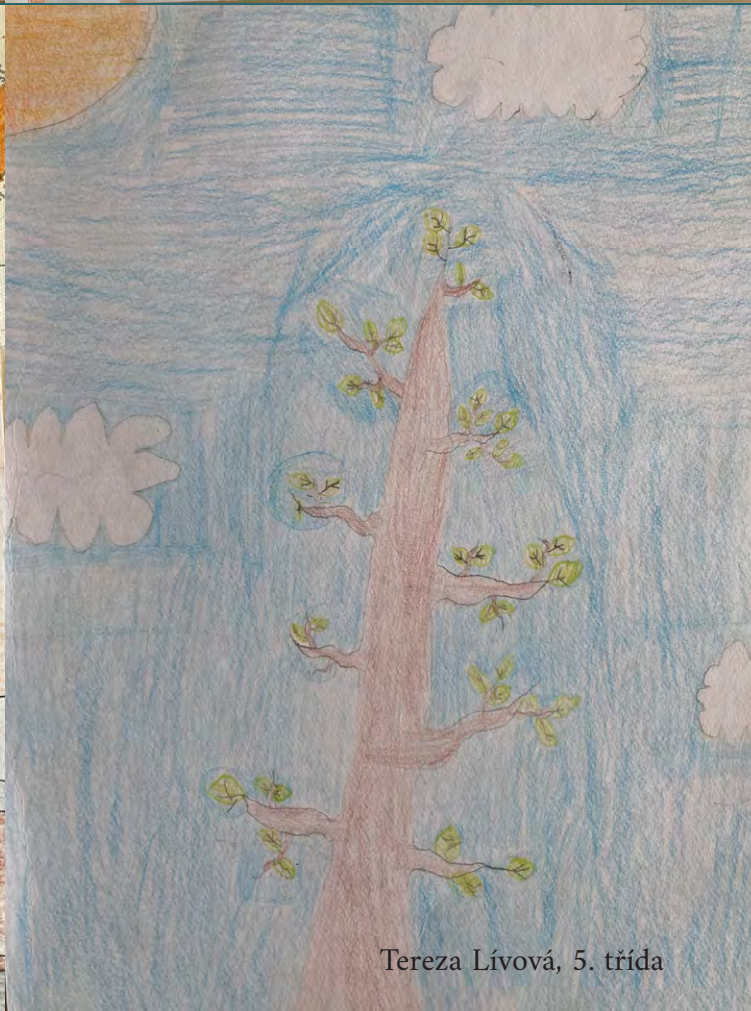
Jan Hradil, 8 let



neznámý autor



Eliška Číhalová, 4. třída



Tereza Lívová, 5. třída

4.5 Úroveň prostorového zobrazování a koncept zranitelnosti podzemních vod

Při výběru jednotek pro modelaci změn využití území za účelem návrhů různých scénářů ochrany podzemních vod byly zvažovány tyto vrstvy: jednotlivé pozemky, plochy s rozdílným způsobem využití dle územního plánu, mikropovodí. Pro výsledné porovnání byla zvolena úroveň mikropovodí, protože jde o přibližně stejně velké plochy, které odpovídají přirozenému členění krajiny a jsou vhodné pro managementová opatření zlepšující odtokové poměry v území (viz. Tab. 3).

Celé území bylo rozděleno na 98 mikropovodí pomocí nástroje *Basin* (QGIS), a to na základě digitálního modelu reliéfu, který vznikl zařiznutím linií vodních toků, přidáním pevných objektů (budov) a odstraněním bezodtokých depresí.

Prostorové vymezení parametru VUL (zranitelnost podzemních vod) vychází z georeferencovaných mapových podkladů nebo podkladů z nich odvozených. Kritéria jsou uvedena v Příloze 2. Každé kritérium je

rozděleno do 5 tříd (0–4), kde hodnota 4 představuje největší citlivost a hodnota 0 nejnižší citlivost. Hodnota kritérií vstupujících do VUL byla dále vážena metodou pořadí. Jednotlivým kritériím byly přiřazeny váhy na základě expertního posouzení uvnitř zpracovatelského týmu. Nejdůležitější kritérium bylo ohodnoceno body ($b_i = k$), druhé nejdůležitější $k-1$ bod ($b_i = k-1$) atd.; poslední (nejméně důležité) jedním bodem ($b_i = 1$). Váhu příslušného kritéria pak dostaneme podle vztahu:

$$W_i = b_i / \sum_{i=1}^k b_i$$

kde W_i je výsledná váha kritéria, b_i je bodové ohodnocení kritéria.

Tabulka č. 3: Prostorová charakteristika vrstvy mikropovodí, ploch s rozdílným způsobem využití a jednotlivých pozemků

Typ jednotky	Počet	Plocha [ha] min	Plocha [ha] max	Plocha [ha] průměr	Plocha [ha] medián	Plocha [ha] směrodatná odchylka	Plocha [ha] koeficient variace
Mikropovodí	98	3.854	61.11	24.80	22.94	11.96	0.48
Plochy s rozdílným způsobem využití (RZV)	1016	0.017	70.585	2.475	0.3855	7.63	3.08
Pozemky	8849	0.017	47.537	0.284	0.066	1.25	4.39

Jednotlivá kritéria byla převedena na rastr s rozlišením 1 x 1 m a váhy z rozhodovací analýzy byly spočítány pomocí *Raster calculatoru* v programu QGIS a normalizovány (nástroj *Normalize raster SAGA toolbox*). Výsledný rastr zobrazuje na škále od 1 do 0 zranitelnost oblasti v rozlišení 1 x 1 m. Hodnota 1 představuje maximální zranitelnost v řešeném území, hodnota 0 minimální zranitelnost oblasti. Pro identifikaci kritických povodí byl pomocí nástroje *Zonal Statistic* (QGIS) vypočten průměr pro jednotlivá povodí, kdy byly hodnoty klasifikovány do 5 tříd a graficky rozlišeny metodou stejného intervalu¹.

Při analýze byla použita data z dálkového průzkumu země, národních databází prostorových dat a terénního průzkumu.

Prostorové analýzy byly zpracovány v prostředí ArcGIS Pro (ESRI, 2023) a QGIS (QGIS.org, 2023), satelitní snímky byly zpracovány v programu SNAP (ESA), statistické výpočty byly modelovány v programu R. Hydrologické analýzy byly zpracovány v prostředí QGIS 3.26., odhad srážky byl určen z programu DES-RAIN (Kovář a kol., 2015). Pro modelové území bylo použito klasifikované mračno bodů LIDAR s hustotou 50 bodů/m². Na základě klasifikovaných LIDAR dat byl vytvořen hydrologicky korektní digitální model reliéfu metodou ANUDEM (Hutchinson, 1989), digitální model povrchu a *canopy height model* s relativními výškami vegetace. Vektorová data byla převedena do rastrového formátu s rozlišením 1 x 1 m.

1 Equal count classification

4.6 Monitoring návštěvnosti Hranické propasti

Monitoring návštěvnosti Hranické propasti byl realizován v období od prosince 2021 do února 2023 formou kvantitativního a kvalitativního výzkumu a sestával ze tří komplementárních aktivit:

Kvantitativní monitoring návštěvnosti Hranické propasti

Zjišťování počtu návštěvníků Hranické propasti bylo realizováno automatickými sčítači v období od 16. prosince 2021 do 31. ledna 2023 pomocí zařízení Eco-counter společnosti Nadace Partnerství, o.p.s. Na přístupových trasách k Hranické propasti byla instalována dvě sčítací zařízení, z nichž jedno rozlišovalo směr pohybu. Obousměrné sčítací zařízení Eco-counter PYRO bylo umístěno na červené stezce směrem k Hranické propasti přibližně 280 m od vlakového nádraží Teplice nad Bečvou (lokalita Červená). Druhý sčítač (jednosměrný) byl instalován na rozcestí zelené a červené turistické trasy. Zde byl umístěn automatický sčítač TRAFx Trail Counter (lokalita Rozcestí).

Kvalitativní stanovení profilu návštěvníka Hranické propasti

Sběr dat probíhal formou polostandardizovaných rozhovorů s návštěvníky Hranické propasti. Bylo vybráno devět reprezentativních termínů, kdy byla zastoupena všechna roční období, sedm různých měsíců a šest dnů v rámci týdne. Osobní rozhovory probíhaly od května 2022 do února 2023. Cílem bylo získání informací o způsobu dopravy, trvání a frekvenci návštěv, motivaci k návštěvě, využití služeb, viditelném střetu zájmů v oblasti, spokojenosti se stavem lokality a celkové zhodnocení území. Podrobnější popis okruhů je uveden v Příloze 3.

Doplňkové dotazníkové šetření zaměřené na zjišťování preferencí návštěvníků

V informačním centru Hranická propast, sídlícím v nádražní budově Teplice nad Bečvou, byl distribuován dotazník, který respondenti vyplňovali samostatně. Dotazník zjišťoval obdobné okruhy jako kvalitativní šetření na bázi polostandardizovaných rozhovorů (viz výše; podrobněji Příloha 3).

Prostorové rozložení míst, kde probíhal monitoring návštěvnosti, je uvedeno na Obr. 9.

PRŮZKUM NÁVŠTĚVNOSTI

Hranická propast

lázně Teplice nad Bečvou

typ sčítače

monitoring
návštěvníckého
profilu

monitoring
návštěvnosti

značená turistická trasa

zelená

červená

žlutá

naučná stezka

land use

lesní pozemek

orná půda

ostatní plocha

ovocný sad

trvalý travní porost

vodní plocha

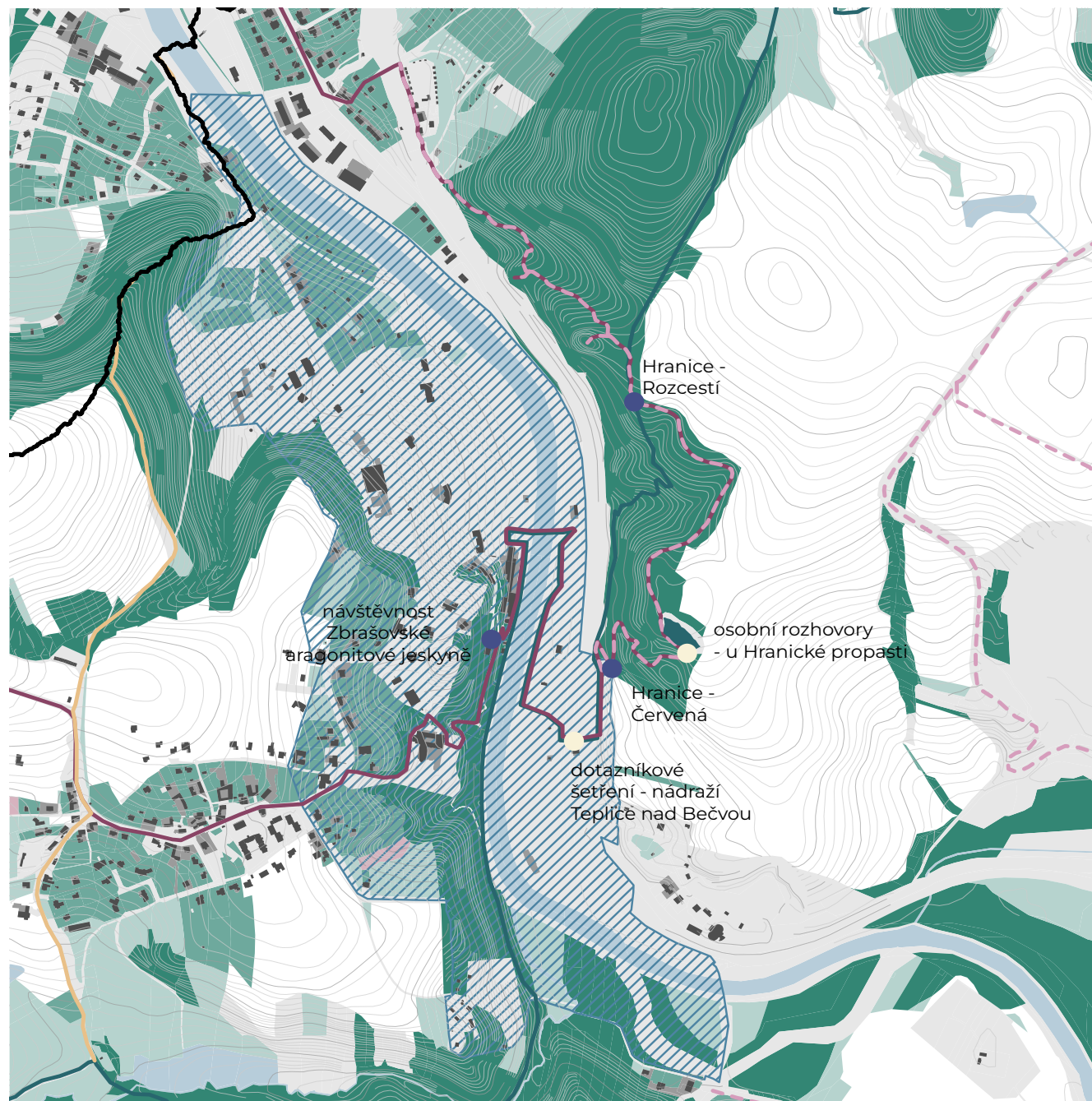
zahrada

zastavěná plocha a
nádvoří

zástavba

vrstevnice

0 500 m



Obrázek č. 9: Stanoviště kvalitativního a kvantitativního zjišťování vstupních údajů ve vztahu k návštěvnosti centrálních částí Hranického krasu



4.7 Zjišťování preferencí místních obyvatel

V dubnu 2022 bylo spuštěno online dotazníkové šetření, do kterého se do konce srpna 2022 zapojilo 150 osob ze 17 obcí širšího regionu. Respondenti se vyjadřovali k obecně stanoveným hodnotám a problémům v území a dále k možným rizikům a hrozbám, které by mohly ovlivnit jejich blízké okolí. Specifikace okruhů dotazníku je uvedena v Příloze 4.

Dále bylo v území realizováno několik akcí pro odbornou i laickou veřejnost, kterých se zúčastnili místní stakeholderi – v červnu 2021 a poté v květnu 2022 se konaly workshopy v Černotíně, v březnu 2024 proběhla závěrečná konference a výstava v Hranicích. Výstava a její vernisáž jsou zobrazené na Obr. 10-14.

V průběhu řešení projektu studenti Mendelovy univerzity v Brně v území zpracovali své závěrečné práce. Jednalo se o dvě diplomové práce studentů Agronomické fakulty Martina Horníčka a Kláry Němečkové. Dále byly zpracovávány tzv. ateliérové práce, ve kterých studenti krajinářské architektury (Zahradnická fakulta) navrhují ve skutečném území ve spolupráci s místní samosprávou. Takto proběhl krajinářský workshop v roce 2022 ve spolupráci s panem Andrýsem, tehdejší starostou obce Černotín pod vedením Jozefa Sedláčka a Radima Klepárníka.

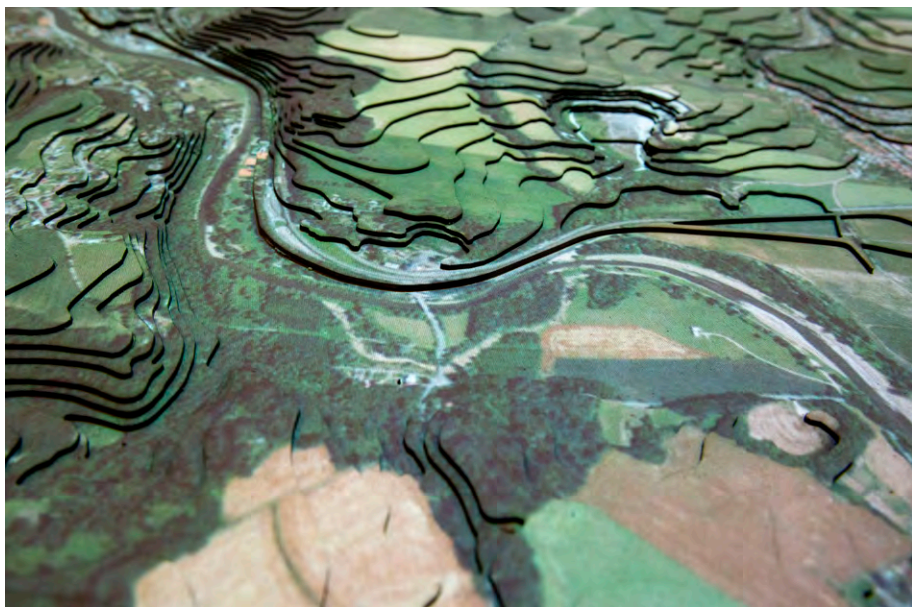
O rok později, v roce 2023, v rámci Ateliéru krajinného plánování zde zpracovali koncepční krajinářskou studii studenti magisterského studia Anton Letska na území obce Ústí a Skalička a Suhaib Baheth Ahmed Moustafa na území Teplice nad Bečvou a Hranice pod stejným vedením. Grafické výstupy studentských prací jsou zveřejněny ve výzkumné zprávě projektu z roku 2023 (Sedláček et al. 2023, s. 119-124).



Obrázek č. 10: 3D model propasti, který vznikl ve spolupráci s Českou speleologickou společností, základní organizací 7-02, Hranický kras a VUT v Brně



Obrázek č. 11: Vernisáž výstavy v Hranicích



Obrázek č. 12: 3D model krajiny, který sloužil jako podklad pro projekci zjištěných informací a návrhu



Obrázek č. 13: Vzorky půd z Hranického krasu



Obrázek č. 14: Panel věnující se tématu vody v Hranickém krasu

Stav a vývoj území Hranického krasu

Kristýna Kohoutková, Jozef Sedláček, Radim Klepárník

5 Stav a vývoj území Hranického krasu

Využívání každého území se v čase mění, případně stabilní formy využití půdy nabývají na intenzitě. V případě Hranického krasu mezi tyto historické činnosti poznamenané intenzifikací patří pěstování plodin na orné půdě a těžba nerostných surovin. Symptomem posledních desetiletí je velmi intenzivní doprava, rozšiřující se zástavba a tranzitní forma cestovního ruchu. Pro stanovení zranitelnosti území a navržení ochranných opatření je nutné do vstupních analýz zahrnout také stav a vývoj využití území a zohlednit plánované změny na úrovni územně plánovací dokumentace.



„Oblasti Hranického i Štramberského krasu byly využívány již lovci-sběrači doby ledové a to díky své poloze u Moravské brány, která sloužila jako migrační koridor lovené stádní zvěře (sobů, koní či mamutů). Vápencové jeskyně, převisy i lokality pod širým nebem se stávaly útočišti neandrtálců i anatomicky moderních lidí, jak naznačují nálezy na Malé a Velké Kobylance u Hranic či jeskyních Šipka a Čertova díra.“

*Mgr. Martin Moník, Ph.D.
Univerzita Palackého v Olomouci*

5.1 Historický vývoj osídlení

Nejstarší archeologická naleziště v území pochází z období starší doby kamenné (paleolitu). Mezi doklady historického osídlení v území patří zejména Malá a Velká Kobylanka (k. ú. Hranice), lokalita U Kostelíčka (k. ú. Hranice), Vápenky (k. ú. Černotín) a Zlámaná (k. ú. Černotín). V území Malé Kobylanky se jedná o doklady osídlení kultury aurignacienu, v území Velké Kobylanky kultury magdalenieny (Národní památkový ústav, 1973). V případě lokality U Kostelíčka se jedná o paleolitickou lokalitu s nálezy kamenných nástrojů (Národní památkový ústav, 2003). Vápenky skrývaly vzácný poklad z doby bronzové, jehož součástí byly bronzové nástroje (sekery), šperky (náramky) a výstroj jezdce i koně (Národní památkový ústav, 2003; Obec Skalička, 2018). V lokalitě Zlámaná byly nalezeny keramické úlomky slezskoplatěnické kultury (Národní památkový ústav, 2011).

Přímo v řešeném území se nachází dvě zaniklá historická sídla, a to opevněné sídliště na Svrčově a Hradisko u Ústí. Opevněné sídliště na Svrčově je starší, pochází z pozdní doby kamenné (Národní památkový ústav, 1972). Na konci 14. století byl na zaniklém sídlišti postaven hrad Svrčov, který plnil bezpečnostní funkci na jantarové stezce. Po zpusnutí hradu bylo kamenivo z jeho zdí využito pro stavbu budov v okolí, zejména pro stavbu kostela v Hranicích (Národní památkový ústav, 1972).

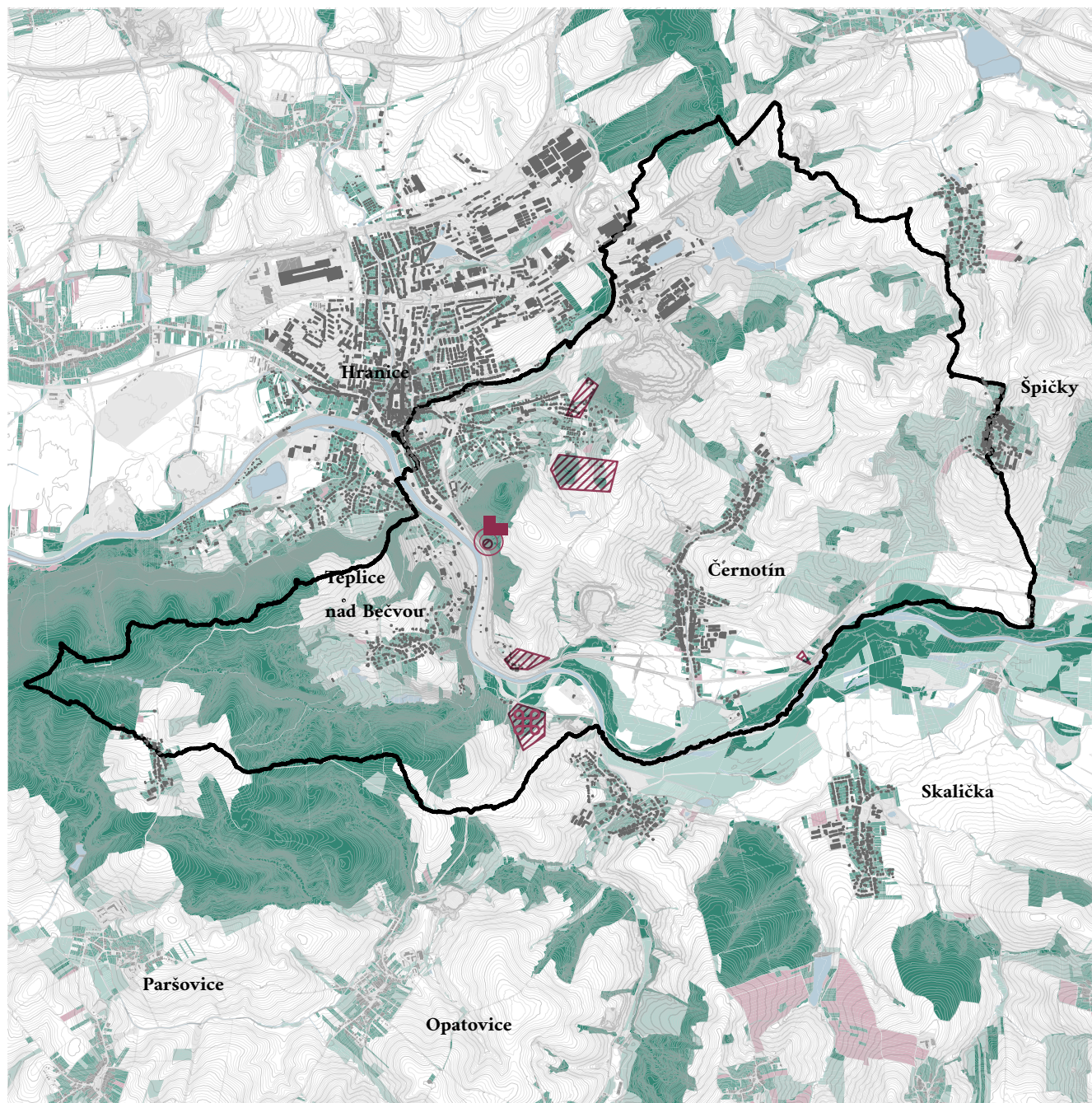
Hradisko u Ústí pochází z doby raného středověku (Národní památkový ústav, 2019). Jednalo se o slovanské hradisko umístěné ve strategické poloze na vyvýšené ostrožně u brodu přes řeku Bečvu. Hradisko využívalo přirozené konfigurace terénu, kdy jeho severní a západní strana byla chráněná strmými svahy. Jižní strana hradiska musela být chráněná uměle, a tak zde vzniklo čtyřnásobné pásmo valů a příkopů, jejichž celková délka činí 150 m a šířka až 45 m (Obec Ústí, 2006). Mimo opevnění byly nalezeny keramické fragmenty platěnické kultury, které pravděpodobně byly využívány v sídlišti (Národní památkový ústav, 2019). Hradisko u Ústí

i opevněné sídliště na Svrčově jsou coby doklady místního historického osídlení chráněny jako kulturní památky.

Zmíněné doklady historického osídlení a jejich lokalizace v území jsou viditelné na Obr. 15.

HISTORICKÉ OSÍDLENÍ

- řešené území
- vrstevnice
- zaniklá osídlení**
 - osídlení z doby kamenné
 - raně středověké hradiště
 - zřícenina středověkého hradu
 - archeologická lokalita - kulturní památka
- land use**
 - lesní pozemek
 - orná půda
 - ostatní plocha
 - ovocný sad
 - trvalý travní porost
 - vodní plocha
 - zahrada
 - zastavěná plocha a nádvoří



Obrázek č. 15: Historické osídlení území do období raného středověku

5.2 Urbanistický vývoj osídlení

Řešené území částečně či zcela tvoří devět katastrálních území: Černotín, Hluzov, Hranice, Kunčice, Skalička, Špičky, Teplice nad Bečvou, Ústí a Valšovice. Pro analýzu urbanistického vývoje byly použity historické mapové podklady dostupné v archivu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (Císařské povinné otisky stabilního katastru z roku 1830, katastrální mapy evidenční z let 1872–1887, historické letecké snímky z padesátých let 20. století, Státní mapa 1 : 5 000 z let 1986–1989 a 2004–2005, katastrální data z roku 2022).

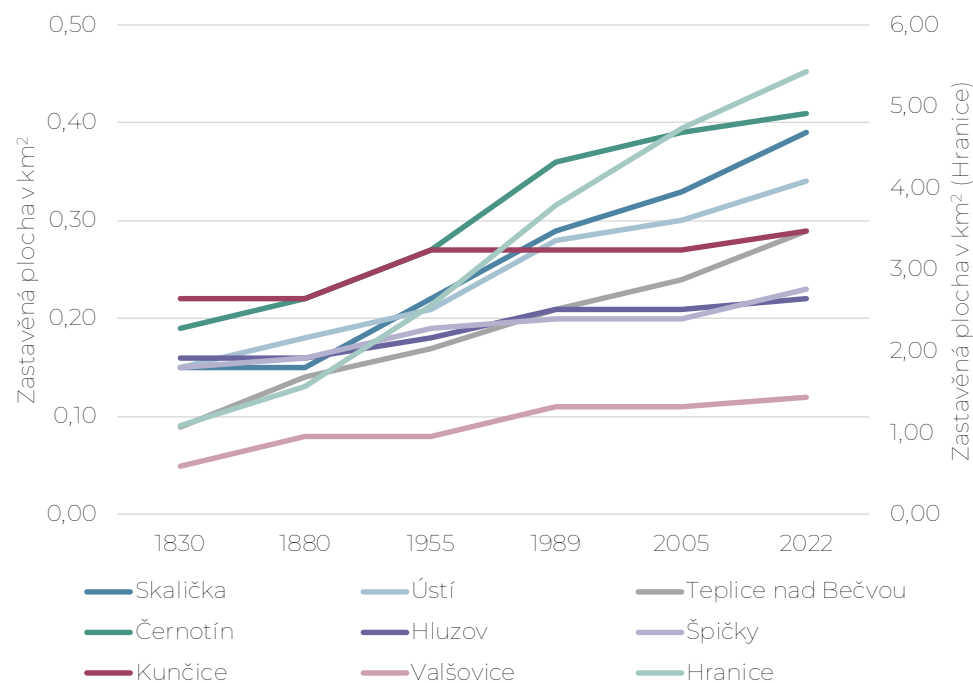
Největší zastavěnou plochu ve všech sledovaných obdobích mají Hranice jako největší obec z řešeného území. Zatímco v roce 1830 tvořilo zastavěné území více než 1 km², v roce 2022 už to je téměř 5,5 km². Plocha obce se tak za téměř dvě století více než zpětinásobila. Nejmenší zastavěnou plochu mají ve všech sledovaných obdobích Valšovice. Valšovice významně

narostly v období mezi lety 1830 a 1880, kdy zvětšily svou plochu zástavby o 80 %. V této době vznikla severní část obce. Jedná se o nejvyšší nárůst plochy mezi sledovanými obcemi za všechna období. Podobně skokově zvětšily svou zastavěnou plochu i Teplice nad Bečvou, ve stejném období jako Valšovice narostly o zhruba dvě třetiny. V této době vznikla východní část obce podél silnice do Hranic. Důvodem vysokého nárůstu zástavby je malá rozloha obou obcí, a tím pádem relativně velký vliv i malého rozšíření zástavby.

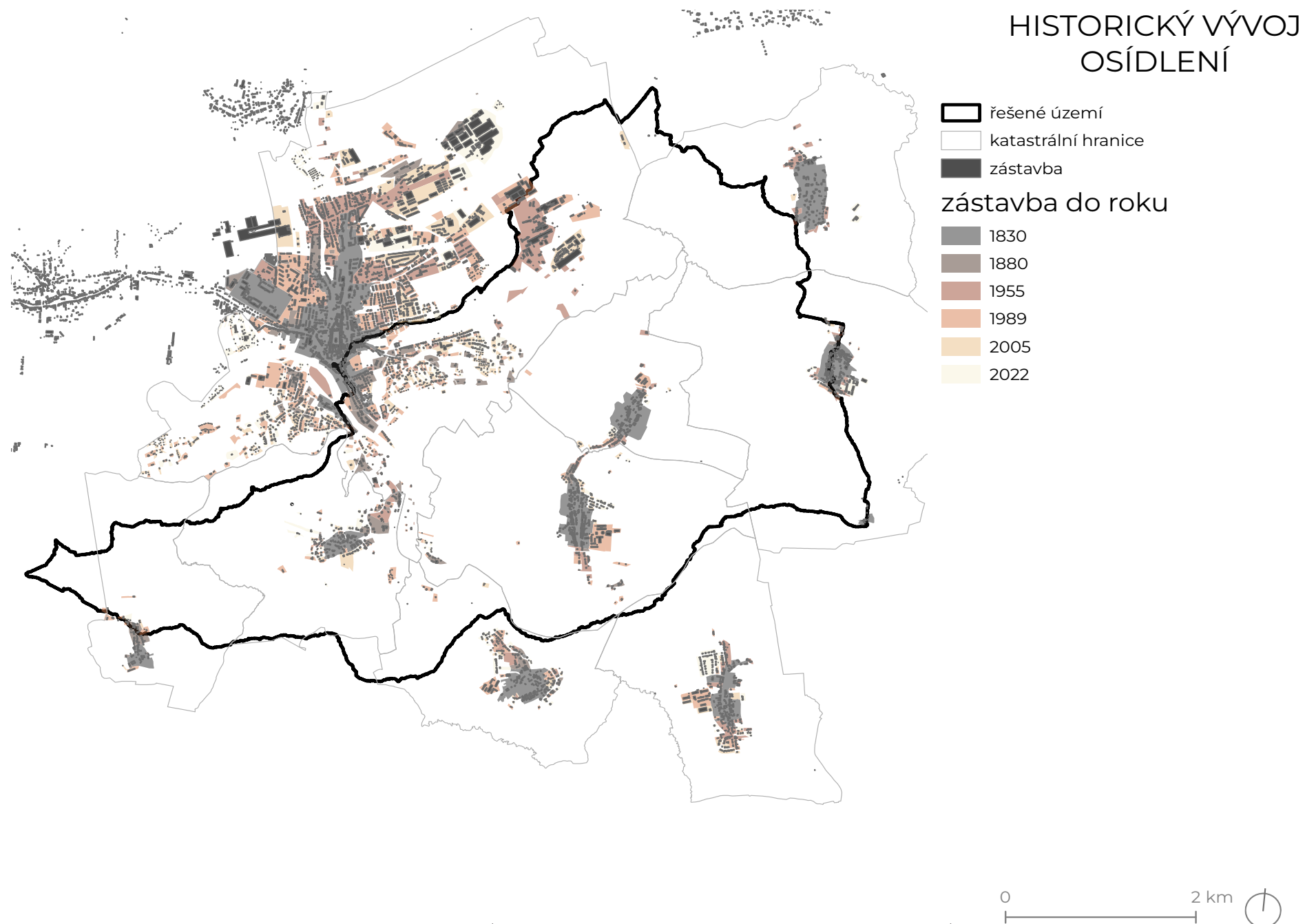
Podrobné informace lze vyčíst z Tab. 4, Obr. 16 a 17.

Tabulka č. 4: Zastavěná plocha obcí od roku 1830 (* údaj neznámý; data pro ČR Český statistický úřad, 2023)

	zastavěná plocha v ha					
	1830	1880	1955	1989	2005	2022
Skalička	15,1	*	22,0	28,9	33,1	39,3
Ústí	15,1	17,8	21,7	28,1	30,0	33,7
Teplice n. B.	8,6	14,3	16,9	21,0	24,0	28,5
Černotín	18,8	22,2	26,7	36,4	38,5	40,9
Hluzov	15,8	*	18,0	20,8	21,4	22,2
Špičky	15,2	16,3	18,6	19,6	19,9	22,8
Kunčice	21,6	*	26,5	*	26,9	28,6
Valšovice	4,7	8,5	*	11,1	11,4	12,0
Hranice	109,6	157,1	257,3	379,0	473,7	543,2
ČR	*	*	*	125 307,0	130 077,0	134 519,0



Obrázek č. 16: Vývoj zastavěné plochy v řešeném území od roku 1830



Obrázek č. 17: Vývoj zástavby na území Hranického krasu (včetně obcí, jejichž místní části tvoří zájmové území)

5.3 Změny *land use* – srovnání vývoje ploch v letech 1830 a 2021

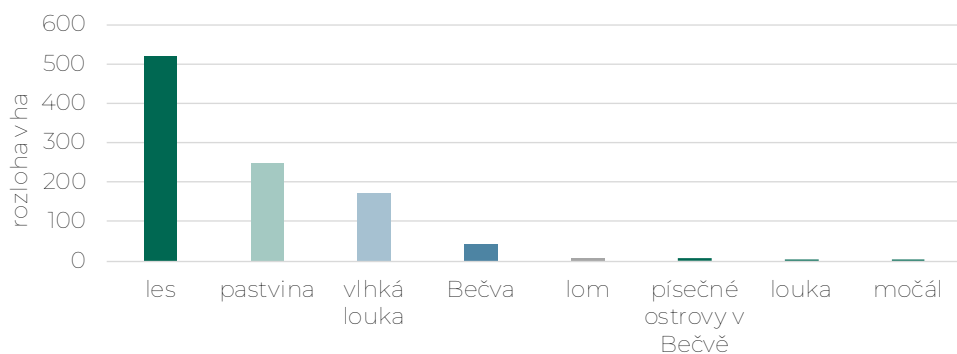
Změny *land use* (využití území) byly porovnávány na základě Císařských povinných otisků stabilního katastru z roku 1830 a katastrálních dat z roku 2021. Katastrální mapy mají jasně definovanou kategorii druhu pozemků. Z tohoto důvodu analýza pro rok 2021 neposkytuje detailní data o rozloze pastvin a luk (souhrnná kategorie trvalý travní porost) oproti stavu z roku 1830, kdy byly rozlišovány podrobné kategorie (např. pastvina, vlhká louka; případně vylišení obecních pozemků).

Krajinné prvky

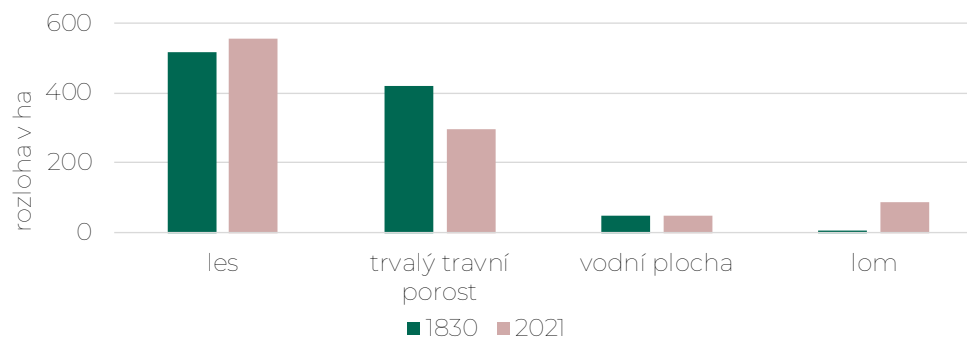
Z grafu na Obr. 18 vyplývá, že v roce 1830 měl největší zastoupení z krajinných prvků lesní porost. Významně byly zastoupeny také pastviny a vlhké louky. Podle Valenty (2015) se pastviny v Černotíně ve druhé polovině 19. století již nepoužívaly, a proto byly zorány. Pastva na obecním pastvisku podle Valenty (2015) skončila až v roce 1945.

Z grafu na Obr. 19 je patrné, že hlavním rozdílem ve stavu krajinných prvků mezi lety 1830 a 2021 je zmenšení ploch trvalých travních porostů. Jejich rozloha v roce 2021 odpovídá 70 % rozlohy v roce 1830, zmenšila se tedy o třetinu. Vzhledem k tomu, že se jedná o nejvýraznější změnu v krajině, bude se následující část věnovat tomu, na jaké způsoby využívání území byly trvalé travní porosty převedeny. Tedy následující část bude hledat důvody jejich zániku. Dále se významnou mírou zvětšila plocha lomů, a to o více než 1 000 %.

Grafické znázornění *land use* v letech 1830 a 2021 následuje na Obr. 20 a 21. Detail *land use* v okolí Černotína je zobrazen v Příloze 5. Příloha 6 zobrazuje některé změny v území na srovnání dostupných historických pohlednic a odpovídajících fotografií současného stavu.

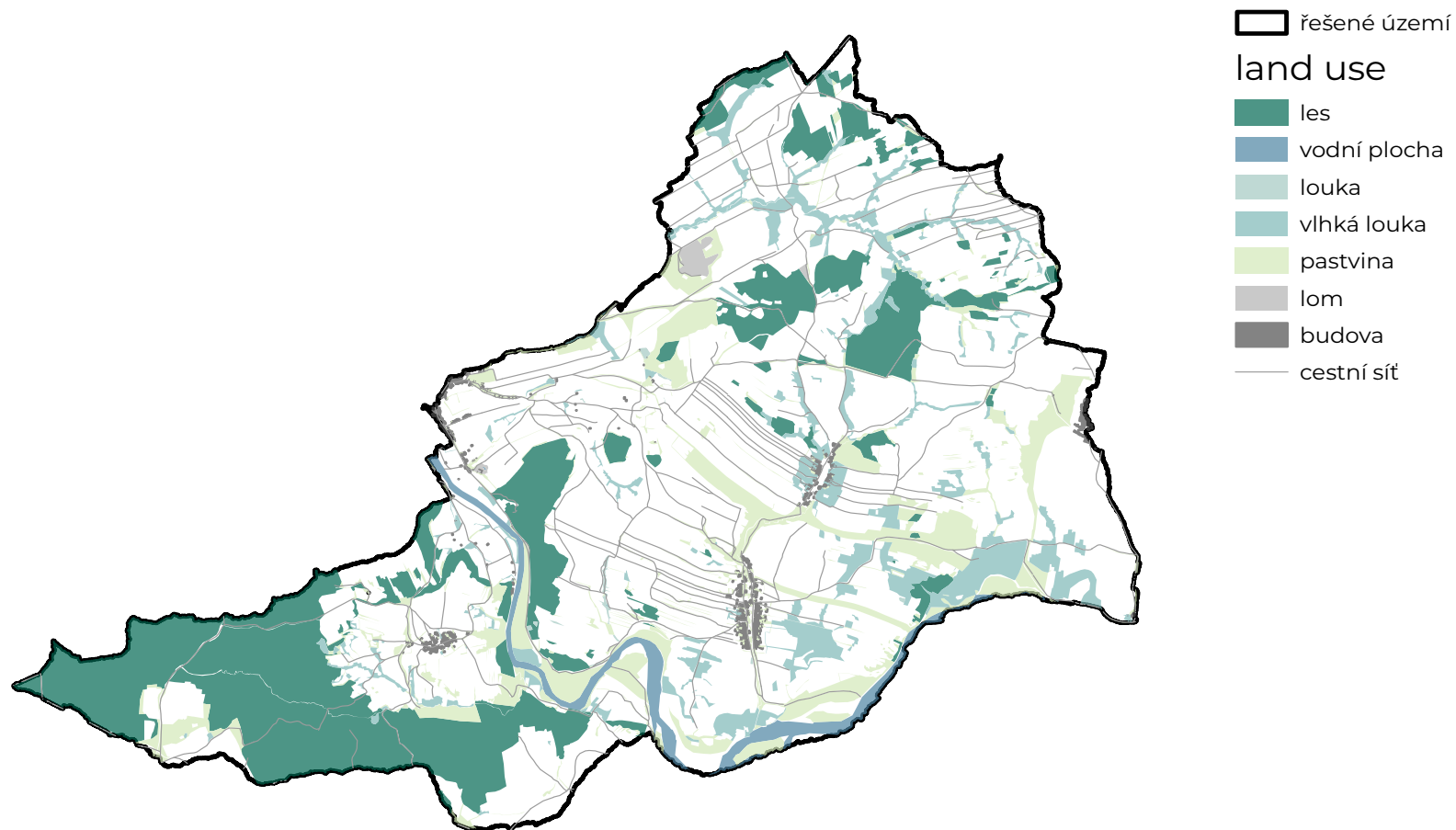


Obrázek č. 18: Rozloha krajinných prvků v roce 1830



Obrázek č. 19: Změna rozlohy krajinných prvků mezi lety 1830 a 2021

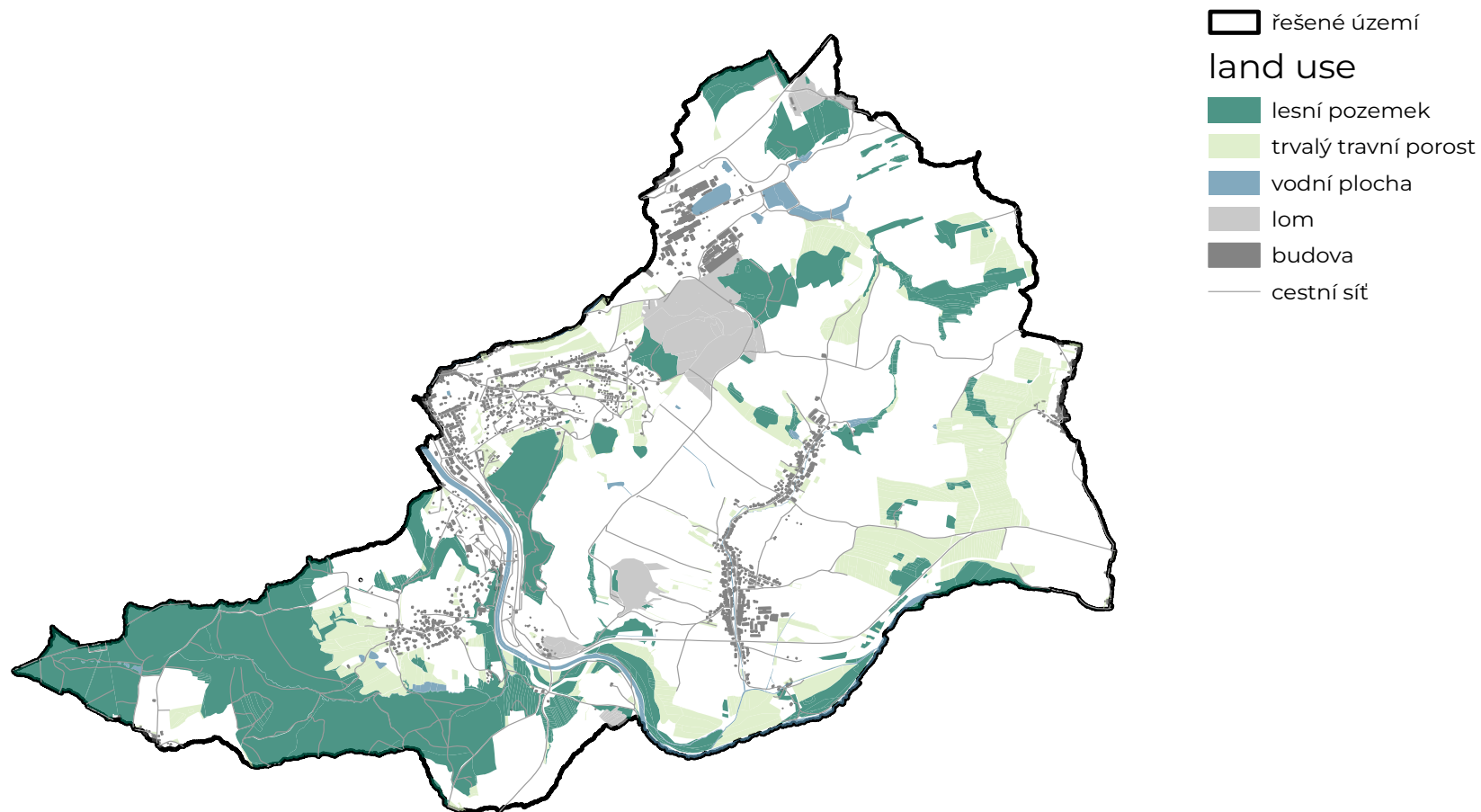
KRAJINA V ROCE 1830



Obrázek č. 20: Stav krajiny v roce 1830



KRAJINA V ROCE 2021

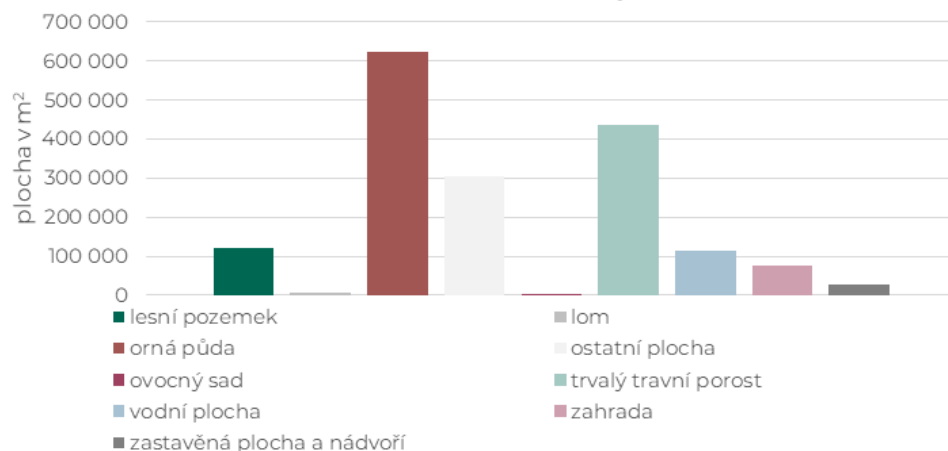


Obrázek č. 21: Stav krajiny v roce 2021



Vlhké louky

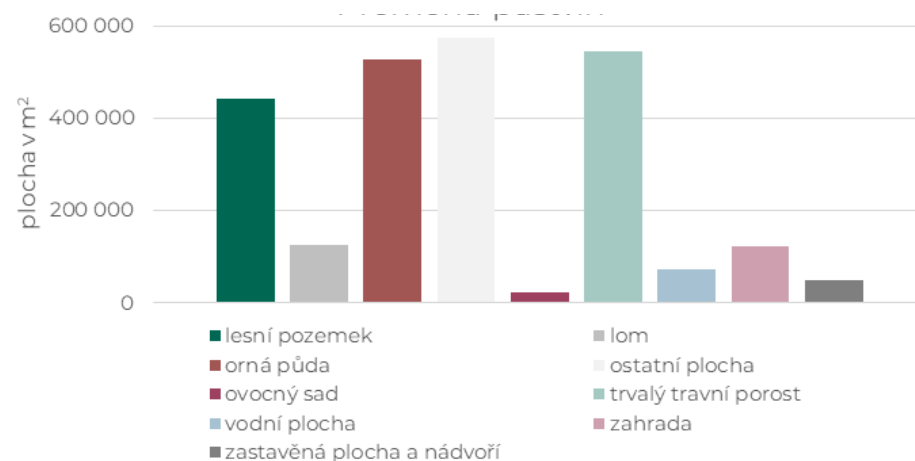
Vlhké louky se dominantně přeměnily na ornou půdu, jedná se o více než třetinu veškerých zaniklých vlhkých luk. Jsou to jak plochy v nivě řeky Bečvy, tak zejména plochy východně od Černotína. Plochy u Černotína byly odvodněny pomocí drenáží. Čtvrtina vlhkých luk zůstala zachována jako trvalý travní porost. Graficky viz Obr. 22.



Obrázek č. 22: Přeměna vlhkých luk na jiné využití

Pastviny

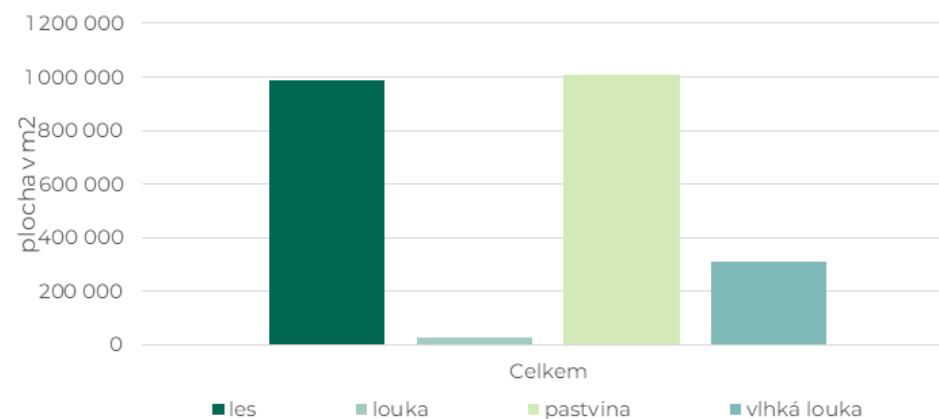
Největší část pastvin se přeměnila na ostatní plochu (23 %). Více než pětina pastvin zůstala zachována jako trvalý travní porost a další pětina se přeměnila na ornou půdu. Jako trvalý travní porost zůstaly zachovány plochy v údolí řeky Bečvy, obecní pastvina na Zlámané a obecní pastviny jihozápadně od Špiček. Na ornou půdu byly přeměněny zejména úzké pruhy pastvin vybíhající od Černotína a Hluzova do svahů za vsí. Část byla i zalesněna. Jedná se především o plochy v nivě Bečvy (například o plochy bývalého meandru řeky Bečvy) a dále o okrajové plochy pastvin v okolí Teplic nad Bečvou, které se staly součástí velkých lesních celků. Část původních pastvin ležela i ve svahu nad kostelem Narození Panny Marie zvaným Kostelíček. Graficky viz Obr. 23.



Obrázek č. 23: Přeměna historických pastvin na jiné využití

Lomy

S ohledem na krajinné prvky se lomy rozrostly zejména na úkor lesních porostů (42 %) a pastvin (43 %) – viz Obr. 19. Například lom Na Kučách byl otevřen až v roce 1862, do té doby zde byla plocha lesa. Graficky viz. Obr. 24.



Obrázek č. 24: Úbytek krajinných prvků v důsledku zvětšení plochy lomů

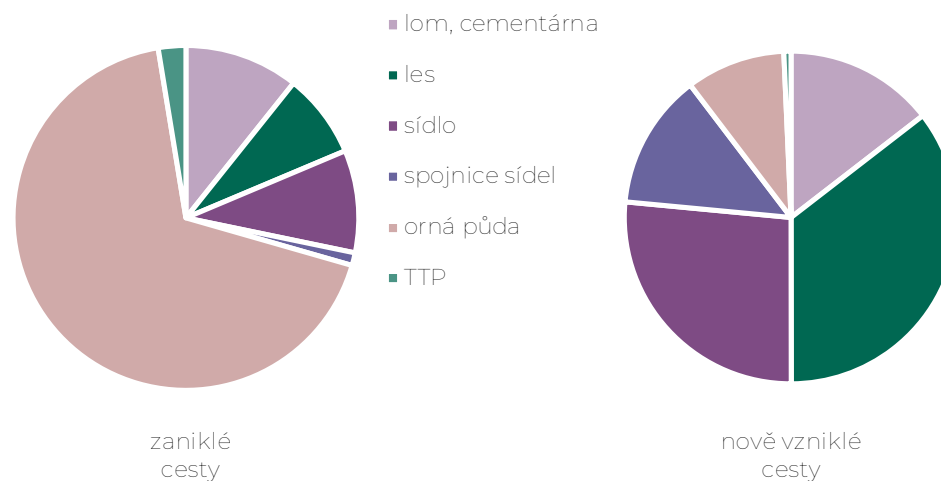
5.3.1 Proměna cestní sítě

Území je relativně dobře průchodné, největší hustotu cestní sítě lze pozorovat zejména v okolí Černotína a Hluzova. Cesty v minulosti vybíhaly z jednotlivých usedlostí směrem do krajiny a vedly podél pozemků. Tyto cesty byly často doprovázeny loukami nebo pastvinami. V roce 1830 bylo v území 116 km cest. Ve srovnání se současným stavem došlo jen k nepatrnému navýšení celkové délky cestní sítě (124 km v 2021), výraznější změny však byly zaznamenány v umístění cest. Při srovnání map z roku 1830 a 2021 je na první pohled patrné, že klesl počet cest v zemědělské krajině. Na detailní mapě okolí Černotína jsou patrné dlouhé pásy travních porostů podél cest. Spolu s cestami zanikly i tyto krajinné prvky, což má mimo jiné vliv i na diverzitu krajiny. Nejvíce cest zaniklo na ploše orné půdy (68 %). Tento jev je důsledkem scelování pozemků po druhé

světové válce. Velká část nově vzniklých cest je situována v sídlech, což souvisí s urbanizací a potřebou rozvíjet dopravní infrastrukturu. Zajímavý je ale fenomén, kdy cestní síť na orné půdě v okolí Černotína sice oficiálně zanikla, ale zůstala propsaná do katastrální mapy. Některé parcely, po kterých historické cesty vedly, jsou dodnes ve vlastnictví obce. Podrobnější informace jsou uvedeny v tabulce 5 a souvisejícím grafu na Obr. 25.

Tabulka č. 5: Lokalizace zaniklých a nově vzniklých cest

	zaniklé cesty (km)	zaniklé cesty (%)	nové cesty (km)	nové cesty (%)
lom, cementárna	7,18	10,8	10,83	14,5
les	5,32	7,9	26,48	35,48
sídlo	6,45	9,61	19,8	26,52
spojnice sídel	0,8	1,19	9,83	13,17
orná půda	45,58	67,92	7,19	9,63
TTP	1,73	2,58	0,52	0,7
celkem	67,12	100	74,64	100



Obrázek č. 25: Vývoj cestní sítě mezi lety 1830 a 2021



Ema Sojáková, 9 let



neznámý autor

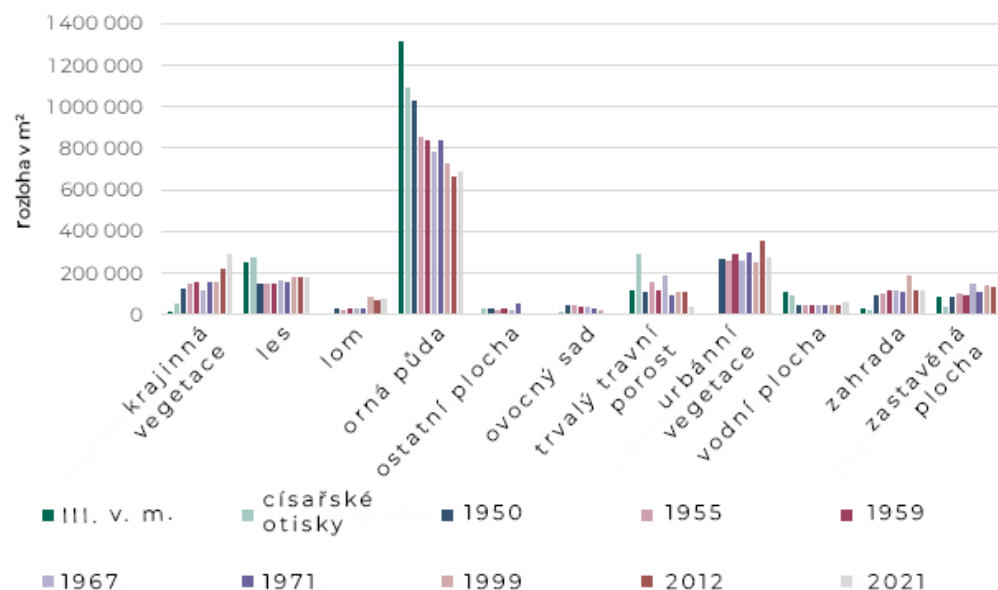


Michal Zbruž, 9 let

5.3.2 Změna struktury krajiny v okolí Hranické propasti

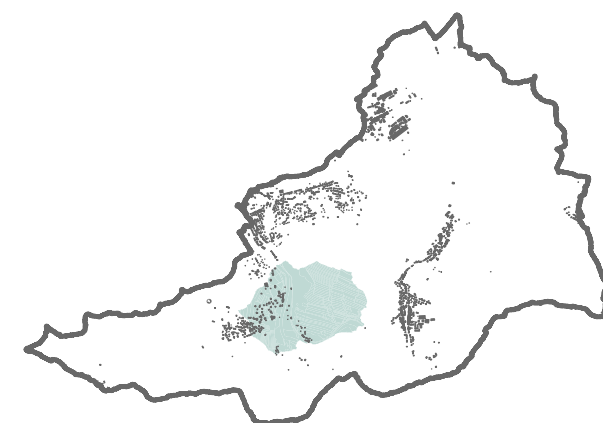
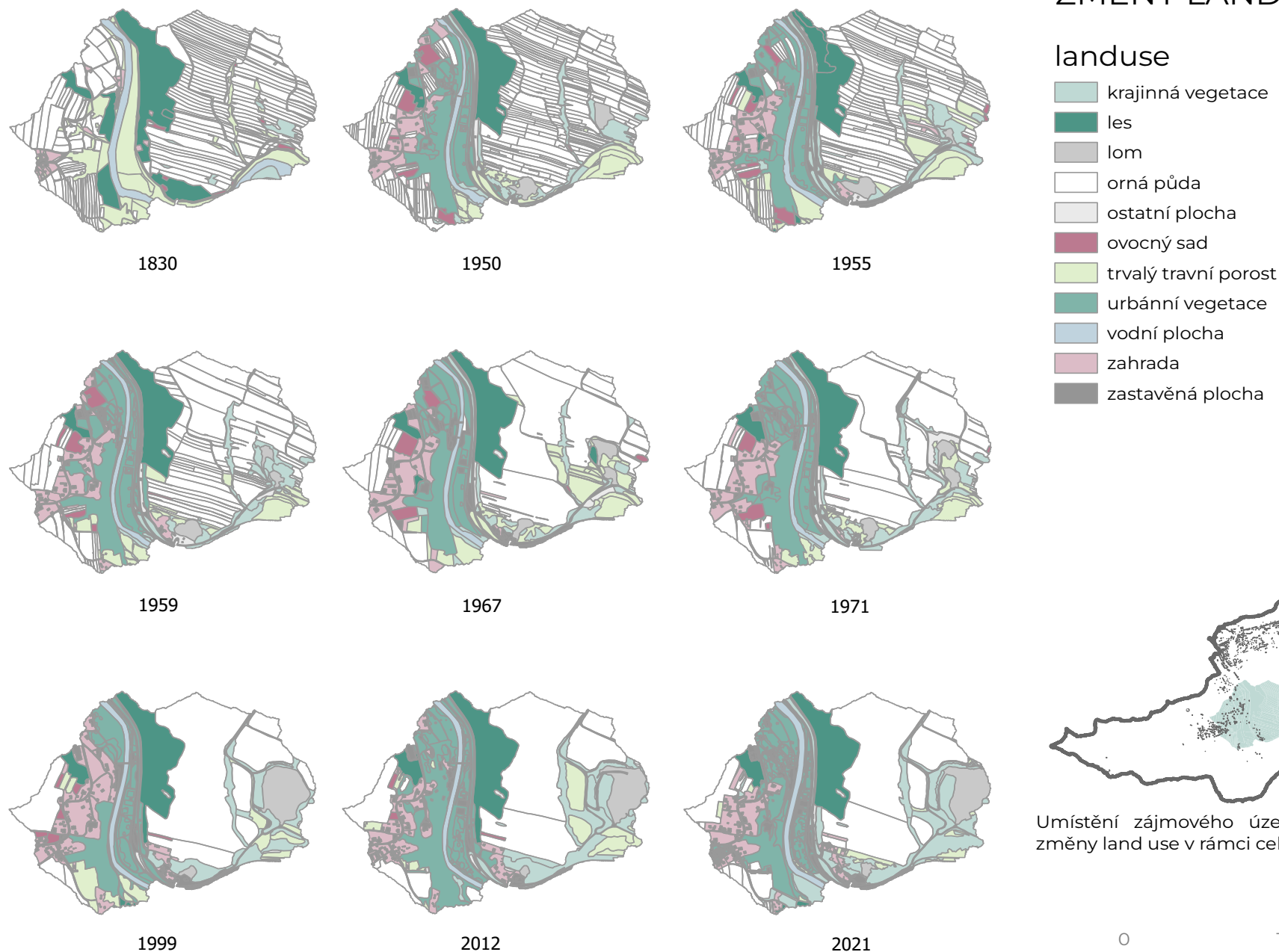
Podrobný průběh změn v krajině je demonstrován na příkladu nejbližšího okolí Hranické propasti. Při pohledu na stav krajiny v letech 1830–2021 je na první pohled jasná změna v krajinné struktuře. Zatímco do roku 1955 byla krajina typická velkým množstvím drobných pozemků, a tudíž velkou mozaikovitostí, na přelomu padesátých a šedesátých let se drobné pozemky začaly spojovat do větších celků. Největší změna nastala v šedesátých letech 20. století, kdy zcela zmizela typická struktura drobných polí východně od Hranické propasti. Lesní porosty na Hůrce a lázeňský park na druhé straně údolí jsou naopak stabilními prvky v krajině, kde pouze došlo k proměně intenzity využívání krajiny, a trvalé travní porosty podél Bečvy se proměnily na lázeňský park. K nárůstu plochy lomů došlo v období let 1971–1999, kdy se významně zvětšil lom v Černotíně. Na první pohled je také zřejmé zvětšení sídla Teplice nad Bečvou, kdy v roce 1830 zástavba tvořila minoritní část. Do roku 1950 docházelo k rozvoji sídla zejména na úkor orné půdy, což významně souviselo i s rozvojem lázeňství na přelomu 19. a 20. století.

Základní analýza přináší přehled o zastoupení jednotlivých kategorií *land use* v daných obdobích. Orná půda v řešeném území vždy dominuje, ovšem její plošné zastoupení postupně klesalo. Zmenšila se i plocha travních porostů a vodní plocha. V krajině také ubylo ovocných sadů. Naopak zastoupení krajinné vegetace se zvětšilo. S ohledem na obecný vývoj krajiny v okolí Hranic není překvapením, že se zvětšily i plocha lomů a zastavěná plocha. Graficky viz Obr. 26, podrobnější grafické zpracování území obsahuje Obr. 27.



Obrázek č. 26: Plošné zastoupení krajinných prvků od roku 1830 do roku 2021

ZMĚNY LAND USE



Umístění zájmového území pro detailní analýzy změny land use v rámci celého řešeného území

0 1 km



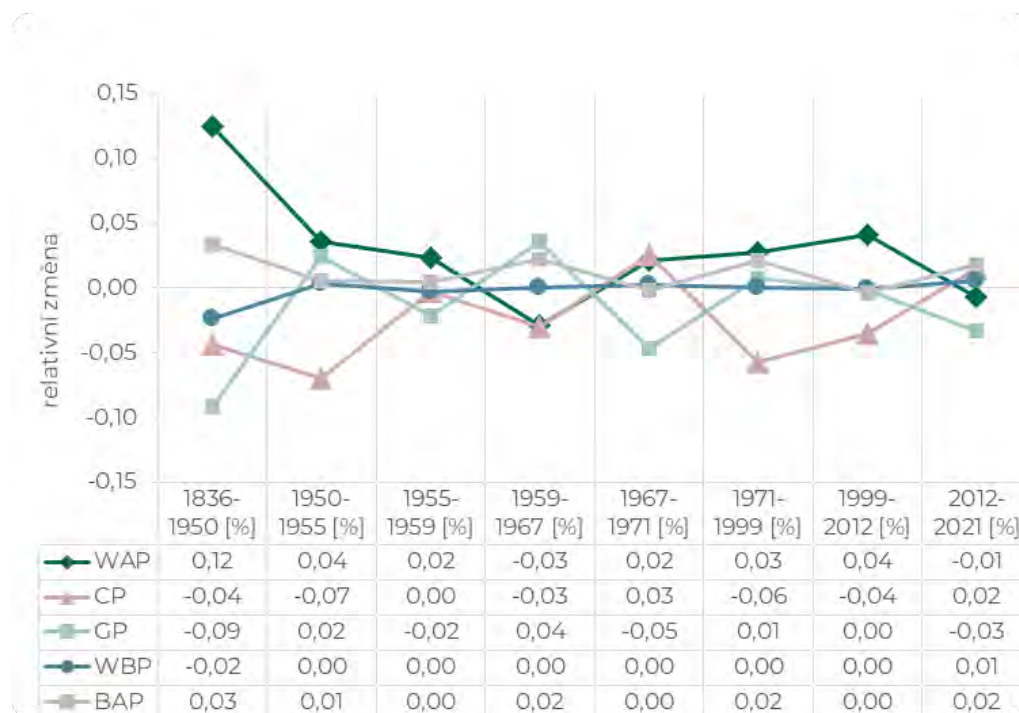
Obrázek č. 27: Vývoj krajiny v okolí Hranické propasti

Změny v krajině byly dále hodnoceny pomocí indikátorů heterogenity krajiny. Ty různým způsobem vyjadřují prostorovou strukturu a kompozici daných prvků v krajině. Struktura krajiny je daná počtem, četností a diverzitou typů krajinných prvků (kategorií *land use*). Uspořádání krajiny odráží prostorové vlastnosti jednotlivých dílů krajinné mozaiky, jako jsou velikost, tvar a jejich prostorové uspořádání v krajině (Lausch a kol., 2015). Heterogenita krajiny je zásadní pro plnění ekosystémových služeb krajiny, například zadržování vody v krajině (Liu a kol., 2020). Některé studie například uvádějí, že orná půda a travní porosty negativně ovlivňují kvalitu podzemních vod (Qiu a Turner, 2015).

Pro analýzu stavu krajiny ve vybraném mikropovodí jsme použili indikátory se zaměřením na zastoupení dřevinných vegetačních prvků,

orné půdy, travních porostů, vodních ploch a zastavěné plochy.

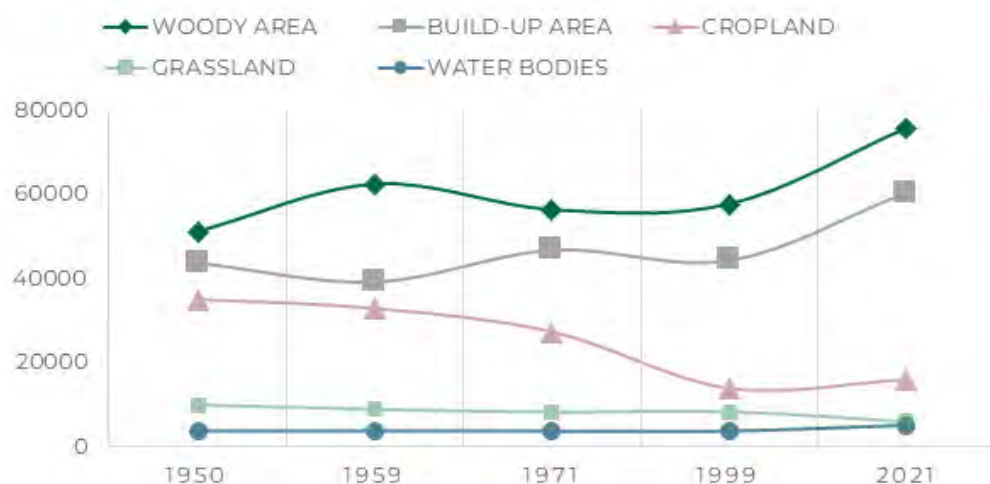
Základní charakteristikou prvků krajiny je jejich plošné zastoupení. Jedná se o procentuální zastoupení dřevinných krajinných prvků (WAP – *woody area percentage*), procentuální zastoupení orné půdy (CP – *cropland percentage*), procentuální zastoupení travních porostů (GP – *grassland percentage*), procentuální zastoupení vodních ploch (WBP – *water bodies percentage*) a procentuální zastoupení zastavěné plochy (BAP – *built-up area percentage*). Největší úbytek byl zaznamenán u trvalých travních porostů v období 1836–1950, kdy jejich výměra klesla o 9 %. Ve stejném období byl zaznamenán nejvyšší přírůstek, a to u dřevinných krajinných prvků, které svou plochu zvětšily o 12 % (názorně viz Obr. 28).



Obrázek č. 28: Relativní změna zastoupení krajinných prvků mezi jednotlivými obdobími, přičemž WAP (*Woody area percentage*) představuje změnu procentuálního zastoupení stromové vegetace, CP (*Cropland percentage*) orné půdy, GP (*Grassland percentage*) travních porostů, WBP (*Water bodies percentage*) vodních ploch, BAP (*Built-up area percentage*) zastavěných ploch.

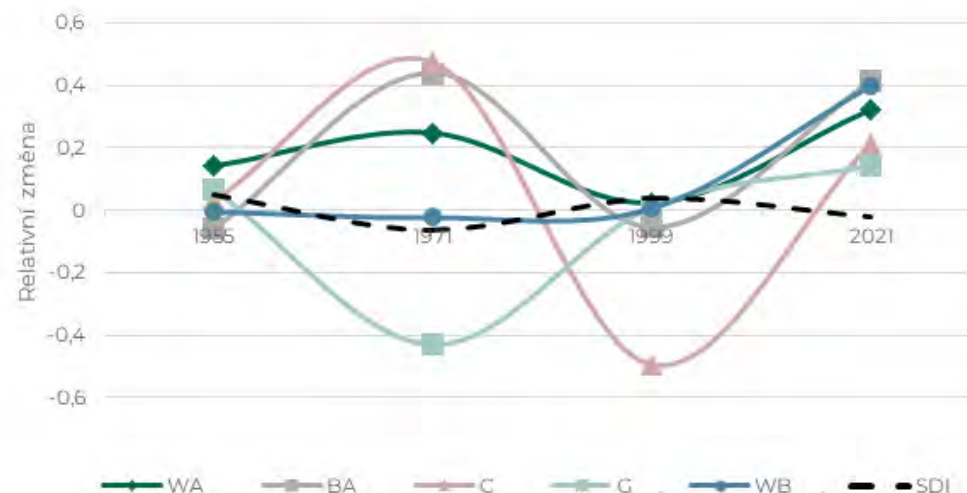
Procentuální zastoupení tříd využití půdy zcela nepopisuje jemné změny v prostorovém uspořádání krajiny. Proto byly zvoleny další metriky krajiny pro hodnocení změn: délka okrajů (*edge length*) a hustota ploch (*patch density*).¹

Délka okrajů se nejvíce změnila u dřevinných krajinných prvků, orné půdy a zastavěné plochy. U dřevinných krajinných prvků došlo nejprve k nárůstu délky okrajů, a to v období 1950–1959. Poté do roku 1971 délka okrajů mírně klesla, aby pak až do roku 2021 rostla. Nárůst délky okrajů u dřevinných krajinných prvků je v souladu s obecným plošným nárůstem této kategorie využití území (viz Obr. 29, Obr. 30). Naopak u orné půdy došlo k poklesu tohoto indexu a pokles byl od roku 1950 setrvalý. U kategorií vodní plocha a trvalý travní porost ke změně nedošlo.



Obrázek č. 29: Vývoj délky okrajů: *Woody area* - stromová vegetace, *Built-up area* - zastavěná plocha, *Cropland* - orná půda, *Grassland* - travní porosty, *Water bodies* - vodní plochy

¹ Délkou okrajů jsou myšleny linie tvořící hranici mezi různými druhy využití území (kategoriemi *land use*), hustota ploch vyjadřuje hustotu plošek různého využití a představuje míru heterogenity území z hlediska jeho využívání.

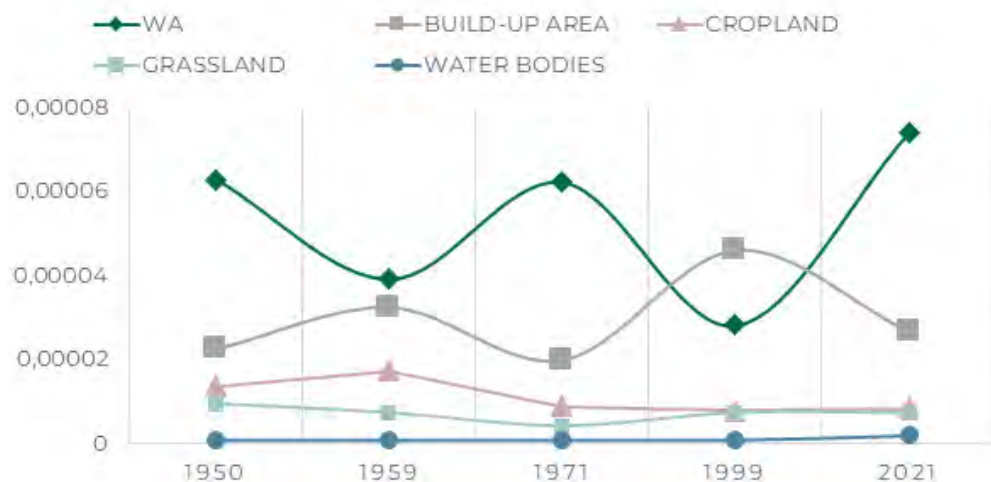


Obrázek č. 30: Relativní změna délky okrajů: *Woody area* - stromová vegetace, *Built-up area* - zastavěná plocha, *Cropland* - orná půda, *Grassland* - travní porosty, *Water bodies* - vodní plochy

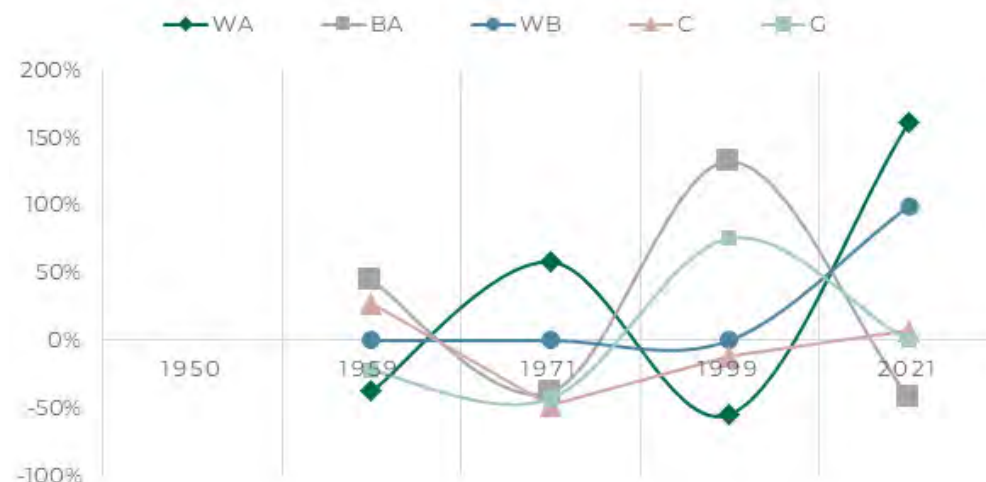
Hustota ploch byla nejvíce dynamická u kategorií dřevinné krajinné prvky a zastavěná plocha. Klesající trend byl zaznamenán u kategorie orná půda. V období 1959–1971 se hustota ploch orné půdy zmenšila o 49 %. To je dáno zmenšením počtu ploch orné půdy v závislosti na scelování pozemků. Naopak hustota ploch trvalých travních porostů v období 1971–1999 narostla o 75 %. Důvodem je zatravnění části sadů u Teplic nad Bečvou v tomto období. Podrobněji viz Obr. 31, Obr. 32.

Z výše uvedených metrik můžeme odhadnout následující tvrzení: Prostorové složení založené na procentuálním podílu ukazuje relativně stabilní matici využití půdy a jakýkoliv významný trend je těžko pozorovatelný. Analýza prostorového uspořádání tento trend skutečně potvrdila. Relativně stabilní heterogenita vybrané oblasti vychází z různorodé matrice lesních ploch a zastavěných městských oblastí, přičemž délka okrajů orné půdy se v průběhu času snižuje. V relativní změně můžeme vidět fluktuaci v délce okrajů orné půdy a travnatých

ploch, s významným poklesem travnatých ploch v období 1955–1971 a orné půdy v období 1971–1999. Stojí za zmínku, že porovnáme-li posledních 20 let (období 1999–2021), celková délka okrajů se zvyšuje.



Obrázek č. 31: Vývoj hustoty ploch: WA - stromová vegetace, Built-up area - zastavěná plocha, Cropland - orná půda, Grassland - travní porosty, Water bodies - vodní plochy



Obrázek č. 32: Relativní změna hustoty ploch: WA - stromová vegetace, Built-up area - zastavěná plocha, Cropland - orná půda, Grassland - travní porosty, Water bodies - vodní plochy

5.3.3 Urbanizace území

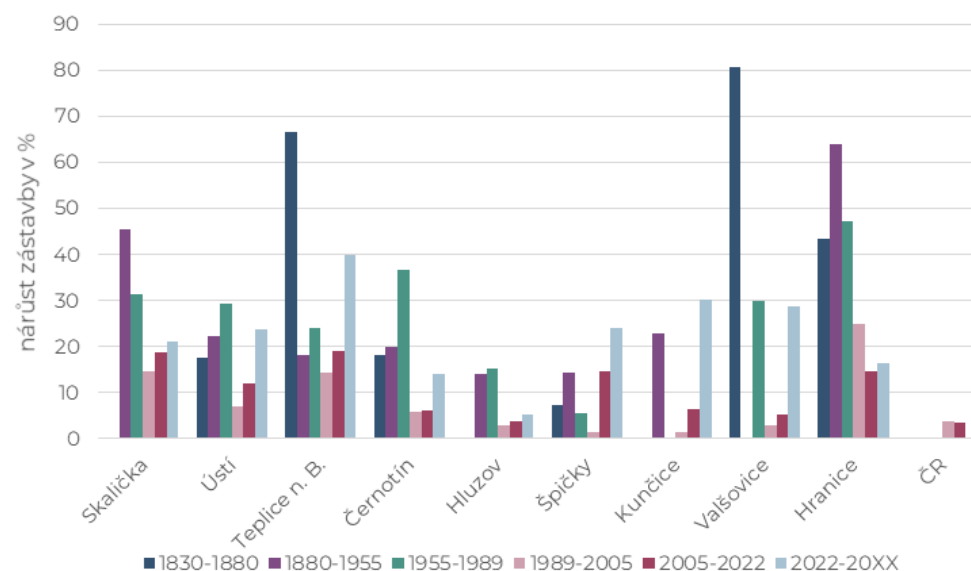
Srovnání tempa urbanizace se situací v celé ČR dovolují pouze období od roku 1989. Zatímco nárůst urbanizace v ČR činil v období 1989–2005 necelá 4 %, v území se nárůst pohyboval kolem 8 %, tedy na republikovém dvojnásobku. Nejvyšší míra urbanizace byla v Hranicích, které zvětšily svou plochu o čtvrtinu. Jedná se o roztroušenou zástavbu rekreačních objektů a objektů pro bydlení na jižním okraji Hranic, v lokalitě U Kostelíčka na východě a Pod Bílým kamenem na západě. Další zástavbou z této doby je průmyslová plocha v okolí nádraží. Významně se rozrostly i Teplice nad Bečvou a Skalička. V obou případech se jedná o zástavbu rodinných domů na okraji obce, v případě Skaličky navíc ještě o malou plochu zemědělského družstva. V tomto období se republikovému trendu urbanizace nejvíce

Tabulka č. 6: Procentuální nárůst zastavěné plochy od roku 1830 (* údaj neznámý, letopočet 20XX představuje neznámé datum v budoucnosti, kdy obce dosáhnou zástavby dle svých územních plánů)

	procentuální nárůst zastavěné plochy v období					
	1830–1880	1880–1955	1955–1989	1989–2005	2005–2022	2022–20XX
Skalička	*	45,4	31,4	14,7	18,7	21
Ústí	17,4	22,3	29,3	7	12	23,6
Teplice n. B.	66,6	18,2	23,9	14,2	18,9	39,9
Černotín	18,1	19,8	36,6	5,8	6,1	14,1
Hluzov	*	13,9	15,2	2,8	3,9	5,2
Špičky	7,2	14,5	5,4	1,5	14,5	24,1
Kunčice	0	22,8	*	1,3	6,3	30,1
Valšovice	80,7	*	29,8	2,9	5,2	28,7
Hranice	43,3	63,8	47,3	25	14,7	16,5
ČR	*	*	*	3,8	3,4	*

přibližují katastry Valšovice a Hluzov. Pod republikovým průměrem byla urbanizace ve Valšovicích, Hluzově, Kunčicích a Špičkách. Ostatní katastry se rozvíjely rychlejším tempem.

Zatímco v posledním sledovaném období, tedy v letech 2005–2022, se celorepubliková urbanizace pohybovala mírně přes 3 %, v řešeném území vystoupala průměrně na 11 %. Nejvyšší byla v Teplicích nad Bečvou a ve Skaličce (téměř 19 %), následovaly Hranice a Špičky (téměř 15 %). V případě Skaličky se jedná o plochy samostatně stojících rodinných domů na severním okraji obce, na ploše původně orné půdy. V případě Teplic nad Bečvou se jedné také o zástavbu samostatně stojících rodinných domů na okraji obce. Teplice nad Bečvou se v tomto období rozrůstaly zejména severním směrem, kde zabraly část orné půdy. Na západním okraji se obec rozrostla do travních porostů. V tomto období všechny katastry vykazovaly vyšší míru urbanizace než celorepublikový průměr. Nejbližší republikovému trendu byl Hluzov. Podrobněji viz Tab. 6 a Obr. 33.



Obrázek č. 33: Procentuální nárůst zastavěné plochy

5.3.4 Plánovaný stavební rozvoj obcí

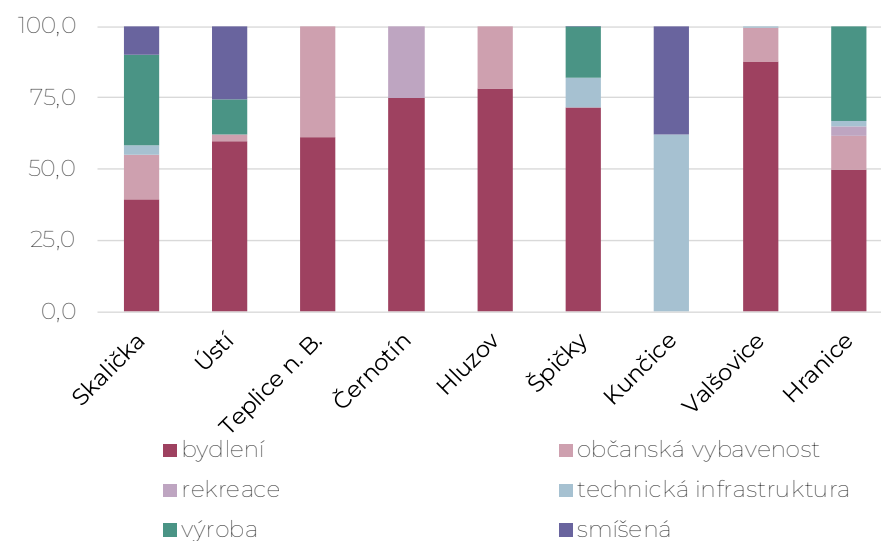
Na historickou analýzu urbanistického vývoje obcí navazuje analýza budoucího směřování obcí. Ta se zakládá na analýze územních plánů dotčených obcí. Územní plány byly pro zpracování georeferencovány a vektorizovány. V průběhu zpracování projektu byl zrušen územní plán obce Teplice nad Bečvou. Projekt pracoval s návrhem územního plánu vydaného v únoru 2019, který byl v roce 2022 zastupitelstvem obce schválen a přijat, ale v roce 2023 zrušen. Z dalších analýz byly vyjmuty rozvojové, ale již zastavěné plochy.

Z analýzy vyplývá, že největší rozvoj do budoucna plánují katastry Ústí, Telice nad Bečvou, Špičky, Kunčice a Valšovice, ve kterých by se měla zastavěná plocha zvětšit o více než 20 %. Největší plošný rozvoj logicky plánují Hranice (6,3 km²). Plošně nejméně se budou rozrůstat katastry Hluzov a Valšovice, které patří mezi nejmenší. Charakter drobných sídel zde zůstane zachován i do budoucna.

Z hlediska funkcí se obce budou rozšiřovat zejména prostřednictvím ploch pro bydlení (podrobněji viz Obr. 34). Dominantním trendem je to v katastrech Černotín, Hluzov a Valšovice, kde plánované bydlení zabírá tři čtvrtiny celkové rozvojové plochy. S poměrově nejmenším rozvojem bydlení se počítá v Kunčicích, kde plocha smíšená obytná¹ tvoří pouze jednu čtvrtinu rozvoje katastru. Druhou nejvýznamnější funkcí v území je občanská vybavenost. Nejvýznamněji je zastoupena v Teplicích nad Bečvou, kde představuje zejména plochy pro lázeňství. Zde se plochy občanské vybavenosti rozšíří až o 40 %. Významný podíl tvoří také v Hluzově, kde se jedná o pětinu rozvojových ploch. V Hluzově je to plocha určená pro sportoviště. Významnou mírou je zastoupena i plocha pro výrobu a skladování. O třetinu plochy pro výrobu a skladování narostou ve Skaličce a Hranicích. Relativně velký rozvoj technické infrastruktury je

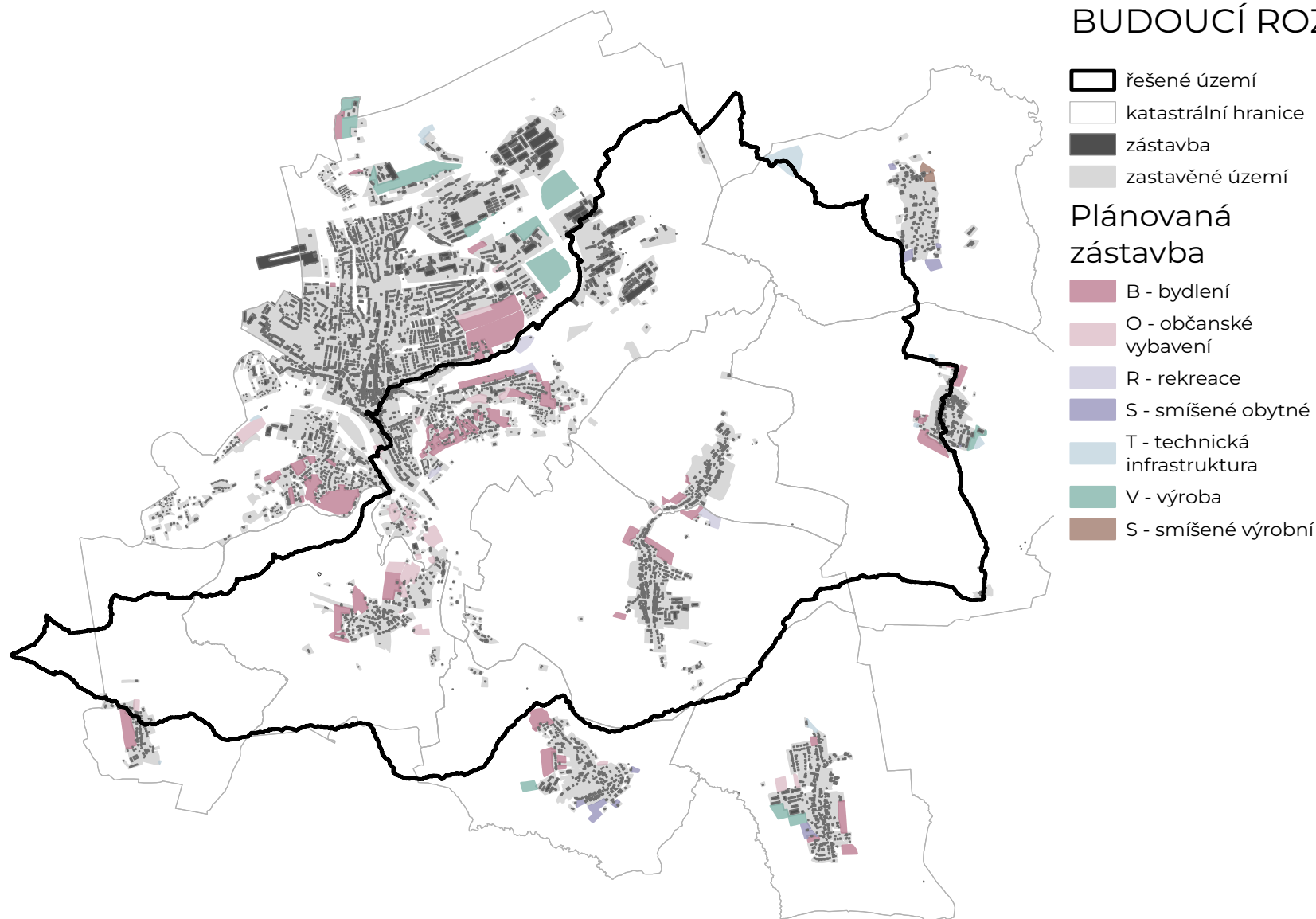
1 Plocha, kde lze kromě staveb pro bydlení umísťovat např. i stavby občanské vybavenosti, stavby pro rekreaci či veřejnou infrastrukturu

očekávan v Kučicích, kde by mělo vzniknout středisko pro nakládání s odpady. Podrobněji Obr. 35.



Obrázek č. 34: Plánovaný nárůst zastavěné plochy dle funkce vyplývající z územních plánů

BUDOUCÍ ROZVOJ OBCÍ



Obrázek č. 35: Rozvoj zástavby podle územních plánů





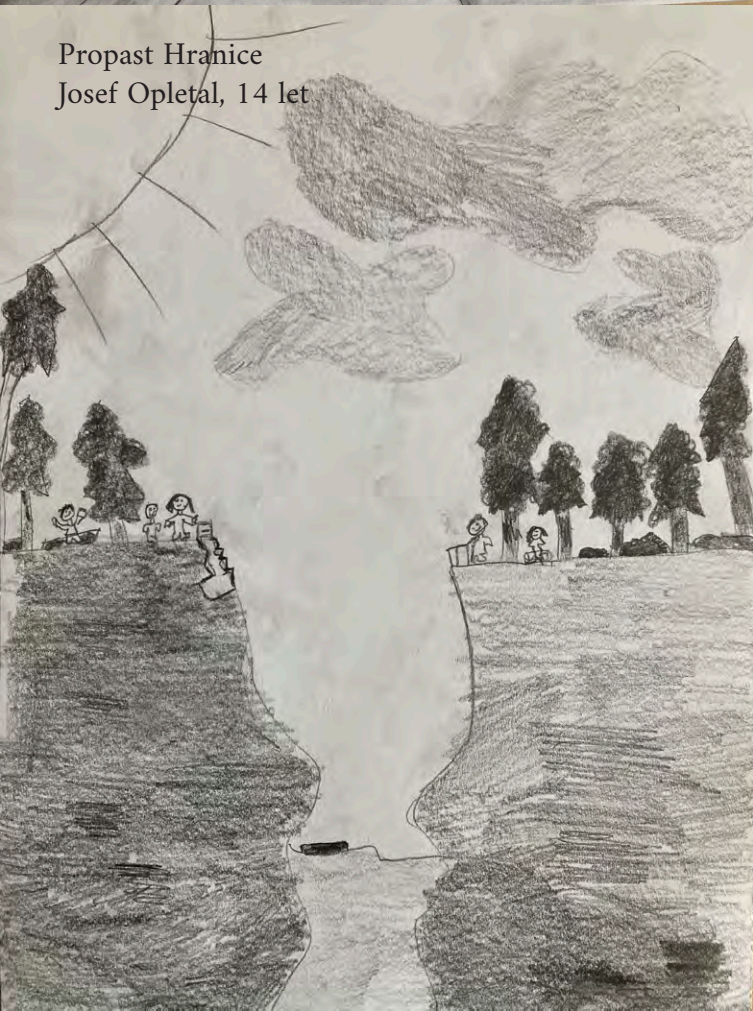
Anna Mynářová



Hrad Helfštýn
Margita Čuriová, 15 let



Viadukty Hranice
Nikolas Tomeš, 13 let



Propast Hranice
Josef Opletal, 14 let



Zámek Hranice
Iveta Čuriová, 13 let



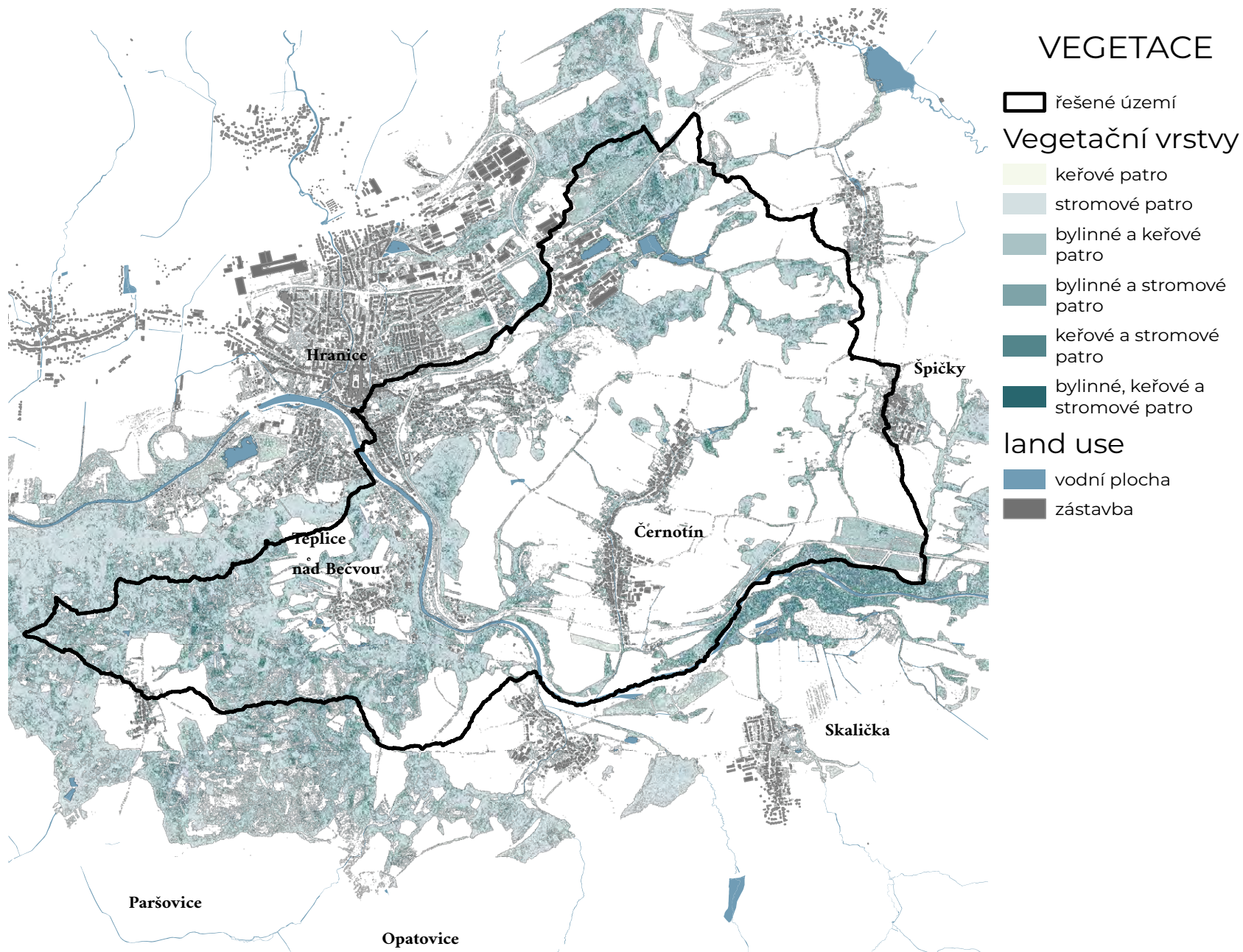
Kostel Hranice
Karolína Hodná, 15 let

5.3.5 Analýza lesní, krajinné a urbánní vegetace

Lidarová data se ukazují jako velmi cenný zdroj informací. V rámci širšího území Hranického krasu bylo analyzováno 827 413 471 bodů. Tyto body byly obarveny pomocí RGB snímků a klasifikovány do jednotlivých tříd (*ground, low vegetation, medium vegetation, high vegetation, building, water, low point, high noise*).

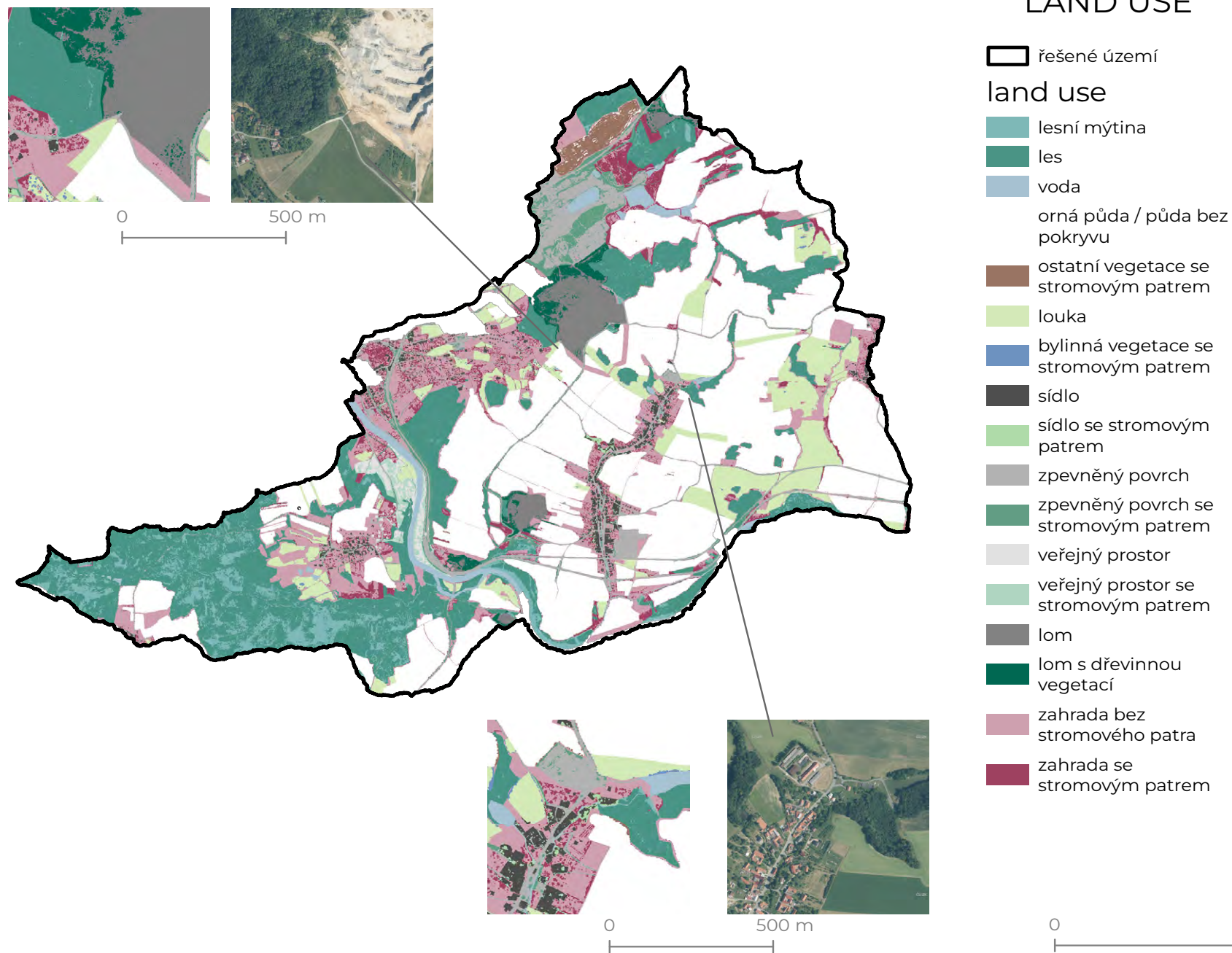
Výsledný podklad vypovídá o charakteru složení vegetačních prvků, o zastoupení jednotlivých etází (tříd) v rámci řešeného území a také o jejich pokryvnosti (tedy hustotě bodů v rámci jednotlivých tříd). Jde o cenný zdroj dat pro vylišení krajinných vegetačních prvků a jejich prostorové struktury nebo struktury sídelní vegetace. Dále lze porovnávat charakter vegetace v rámci dílčích urbanistických celků dle jednotlivých období. Např. v obci Černotín lze vylišit charakteristické znaky a uspořádání vegetace pro vesnickou zástavbu do padesátých let 20. století (uzavřená stavení s centrálním dvorem a zahradou, mimo stavení porosty s charakterem sadu), za následující období do devadesátých let 20. století (dům bez hospodářského zázemí, relativně velká parcela s dostatkem ploch pro vegetaci) a novodobé zástavby (malá parcela, velké plochy pro parkování, terasy apod., málo prostoru pro zahradu). Z tohoto uspořádání lze odvozovat kvalitu soukromé sídelní vegetace. Tato analýza je následně dále interpretována s daty z NDVI a teplotními snímky z dálkového průzkumu země. Zastoupení jednotlivých typů vegetace na území Hranického krasu lze vidět na Obr. 36.

Na základě těchto vstupních dat byla vytvořena aktualizovaná mapa *land use*. Vybrané kategorie využití území byly aktualizovány o informaci týkající se vegetace na pixel 1 x 1 m bezešvě pro celé území (Obr. 37).



Obrázek č. 36: Zastoupení lesní, krajinné a urbánní vegetace v řešeném území. Vegetace je vylišena do 3 etází – bylinné, keřové a stromové včetně jejich překryvu (viz legenda).





Obrázek č. 37: Mapa *land use* aktualizovaná o typy vegetace definované pomocí LIDAR



Hraničná propast
Eliška Benešová, 11 let



Duch jeskyní
Petra Dreiseitlová, 12 let



Krápníky,
Nikol Králová, 12 let

Půdní pokryv

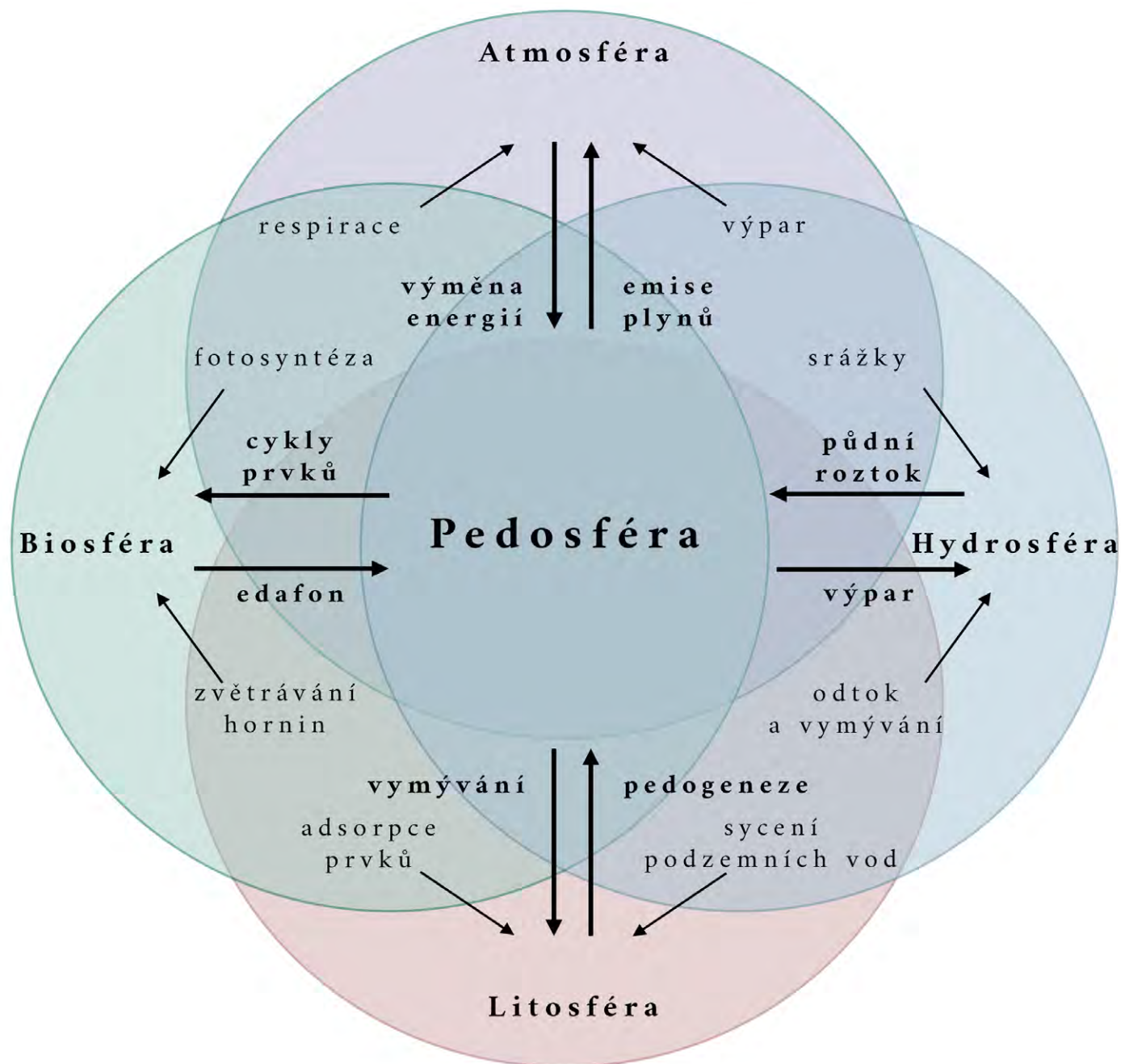
Vítězslav Vlček, Jana Šimečková

6.1 Co je vlastně půda

Půdu lze v klasickém holistickém konceptu chápat jako samostatný přírodně-historický útvar, který vzniká působením různých vnějších faktorů (např. klima; biologické procesy – rostliny, živočichové, mikroorganismy; podzemní voda) na mateční horninu v průběhu času. K vnějším faktorům patří i činnost člověka, která se stále více uplatňuje v procesu formování půdy. Graficky viz Obr. 38.

Koncepce půdy však v současnosti naráží na problémy s definicí půdy a míry jejího ovlivnění. Jak již bylo uvedeno výše, půda je tradičně chápána jako přírodní útvar vytvořený působením přírodních procesů, přičemž ale například u Antrosolů (jedna z Referenčních skupin půd dle české klasifikace) jde o útvary silně ovlivněné (až vyrobené) lidskou činností. Do této skupiny půd se řadí například terasy, rekultivované plochy po těžbě, střešní zahrady, případně zahrady jako takové. Z tohoto hlediska by se tedy dalo polemizovat, zda u střešních zahrad můžeme hovořit ještě/už o půdě, stejně jako u lidmi vytvořených valů hradu Svrčov.

Proto se přidržujeme spíše širšího pojetí pojmu půda v hranicích World Reference Base for Soil Resources (WRB – Světová referenční báze pro půdní zdroje 2014/2015), kde je uvedena tato definice: „Veškerý materiál do 2 m od povrchu země, který je v kontaktu s atmosférou, s výjimkou živých organismů, oblastí se souvislou ledovou pokrývkou bez dalšího materiálu a vodní plochy hlubší než 2 m.“



Obrázek č. 38: Vztah mezi jednotlivými složkami životního prostředí a půdou. Mezi jednotlivými sférami dochází k poměrně velké výměně látek a energií. Poškozením jedné sféry dochází, dříve nebo později, k poškození i dalších sfér.¹

1 FORTUNA, A. (2012) The Soil Biota. Nature Education Knowledge 3(10): 1

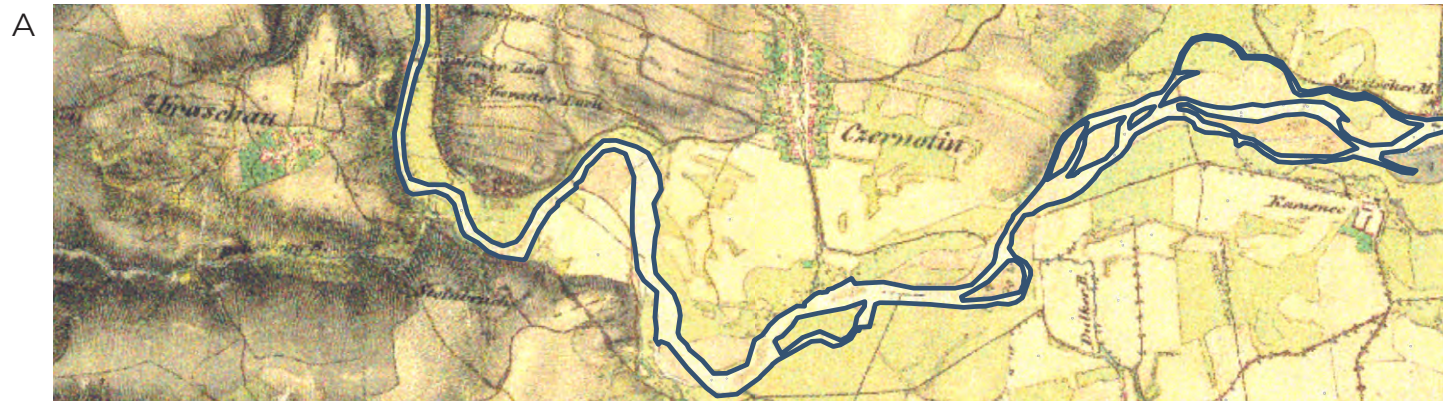
6.2 Podklady pro půdní mapování

V průběhu řešení projektu probíhala revize dostupných půdních podkladů, jako jsou např. historická mapování a výsledky komplexního průzkumu půd. Při vytváření půdní mapy se pak výsledky jednotlivých sond zaznamenávaly do geografického informačního systému (GIS), který umožňoval vizualizaci a analýzu prostorových dat. Na základě těchto dat bylo možno vytvořit detailnější mapu půdy, která ukazuje poměrně vysokou variabilitu zejména v lesních plochách.

Jako jeden z prvních podkladů mohou posloužit data II. vojenského (Františkova) mapování z let 1836–1852. Tato data vznikla v období začátku průmyslové revoluce a rozvoje intenzivního zemědělství. Díky tomuto mapování lze dnes dokladovat ústup lesa a rozvoj zemědělsky využívaných ploch. Rovněž je zde možné pozorovat původní průběh koryta řeky Bečvy ještě před jeho napřímením (Obr. 39A).

Další vývoj krajiny, a tedy i využití půdy dokumentují ortofotomapy z padesátých let 20. století (Obr. 39B). Za povšimnutí stojí stále ještě malé výměry pozemků s protáhlým tvarem a zachovalá síť polních cest v okolí propasti. To vše zanikne v šedesátých letech 20. století po scelování pozemků do velkých bloků. Zajímavý je i (prozatím) omezený zábor lomu Černotín a stále patrný meandr Bečvy.

Pro porovnání se současným stavem je přiložen ortofotosnímek z roku 2021 (Obr. 39C).



 břehy řeky Bečvy v roce 1830



Obrázek č. 39: Srovnání průběhu koryta řeky Bečvy v letech 1830, 1950 a 2021. Podklady ČÚZK, CENIA

0 1000 m





Obrázek č. 40: Vtok do mlýnské strouhy zanesený štěrkem po povodni z roku 1925



Obrázek č. 41: Přibližné místo v roce 2024

Mlýnský náhon v Černotíně

Mlýn v Černotíně byl postaven v roce 1864 (Špůrová, 2013). Voda do něj byla přiváděna pomocí dlouhého náhonu vedeného z Bečvy. Náhon za mlýnem ústil do Hluzovského potoka, Rudolf Malina, tehdejší majitel mlýna, jej ale na přelomu 19. a 20. století vyvedl přímo do Bečvy. V roce 1954 byl rozhodnutím ministra výkupu provoz mlýna ukončen. Náhon je v současné době nepoužívaný a zarostlý.

Historická fotografie (Obr. 40) ukazuje vtok Bečvy do mlýnské strouhy v roce 1925. Tok Bečvy byl ovlivněn záplavami a nánosem štěrku. Na vrcholku kopce, za řekou vlevo, je možné vidět obec Špičky.

Současná fotografie (Obr. 41) ukazuje přibližné místo pořízení historické fotografie. Orientačním bodem je jez. Změny hospodaření v krajině vedly k zarůstání určitých míst, například zde v okolí Bečvy. V roce 1830 bylo okolí Bečvy využíváno pro pastvu dobytka. Dnes lužní porosty v okolí Bečvy zarůstají křídlatkou a netýkavkou, invazními rostlinami. Právě husté porosty křídlatky dnes znemožňují pořídit totožný záběr jako v minulosti. Shodou okolností byla současná fotografie pořízená za zvýšeného stavu vody v Bečvě.

Za největší zdroj dat o půdě lze bezesporu považovat Komplexní průzkum zemědělských půd (KPP). Ten je i v kontextu současné doby jedinečnou akcí, kterou iniciovala vláda začátkem roku 1961. Cílem bylo získat podklady pro efektivní řízení zemědělství prostřednictvím detailního terénního průzkumu půd a systematického agrochemického testování. Tato rozsáhlá iniciativa byla dokončena až v roce 1972, přičemž zájmové území Hranického krasu bylo mapováno již v roce 1963¹. Jak v Českých zemích, tak na Slovensku byla použita jednotná metodika, která zajistila

¹ kpp.vumop.cz



Obrázek č. 42: Ukázka výstupů Komplexního průzkumu zemědělských půd u výběrové sondy V001-001 v k. ú. Černotín. Každá z teček na mapě reprezentuje kopanou půdní sondu s různou úrovní detailů půdních vlastností (základní sondy – zelené body; výběrové nebo speciální sondy – zde žlutý bod) (zdroj <https://kpp.vumop.cz>).

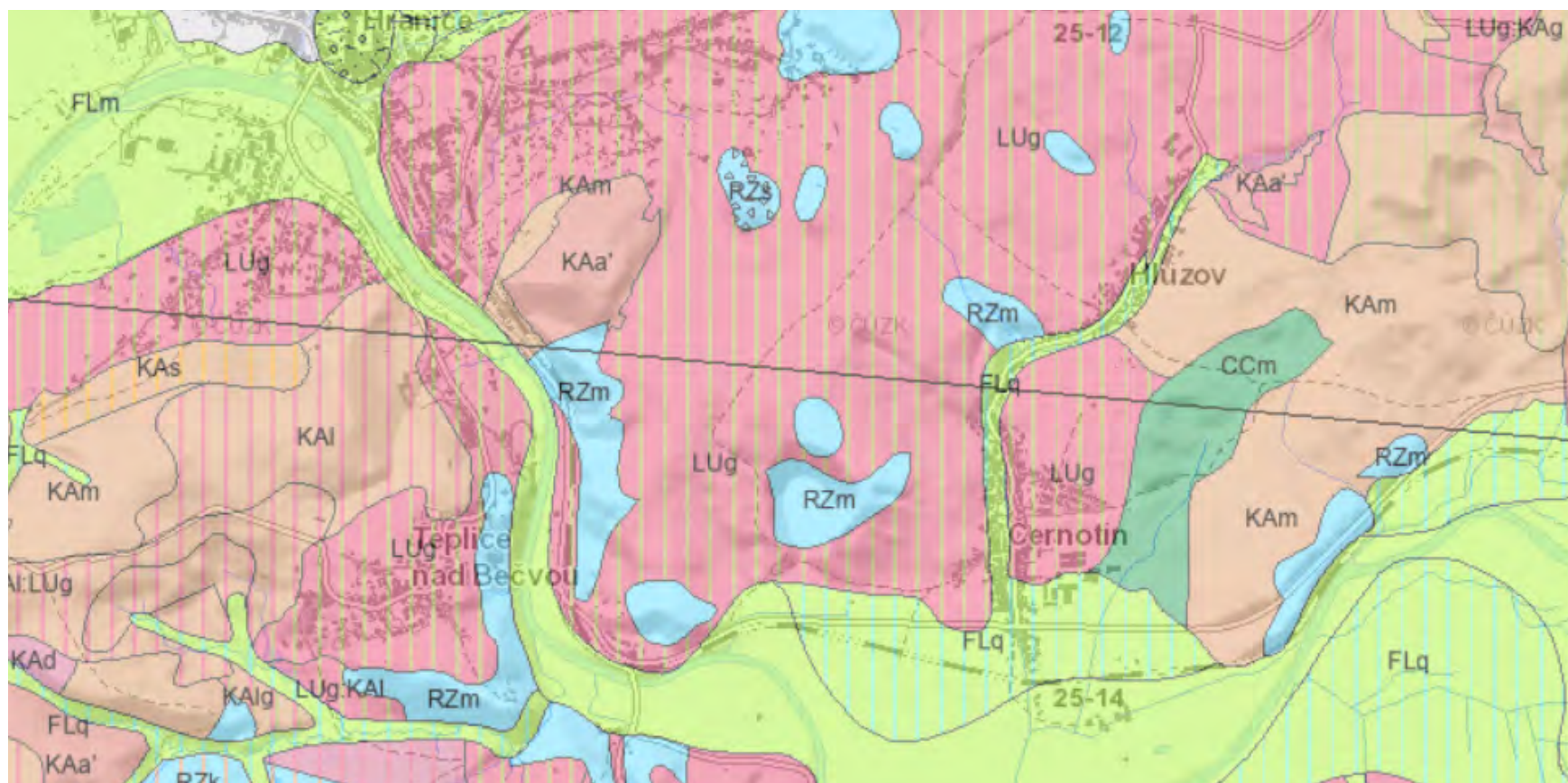
přenositelnost a interpretovatelnost dat. I přes časovou mezeru téměř šedesáti let se jedná o nejucelenější monotematický soubor dat o půdě. Dlužno však poznamenat, že shrnuje pouze data ze zemědělských půd, zatímco lesními půdami se zabýval například cyklus Národní inventarizace lesů (NIL) z let 2001–2004 a 2011–2015. Na Obr. 42 a 43 lze vidět výřez z mapové a textové databáze KPP.

Popis	Sonda 1.
Hospodářský obvod	Černotín
Název sondy	V001-001
Klasifikace půdy	IPg illimerizovaná půda oglejená
Půdotvorný substrát	57 sprašové hlíny-bez určení
Erozní forma	smytá (sm)
Hloubka půdy	velmi hluboká
Zrnitost	H/JH hlinitá/jílovitohlinitá
Skeletovitost	-
Uhličitany [cm]	ne
Podzemní voda [cm]	ne
Provedené meliorace	ne
Datum průzkumu	1963
Rostlinný kryt v době průzkumu	ostatní

Obrázek č. 43: Detaily vybrané půdní sondy V001-001 v k. ú. Černotín (žlutý bod na obr. č. 28) (zdroj <https://kpp.vumop.cz>)

Na mapovém podkladu České geologické služby v měřítku 1 : 50 000 (Obr. 44) je poměrně jasně patrné, že podstatnou část lesních porostů NPR Hůrka (včetně bezprostředního okolí propasti) a obě rezervace Velká a Malá Kobylanka by měly tvořit půdy vzniklé na vápencích (rendziny), v mapě světle modré plochy. Zemědělskou půdu pak tvoří prakticky výhradně půdy vzniklé na čtvrtohorních sedimentech – sprašových hlínách (luvizemě v různém stupni oglejení), v mapě červené plochy se zeleným šrafováním. Velkou plochu tvoří rovněž niva řeky Bečvy (v mapě

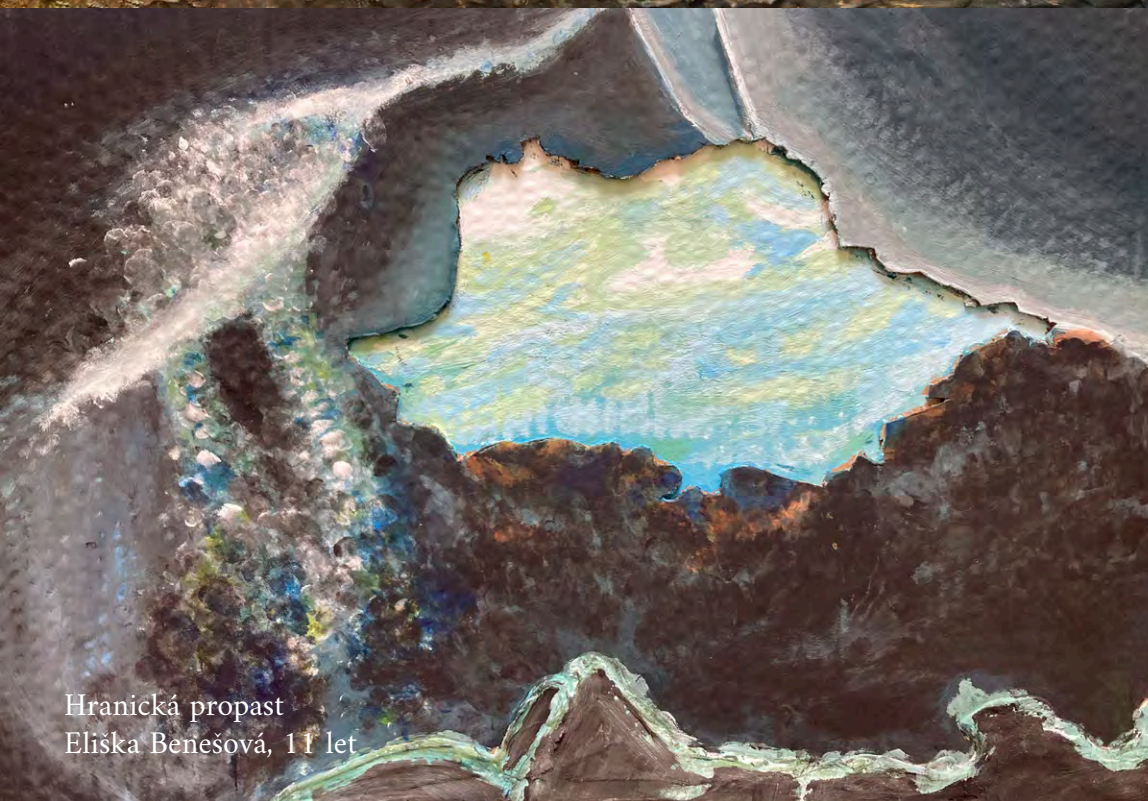
světle zelená), protínající i zástavbu obcí Černotín a Teplice nad Bečvou a nacházející se také v místech zaniklého meandru (tzv. nivní půdy, dle současné klasifikace fluvizemě).



Obrázek č. 44: Půdní mapa v měřítku 1 : 50 000 České geologické služby (zdroj <https://mapy.geology.cz/pudy/>)



Žralok
Nela Brožková, 12 let



Hranická propast
Eliška Benešová, 11 let



Pro každého jinak
Alena Jungová, 14 let

6.3 Půdní mapování a jeho výsledky

6.3.1 Propast a její bezprostřední okolí

Svah v propasti je pokryt produkty zvětrávání vápence, které jsou z hlediska zrnitosti jílovitohlinité až jílovité. Z vlastní hmoty svahu vyčnívá několik vápencových skalek a stupňů. Zde můžeme dokladovat půdní typy: litozem karbonátová, rendzina litická a rendzina suťová. Omezeně se v některých zvlněných částech svahu předpokládá i výskyt akumulovaných forem předchozích půdních typů, při mapování však nebyly zachyceny. Okraj propasti s turistickým chodníkem je kryt produkty zvětrávání pískovce (Obr. 45 Obr. 46), které jsou zrnitostně velmi lehké. Zde bychom našli půdní typ regozem. Ty vyznívají až do oblasti Velkého závrtu, případně do zemědělských ploch východně od propasti (zde jsou ale překryty erodovaným, zrnitostně těžším materiálem). Schematické znázornění půdního pokryvu bezprostředního okolí Hranické propasti je prezentováno na Obr. 47.



Obrázek č. 45: Vývraty v bezprostředním okolí propasti, za povšimnutí stojí velký skelet ohlazený vodou.

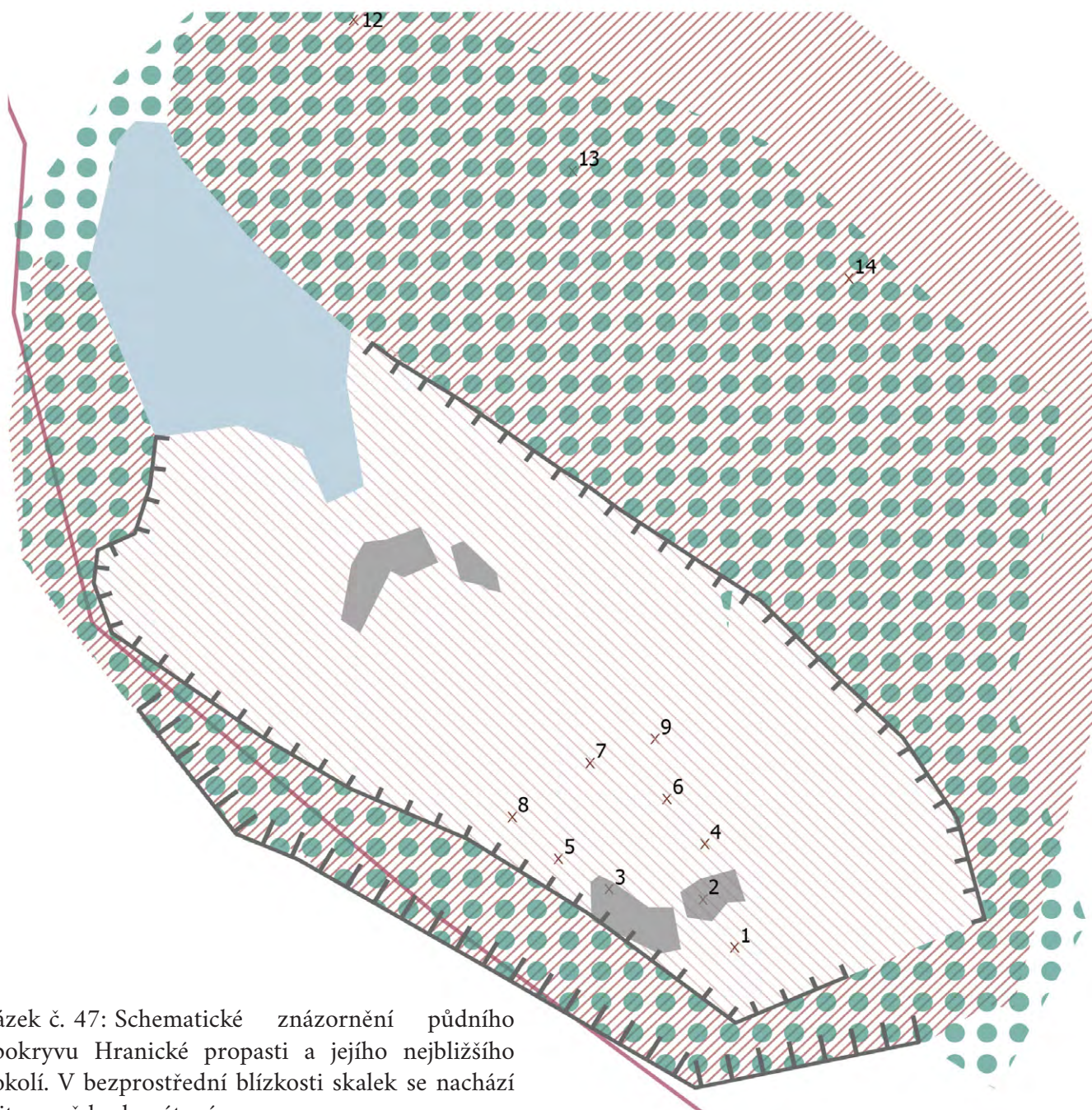


Obrázek č. 46: Detaily sondovací tyče se zrnitostně lehkým (písčitým) materiálem okrajů propasti – zde vzniká půdní typ regozem.



PŮDNÍ POKRYV NEJBLIŽŠÍHO OKOLÍ HRANICKÉ PROPASTI

- x umístění iontoměniče
- červená turistická trasa
- ┐ okraj propasti
- └ okraj závrtu
- půdy**
- ▨ výskyt regozemě
- ▨ rendziny litické až suťové, regozemě (erozní zbytky jiných půdních typů)
- půdní pokryv**
- jezírko
- skalky v propasti
- les



Obrázek č. 47: Schematické znázornění půdního pokryvu Hranické propasti a jejího nejbližšího okolí. V bezprostřední blízkosti skalek se nachází litozemě karbonátové.

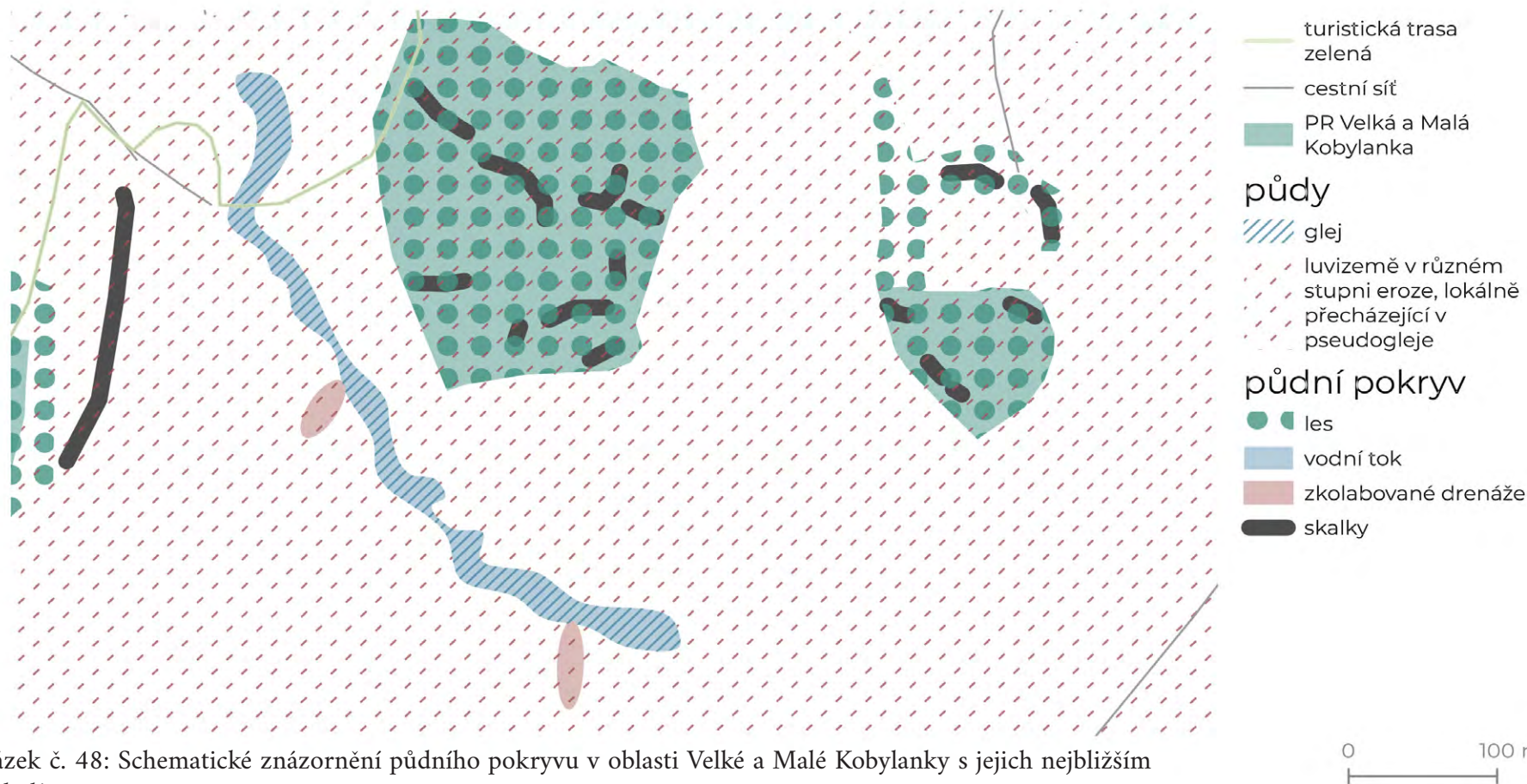
0 10 m



6.3.2 Oblast přírodních rezervací Velká a Malá Kobylanka

Názory na krasový reliéf a jeho vývoj se v literatuře liší, často je však citována teorie Tyráčka (1962), který jej označuje jako pohřbený tropický kras s krasovými kužely nebo mogoty. Ty byly ve čtvrtohorách částečně pohřbeny eolickými sedimenty. Lze proto pozorovat poměrně výrazné rozdíly v půdním pokryvu severních (návětrných) částí Velké a Malé Kobylanky, které jsou skalnatější s výskytem rendzin litických

až suťových, a částí jižních (závětrných), kde docházelo k ukládání výše zmíněných eolických sedimentů a vzniku různě mocných luvizemí. Okolní zemědělsky využívané pozemky jsou kryty prakticky výhradně luvizemími, v různém stádiu oglejení, případně eroze/akumulace. Část ploch s vodním tokem, kam je vyspádována plošná trubková drenáž, pokrývá půdní typ glej. Schematické znázornění půdního pokryvu v oblasti Velké a Malé Kobylanky je prezentováno na Obr. 48.

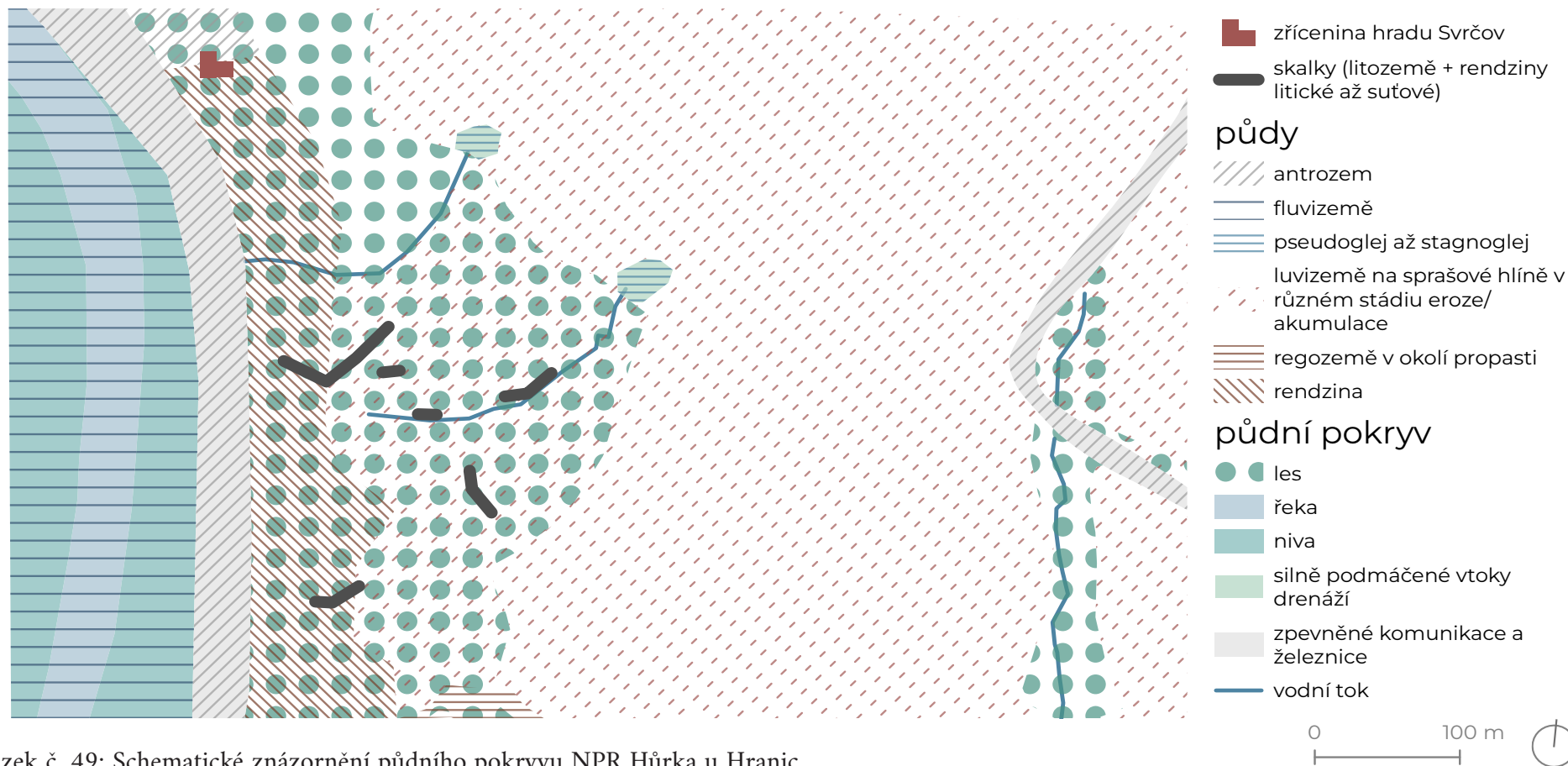


Obrázek č. 48: Schematické znázornění půdního pokryvu v oblasti Velké a Malé Kobylanky s jejich nejbližším okolím

6.3.3 Národní přírodní rezervace (NPR) Hůrka u Hranic

Zemědělsky využívané pozemky v oblasti národní přírodní rezervace (NPR) Hůrka u Hranic jsou opět poměrně uniformně kryty luvizeměmi, opět v různém stádiu oglejení, případně eroze/akumulace. Na částech ploch, kde je odváděna přebytečná voda trubkovou drenáží mimo zemědělské plochy do NPR Hůrka, byly dokladovány silně podmáčené plochy se semihydromorfními půdními typy (pseudoglej, stagnoglej). V lesních plochách je situace poněkud složitější z důvodů vysoké variability reliéfu. Sezónní toky navázané na výusti drenáže tvoří až erozní reliéf s půdními

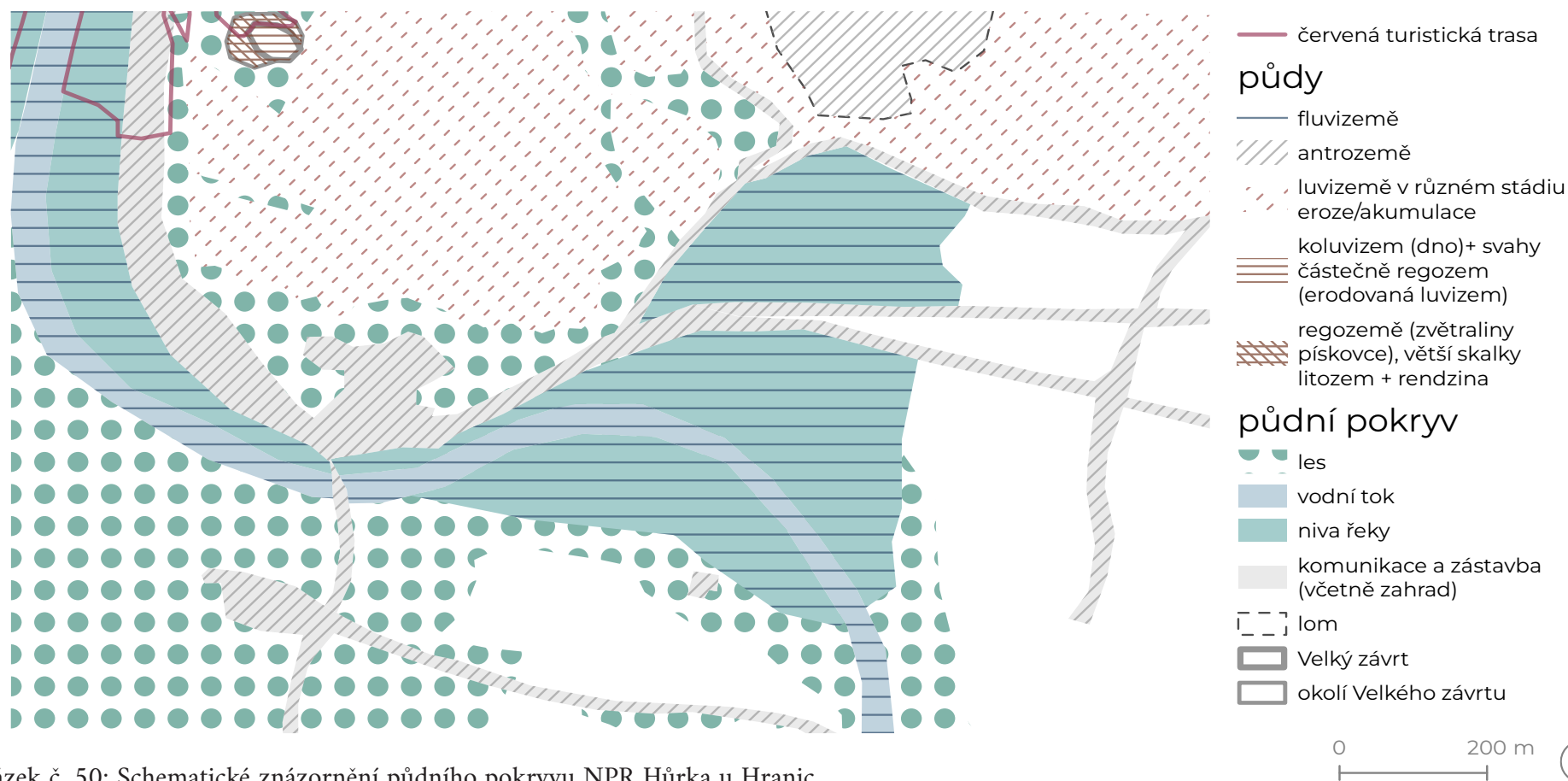
typy pseudoglej/stagnoglej/regozem. Svahy spadající na západ k železnici jsou sice v příhodných místech opět překryty sprašovou hlínou (půdní typ luvizem), ale s růstem sklonu svahu narůstá rovněž zastoupení rendzin a litozemí. Oblast zříceniny hradu Svrčov je možné definovat půdním typem antrozem. Severně nad zříceninou Svrčova se začíná na drobách objevovat i půdní typ kambizem, na plošinách a příhodných částech terénu jsou droby opět překryty různě mocnými vrstvami sprašových hlín. Schematické znázornění půdního pokryvu NPR Hůrka u Hranic je prezentováno na Obr. 49.



Obrázek č. 49: Schematické znázornění půdního pokryvu NPR Hůrka u Hranic

6.3.4 Oblast na JV od Hranické propasti

Velkou část ploch zde zaujímá půdní typ fluvizem (půdy vzniklé v okolí řek periodickým usazováním sedimentů) s různým využitím (orná půda, les). Fluvizemě různého stupně oglejení najdeme také v místech bývalého meandru řeky Bečvy. Další velkou část ploch zde zaujímají i antrozemě, tj. půdy silně ovlivněné až přetvořené člověkem (budovy, zahrady, silnice, lomy, železnice). Schematické znázornění půdního pokryvu NPR Hůrka u Hranic je prezentováno na Obr. 50.



Obrázek č. 50: Schematické znázornění půdního pokryvu NPR Hůrka u Hranic

6.4 Další potenciál vývoje půd v okolí Hranické propasti na zemědělských pozemcích

Lidé u zemědělských půd výrazně upřednostňují jednu z funkcí půdy – produkci plodin. Obvykle proto optimalizují vlastnosti půdy tak, aby dosáhli co nejvyššího výnosu. V aktuálních osevních postupech je zařazeno pouze několik málo zemědělských plodin, přičemž tyto plodiny mají většinou podobné požadavky na půdní podmínky (pH, živiny, dostupnost vody, zpracování půdy, obsah kyslíku apod.), což vede k tomu, že se během dalšího vývoje půdy (pedogeneze) zužuje rozsah těchto hodnot pro jakoukoliv půdu. Tento úzký rozsah vlastností se přitom pohybuje směrem k atraktoru¹ (Obr. 52A). I když je tento ukazatel specifický pro každou jednotlivou vlastnost, napříč různými druhy a typy půd se příliš neliší.

Způsob lidské zemědělské aktivity tak nejenže ovlivňuje půdní strukturu a kvalitu půdy, ale také přispívá k homogenizaci půdních vlastností v různých oblastech, kde se provádí zemědělství (Obr. 52B). Tato homogenizace půd (ať již z hlediska půdních vlastností, nebo klasifikace půdy) může mít dlouhodobé dopady na biologickou rozmanitost půdy, na její ekologické funkce a na udržitelnost zemědělských systémů. Největší změny lze tedy očekávat zejména u části zemědělsky využívaných ploch, které lze již v současnosti považovat za rizikové. Pokud to vztáhneme na lokalitu Hranické propasti a okolí, jedná se o:

- vývěry u kolabujících drenáží – vznik podmačených ploch, riziko povrchové, případně vnitropůdní eroze,
- svažité části pozemků – pokračující vodní eroze (ukázka projevů vodní eroze v průběhu řešení projektu je prezentována na Obr. 51),
- vývěry aktuálních trubkových drenáží do NPR Hůrka – pokračující stržová eroze směrem do zemědělsky využívaných ploch a částečně i eroze eolického materiálu v lesním porostu.

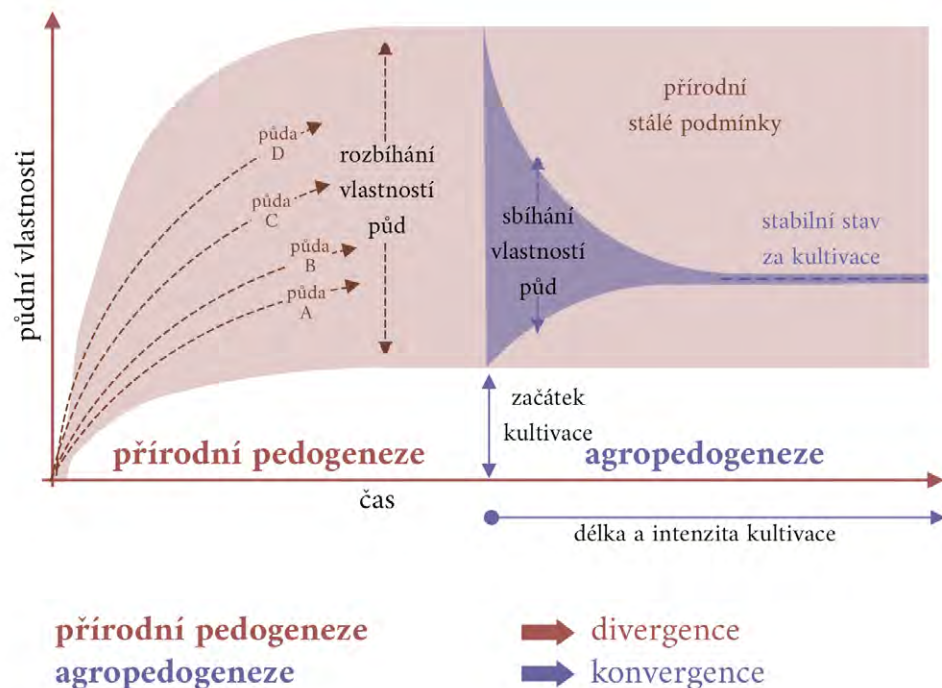
Široká škála přírodních půd a jejich vlastností se tak vlivem rostlinné výroby a degradace postupně mění, což (po)vede ke vzniku jen několika málo typů půd s úzkým spektrem vlastností (dle české klasifikace půjde např. o regozem, koluvizem nebo antrozem²).

² Pozorný čtenář si všiml, že obrázek uvádí konvergenci a vznik regosols nebo anthrosols dle klasifikace WRB 2014/2015. Ta je ale postavená na jiných základech než česká klasifikace, takže například samostatný půdní typ z české klasifikace koluvizem (akumulace více než 50 cm materiálu z eroze v podsvahové poloze) ve světové klasifikaci WRB 2014/2015 nenajdeme.



Obrázek č. 51: Vodní eroze na zemědělských pozemcích nedaleko propasti. Na bázi svahu vzniká půdní typ koluvizem, na erodovaných plochách regozem (foto srpen 2021).

¹ Atraktor je konečný stav, do kterého směřuje dynamický systém v čase.

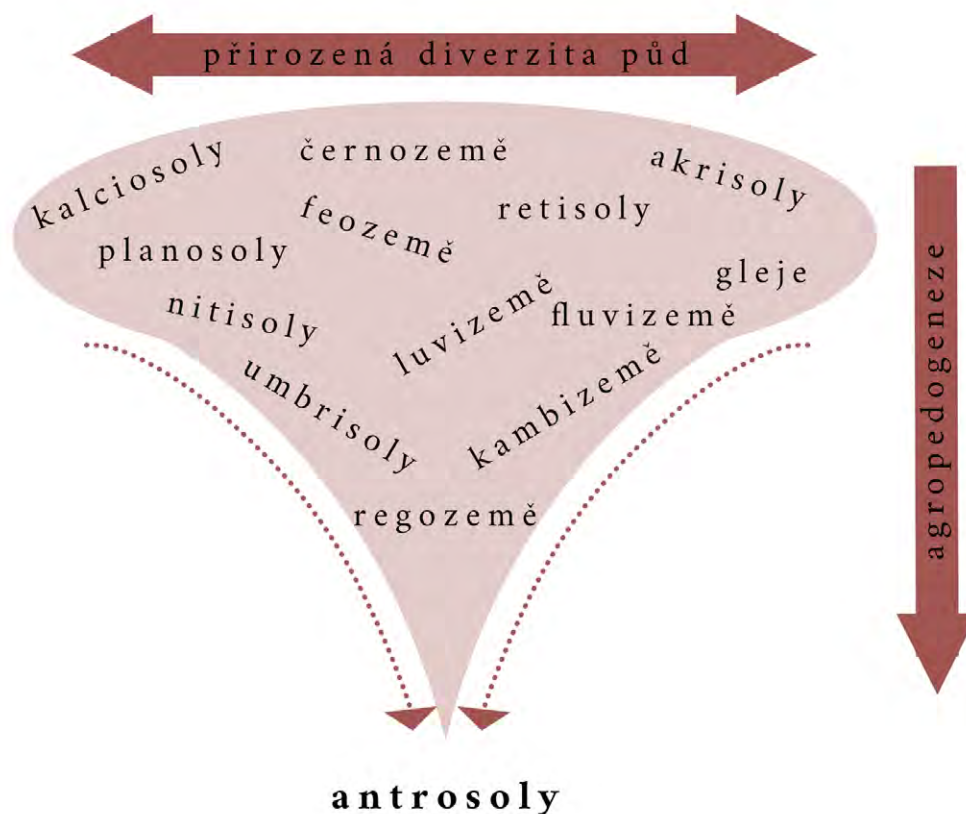


A

Obrázek č. 52: Schéma konvergence¹ (sbíhání) půdních vlastností v důsledku agropedogeneze;

A – optimalizace konkrétní půdní vlastnosti u různých půdních typů sice vede ke zlepšení podmínek pro vybrané zemědělské plodiny, ale

¹ Kuzyakov, Y., Zamanian, K. 2019 Reviews and Syntheses: Agropedogenesis– human-kind as the sixth soil-forming factor and attractors of agricultural soil degradation. Biogeosciences, 16, 4783–4803, 2019. <https://doi.org/10.5194/bg-16-4783-2019>



B

zároveň i ke zúžení (sbíhání) rozsahu optimalizované vlastnosti;

B – optimalizace půdních vlastností může současně podpořit degradaci půdy (eroze, ztráta půdní organické hmoty, utužení, zasolení půdy, acidifikace aj.) a tím dochází i ke změně (resp. konvergenci) půdní klasifikace.



Uvnitř jeskyně
Gabriela Mácová, 14 let; Eva Mrkvová, 13 let



Stalagnát
Markéta Derychová, 13 let

Zatížení okolí propasti dusíkem

– iontoměniče

Vítězslav Vlček, Jana Šimečková

7 Zatížení okolí propasti dusíkem – iontoměniče

Použití minerálních hnojiv ohrožuje povrchové a podzemní vody nadměrnou koncentrací dusíku a v posledních letech přitahuje stále větší pozornost (Spalding a kol., 2019). Určení zdroje dusičnanů, případně zdroje přeměn dusíku, je základem ochrany a hospodaření s vodními zdroji a životním prostředím v zemědělských povodích. Vzhledem k rozmanitosti zdrojů dusičnanů a složitosti přeměn dusíku (Paredes a kol., 2020; Utom a kol., 2020) je však poměrně složité určit konkrétní zdroje a přeměny dusičnanů v povodí. Z tohoto důvodu byly ověřovány potenciální vstupy dusíku z agrosystému do NPR Hůrka, resp. do Hranické propasti a jejího okolí.

Obsah amonného dusíku (NH_4^+) souvisí zejména s přeměnou organického dusíku v půdní organické hmotě či rostlinných zbytcích na anorganický dusík. Při tomto procesu půdní mikroorganismy rozkládají organický materiál a uvolňují amonný dusík. Tvorba NH_4^+ se tak zvyšuje s rostoucí mikrobiální aktivitou (růst mikroorganismů zase souvisí s teplotou a obsahem vody v půdě). Zdrojem dusičnanů je další přeměna amoniaku přes dusitany (NO_2^-) na dusičnany (NO_3^-) prostřednictvím procesu nitrifikace, na zemědělských půdách mohou být zdrojem minerální hnojiva. Dusičnany se jako poměrně rozpustné sloučeniny pohybují se srážkami mimo kořenovou zónu (hlouběji než 80–100 cm). Dusičnany, které se pohybují pod kořenovou zónou, tak mají potenciál proniknout do podzemních nebo povrchových vod.

Amonné ionty (NH_4^+) v rámci devadesátidenních intervalů

- Na svahu Hranické propasti (body 1–9) se rozmezí hodnot pohybovalo od 0,007 do 0,149 mg NH_4^+ /ml iontoměniče.
- Záchyty v bezprostředním okolí propasti (body 10–14) se pohybovaly v rozmezí od 0,095 do 1,755 mg NH_4^+ /ml iontoměniče, tedy v podstatě o řád výše než na svahu propasti. Důvodem vyšších hodnot zde může

být jednak snížení povrchového odtoku v odtocích z roviny (okolí propasti) ve srovnání se svahem propasti, jednak vyšší množství opadu (organické hmoty) v okolí propasti, což odpovídá i naměřeným maximům záchytu v obdobích po opadu listů.

- Záchyty (s rozmezím 0,023–0,573 mg NH_4^+ /ml iontoměniče) u výstupu ze zemědělských drenáží se pak pohybovaly mezi těmito dvěma skupinami hodnot. Uvedené pravděpodobně souvisí s transformačními a sorpčními ději v půdě – zde v podstatě analyzujeme dusičnany, které pronikly mimo kořenovou zónu agrosystému a dotují okolní prostředí dusíkem.

Nitrátový dusík (NO_3^-) v rámci devadesátidenních intervalů

- Na svahu Hranické propasti (body 1–9) se rozmezí hodnot pohybovalo od 0,003 do 0,510 mg NO_3^- /ml iontoměniče.
- Záchyty v bezprostředním okolí propasti (body 10–14) se pohybovaly v rozmezí od 0,010 do 0,672 mg NO_3^- /ml iontoměniče, tedy v podstatě podobně jako na svahu propasti. Předpokládáme, že jak u této skupiny vzorků, tak u vzorků ze svahu propasti se může jednat o atmosférické depozice, které mikroorganismy s ohledem na vnější podmínky nezvládají využít. Maxima hodnot byla totiž nacházena zejména v zimních měsících.
- Záchyty (v rozmezí 0,005–0,213 mg NO_3^- /ml iontoměniče) u výstupu ze zemědělských drenáží se pohybovaly pod těmito dvěma skupinami hodnot. Zde podobně jako u amoniakálního dusíku analyzujeme pouze látky, které pronikly mimo kořenovou zónu (tj. hlouběji než 80–100 cm) agrosystému a dotují tak okolní prostředí.

Vody Hranického krasu

Petra Oppeltová, Milan Geršl, Ondřej Ulrich



„Tajemství probublávání vody ze dna řeky Bečvy nad lázněmi Teplice z horkých letních dnů mého dětství, stejně jako jedné z nejhlubších propastí a spleti vzácných aragonitových jeskyní, je nyní poodkryto. Hranický kras odhaluje jen kouskem unikátní mohutnou vápencovou strukturu nořící se hluboce, tisíce metrů, pod geologické útvary flyše Oderských vrchů a Jeseníků. Všechna propojení a závislosti složitého systému vzniku minerálních vod však ještě neznáme. O to pečlivěji a citlivě musíme o ochranu Hranického krasu pečovat. Poděkování všem, kteří tak činí.“

*RNDr. Jitka Seitlová
místopředsedkyně Senátu*

8 Vody Hranického krasu

Krasové zvodně jsou vnímány jako podstatný vodní zdroj v celosvětovém měřítku. Jejich vodou je zásobována přibližně čtvrtina světové populace, což zdůrazňuje jejich význam i naléhavou potřebu jejich ochrany (Ford a Williams, 2007; Coxon, 2011).

Nejstarší zájem o zjištění původu vod v Hranické propasti popisuje Jordán (1580). Touto otázkou se později zabývalo mnoho výzkumníků, a to v různých jejích obměnách. Mezi ně patřily především snahy objasnit původ nejen vod v Hranické propasti a ve Zbrašovských aragonitových jeskyních, ale také původ minerálních vod – kyselek obecně. Prozaičtější rozměr nabývaly tyto snahy v případě stanovení ochranných pásem teplických lázní, vytyčení dobývacího prostoru cementářských surovin, ale i při dílčích přípravných pracích projektu Kanál Dunaj–Odra–Labe nebo při objasnění možného vlivu uvažované stavby vodního díla Skalička.

V lázních Teplice nad Bečvou byly historicky prováděny analýzy s cílem posoudit kvalitu exploatovaných minerálních vod. V Hranickém paleozoiku byly opakovaně prováděny analýzy týkající se především zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Při různých příležitostech pak byly prováděny analýzy vod z Hranické propasti a ze Zbrašovských aragonitových jeskyní. V letech 1997–1998 byly prováděny analýzy povrchových i podzemních vod Hranického krasu s cílem posoudit hypotézu možného mikrobiálního znečištění Zbrašovských aragonitových jeskyní průsaky ze splaškové kanalizace. Na množství historických analýz prováděných s různými cíli při různých příležitostech, v různých časových obdobích, ale i v různých kvalitách náš projekt nepřímo navázal s výhledem komplexního posouzení vod Hranického krasu.



Zoe Řeková, 8 let; Jitka Zlámalová, 9 let



Hranické koupaliště pro lidi bez peněz
Natálie Randýsková, 13 let



Jakub Ďurica, 7 let



Antonín Nevrlý, 8 let; Vojtěch Honěk, 10 let

8.1 Typy vod

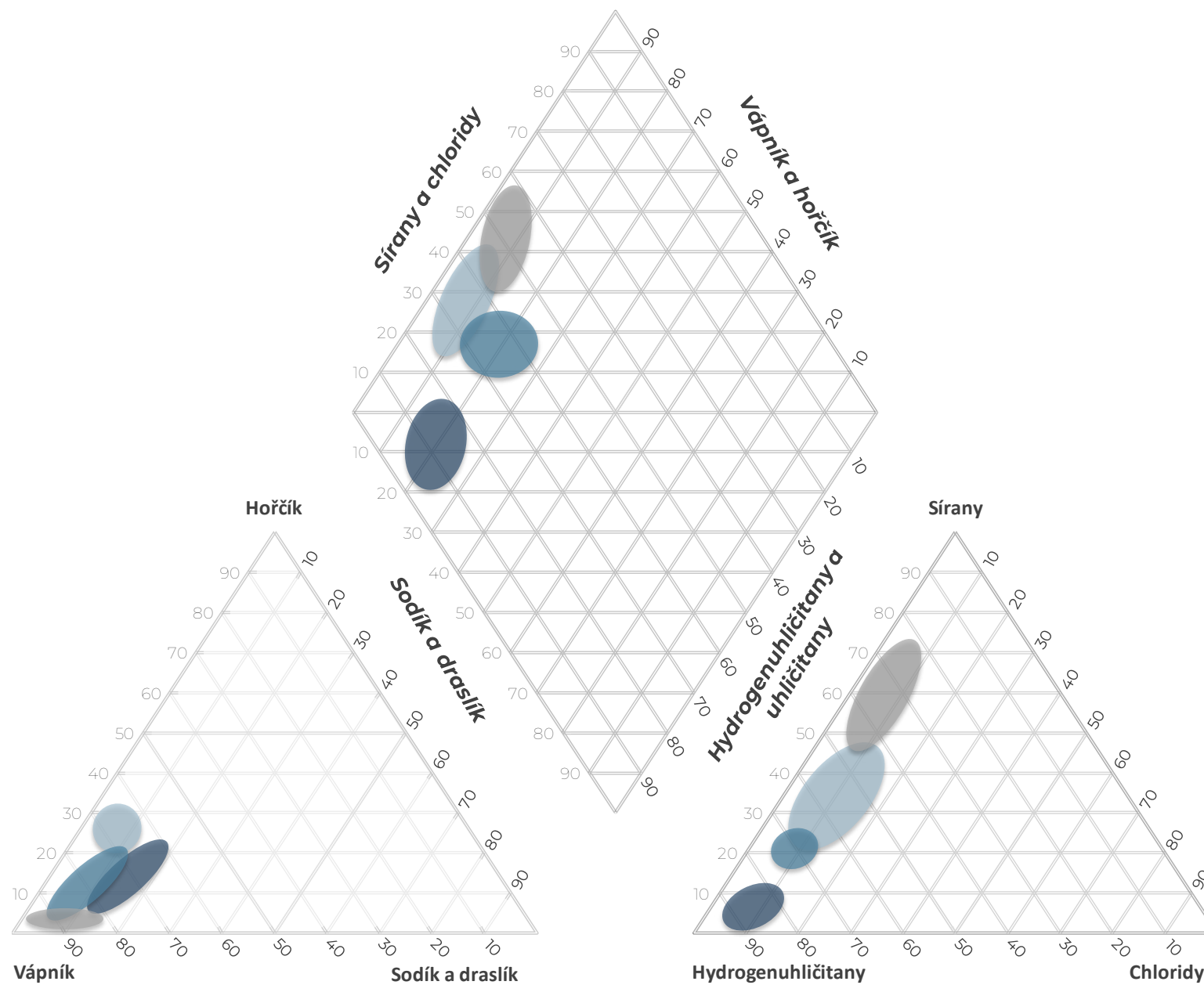
Obecně lze vody Hranického krasu rozdělit na vody povrchové a vody podzemní. Vzorkování probíhalo v povrchovém toku řeky Bečvy a v jejích podstatných přítocích, jako jsou potok Krkavec, Hlubocký a Hluzovský potok. Podzemní vody byly vzorkovány v přístupných hydrogeologických vrtech. Jako krasové vody byly vzorkovány vody vyskytující se v prostředí karbonátových hornin, a to prostřednictvím vrtů i výskytů v jeskyních. Minerální vody, tzv. kyselky byly vzorkovány ve Zbrašovských aragonitových jeskyních a v Hranické propasti. Pro dokreslení všech souvislostí byly vzorkovány také některé přirozené vývěry – studánky a odtoky ze zemědělských drenáží.

Na základě numericky zjištěných (analýza hlavních komponent) a graficky vyjádřených podobností (Piperovy diagramy) byly vyčleněny 4 typy vod vyskytující se v Hranickém krasu:

- voda povrchová – řeka Bečva, potok Krkavec, Hlubocký a Hluzovský potok,
- voda podzemní prostá – jeskyně v lomu Na Kučách, jeskyně v Temných skalách, vrty v severní části krasu (oblast cementárna), vrty v jižní části krasu (oblast Skalička),
- voda minerální – Teplice nad Bečvou: balneovrty R-I, R-II, R-III, Hranická propast, Zbrašovské aragonitové jeskyně (jezera Jeskyně smrti a Běčko),
- voda skapová – Zbrašovské aragonitové jeskyně (Křtitelnice, Opona a Turecký hřbitov).

Detailním posouzením informací, z nichž některé pocházejí už z konce 16. století (Jordán, 1580), a současných analytických dat docházíme k závěru, že minerální voda Hranického krasu (teplická kyselka) je svým hydraulickým režimem těsně spjata s hydrologickým režimem řeky Bečvy. Dlouhodobé časové řady ukazují na hydraulickou závislost podzemních

minerálních vod a povrchové vody řeky Bečvy. Zdrojová oblast minerálních vod je kladena také do prostoru řeky Bečvy poblíž osady Kamenec, příp. do oblasti Na Kučách. Původní názory (např. Řezníček, 1977; Šráček a kol., 2019) na lokalizaci infiltračního území vod, ze kterých jsou generovány minerální vody, jsou postupně doplňovány a modifikovány. Výsledky projektu potvrdily přímou souvislost povrchových vod v jižní oblasti Hranického krasu s vodami minerálními.



Obrázek č. 53: Piperovy diagramy znázorňující charakteristiku vod v Hranickém krasu: světle modrá - voda podzemní prostá, středně modrá - voda povrchová, tmavě modrá - voda minerální, šedá - voda jeskynní skapová

8.2 Znečištění vod organickými polutanty

Žádný z dosud prováděných výzkumů vod v Hranickém krasu se podrobně nezaměřoval na organické polutanty (EOCs – *emerging organic contaminants*). Z celkem 87 vzorkovaných lokalit bylo pro vyhodnocení a statistické zpracování EOCs vybráno 32 lokalit (Tab. 7), které byly rozděleny do tří kategorií: povrchové vody S (13 lokalit), podzemní vody G (8 lokalit) a teplé krasové vody T (11 lokalit). Do kategorie

povrchové vody (S) byly kromě vodních toků zařazeny i drenážní vody a vody mělkých studní a vrtů, které mají kontakt s vodami povrchovými. Kategorie podzemní vody (G) zahrnuje hluboké podzemní vody. Do kategorie teplé krasové vody (T) patří vody odebrané ve Zbrašovských aragonitových jeskyních, v Hranické propasti a v balneovrtech.

Tabulka č. 7: Seznam lokalit odběrů vzorků včetně hloubky a zeměpisných souřadnic (WGS 84) (ZAJ - Zbrašovské aragonitové jeskyně, HP - Hranická propast)

Kód	Název	Hloubka	La (WGS 84)	Lo (WGS 84)
S-1	S101A	10 m	49,5271883	17,8247276
S-2	S 116A	8 m	49,534411	17,7950301
S-3	Bečva		49,5259388	17,75285
S-4	Krkavec		49,5254226	17,7487819
S-5	Javorová studánka	3,5 m	49,5372863	17,7281999
S-6	Teplice studna 1	3,4 m	49,5280369	17,7387491
S-7	Teplice studna 2	3,2 m	49,5288071	17,7417745
S-8	Teplice studna 3	2,9 m	49,5283782	17,73568331
S-9	Kamenec studna	50 m	49,529089	17,8117902
S-10	Hluzov drenáž	3 m	49,54806	17,7759557
S-11	Černotín studna	4 m	49,5364788	17,7704138
S-12	HV-1010	17,1 m	49,5254621	17,7538083
S-13	HV-1012	12 m	49,5253867	17,7521127

Kód	Název	Hloubka	La (WGS 84)	Lo (WGS 84)
G-1	HJ02	66 m	49,5304493	17,7571546
G-2	S101	40 m	49,5272186	17,8246736
G-3	S 116	40 m	49,5344428	17,7951089
G-4	S 121	100 m	49,5307479	17,8113371
G-5	S 133	100 m	49,5229036	17,761627
G-6	S104	100 m	49,5279646	17,7952437
G-7	S 113	20 m	49,532548	17,8125947
G-8	Lučiska	100 m	49,5203957	17,7471571
T-1	R-I	60 m	49,5316529	17,7461472
T-2	R-II	143 m	49,5334889	17,7457772
T-3	R-III	101 m	49,5321471	17,7438445
T-4	ZAJ - Běčko	1 m	49,5320282	17,7453102
T-5	ZAJ - Bezejmenná	1 m	49,5321389	17,7453499
T-6	HP - severozápadní chodba 30	30 m	49,5324326	17,7501486
T-7	HP - teplý vývěr 30	30m	49,5323726	17,7505633
T-8	HP - teplý vývěr 40	40 m	49,5322292	17,7505631
T-9	HP - teplý vývěr 60	60 m	49,531997	17,7505756
T-10	ZAJ - Jeskyně smrti	3 m	49,5316544	17,743949
T-11	HP - Jihozápadní chodba	6 m	49,5319191	17,7502494

Výsledky monitoringu ukazují, že ve vodách v Hranickém krasu se nachází pesticidy, metabolity pesticidů a farmaka. Ojedinele zde byly nalezeny také bisfenol A (organická látka, která se využívá při výrobě plastů) a DEET (repelentní látka).

Kategorie povrchové vody (S) zahrnuje lokality, kde je vysoký předpoklad, že zde EOCs vstupují do vodního prostředí. Co se týká počtu nalezených kontaminantů, na prvním místě je řeka Bečva. Nejvyšší koncentrace často dosahovaly řádu $\mu\text{g/l}$. U skupiny chloracetanilidových a pyridazinových pesticidů byly dle předpokladů vždy zjištěny vyšší obsahy metabolitů než mateřských látek. Ani v jednom z případů nebyly maximální hodnoty primárních látek nebo metabolitů vázány na vodní tok, ale na drenáže anebo mělké studny o hloubkách cca 3 m, z nichž řada slouží jako lokální zdroje pitné vody.

Nejvyšší suma všech primárních látek pesticidů v rámci jednoho odběru ($3\,071,5\text{ ng/l}$) byla zjištěna v drenáži na Hluzovském kopci (S-10). Nejvyšší suma všech metabolitů pesticidů ($1\,744,9\text{ ng/l}$) byla v mělké studni v Černotíně (S-11).

U triazinových pesticidů byla maximální hodnota z primárních látek zjištěna v Teplicích v mělkých studnách S-6 (142 ng/l atrazin) a u metabolitů v S-7 (105 ng/l desethylatrazin). U chloracetanilidových pesticidů z primárních látek maximum v Kamenci v mělké studni S-9 ($25,5\text{ ng/l}$ Dimethenamid) a u metabolitů v Černotíně v S-11 ($1\,400\text{ ng/l}$ lor ESA). Primární látky pyridazinových pesticidů i jejich metabolity měly v obou případech svoje maximum v drenáži v Hluzově S-10 ($14,3\text{ ng/l}$ chloridazon; $2\,230\text{ ng/l}$ chloridazon DESPH) (Tab. 8).

U farmak byly maximální hodnoty NSAID ve studni v Teplicích S-8 (976 ng/l). U skupin ATB a ATDe byly naměřeny nejvyšší koncentrace shodně v Bečvě S-3 ($79,7\text{ ng/l}$ a $62,6\text{ ng/l}$) (Tab. 8).

V Bečvě S-3 a mělkém vrtu S-2 (S116A) byl rovněž analyzován Bisfenol A ($54,1\text{ ng/l}$; 144 ng/l) a ve vrtu S-13 (HV-1012), který se nachází v nivě Bečvy, byl nalezen repelent DEET (141 ng/l).

Z výše uvedených výsledků jsou patrné proměnlivé vstupy primárních látek a metabolitů do systému.

Do kategorie podzemní vody (G) bylo zařazeno 8 lokalit zahrnující pouze hluboké vrty (Tab. 7) s proměnlivou hloubkou od 20 m (G-7) do 100 m (G-4, G-5, G-6, G-8). Jedná se tedy o lokality, kde lze předpokládat, že dochází k dalšímu transportu látek EOCs z lokalit, které jsou v kontaktu s povrchovou vodou (S), dále do hydrogeologického systému. Co se týká maximálních koncentrací nalezených kontaminantů, na prvním místě je lokalita G-4 (vrt s hloubkou 100 m), kde bylo nalezeno celkem $1\,877\text{ ng/l}$ metabolitů chloridazonu (ale pouze $7,9\text{ ng/l}$ primární látky). Ve všech sledovaných lokalitách převyšují nálezy metabolitů nad mateřskými látkami jak v počtu nalezených látek, tak v koncentracích. Nejvyšší počet látek patřících do triazinových pesticidů byl nalezen ve vrtech G-6 a G-8 (S104 a Lučiska). V těchto dvou vrtech byly jako v jediných z kategorie podzemní vody (G) nalezeny nejen metabolity, ale i mateřské látky triazinových pesticidů (desethylatrazin, atrazin-DES-DI, Symetrin, Terbutryn, Prometryn aj.), přičemž maximální hodnoty dosahoval v rámci jednotlivých nálezů atrazin-2-OH (241 ng/l) a Terbutylazin-2-OH (532 ng/l). Metabolity triazinových pesticidů byly detekovány i opakovanými nálezy ve vrtu G-1 (HJ02 $9,8\text{--}39\text{ ng/l}$), který se nachází v blízkosti Hranické propasti (Tab. 9).

Ve vrtu G-8 byly jako u jediného v této skupině zjištěny nálezy triazolových pesticidů, konkrétně Tetraconazole (142 ng/l).

Tabulka č. 8: EOCs v kategorii povrchové vody (S) s uvedením LOD (limit of detection), u pesticidů s hodnotou GUS indexu. V závorce uveden rok zákazu používání v EU. Tučně – mateřské látky; kurzivou – metabolity; ATB – antibiotika; ATDe – antidepresiva; NSAID – nesteroidní antiflogistika (non-steroidal anti-inflammatory drugs).

		LOD	GUS	min		max		avg	med	sd
		ng·L ⁻¹		ng·L ⁻¹	lokalita	ng·L ⁻¹	lokalita	ng·L ⁻¹	ng·L ⁻¹	ng·L ⁻¹
NSAID	Diclofenac	5		5,6	S-3	549	S-8	107,3	37,6	160,7
	Ibuprofen	10		11,1	S-3	976	S-8	141,5	31,2	296,9
ATB	Azitromycin	25; 200		79,7	S-3	79,7	S-3	79,7	79,7	0,0
	Clarithromycin	25		19,4	S-3	56,6	S-3	41,6	48,7	16,0
	Sulfamethoxacol	5		5,4	S-12	52,2	S-3	29,1	28,5	16,9
	Trimethoprim	5		8,4	S-1	12,2	S-3	10,6	11,2	1,6
ATDe	Venlafaxine	10		5,1	S-3	19,9	S-3	12,5	12,5	7,4
	<i>O-desmethylvenlafaxin</i>	5		13,7	S-3	42,7	S-3	26,4	22,1	10,7
Urea pest	Chlorotoluron	5	2,01	10,3	S-3	13,6	S-2	11,7	11,4	1,2
Tria Dia Pest	Atrazin (2005)	10	2,57	43,7	S-7	142	S-6	88,7	86,7	31,6
	<i>Desethylatrazin</i>	5	3,24	6,3	S-10	105	S-7	45,5	52,3	34,4
	<i>Atrazine-2-OH</i>	5	x	6,5	S-8	78,6	S-6	26,9	19,8	20,7
	<i>Atrazin-DES-DI</i>	5	x	5,3	S-9	86,1	S-7	29,8	24,3	26,3
	Simazin (2004)	5	2,2	5,4	S-6	30,8	S-7	13,9	9,7	10,2
	Simetryn (2005)	5	3,02	5,2	S-3	5,2	S-3	5,2	5,2	0,0
	Terbutryn (2003)	5	2,21	6,5	S-3	66,4	S-11	21,2	8,8	22,8
	Terbutylazin	5	2,19	14,1	S-9	14,1	S-9	14,1	14,1	0,0
	<i>Terbutylazin deseth</i>	5	3,07	46	S-9	46	S-9	46,0	46,0	0,0
	<i>Terbutylazin-2-OH</i>	5	4,75	5,4	S-4	32,9	S-11	21,4	24,9	9,4
	<i>Terbutylazin-DE2OH</i>	5	x	5,4	S-9	5,4	S-9	5,4	5,4	0,0
	Propazin (2004)	5	3,86	5,2	S-6	6,4	S-6	5,8	5,8	0,6
Chloracet Pest	<i>Metazachlor OA</i>	5	5,18	5,9	S-3	282	S-11	82,0	43,5	87,1
	<i>Metazachlor ESA</i>	10	6,18	10,8	S-8	1400	S-11	232,0	60,1	326,7
	<i>Metolachlor ESA</i>	10	7,22	10,4	S-7	155	S-8	38,9	29,9	32,9
	<i>Alachlor ESA (2008)</i>	10	x	12,1	S-8	12,7	S-8	12,4	12,4	0,3
	<i>Acetochlor ESA(2013)</i>	10	3,73	28,4	S-9	66	S-1	46,4	45,5	16,6
	<i>Acetochlor OA (2013)</i>	5	2,49	5	S-9	5	S-9	5,0	5,0	0,0
	Dimethenamid	5	2,41	25,5	S-9	25,5	S-9	25,5	25,5	0,0
	<i>Dimethenamid ESA</i>	5	5,34	7,4	S-2	49,3	S-9	27,0	25,7	19,0
	<i>Dimethenamid OA</i>	5	5,4	12,9	S-9	18,5	S-9	15,7	15,7	2,8
Pyridazine	Chloridazon (2020)	5	2,16	5,1	S-1	14,3	S-10	8,2	7,6	3,1
	<i>Chloridazon DESPH</i>	5	5,46	5,7	S-3	2230	S-10	441,8	159,0	635,4
	<i>Chloridazon DESPH ME</i>	5	4,39	5,1	S-7	943	S-10	160,5	44,7	235,1
ostatní látky	Bisfenol A	5		54,1	S-3	144	S-2	99,1	99,1	45,0
	DEET	100		141	S-13	141	S-13	141,0	141,0	0,0

Z chloracetanilidových pesticidů jsou zde zastoupeny pouze metabolity, mateřské látky v podzemních vodách (G) nalezeny nebyly. Nejvyšší suma metabolitů byla zjištěna u vrtu G-1 (HJ02), který se nachází v blízkosti Hranické propasti (1 584 ng/l).

Ve skupině pyridazinových pesticidů byly nálezy jak mateřských látek, tak metabolitů. Nejvyšší koncentrace chloridazonu (33,5 ng/l) byla naměřena ve vrtu G-6 (S104), nejvyšší hodnota všech metabolitů (1 877 ng/l) ve vrtu G-4 (S121).

U farmak byly maximální hodnoty nesteroidních antiflogistik (150 ng/l) ve vrtu G-4 (S121). Antibiotika (115 ng/l) byla nalezena pouze ve vrtu G-6 (S104) a dále (25,6 ng/l) ve vrtu G-7 (S113) (Tab. 9). Antidepresiva nebyla zjištěna v žádné z lokalit podzemních vod.

Ve vrtech G-6 (S104) a G-4 (S121) byl opakovaně nalezen bisfenol A v koncentracích dosahující až 655 ng/l. Ve vrtu G-6 (S104) byl zjištěn repelent DEET (114 ng/l).

Do kategorie teplé krasové vody (T) bylo zařazeno 11 lokalit, které zahrnují termální vývěry minerálních vod, jezera v jeskyních a vývěry v propasti (Tab. 7). Jedná se tedy o lokality, kde by se dala předpokládat akumulace látek EOCs z lokalit kategorií S a G, případně by se mělo jednat o plochy antropicky minimálně ovlivněné.

V teplých krasových vodách byla ojediněle nalezena stopová množství metabolitů i mateřských látek triazinových a diazinových pesticidů. Konkrétně se jedná o atrazin a jeho metabolity a simazin. Maximální hodnota mateřských látek triazinových a diazinových pesticidů (20,6 ng/l) byla v T-10 (JSMR), maximální hodnota metabolitů (32,3 ng/l) rovněž v T-10 (JSMR) (Tab. 10).

Z chloracetanilidových pesticidů se jednalo pouze o nálezy metabolitů,

žádné mateřské látky této skupiny zde nalezeny nebyly. Stopové množství metabolitů (186 ng/l) bylo detekováno i v balneovrtu T-1 (RI) (Tab. 10), konkrétně se jednalo o metazachlor ESA a metolachlor ESA. Limitní hodnota pro jednotlivé látky (limitní hodnota 2,5 µg/l metazachloru ESA pro pitnou vodu dle vyhlášky 252/2004 Sb., v platném znění), ani pro sumu látek (0,5 µg/l) překročena nebyla.

Skupina pyridazinových pesticidů je rovněž zastoupena pouze metabolity. Maximální hodnota metabolitů (474,1 ng/l) byla v Hranické propasti v Jihozápadní chodbě (T-11). Obr. 54 dokumentuje podobu vzorků vody z Hranické propasti bezprostředně po odběru.



Obrázek č. 54: Upravené vzorkovnice pro odběr vody z vývěrů v Hranické propasti

Tabulka č. 9: EOCs v kategorii podzemní vody (G) s uvedením LOD (limit of detection), u pesticidů s hodnotou GUS indexu. V závorce uveden rok zákazu používání v EU. Tučně – mateřské látky; kurzivou – metabolity; ATB – antibiotika; ATDe – antidepresiva; NSAID – nesteroidní antiflogistika (non-steroidal anti-inflammatory drugs).

		LOD	GUS	min		max		avg	med	sd
		ng.L ⁻¹		ng.L ⁻¹	lokalita	ng.L ⁻¹	lokalita	ng.L ⁻¹	ng.L ⁻¹	ng.L ⁻¹
NSAID	Diclofenac	5		8,4	G-4	112	G-4	41,4	34,5	33,7
	Ibuprofen	10		27,6	G-6	150	G-4	75,1	37,6	49,2
ATB	Azitromycin	25; 200		115	G-6	115	G-6	115,0	115,0	0,0
	Sulfamethoxacol	5		25,6	G-7	25,6	G-7	25,6	25,6	0,0
Urea pest	Chlorotoluron	5	2,01	43,4	G-8	43,4	G-8	43,4	43,4	0,0
Tria Dia pest	<i>Desethylatrazin</i>	5	3,24	25,3	G-8	25,3	G-8	25,3	25,3	0,0
	<i>Atrazine-2-OH</i>	5	x	5,4	G-3	241	G-8	38,2	15,8	62,0
	<i>Atrazin-DES-DI</i>	5	x	5,2	G-6	6,5	G-6	5,9	5,9	0,7
	Simetryn (2005)	5	3,02	6,2	G-6	7,7	G-6	7,0	7,0	0,8
	Terbutryn (2003)	5	2,21	7,4	G-6	12,4	G-8	9,9	9,9	2,5
	Prometryn (2004)	5	0,59	6,4	G-6	28,5	G-8	17,5	17,5	11,1
	<i>Terbutylazin-2-OH</i>	5	4,75	9,9	G-6	532	G-8	72,9	23,6	153,3
	<i>Terbutylazin-DE2OH</i>	5	x	7	G-6	8,1	G-6	7,6	7,6	0,6
	Prometon (2005)	5	6,31	6	G-6	6	G-6	6,0	6,0	0,0
	Sucbumeton	5	3,24	6,5	G-6	6,5	G-6	6,5	6,5	0,0
Chloracet Pest	<i>Metazachlor OA</i>	5	5,18	6,5	G-5	534	G-1	107,5	57,5	129,6
	<i>Metazachlor ESA</i>	10	6,18	10,6	G-5	1050	G-1	414,6	348,0	323,7
	<i>Metolachlor OA</i>	15	6,88	22,2	G-4	53,8	G-4	38,0	38,0	15,8
	<i>Metolachlor ESA</i>	10	7,22	13	G-7	97,4	G-4	44,0	41,4	20,4
	<i>Acetochlor ESA (2013)</i>	10	3,73	10	G-4	35,9	G-8	23,7	22,3	8,8
	<i>Acetochlor OA (2013)</i>	5	2,49	12,7	G-6	12,7	G-6	12,7	12,7	0,0
	<i>Dimethenamid ESA</i>	5	5,34	6,5	G-2	79,9	G-4	37,9	34,5	23,6
	<i>Dimethenamid OA</i>	5	5,4	6,9	G-4	47	G-6	22,4	21,8	13,1
	<i>Dimethachlor ESA</i>	5		5,7	G-1	6,3	G-1	6,0	6,0	0,2
Pyridazine	Chloridazon (2020)	5	2,16	5,4	G-1	33,5	G-6	11,0	7,8	9,3
	<i>Chloridazon DESPH</i>	5	5,46	11,3	G-5	1490	G-4	351,2	265,5	366,5
	<i>Chloridazon DESPH ME</i>	5	4,39	5,8	G-3	436	G-6	183,0	146,0	151,4
Strobilur	<i>Azoxystrobin</i>	5	3,1	5,6	G-6	16,3	G-6	11,0	11,0	5,4
ostatní látky	Bisfenol A	5		268	G-6	655	G-4	437,8	414,0	149,7
	DEET	100		114	G-6	114	G-6	114,0	114,0	0,0



„Poutní místa se navzájem podobají: leží v krasu či mezi skalami, někde v okolí je nějaká památka na démony nebo čerta, tou býval bohužel zničený krasový útvar Čertova kazatelna za Hranickou propastí. Hned vedle bývá poutní místo a obydlí poustevníka, jímž v lese u Hranic býval pověstný Jurik od poutního kostelíčka.

Často v okolí nalézáme nějaký pramen, který jako inspirace stoupá z hlubin stovky metrů hlubokých. Ve Svatém Janu pod Skalou je to svatoivanský pramen, jehož nejhlubší část leží nejméně 600 m pod povrchem, v případě Hranic ještě hlubší zdroj Hranické propasti.

Člověk má skoro pocit nějaké podsvětní hlubiny a hned si s úlekem vzpomene na ztracený hrob Julia Freuda, bratra Sigmunda Freuda, který byl pohřben na hranickém židovském hřbitově a ptá se, co vše přinášejí podzemní vody do duše člověka.“

*RNDr. Václav Cílek, CSc.
Geologický ústav Akademie věd ČR, v.v.i.*

Stopové množství farmak bylo během sledovaného období nalezeno u většiny lokalit teplé krasové vody (T). Ve většině případů se jednalo o stopové koncentrace nesteroidních antiflogistik, kdy nejvyšší z těchto stopových koncentrací (47,4 ng/l) byla v balneovrtu T-3 (RIII). Jediný nález antibiotik (73,8 ng/l) byl v teplém vývěru ve 30 m v Hranické propasti (T-7). Farmaka patřící do skupiny antidepresiv v žádné lokalitě T detekována nebyla.

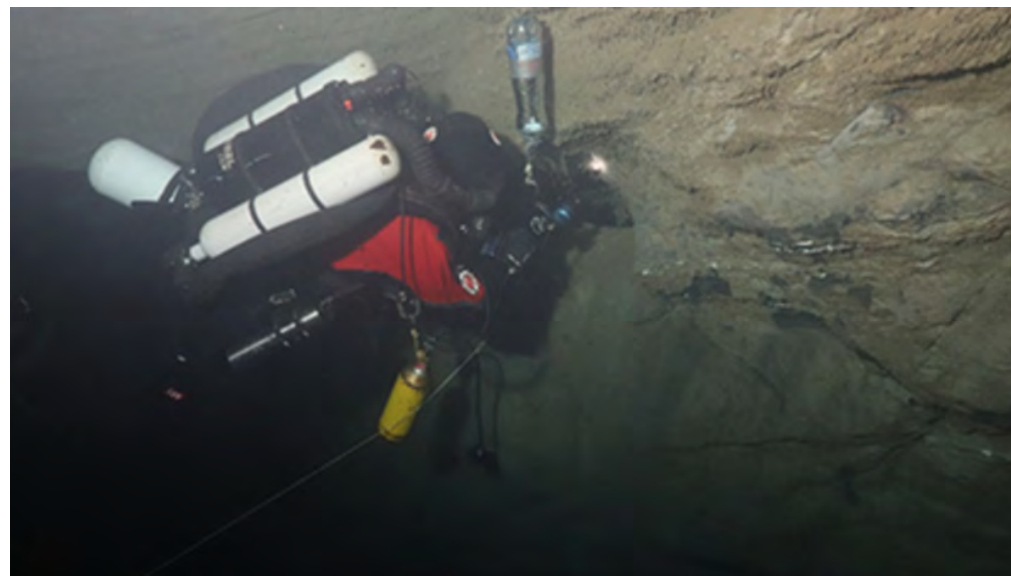
Bisfenol A byl v lokalitách teplé krasové vody (T) zjištěn (242 ng/l) pouze v teplém vývěru v 60 m v Hranické propasti T-9. Repelent DEET byl detekován (132 ng/l) v Hranické propasti v Jihozápadní chodbě (T-11). Obr. 55 dokumentuje odběr vzorků vody v zatopené části Hranické propasti.

Z výše uvedených výsledků jsou patrné proměnlivé vstupy primárních látek a metabolitů do systému. Výsledky ukazují, že nejvyšší koncentrace (dosahující řádově až $\mu\text{g/l}$) pesticidů, jejich metabolitů i farmak byly nalezeny v lokalitách kategorie povrchové vody (S) zahrnující povrchové a mělké podpovrchové vody včetně vod drenážních a také mělké studny. Kategorie povrchové vody představují oblasti, kde se do hydrologického systému dostává znečištění z bodových i plošných zdrojů. Tyto lokality jsou situovány v intenzivně obdělávané zemědělské krajině, kde se používají pesticidy a průmyslová hnojiva. Kromě toho je zde patrný vliv vypouštěných odpadních vod. EOCs se do hydrogeologického systému dostávají především infiltrací z povrchového odtoku, vyplavováním půdními vrstvami a také z odpadních vod, protože žádná z čistíren odpadních vod v zájmovém území nedisponuje technologií k jejich odstraňování.

Do monitoringu jakosti byly zahrnuty i studny nacházející se v zastavěném území obcí Černotín a Teplice nad Bečvou (S-6, S-7, S-8, S-11). V těchto studnách byla zjištěna kontaminace metabolity pesticidů i léčivy (Diclofenac, Ibuprofen) v koncentracích dosahujících až 1 $\mu\text{g/l}$. Zdrojem této kontaminace jsou pravděpodobně úniky odpadních vod z kanalizací

rodinných domů nad vzorkovanými lokalitami, případně infiltrace z čistírny odpadních vod.

Vzhledem k nepříznivým redoxním a degradačním podmínkám (např. anaerobní podmínky a omezená mikrobiální aktivita) mohou tyto látky v podzemních vodách setrvávat velmi dlouho (Sorensen a kol., 2015; Dueñas-Moreno a kol., 2022). Dueñas-Moreno a kol. (2022) poukázal na to, že jakmile se bisfenol A dostane do podzemních vod, představuje vysoké riziko pro lidské zdraví.



Obrázek č. 55: Odběr vzorků z teplého vývěru v 60 m v Hranické propasti

Velmi vysoké koncentrace EOCs (v řádu µg/l) byly zjištěny i u kategorie podzemní vody (G), tj. ve vrtech hlubokých několik desítek metrů (až 100 m). V těchto hlubokých vrtech byly nalezeny jak metabolity pesticidů, které ukazují na kontaminaci pocházející ze zemědělství, tak farmaka, jejichž zdrojem je pravděpodobně kontaminace odpadními vodami. Kvůli propustnému podloží (písečné půdy a vápencové podloží) se tak i z těchto hlubokých podzemních vod mohou EOCs dále šířit.

Rámcová směrnice o vodách 2000/60/ES, související Směrnice o pitné vodě 2020/2184 ES a Směrnice o podzemních vodách 2006/118/ES požadují, aby koncentrace jednotlivých pesticidů nebo metabolitů v podzemních vodách nepřesáhla 0,1 µg/l, a celková koncentrace všech pesticidů a metabolitů musí být nižší než 0,5 µg/l. Celkovou koncentrací se rozumí součet všech jednotlivých pesticidů zjištěných a kvantifikovaných v rámci monitoringu, včetně jejich příslušných metabolitů (2006/118/ES). Tyto hodnoty nesmí být v pitné vodě překročeny a jsou doporučeny jako

standards kvality podzemních vod (směrnice 2020/2184 ES; 2006/118/ES).

Limitní hodnota 0,1 µg/l byla opakovaně překročena ve všech sledovaných vzorcích podzemních vod, přičemž některé látky tento limit překračovaly až desetinásobně. Jedinou výjimkou je vrt G-7 (S113), který tuto hranici nepřekročil po celou dobu pozorování. Geologický profil vrtu G-7 je složen z fluvialních štěrků a hlinitopísčitých sedimentů s vysokou propustností až do hloubky 6,8 m, do hloubky 20,0 m pod nimi se vyskytují jíly a jílovce s nízkou propustností. Limitní celková koncentrace 0,5 µg/l byla překročena ve vrtech G-1, G-3, G-4, G-6 a G-8.

Ve vrtech G-6 (S104) a G-4 (S121) byl opakovaně detekován bisfenol A, přičemž koncentrace ve vrtu G-4 dosahovaly až 655 ng/l a v G-6 až 268 ng/l.

Tabulka č. 10: EOCs v kategorii teplé krasové vody (T) s uvedením LOD (limit of detection), u pesticidů s hodnotou GUS indexu. V závorce uveden rok záka-zu používání v EU. Tučně – mateřské látky; kurzivou – metabolity; ATB – antibiotika; ATDe – antidepresiva; NSAID – nesteroidní antiflogistika (non-steroidal anti-inflammatory drugs).

		LOD	GUS	min		max		avg	med	sd
		ng.L ⁻¹		ng.L ⁻¹	lokalita	ng.L ⁻¹	lokalita	ng.L ⁻¹	ng.L ⁻¹	ng.L ⁻¹
NSAID	Diclofenac	5		5,1	T-5	47,4	T-3	18,4	6,2	17,7
	Ibuprofen	10		13	T-4	30,5	T-2	21,8	21,8	8,8
ATB	Azitromycin	25; 200		73,8	T-7	73,8	T-7	73,8	73,8	0,0
Tria Dia Pest	Atrazin (2005)	10	2,57	12,5	T-10	16,2	T-10	14,5	14,9	1,5
	<i>Desethylatrazin</i>	5	3,24	6,1	T-11	18,5	T-10	10,9	9,0	4,1
	<i>Atrazin-DES-DI</i>	5	x	5,3	T-11	14,3	T-10	9,6	10,6	3,3
	Simazin (2004)	5	2,2	5,7	T-10	5,7	T-10	5,7	5,7	0,0
Chloracet Pest	<i>Metazachlor OA</i>	5	5,18	5,3	T-11	5,3	T-11	5,3	5,3	0,0
	<i>Metazachlor ESA</i>	10	6,18	10,2	T-7	63	T-1	26,0	20,3	14,3
	<i>Metolachlor ESA</i>	10	7,22	10,7	T-6	123	T-1	20,1	12,0	27,6
	<i>Alachlor ESA (2008)</i>	10	3,73	10,1	T-9	23,8	T-10	15,0	14,6	3,7
Pyridazine	<i>Chloridazon DESPH</i>	5	5,46	5,1	T-1	378	T-11	51,5	28,3	83,5
	<i>Chloridazon DESPH ME</i>	5	4,39	5,1	T-9	96,1	T-11	17,7	7,2	22,8
ostatní látky	Bisfenol A	5		125	T-1	242	T-9	183,5	183,5	58,5
	DEET	100		132	T-6	132	T-6	132,0	132,0	0,0

Úroveň kontaminace pesticidy ve vodě je ovlivněna vlastnostmi pesticidu (např. rozpustností), půdními charakteristikami (např. obsahem organické hmoty v půdě, pH půdy nebo obsahem jílu a pevných částic) (Park a kol., 2020), konkrétními podmínkami na místě a způsobem aplikace pesticidů (Syafrudin a kol., 2021). Mělké podzemní vody mohou být snadno kontaminovány pesticidy a jejich distribuce je spojena s využíváním půdy a růstem plodin (Andrade a Stigter, 2009). Rovněž intenzivní srážky mohou zvýšit mobilitu pesticidů (Menchen a kol., 2017).

Jak vyplývá z výše uvedených výsledků, stopové koncentrace EOCs (součet všech nalezených látek) v řádu desítek až stovek ng/l byly detekovány i v teplých krasových vodách (T), u nichž se předpokládalo, že jsou převážně hypogenního původu, a tudíž se neočekávalo, že budou obsahovat látky typu EOCs. Limitní hodnoty 0,1 µg/l, resp. 0,5 µg/l byly překročeny pouze v Jihozápadní chodbě a Severozápadní chodbě v Hranické propasti (T-11, T-6). Tyto výsledky monitoringu vyvracejí původní hypotézu, že hluboké hydrotermální krasové vody jsou staré a nekontaminované.

GUS index je experimentálně (laboratorně) určená hodnota, která udává schopnost chemických sloučenin kontaminovat podzemní vody a používá se také pro hodnocení potenciálu pro vyluhování pesticidů (Gustafson, 1989). Pesticidy s krátkým poločasem rozpadu, nízkou rozpustností ve vodě a vysokým sorpčním potenciálem mohou mít menší potenciál pohybu půdou. Naopak pesticidy s dlouhým poločasem rozpadu, vysokou rozpustností ve vodě a nízkým sorpčním potenciálem mají významnější potenciál pro pohyb půdou (Wauchope a kol., 1992). V rámci monitoringu Hranického krasu byly ve všech typech vod (Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10) pravidelně identifikovány metabolity herbicidů – metazachlor ESA a metolachlor ESA. V obou případech se jedná o látky s velmi vysokými GUS indexy (6,18; resp. 7,22).

Přípravy na odběr vzorků teplých krasových vod zachycuje Obr. 56.



Obrázek č. 56: Speleopotápěči vzorkující v Hranické propasti

Poměrně vysoký GUS index (5,64) má i chloridazon-DESPH, což ukazuje na významný potenciál kontaminovat podzemní vody. Chloridazon je herbicid široce používaný v zemědělství k regulaci plevelů v řepě a kukuřici. Jak mateřská látka, tak jeho metabolity představují hrozbu pro zdroje povrchových a podzemních vod (Vidal a kol., 2022).

Výsledky monitoringu ukázaly, že v krasovém systému mohou EOCs se zvýšenými indexy GUS kontaminovat i vrty v hloubkách 60 m a 100 m a krasové vody. Při používání pesticidů, zejména v krasových oblastech a na propustných půdách, by měl být důsledně sledován jejich potenciál kontaminovat podzemní vody, např. dle hodnot GUS indexu. Následně by měly být na základě těchto pozorování upraveny aplikační strategie, aby se zmírnila rizika kontaminace.

V jezerech ve Zbrašovských aragonitových jeskyních (T-10, T-11) byly potvrzeny stopové nálezy atrazinu a jeho metabolitů. Jedná se o triazinový herbicid hojně používaný proti různým dvouděložným plevelům, který byl v EU zakázán již v roce 2005 kvůli svým dopadům na životní prostředí a zdraví. Na svazích nad jeskyněmi se nacházejí intenzivně obhospodařovaná pole, přičemž *land use* tohoto území se dlouhodobě nijak významně nezměnilo. Navzdory zákazu používání může setrvávání a mobilita atrazinu v životním prostředí vést k jeho pokračující detekci v různých vodních útvarech, což odráží jeho historické použití a dlouhodobou perzistenci v životním prostředí. Tato zjištění zdůrazňují nutnost průběžného monitoringu a vyhodnocování kvality vody v krasovém prostředí. Atrazin tak má vysoký potenciál kontaminovat podzemní vody, zejména v prostředí s porézním půdním profilem (de Albuquerque a kol., 2020), což potvrzují i výsledky výzkumu v Hranickém krasu. Navzdory dlouholetému zákazu aplikace je v jezerech ve Zbrašovských aragonitových jeskyních kromě triazinových pesticidů opakovaně monitorován i alachlor ESA, jehož použití bylo v EU zakázáno v roce 2008. Dále zde byly zjištěny ve stopovém množství chloridazon-DESPH, chloridazon-DESPH-ME a z léčiv Diclofenac (Tab. 10).

EOCs byly zjištěny také v hlubokých vodách Hranické propasti (T-6, T-7, T-8, T-9, T-11). Významné jsou zde i nálezy bisfenolu A v teplém vývěru v 60 m (242 ng/l v T-9), repelentu DEET v Severozápadní chodbě (132 ng/l v T-6), chloracetanilidových pesticidů a jejich metabolitů (mj. alachlor ESA, metolachlor ESA, metazachlor OA a metazachlor ESA), stejně jako metabolitů chloridazonu (Tab. 10). Nejvyšší koncentrace uvedených polutantů byly zjištěny v Jihozápadní chodbě (T-11). S ohledem na nižší hodnoty konduktivity vody a nižší obsahy HCO_3^- , Ca, Mg oproti ostatním monitorovaným místům v Hranické propasti (T-6, T-7, T-8, T-9) lze předpokládat, že se v Jihozápadní chodbě (T-11) nejedná výhradně o minerální vodu, ale dochází k míchání s povrchovými (a tedy kontaminovanými) vodami. Kvůli tomuto míchání se znečištění může dostávat do hlubších vrstev, proto je důležitý pravidelný monitoring včetně sledování a pochopení rozsahu a důsledků této kontaminace v Hranické propasti a jejím okolí.

Nálezy bisfenolu A ukazují na kontaminaci pocházející z odpadních vod. Navzdory zákazu používání alachloru v EU od roku 2008 výsledky výzkumu v Hranickém krasu ukazují jeho opakované nálezy v jeskyni i v propasti (Tab. 10). Jedinečné a specifické prostředí, jakým propast a jeskyně bezesporu jsou (např. výskyt CO_2 a dalších plynů), významně zpomaluje degradační procesy a metabolity Alachloru setrvávají na místě delší dobu. Mouvet a kol. (1997) uvádí, že perzistence určitých sloučenin v životním prostředí může být prodloužena za podmínek, které nevedou k jejich rozkladu, což má za následek jejich prodlouženou detekovatelnost. Významným výsledkem výzkumu jsou nálezy Diclofenacu a Azitromycinu ve vodách Hranické propasti. Jejich původem jsou pravděpodobně odpadní vody.

Výsledky monitoringu vod v Hranickém hypogenním krasu ukázaly přítomnost EOCs ve všech typech vod, včetně stopových koncentrací v hlubokých krasových vodách a v balneovrtech. Zjištěné EOCs byly zastoupeny pesticidy, farmaky a jejich metabolity, ojediněle byl nalezen



Hranická propast
Eliška Benešová, 11 let



Pohled na propast z ptačí perspektivy
Anna Zábranská, 11 let

bisfenol A a DEET. Dosažené výsledky tak vyvrací původní hypotézu, že hluboké hydrotermální krasové vody jsou velmi staré a nekontaminované. Nadměrná propustnost krasového systému vede ke zvýšené zranitelnosti v souvislosti se zadržováním a šířením znečištění. Výsledky obecně potvrzují, že současné využívání území skutečně způsobuje znečištění krasového systému. Výsledky projektu potvrzují, že jedinečné a velmi specifické podmínky prostředí v těchto oblastech mohou bránit degradačním procesům některých EOCs, a pomalu se pohybující nebo stojaté vodní útvary tak mohou působit jako rezervoáry těchto látek.

Při použití pesticidů, zejména v krasových oblastech a na propustných půdách, je třeba sledovat jejich schopnost kontaminovat podzemní vody. V zemědělské praxi to znamená používat přípravky na ochranu rostlin v souladu s požadavky na ochranu zdraví lidí, zdrojů pitné vody, včel, zvěře, vodních a dalších necílových organismů a tomu přizpůsobit aplikaci. Toto krasové území je systémem vysoce zranitelným vůči antropogenní činnosti a je doporučeno jej monitorovat nad rámec zákonných požadavků. V budoucnu by bylo vhodné provádět rozsáhlejší vzorkování povrchových, podzemních i krasových vod prostřednictvím koordinovaných kampaní nebo kontinuálních vzorkovačů. Vybraná opatření navržená na základě multikriteriální analýzy (viz kapitola 10), která jsou zaměřena na retenci a ochranu vod v Hranickém krasu, mohou pozitivně ovlivnit i jakost vod v tomto jedinečném území a eliminovat další kontaminaci vod EOCs.

Drenážní systémy v Hranickém krasu

Radim Klepárník, Petra Oppeltová, Jozef Sedláček

9 Drenážní systémy v Hranickém krasu

Drenáže, pokud neslouží správně svému účelu, mohou představovat významný problém v krajině. Rizikové jsou zejména v citlivých územích, kde mohou narušovat přirozený vodní režim a stabilitu ekosystémů. Tato kapitola se zaměřuje na představení nově identifikovaných drenážních systémů na území Hranického krasu a na problémy související s jejich poruchami, dále je zde řešena otázka kvality drenážní vody.

Drenáže slouží k odvodnění území, nebo naopak k rozvedení vody v území. Byly postupně budovány od poloviny 19. století a aktivně podporovány státní politikou až do roku 1989. Důvodem bylo zvyšování úrodnosti půdy a zemědělské produkce a také snaha o obdělávání jinak špatně využitelných ploch. V současné době jsou drenáže vnímány spíše negativně. V době sucha působí kontraproduktivně, rychle odvodňují pozemky a mohou odnášet i živiny. Jsou také bodovým zdrojem znečištění dusičnany, hnojivy a pesticidy. Problematické mohou být projevy související s jejich nefunkčností, případně s umístěním na zcela nevhodných lokalitách.

Na mnoha pozemcích v rámci ČR je však funkční drenáž stále důležitá. Zemědělci potřebují provádět agrotechnické operace s minimální závislostí na vývoji počasí (setí, sklizeň) a odvodnění to umožňuje – v některých lokalitách je existence odvodnění i nadále hlavní podmínkou zemědělského hospodaření (Kulhavý, 2020).

Celkový rozsah drenáží a konkrétní místa jejich umístění nejsou mnohdy dostatečně zmapovány. Důvodem je dlouhé období jejich budování a různorodost zřizovatelů (od samostatných majitelů půdy přes různá uskupení až po jednotná zemědělská družstva). Online data o výskytu meliorací na měřítku půdních bloků tam, kde jsou známy, poskytuje na své webové stránce Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy (VÚMOP). Pro ověření výskytu a skutečného rozsahu lze využít neinvazivních metod leteckého snímkování pomocí multispektrální

kamery (Tlapáková a kol., 2016). Na Obr. 57 a dále v textu na Obr. 65 lze na dronových fotografiích pořízených ve vhodné fázi vegetačního vývoje zřetelně rozpoznat uložení drenážních systémů.



Obrázek č. 57: Lokalita Hůrka, fotografie s viditelnými systémy drenáží (dronová fotografie, 05/2022)

9.1 Identifikace drenáží na vybraných lokalitách Hranického krasu

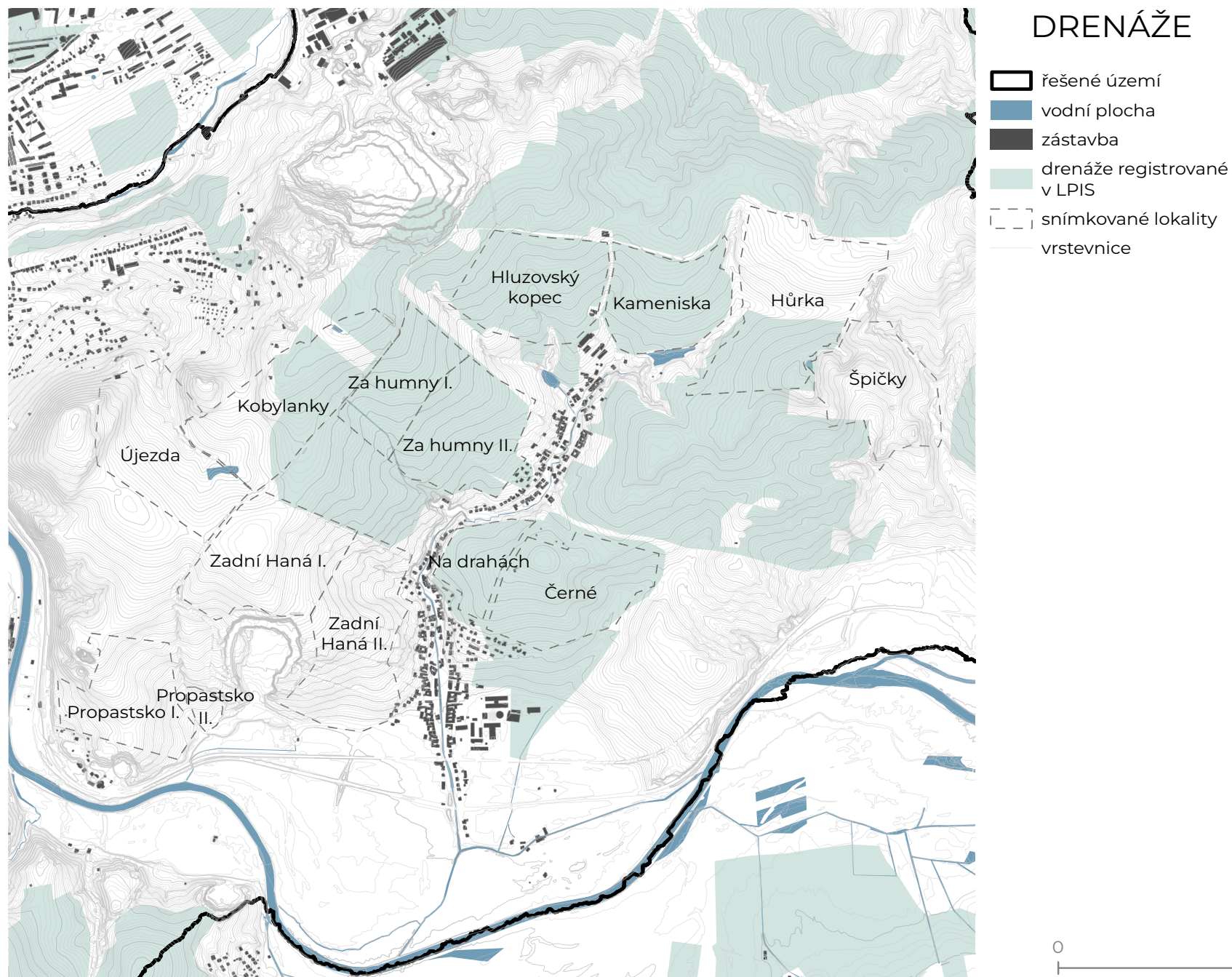
Pomocí multispektrální kamery byly identifikovány drenáže na zemědělské půdě v katastru obce Černotín a její místní části Hluzov. Předběžně byly vyřazeny pozemky oseté jinými plodinami než obilí (kukuřice, řepka), výjimkou byla zatravněná lokalita Propastsko I. a lokalita Hluzovský kopec s částečně vysetou řepkou. Nejprve byl prověřen potenciální výskyt drenáží podle dat meliorací, volně dostupných na stránkách Ministerstva zemědělství (Ministerstvo zemědělství, 2009). Následně byly analyzovány soudobé a historické ortofotomapy vzhledem k projevu drenáží na leteckých snímcích.

Snímkování multispektrální kamerou proběhlo v termínech 23. června 2022 a 29. června 2022. Důvodem byla nedostatečná zralost obilí při vizuální kontrole v prvním termínu, proto bylo snímkování o několik dní posunuto. Některé lokality byly snímkovány v obou termínech. U opakovaných snímkování byl předpoklad, že bude docíleno lepších výsledků vzhledem k období dozrávání obilí (potřeba vhodného termínu při dozrávání). Následně byla vybrána data ze snímkování s lepšími výsledky.

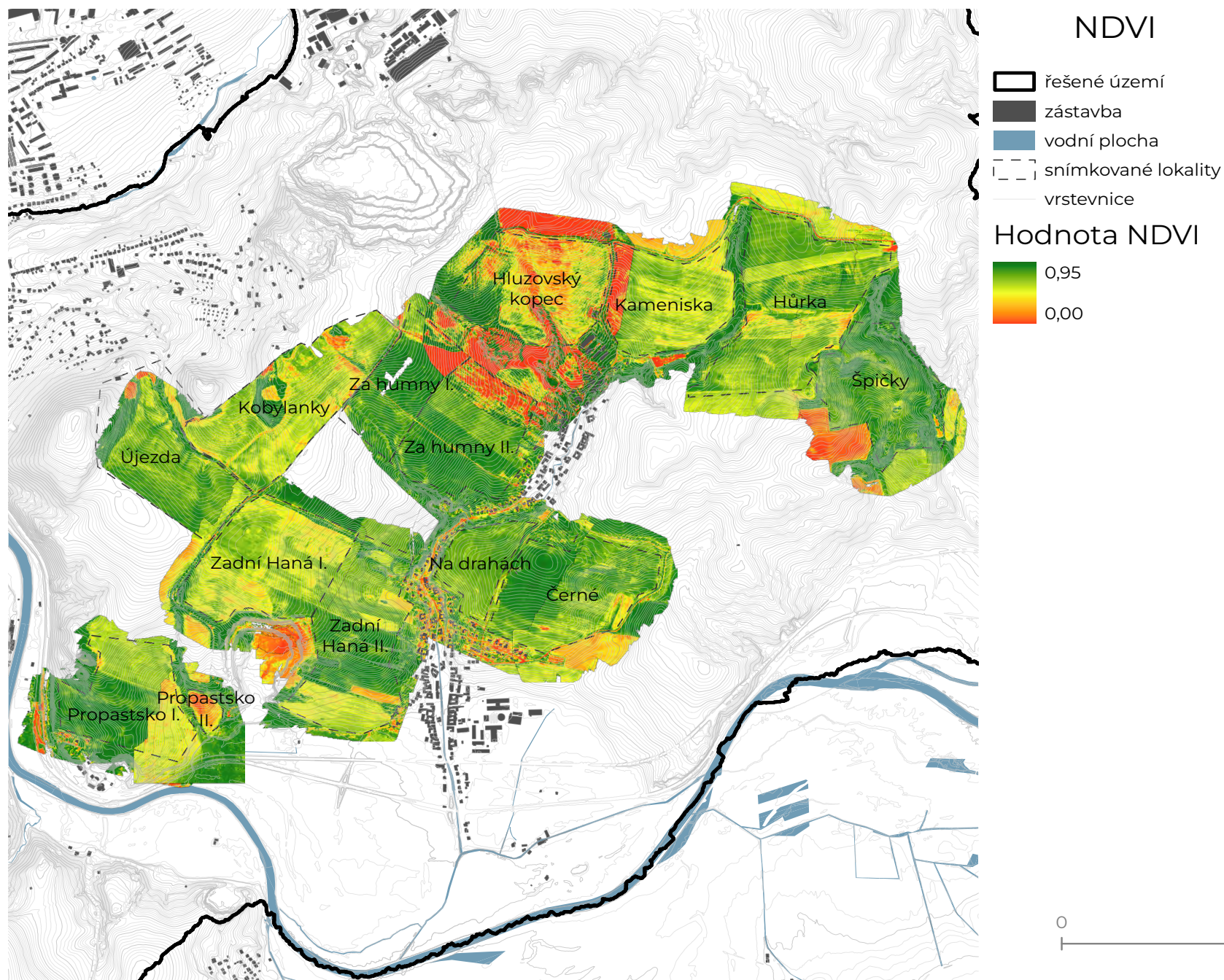
Celkem bylo snímkováno 14 lokalit. Z dostupných dat výskytu meliorací podle Ministerstva zemědělství (Ministerstvo zemědělství, 2009) byl předpoklad výskytu drenáží na 8 lokalitách (viz Obr. 52). Dle stejného zdroje jsou uváděna různá období jejich vzniku od roku 1913 (Za humny) po období 1976–1982 (Kobylanky 1976, Kameniska 1977, Hůrka 1978, Hluzovský kopec 1979, Na Drahách 1982). Pro porovnání byly všechny lokality vizuálně prověřeny na archivních ortofotomapách (ČÚZK, 2010) z let 1999, 2003, 2006, 2009, 2012, 2014, 2016, 2018 a také na ortofotomapách portálu Mapy.cz (Seznam.cz, 2023) z let 2003, 2006, 2012, 2015, 2018 a 2022. Lokality Zadní Haná I., Zadní Haná II., Kobylanky, Hluzovský kopec, Kameniska, Hůrka a Špičky byly mapovány jen v druhém termínu (29. června 2022) vzhledem k nedostatečně

dozrálému obilí při prvním termínu snímkování (23. června 2022).

Přehled všech mapovaných lokalit viz Obr. 58.



Obrázek č. 58: Rozsah drenáží podle dat výskytu meliorací (Ministerstvo zemědělství, 2009)



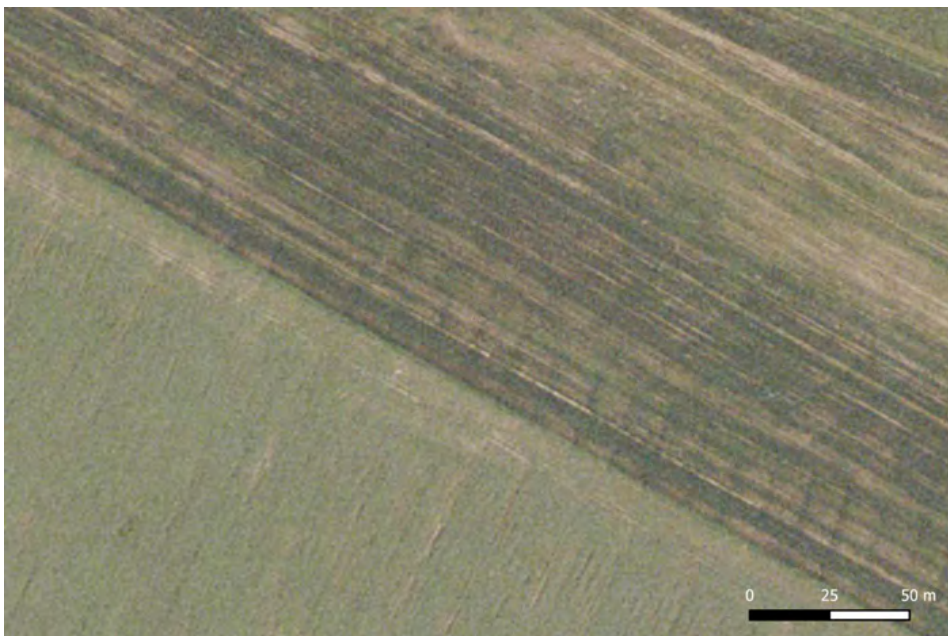
Obrázek č. 59: Přehled snímkovaných lokalit s interpretací NDVI v nepravých barvách

Celkové výsledky jsou prezentovány v Tab. 11. Porovnání s mapami výskytu drenáží podle Ministerstva zemědělství (Ministerstvo zemědělství, 2009) ukázalo, že drenáže na lokalitách Propastsko I. a Újezda nejsou v daných podkladech evidovány, ale průzkumem byly identifikovány. V případě lokality Propastsko I. je to impuls pro další zkoumání vzhledem k těsné blízkosti Hranické propasti. Naopak na některých lokalitách, kde by drenáže být měly, identifikovány nebyly – předpokládaným důvodem je zejména typ vegetačního pokryvu, ať již v termínu snímkování, nebo v historických obdobích.

Tabulka č. 11: Celkové výsledky identifikace drenáží na mapových podkladech a UAV snímkování

Název lokality:	Potenciální výskyt drenáží*	UAV snímkování		Mapové podklady - Mapy.cz						Mapové podklady - archivní ortofotomapy ČÚZK							
		23.06.2022	29.06.2022	2003	2006	2012	2015	2018	2022	1999	2003	2006	2009	2012	2014	2016	2018
Propastsko I.	NE																
Propastsko II.	NE																
Za Humny I.	ANO																
Za Humny II.	ANO																
Zadní Haná I.	NE	-															
Zadní Haná II.	NE	-															
Kobylanky	ANO	-															
Újezda	NE																
Na Drahách	ANO																
Černé	ANO																
Hluzovský kopec	ANO	-															
Kameniska	ANO	-															
Hůrka	ANO	-															
Špičky	NE	-															

Na dostupných ortofotomapách lze vypožorovat projevy drenáží na celkem 9 lokalitách, většinou opakovaně v různých letech (ukázka viz Obr. 60). Dále byla na ortofotomapách identifikována dvě místa s rozpadajícím se sběrným potrubím drenáže a následně proběhlo ověření tohoto projevu přímo v terénu. Tato místa prezentuje Obr. 61 (lokalita Újezda v letech 2006 a 2022). Na daných lokalitách proběhl několikrát odběr vzorků vody vyvěrající z porušené drenáže.



Obrázek č. 60: Příklad ortofotosnímku s viditelnými drenážemi, mapový podklad z roku 2006, lokalita Za humny II. (ČÚZK, 2010; podkladová data: Prohlížeč služba WMS – Ortofoto, ČÚZK, 2023)

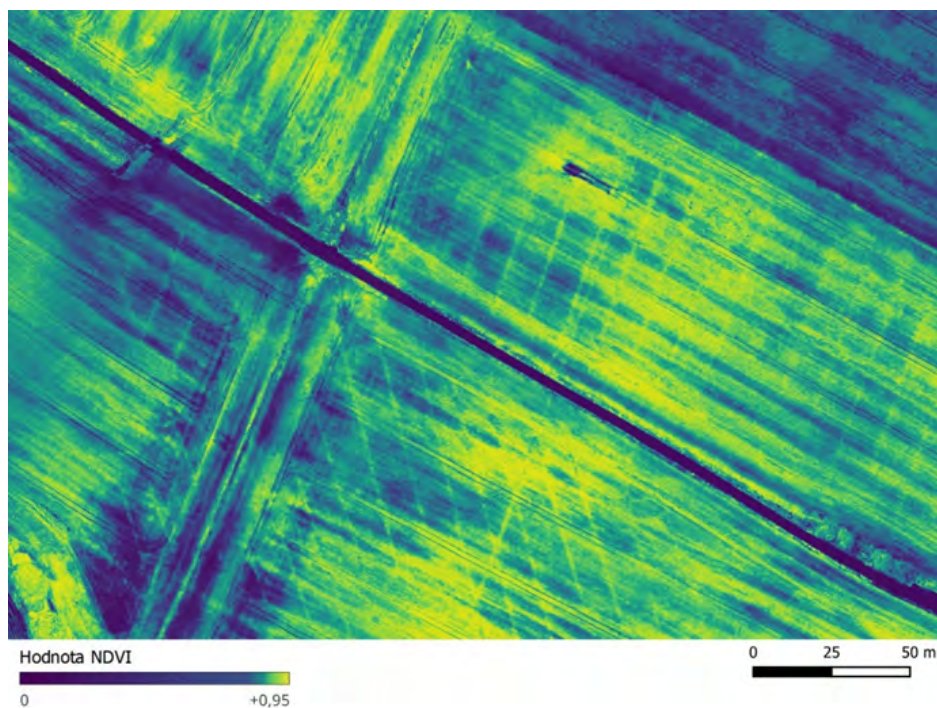


Obrázek č. 61: Místo s rozpadajícím se sběrným potrubím. Vlevo je rok 2006, vpravo rok 2022. (Podkladová data: Prohlížeč služba WMS – Ortofoto, ČÚZK, 2023)

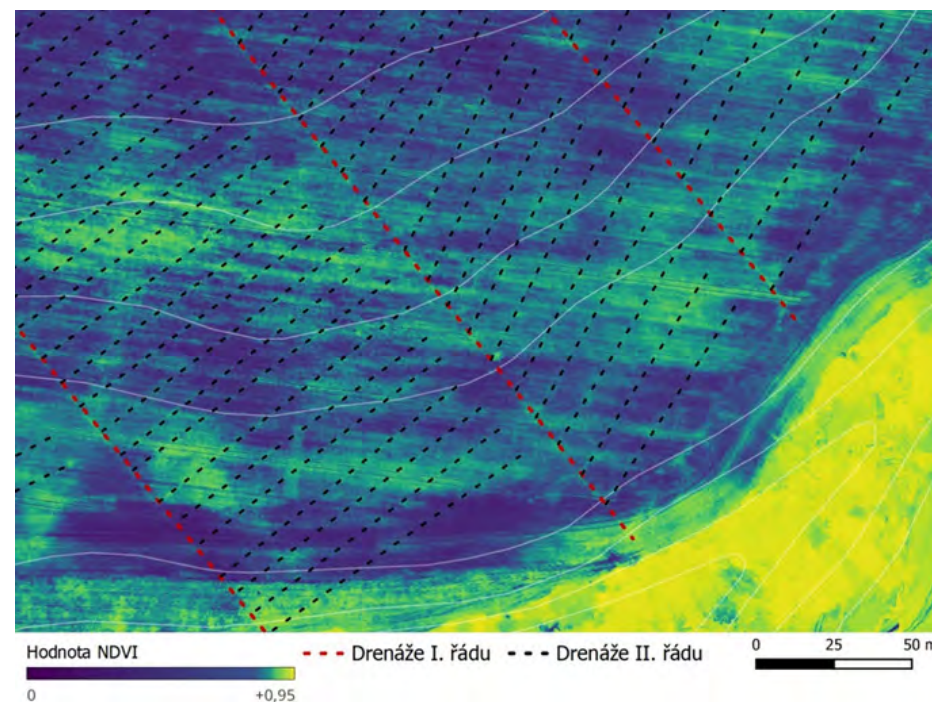
Z map vzniklých snímáním multispektrální kamerou lze vypožorovat projevy drenáží na 8 lokalitách. Typické projevy na NDVI prezentuje Obr. 62. Příklad digitalizace ručním zákresem je vidět na Obr. 63. Na lokalitě Kobylanky a Hluzovský kopec se drenáže neprojevovaly, přestože v mapových podkladech jsou zakresleny. Naopak v lokalitě Na Drahách byly patrné slabé projevy v obou termínech snímání. Výsledky ručně digitalizovaných drenáží liniovou kresbou a polygony prezentuje Obr. 64.

Další fotodokumentace je vedena v Příloze 7.

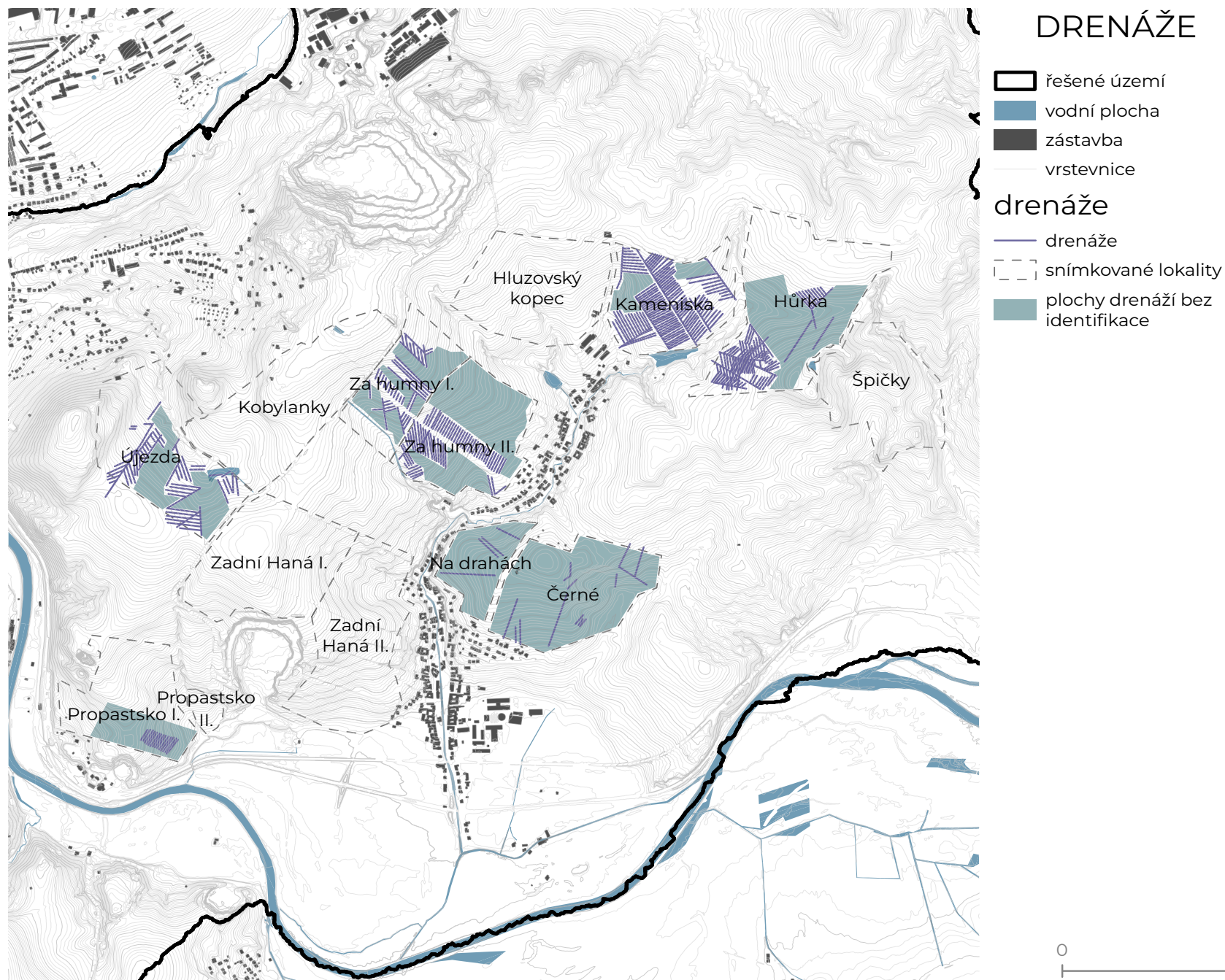
Cílem použité metody nebyla přesná prospekce a zmapování všech lokalit s drenážemi, ale obecné definování rozsahu drenážních systémů v této specifické krajině. Výsledkem dané analýzy je jasný názor na rozsah drenáží v řešeném území. Vznikl tak podklad, který vede k další diskusi. Výraznou nevýhodou pro potenciální aplikaci multispektrálního snímání je možnost využívat dané mapování pouze v krátkém časovém období v roce a pouze za předpokladu vhodného vegetačního pokryvu (zpravidla obilí). To může být problematickým aspektem v případě jasně definovaného časového rámce (například při zpracování krajinářské studie). Na druhou stranu daný postup ukazuje možný přístup k problematice, tedy možné systematické mapování existujících drenáží.



Obrázek č. 62: Příklad viditelnosti drenáží na různých kulturách obilovin



Obrázek č. 63: Ručním zákresem zvýrazněné identifikované drenáže



Obrázek č. 64: Přehled snímkovaných lokalit s ručně digitalizovanými drenážemi



Obrázek č. 65: Lokalita Kameniska, fotografie s viditelnými systémy drenáží (dronová fotografie, 05/2022)

9.2 Projevy poruch na drenážích

Na základě velmi přesného digitálního modelu terénu (DEM) pořízeného metodou lidarového snímkování byly vytipovány tzv. bezodtokové deprese v rámci analýzy GIS. Byl vysloven předpoklad, že by tyto sníženiny mohly být příkladem krasového propadání – závrtů.

Během terénního průzkumu výskytu krasových jevů (závrty, vývěry, jeskyně) v lednu 2022 byly v zájmovém území identifikovány 3 výrazné terénní deprese v lokalitě Újezda. Při podrobném terénním průzkumu

bylo zjištěno, že ani jedna terénní deprese není způsobena krasovými jevy, ale jedná se o kaverny vzniklé v souvislosti s nefunkční a poškozenou (propadlou) drenáží. Tato místa tedy není možné obhospodařovat a může zde dojít i k poškození zemědělské techniky. Současně je možné sledovat postupně se rozpadající drenáže i na dalších místech v tomto území (např. Obr. 66, Obr. 67).



Obrázek č. 66: Příklad rozpadajícího se drenážního systému znemožňujícího obdělávání plochy na snímku z dronu v katastru Špičky



Obrázek č. 67: Kaverna vzniklá v souvislosti s nefunkční a poškozenou (propadlou) drenáží, vlevo leden 2022, vpravo únor 2022

9.3 Kvalita vody z drenáží

Výusti z drenážních systémů patří k významným bodovým zdrojům znečištění vod (Fučík a kol., 2015). V průběhu monitoringu jakosti vod v Hranickém krasu (viz kapitola 8.2) byly proto příležitostně odebírány také vzorky drenážních vod. Výsledky ukazují, že v drenážích se vyskytovaly především triazinové a diazinové pesticidy, chloracetanilidové herbicidy, a především chloridazon a jeho metabolity. Ve vývěru z drenáží na Hluzovském kopci a v Kamenci byly opakovaně zjištěny koncentrace chloracetanilidových herbicidů a jejich metabolitů přesahující 1 000 ng/l. Na lokalitě Meziříčko byly nalezeny přípravky na ochranu rostlin, které jsou již řadu let v Evropské unii zakázány. Jedná se o nálezy alachloru ESA v koncentracích kolem 100 ng/l. Na dalších lokalitách byly nalezeny stopové koncentrace metabolitů atrazinu. Ve výusti z drenáží u Hluzovského kopce byly pravidelně monitorovány metabolity metazachloru, dosahující koncentrací až 897 ng/l. V lokalitách Propastsko, Hluzovský kopec, Meziříčko a Kamenec byly opakovaně odebírány drenážní vody s velmi vysokými koncentracemi metabolitů chloridazonu, které dosahovaly hodnot až 9 850 ng/l.

Výsledky ukazují, že na kontaminaci vod pesticidy a jejich metabolity nemá vliv pouze plošný povrchový odtok, ale že také odtok z drenáží přináší vysoké koncentrace tohoto znečištění. Vzhledem k propustnosti krasu je zájmové území vysoce zranitelné v souvislosti se šířením tohoto znečištění v celém krasovém systému.

Multikriteriální analýza zranitelnosti podzemních vod

Jozef Sedláček, Milan Geršl

10 Multikriteriální analýza zranitelnosti podzemních vod

Koncept zranitelnosti podzemních vod, jak ho definuje Foster (1987), označuje „přirozené charakteristiky, které ovlivňují na různých úrovních citlivost hydrologického kolektoru vůči kontaminaci“. Náš přístup se váže na tzv. obecnou¹ zranitelnost, která vychází z „průběhu znečišťující částice hydrologickými, geologickými a hydrogeologickými vrstvami; tato hodnocení nezohledňuje ani typ znečišťující látky, ani scénář znečištění“² (Moreno-Gómez a kol., 2024; Zwahlen a kol., 2003). Na rozdíl od specifické zranitelnosti (Moreno-Gómez a kol., 2024) se použitý přístup nespojuje se zranitelností vůči konkrétním znečišťujícím látkám. Tento přístup odráží také výběr parametrů a metod hodnocení pomocí metod multikriteriální analýzy (MCA).

Pro geography, krajinné ekology a plánovače je zásadní prostorově explicitní interakce mezi funkcemi krajiny, ekosystémovými službami a sociálními přínosy (Peng a kol., 2019). Právě kontext citlivých krasových území, jakým je Hranický kras, slouží pro představení možného integrovaného přístupu k vyhodnocení komplexních vztahů v krajině za účelem rozhodování založeného na znalostech (Xiong a Li, 2024; Ravbar a Pipan, 2022).

Pro informované a analýzou podložené rozhodování o změnách v území se používá termín *supported decision systems* nebo konkrétněji *spatially supported decision systems* (White a Engelen 2000). Měřítko prostorově vymezených změn a dopadů je zejména v prostorovém plánování zásadní s ohledem na účel využití. Analýza se provádí na úrovni pixelu, ale její evaluace a dopad se vztahují k prostorové jednotce – municipalitě či čtvrti (Liu a kol., 2022; van Oorschot a kol., 2021), regionu (Peng a kol., 2019), městskému bloku (Hamstead a kol., 2016; Madureira a Andresen 2014)

nebo mikropovodí (Wu a kol., 2015).

Obecným postupem při plánování změn území je vyhodnocení stávajícího stavu (*assessment*) a návrh (*intervention*). Steinitz (2012) uvádí tři kroky v procesu vyhodnocení (*assessment*):

1. získání dat, která reprezentují území,
2. pochopení procesů, které v území probíhají,
3. evaluace procesů a zjištění problematických míst.

Další tři kroky přidává pro návrh (*intervention*):

1. provedení změny,
 2. evaluace impaktu změny,
 3. rozhodnutí o změně,
- příčemž rozhodnutí o změně je dáno dohodou mezi správcí území, vlastníky pozemků a veřejností.

¹ Intrinsic

² „... solely on a theoretical-immutable pollutant particle's travel time affected by the hydrological, geological, and hydrogeological conditions; this evaluation does not consider neither the pollutant type nor the pollution scenario.“ (Moreno-Gómez a kol., 2024)

10.1 Přírodě blízká řešení

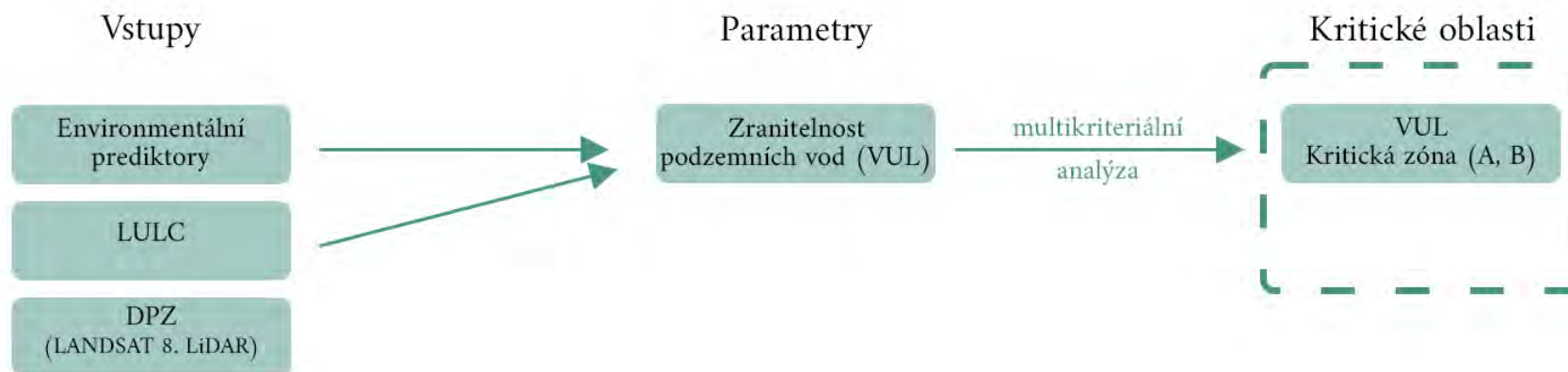
V současném diskurzu krajinného plánování je věnována velká pozornost řešením, jež využívají přírodních procesů založených na adaptaci krajiny na klimatickou změnu. Nature based Solution (NbS) ve spojení se zelenou infrastrukturou je vědeckou komunitou potvrzený přístup, jenž má ekologické, ekonomické i socio-politické přínosy (Chatzimentor a kol., 2020; Wellmann a kol., 2020). Tyto se pak projevují např. ve formě klimatických (Choi a kol., 2021), hydrologických (Zhang a Chui, 2019) či kulturních benefitů (O'Brien a kol., 2017).

Multifunkčnost zelené infrastruktury je významným aspektem plánování (Benedict a MacMahon, 2002; Hansen a Pauleit, 2014; Korkou a kol., 2023). Podpora nebo použití prvků zelené infrastruktury se projeví ve více rovinách (např. změna orné půdy na trvalý travní porost zlepší infiltrační schopnost území, zlepší biodiverzitu, zvýší pufovací schopnost půd). Při navrhování konkrétních opatření NbS je vhodné uplatnit participativní přístup (Koutsovili a kol., 2023; Brillinger a kol., 2022), který zjednoduší proces implementace (Coletta a kol., 2021; Neuhoﬀ a kol., 2023).



10.2 Analýza citlivosti krajiny s ohledem na zranitelnost podzemních vod (parametr VUL)

Pro Hranický kras byl použit postup dle Steinitz (2012), který spočívá ve vyhodnocení stávajících procesů v území a vymezení zranitelných oblastí, v druhém kroku pak v posouzení efektu plánovaných scénářů (Obr. 68). Při analýze citlivosti bylo použito devět kritérií, jež mají prostorový projev (tzv. environmentální kritéria). Tato kritéria byla následně přeložena přes sebe spolu se stávajícím využitím území, bodována a jejich váha byla přiřazena metodou pořadí. Výsledná mapa reprezentuje překryv všech kritérií, přičemž nejvyšší, a tudíž nejzranitelnější části dosahují hodnoty blízké 1 a relativně stabilní plochy dosahují hodnoty blízké 0 (Obr. 69 vlevo). Environmentální kritéria (dle důležitosti): geologické podloží, hydrologické skupiny půd, hydrologický kolektor, dokumentované krasové jevy, potenciální krasové jevy, drenáže, hydrologický odtokový model, technická infrastruktura. Podrobnou tabulku včetně váh uvádí Příloha 2.



Obrázek č. 68: Schéma postupu vymezení citlivých zón představuje první krok. Do analýzy vstupuje současné *land use* a 8 environmentálních prediktorů, jimž jsou přidělené váhy. Výsledný překryv představuje mapu s vysokým rozlišením s hodnotami pro každý pixel. Kritické oblasti jsou vymezeny na základě přepočtu hodnot na mikropovodí, přičemž povodí s nejvyšším průměrem jsou pojmenována jako kritická (citlivá) na znečištění.

Data byla zpracovávána v rastrové reprezentaci a ve vysokém rozlišení 1 x 1 m. Tento způsob umožňuje provádět výpočet na každé buňce zvlášť a získat výsledky analýzy i predikce dopadů s vysokým rozlišením. Z hlediska managementu krajiny je vhodné najít jednotku, která území rozdělí na větší, ale způsobem využití nebo probíhajícími procesy propojené celky. Pro účely této analýzy byla zvolena úroveň mikropovodí, pro které byly stanoveny průměrné hodnoty citlivosti vycházející z rastrové reprezentace (Obr. 63 vpravo). Tyto byly rozděleny do pěti zón¹, přičemž zóny A a B jsou zóny s nejvyššími průměry za mikropovodí a představují území zranitelná.

Zranitelné oblasti se překrývají s geomorfologickou jednotkou Maleník (kra Maleníku), a to v území severně od řeky Bečvy (4), v okolí

obce Teplice nad Bečvou (6) a dále zasahují do nivy řeky Bečvy (2) a do údolí Bečvy (1). Nejzranitelnější oblasti v přepočtu na povodí se koncentrují kolem Hranické propasti, na svazích přikloněných k údolí Bečvy (A) a východně od obce Černotín včetně místní části Hluzov (B). Tato povodí jsou převážně zemědělsky využívána jako orná půda, s výjimkou prudkých svahů údolí Bečvy. Oblasti s nejvyšší zranitelností byly vymezeny na úrovni mikropovodí (kritická zóna A a B). Opatření k ochraně podzemních a minerálních vod by měla prioritně směřovat do této části území. Podrobněji viz následující podkapitola.

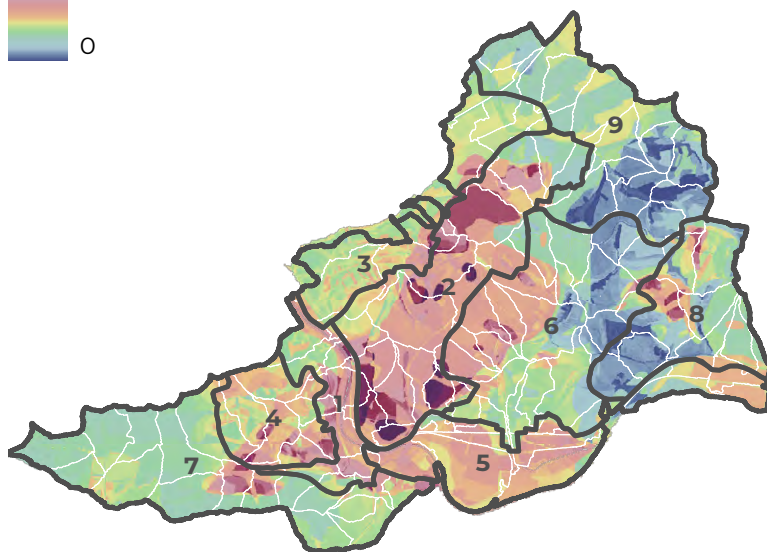
Nejméně zranitelné oblasti se nacházejí v jižní části kry Maleníku (9) a ve východní části území mimo krasový hydrologický kolektor (7, 8).

1

Kvantily normovaného normálního rozdělení

Zranitelnost podzemních vod

Hodnota v rozlišení 1x1 m



Zranitelnost podzemních vod

Průměr za povodí

Zóna 1 (0,32 - 0,39)

Zóna 2 (0,39 - 0,54)

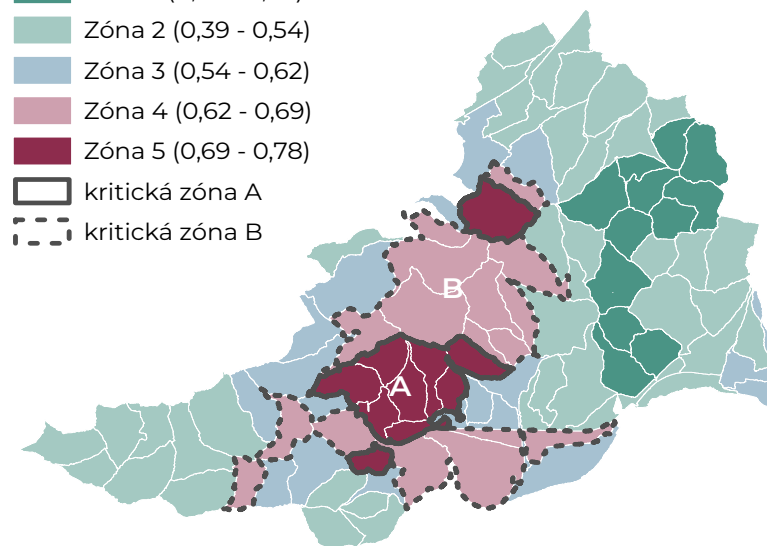
Zóna 3 (0,54 - 0,62)

Zóna 4 (0,62 - 0,69)

Zóna 5 (0,69 - 0,78)

— kritická zóna A

- - - kritická zóna B



Obrázek č. 69: Vyhodnocení parametru VUL – zranitelnost podzemních vod

10.3 Návrh a dopady scénářů

Cílem scénářů je ověřit změny využití krajiny v modelu a směřovat je na optimalizaci využívání nezastavěného území. Lze doporučit rozhodování na bázi scénářů využití půdy (Finch a kol., 2023), tento přístup pomůže nastavit rozvojovou strategii na podpoře perspektivních opatření při současné kompenzaci možných souvisejících ztrát (např. ohrožení potravinové bezpečnosti při zmenšování výměry orné půdy a zavádění NbS).

Scenario analysis (SA) jsou významnou součástí podpory prostorového plánování a plánování zelené infrastruktury. Pod pojmem SA se nerozumí predikce nebo předpověď budoucího stavu, ale možné alternativy vycházející z definovaných předpokladů a vztahů (Liu a Wu, 2022). Scénáře mohou být navrženy tak, aby prověřily možnosti dosažení konkrétních výsledků, např. snížení teploty v okrsku, zvýšení rekreačního potenciálu oblasti, stanovení vydatnosti povodí (Khoury a kol., 2023) nebo vytvoření kontrastního scénáře umožňujícího porovnání škály dopadů rozdílných politik (Mahmoud a kol., 2009; Wu a kol., 2015) včetně zhodnocení efektivity investic do zelené infrastruktury v kontextu poskytovaných ekosystémových služeb (Oijstaeijen a kol., 2023). Mahmoud (2009) dále vymezuje termín *anticipatory scenario* čili scénář založený na požadovaných, nebo naopak nechtěných vizích budoucnosti, které mohou být dosažitelné, nebo se jim lze naopak vyhnout, pokud jsou včas přijata potřebná opatření. V souvislosti se změnou klimatu je nutné počítat s řadou nepředvídatelných jevů a extrémních událostí, plánování musí na tyto nejistoty reagovat a zároveň přinášet jednoznačné podklady pro rozhodování. V této souvislosti zavádí Miller a kol. (2023) nový přístup *scenario-based decision analysis* integrující běžně používané nástroje scénářového plánování a strukturovaného rozhodování.

Pro zvolenou oblast byly vytvořeny tři testovací scénáře: kontrastní (Obr. 70B), realistický (Obr. 70C) a ochranný (Obr. 70D). Scénáře pracují

s rozšířením trvalých travních porostů, krajinné vegetace a lesních ploch. Přeměna orné půdy na trvalé travní porosty je v krasových oblastech často využívána k ochraně podzemních vod a její efekty jsou potvrzeny (Halešová a Kotyzová, 2022; Wei a kol., 2023; Xiao a kol., 2023). Účelem kontrastního scénáře je zjistit efekt co nejširší škály změn počítající s přeměnou orné půdy na trvalé travní porosty, proměnou nepropustných povrchů na trvalé travní porosty (TTP), proměnou TTP a orné půdy na les apod. Realistický scénář počítá se zatravněním orné půdy v nejbližším okolí Hranické propasti a nejhroženějších území v západní části katastrálního území obce Černotín. Ochranný scénář spočívá v ochranném zatravnění orné půdy nacházející se na karbonátových horninách. Prostorové projevy jednotlivých scénářů jsou uvedeny na Obr. 70. Porovnání *land use* jednotlivých scénářů je shrnuto v Tab. 12. Smyslem scénářů je vymezit hraniční možnosti a jejich efekt a následně je porovnat buď se stávajícím stavem, či s předpokládaným stavem při nepřijetí žádných opatření.



Tereza Lívová, 5. třída



Evelína Vrázelová, 5. třída



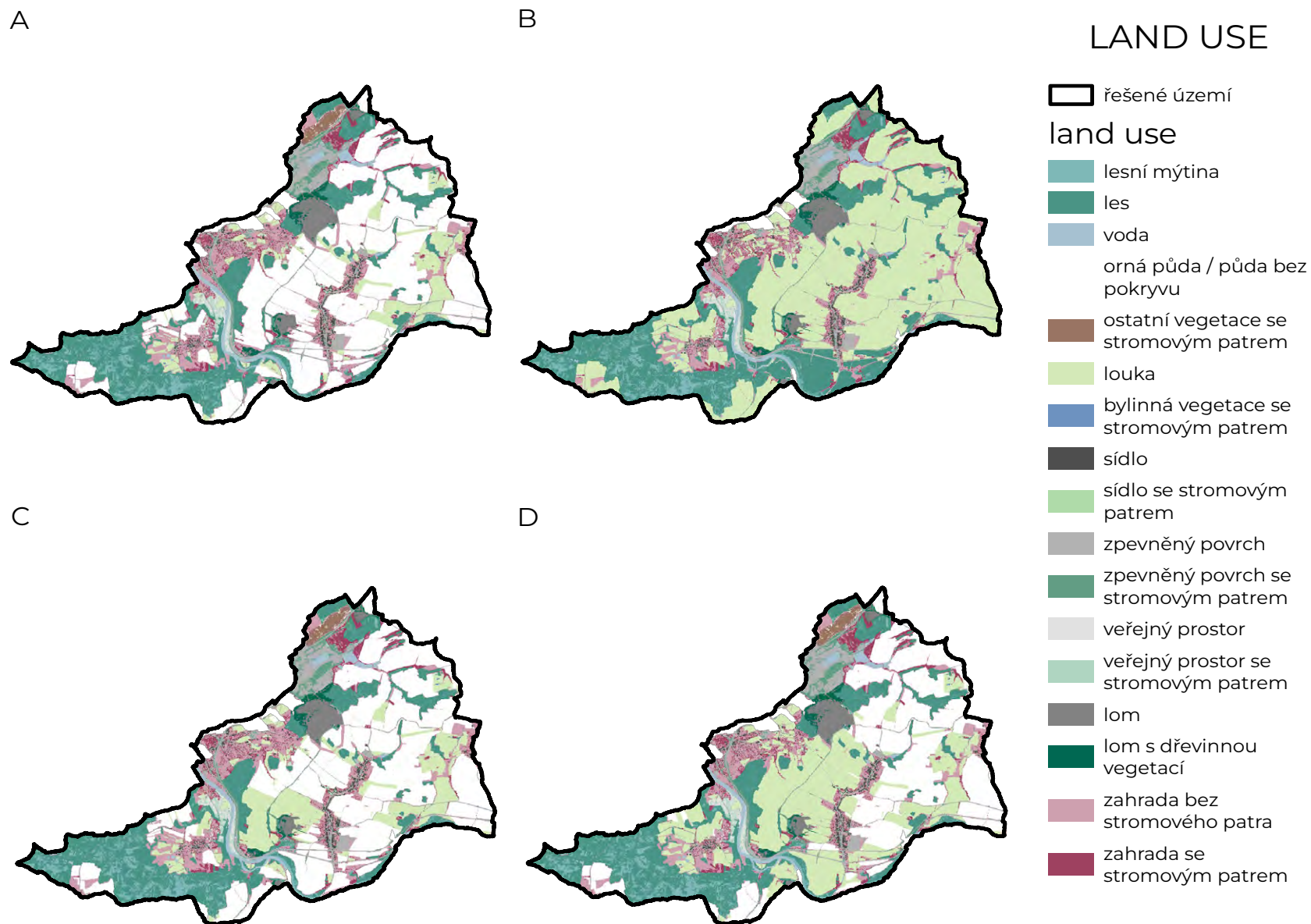
Anna Uhýrková, 3. třída



Jan Stáhala, 10 let

Tabulka č. 12: Porovnání zastoupení kategorií využití území v jednotlivých scénářích

Typ využití území	stav A (ha)	scénář B (ha)	scénář C (ha)	scénář D (ha)
Les bez korunového zápoje	104,4	104,4	104,4	104,4
Les plně zapojený	446,5	536,6	446,5	446,4
Vodní tok a vodní plocha	45,7	45,7	45,7	45,7
Orná půda	1008,9	0,4	907	654,1
Nespecifikovaná vegetace s korunovým zápojem	27,2	0,2	26,2	24,2
Trvalý travní porost	182,5	1211,4	294,1	581
Trvalý travní porost s krajinnou vegetací	4,3	4,2	4,3	4,3
Rezidenční zástavba	30,5	30,5	30,5	30,5
Rezidenční zástavba s korunovým zápojem	6,2	6,2	6,2	6,2
Ostatní zastavěné plochy	128,3	128,2	128,3	128,3
Ostatní zastavěné plochy s korunovým zápojem	57,4	57,4	57,4	57,4
Parky a parkově upravené plochy bez korunového zápoje	14,3	14,3	14,3	14,3
Parky a parkově upravené plochy s korunovým zápojem	12,2	12,2	12,2	12,2
Aktivní část lomu	60,9	59,6	59,6	59,6
Revitalizovaná část lomu s keřovou a dřevinnou vegetací	23,2	23,2	23,2	23,2
Zahrady a sady, nezpevněné plochy v sídlech bez korunového zápoje	276,7	194,8	269,4	237,5
Zahrady a sady, nezpevněné plochy v sídlech s korunovým zápojem	86,7	86,6	86,7	86,7



Obrázek č. 70: Porovnání vývojových scénářů. Smyslem scénářů je vymezit hraniční možnosti a jejich efekt a následně je porovnat buď se stávajícím stavem, či s předpokládaným stavem při nepřijetí žádných opatření – scénář A (tzv. *laissez-faire* scénář). B představuje hraniční scénář maximální ochrany. C představuje minimální rozsah ochrany. D představuje optimální rozsah ochrany zatravnňující celé krasové podloží.

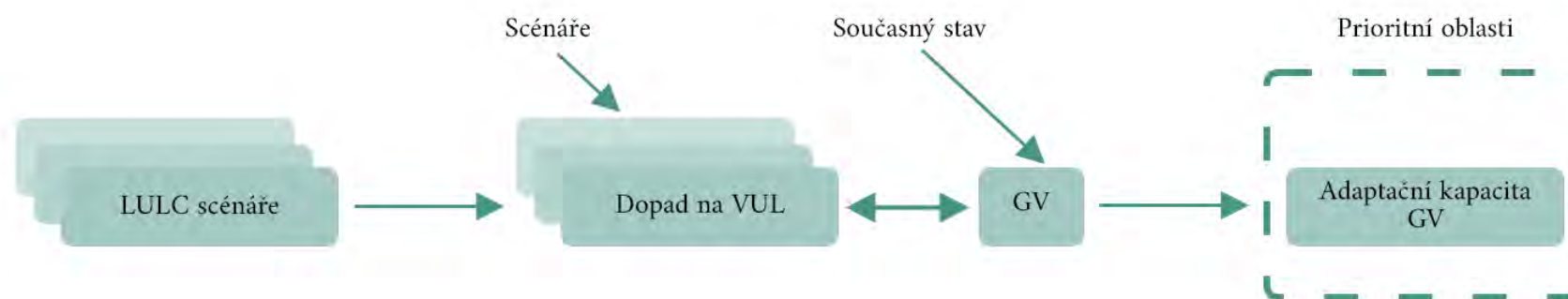


10.3.1 Adaptační kapacita

Adaptační kapacita představuje míru, do jaké je možné změnou využití území zlepšit dané kritérium (van Oorschot a kol., 2021). Výpočet je založen na rozdílu mezi stávající hodnotou a modelovaným scénářem:

$$R (\% \text{ reduction}) = \left(1 - \frac{Crit1ac}{Crit1sc}\right) * 100$$

kde Crit1ac představuje hodnotu parametru ve stávajícím stavu a Crit1sc hodnotu parametru v navrhovaném scénáři (schéma výpočtu viz Obr. 71). Výsledkem je mapa s rozlišením 1 x 1 m s hodnotami R, které představují míru redukce daného problému. Tyto hodnoty jsou poté opět průměrovány pro jednotlivá povodí. Hodnoty jsou normalizovány v rozsahu 0–1.



Obrázek č. 71: Schéma výpočtu adaptační kapacity. Pro území byly vypočteny hodnoty citlivosti krajiny pro uvažované scénáře a každý scénář byl jednotlivě porovnán s aktuálním stavem. Čím větší pozitivní efekt, tím větší adaptační kapacita pro dané mikropovodí. Tímto způsobem lze vymezit prioritní oblasti (oblasti, kde jsou opatření nutná s ohledem na citlivost krajiny a zároveň budou mít největší efekt).

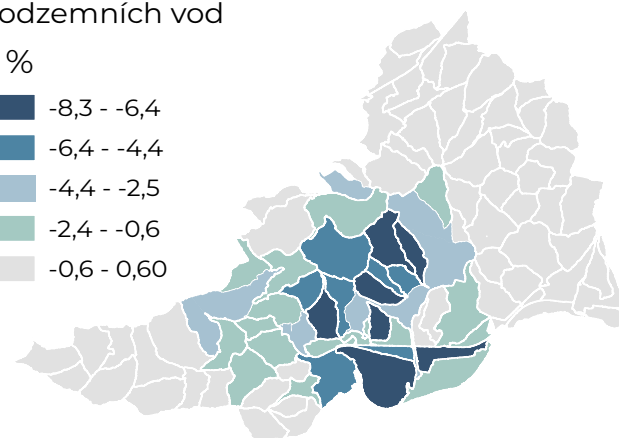
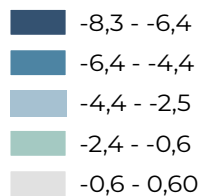
10.3.2 Prioritní oblasti

Prioritní oblasti byly vymezeny na základě adaptační kapacity (Obr. 72). Jedná se o mikropovodí, ve kterých je dle navržených scénářů možné dosáhnout nejvyšší adaptační kapacity (tj. největší redukce zranitelnosti území). Toto spojení umožňuje odhadnout plošnou změnu využití území, která je daná navrženým opatřením ve vztahu k efektu.

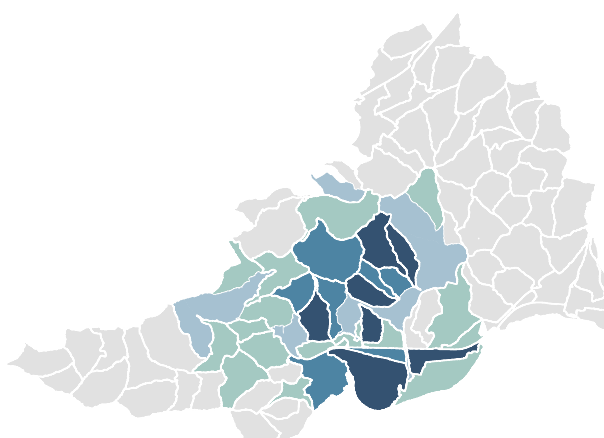
Jako prioritní oblasti bylo vymezeno 12 mikropovodí. Pro každé mikropovodí byla stanovena míra změny využití území na základě scénáře a výpočet zlepšení stavu pro jednotlivé parametry. Návrhům pro konkrétní území se věnuje soubor map s odborným obsahem *Hranický kras – návrhová mapa* autorského kolektivu (Sedláček a kol., 2024a).

Zlepšení rizika zranitelnosti
podzemních vod

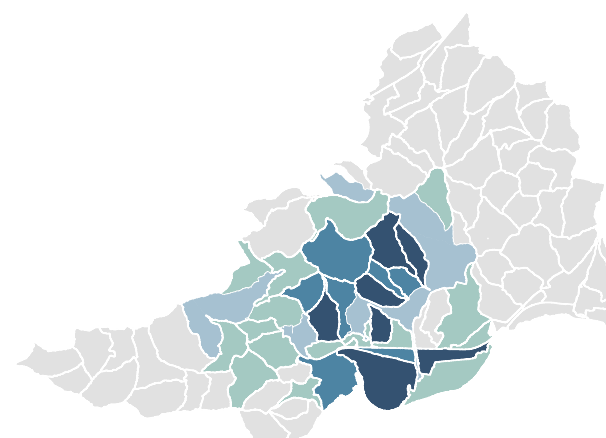
v %



Kontrastní scénář (B)



Realistický scénář (C)



Extenzivní scénář (D)

Obrázek č. 72: Srovnání scénářů z hlediska adaptační kapacity v jednotlivých mikropovodích. Tmavší barva představuje výraznější zlepšení s ohledem na zvolený parametr – v našem případě riziko zranitelnosti podzemních vod.

Lidé v Hranickém krasu

Hana Vavrouchová, Jozef Sedláček, Radim Klepárník, Kristýna Kohoutková

11 Lidé v Hranickém krasu

Dosavadní text se podrobněji zaměřoval na vybrané složky životního prostředí – zejména na hydrosféru, pedosféru a antroposféru. Jednou z výrazných hybných sil, která tyto složky ovlivňuje či spoluvytváří, je také člověk. Následující text reflektuje skutečnost, že Hranický kras je atraktivní turistickou destinací s nerovnoměrně rozloženou návštěvností, a představuje výsledky ročního monitoringu návštěvnosti v okolí Hranické propasti, kterou je možné považovat za přetíženou lokalitu. Druhá část textu je věnována vyhodnocení dotazníkového šetření mezi místními obyvateli.

11.1 Monitoring návštěvnosti Hranické propasti

Cílem monitoringu návštěvnosti Hranické propasti bylo stanovení počtu návštěvníků včetně časového rozložení, stanovení profilu návštěvníka a ověření spokojenosti s turistickou infrastrukturou.

11.1.1 Kvantitativní data k návštěvnosti Hranické propasti

Ze sčítacích zařízení byly získány tyto údaje:

- suma průchodů kolem jednosměrného sčítače (Hranice Rozcestí)
- suma průchodů směrem k Hranické propasti od teplického nádraží (Hranice Červená)
- suma průchodů směrem k teplickému nádraží od Hranické propasti (Hranice Červená)

Pro interpretaci návštěvnosti má největší průkaznost suma průchodů směrem nahoru k Hranické propasti od teplického nádraží (IN – k propasti – viz tabulka níže) – tato suma vyjadřuje minimální počet návštěvníků, kteří došli s jistotou k propasti. Je však nutné zdůraznit, že celkový počet všech návštěvníků Hranické propasti je zcela jistě vyšší (je potřeba započítat také osoby, které k propasti dorazily z druhého směru či alternativními přístupovými cestami). Z Tab. 13 lze vyčíst základní přehled údajů k jednotlivým stanovištím.

Celkový počet návštěvníků za rok 2022 s jistotou přesáhl 56 000. Denní minimální průměr návštěvníků je 152 osob a měsíční minimální průměr pak 4 635 osob, zároveň však byla zaznamenána značná sezónní variabilita návštěvnosti. Graf na Obr. 73 ukazuje celkovou minimální měsíční návštěvnost lokality a zjištěné údaje komparuje s návštěvností Zbrašovských aragonitových jeskyní.¹ Návštěvnost obou atraktivit

¹ Údaje o návštěvnosti ZAJ poskytla Správa Zbrašovských aragonitových jeskyní na základě počtu prodaných vstupenek.

vykazuje podobná čísla a trendy – nejvyšší návštěvnost byla shodně dle očekávání zaznamenána v měsících červenec a srpen se zvýšeným povoleným nástupem již od května. Poměrně vysoká čísla návštěvnosti vykazuje Hranická propast i mimo tyto exponované měsíce, nižší čísla návštěvnosti jeskyní jsou ovlivněny omezenou otevírací dobou v průběhu zimních měsíců. Lze předpokládat, že většina návštěvníků navštíví obě lokality současně.

Tabulka č. 13: Vybrané ukazatele návštěvnosti lokality Hranice v období od 1. ledna 2022 – 31. prosince 2022

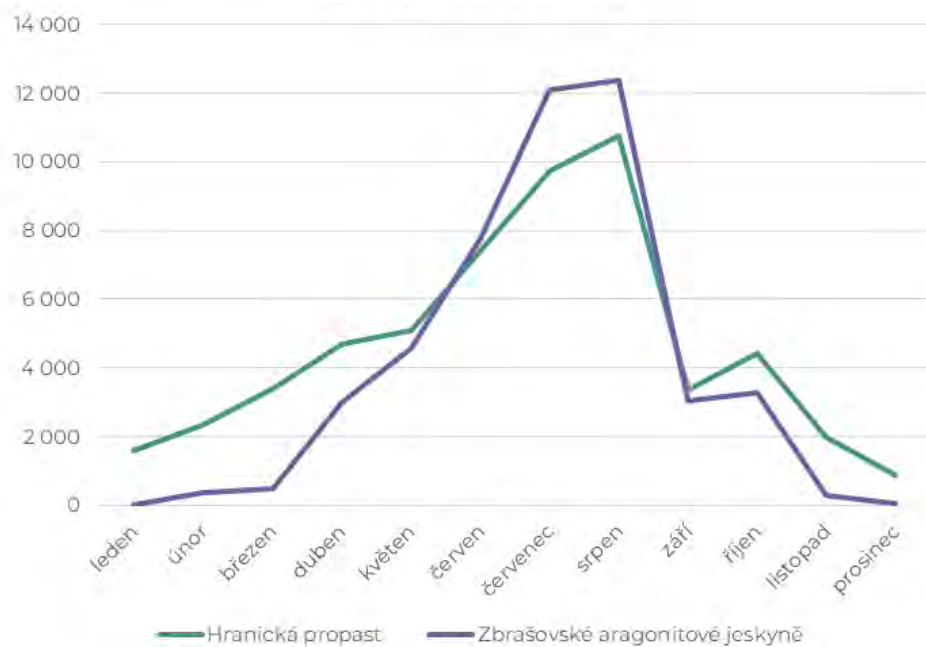
Vybrané ukazatele	Hranice Rozcestí	Hranice Červená		
		Celkem	IN – k propasti	OUT – k nádraží
Návštěvnost celkem	25 121	103 035	55 614	47 421
Nejfrekventovanější den	neděle	neděle	neděle	neděle
Hodinový průměr	2,9	11,8	6,3	5,4
Denní průměr	69	282	152	130
Měsíční průměr	2 093	8 586	4635	3 952
Denní maximum	so 11. června	ne 7. srpna	ne 7. srpna	ne 7. srpna
	338	1443	804	639

Z hlediska frekvence pohybu na lokalitě Hranické propasti je nejexponovanějším dnem neděle, denního maxima zde bylo dosaženo v neděli 7. srpna 2022 (minimálně 804 návštěvníků). Z hlediska časové posloupnosti lze maximální návštěvnost vztáhnout k události překonání dosavadního rekordu naměřené hloubky zatopené části propasti (ze dne 1. srpna 2022; poměrně vysoká návštěvnost byla zaznamenána již 2. srpna, přestože se jednalo o všední den).

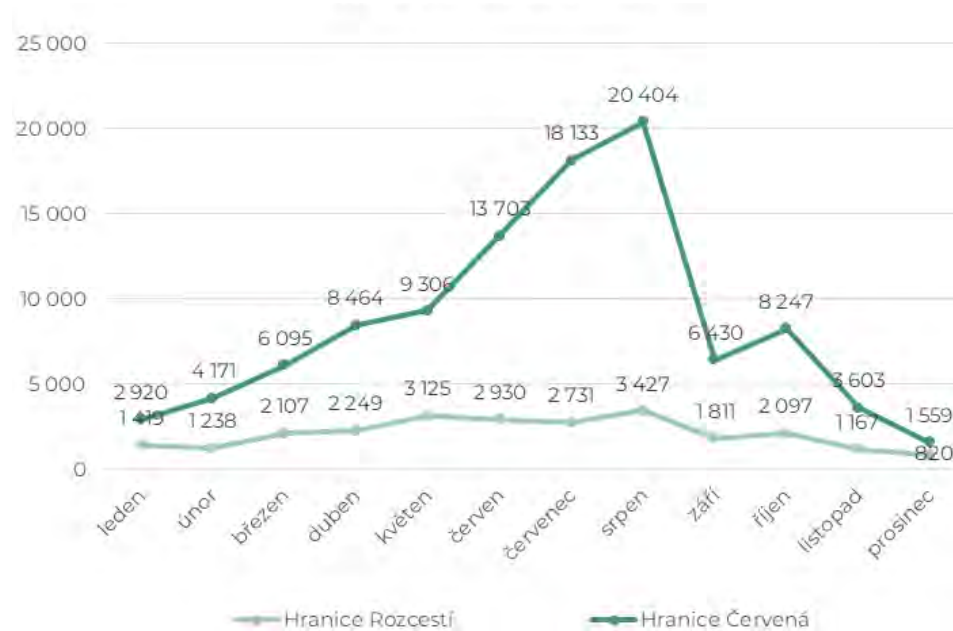
Graf na Obr. 74 ukazuje pro přehled a rámcovou korekci minimálních počtů návštěvníků v lokalitě Hranická propast celkové počty průchodů na

obou stanovištích. Další podrobnější údaje jsou uvedeny v Příloze 8.

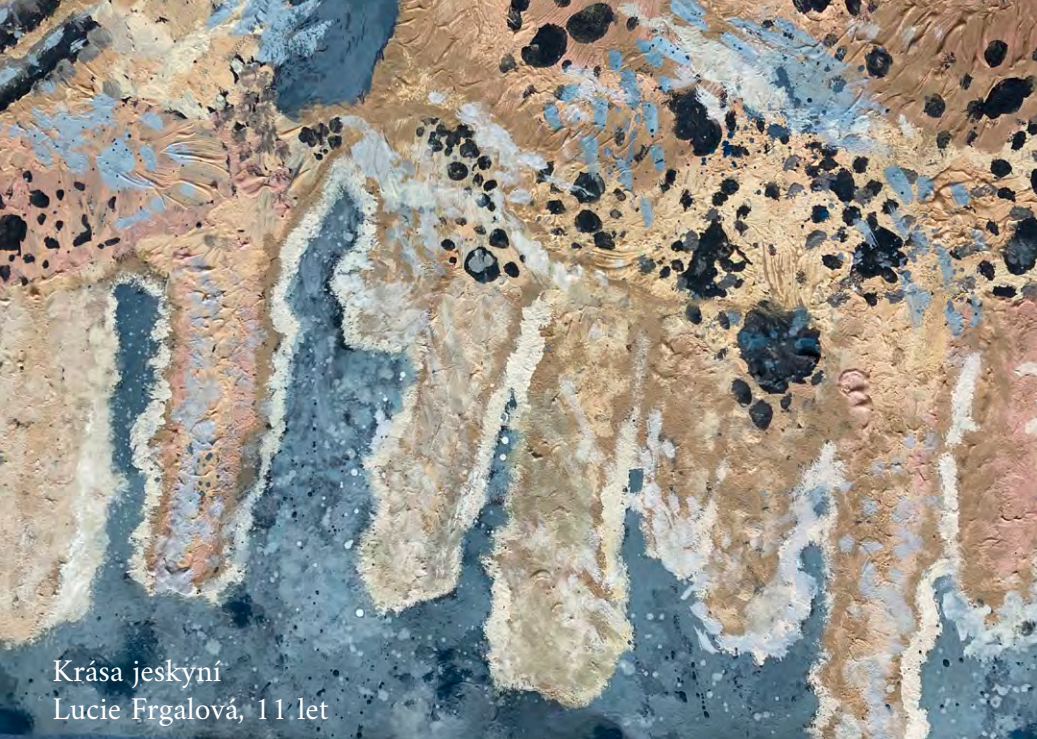
Nejexponovanějším časem návštěv jsou ve víkendových dnech dle očekávání odpolední hodiny (zejména 13–15 hodin), ve všedních dnech jsou vrcholy početnosti návštěvníků zaznamenávány spíše v dopoledních hodinách (10–12 hodin). Lze předpokládat ovlivnění velkými skupinami školních výletů a dále skupinou lázeňských hostů (Lázně Teplice nad Bečvou).



Obrázek č. 73: Počty návštěvníků u Hranické propasti a ve Zbrašovských aragonitových jeskyních v roce 2022



Obrázek č. 74: Měsíční návštěvnost lokality Hranická propast – průchody celkem



Krása jeskyní
Lucie Frgalová, 11 let



Hranická propast
Eliška Benešová, 11 let



Vilém Zlámal, 7 let

11.1.2 Stanovení profilu návštěvníka

U Hranické propasti bylo provedeno 100 osobních rozhovorů. Téměř polovinu respondentů tvořili vícedenní návštěvníci včetně lázeňských hostů, následovali jednodenní turisté (41 %), minoritní zastoupení měli místní obyvatelé (14 %). Na základě získaných odpovědí lze formulovat následující závěry:

Nejvíce návštěvníků (41 %) přijelo ze vzdálenosti větší než 100 km (pokud respondenti specifikovali, objevilo se nejčastěji Brno a Praha, dále byla uvedena města Česká Třebová, Děčín, Hodonín, Jihlava, Jindřichův Hradec, Mladá Boleslav, Písek, Plzeň, Vyškov; byli ale zaznamenáni i návštěvníci ze Slovenska, Ukrajiny, Peru, Itálie, Španělska, Polska a USA). Čtvrtina návštěvníků přicestovala ze vzdálenosti v rozmezí 51–100 km (konkrétně se jednalo o Trinec, Ostravu, Havířov, Uherské Hradiště nebo Český Těšín). Pětina respondentů dorazila ze vzdálenosti nižší než 50 km (nejčastěji z Valašského Meziříčí, Olomouce, Přerova, Trince, Zlína, nebo Mikulůvek). Z nejbližšího okolí bylo 14 návštěvníků (9 návštěvníků z Hranic a další z Teplic nad Bečvou, Černotína a Ústí u Hranic).

Téměř polovinu respondentů přivedla do lokality skutečnost, že se jedná o světový unikát (46 %), čtvrtina návštěvníků k propasti mířila za pohybem (procházkou či sportem), 14 % primárně za krásnou přírodou a 13 % za klidem a odpočinkem. Pro téměř tři čtvrtiny respondentů měla Hranická propast velkou nebo rozhodující roli pro navštívení širšího regionu.

Většina dotázaných (60 %) byla u propasti poprvé, čtvrtina dotázaných navštěvuje propast jednou za rok. Četnější návštěvy v souhrnu činí pouze 16 %. Naprostá většina dotázaných se k propasti plánuje vrátit (85 %, kdy téměř polovina se chce vrátit ještě tento nebo příští rok). K další návštěvě je láká zejména atraktivní příroda v okolí.

Nejčastěji spojují návštěvníci svoji cestu k Hranické propasti s návštěvou

Zbrašovských aragonitových jeskyní a vyhlídky u svatého Jana Nepomuckého. Ojediněle byla zmíněna kombinace s návštěvou Hranic nebo blízkého zatopeného lomu v Opatovicích. Respondenti ale uváděli i vzdálenější cíle, např. hrad Helfštýn, město Olomouc, ojediněle i Beskydy či zlínskou zoologickou zahradu.

Více než polovina (56 %) návštěvníků se k propasti dopravila automobilem, pětina respondentů shodně přišla pěšky nebo využila vlak, pouze jednotlivci přijeli autobusem. V širší lokalitě se nejvíce návštěvníků pohybuje pěšky (téměř čtyři pětiny). Téměř všichni respondenti (96 %) uvedli, že jsou s dopravní obslužností v okolí spokojeni. Výtky byly jen k přeplněnosti parkoviště v letních měsících a špatným parkovacím podmínkám pro zájezdové autobusy.

V blízkosti propasti se ubytovala pouze pětina dotazovaných – v drtivé většině se jednalo o lázeňské hosty. Tato skupina ubytovaných také následně nejvíce využila služeb infocentra, restaurací, možnosti nákupu potravin v místních obchodech nebo nabídky sportovních areálů.

Návštěvníci ohodnotili informovanost turistů o širším regionu průměrnou známkou 2. Jen dvě pětiny respondentů v lokalitě postrádají nějaký prvek vybavenosti či službu (nejčastěji možnost posezení v okolí propasti a služby restauračního zařízení). Na lokalitě pak respondenti nejvíce oceňují klid a relativně nedotčenou přírodu.

11.1.3 Vyhodnocení dotazníkového šetření prostřednictvím infocentra

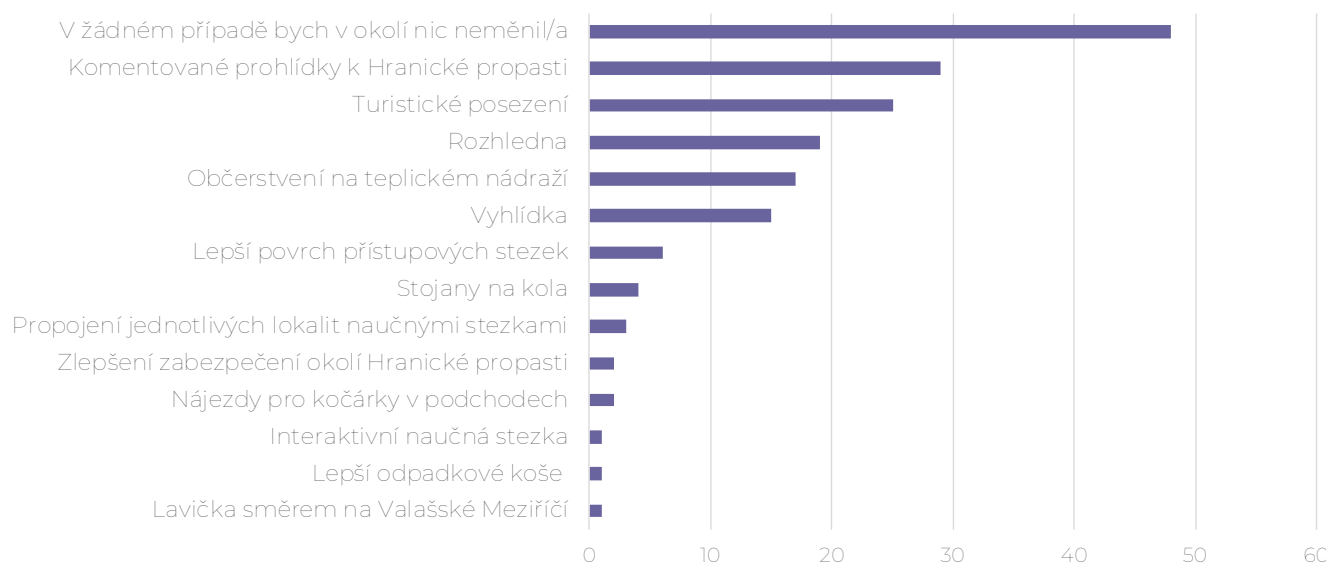
Dotazník aktivně nabízený v infocentru Hranická propast vyplnilo v průběhu turistické sezóny 120 respondentů (vždy vyplňovali za větší skupinu). Převažující motivací k návštěvě lokality byl status světového unikátu (cca 44 %), následovala krásná příroda (30 %). Pro více než polovinu návštěvníků měla právě Hranická propast významnou roli při rozhodování o navštívení širšího regionu. Podobný podíl návštěvníků zde byl poprvé a zhruba 40 % návštěvníků se k propasti vrací každý rok.

Mezi nejnavštěvovanější cíle v okolí patří Zbrašovské aragonitové jeskyně (52 %), lázeňská kolonáda a lázně v Teplicích nad Bečvou (29 %) a město Hranice (11 %). Téměř polovina respondentů nepotřebovala využít žádné služby v okolí Hranické propasti a jen necelých 5 % respondentů nenašlo

adekvátní nabídku služeb. Naprostá většina (93 %) návštěvníků byla spokojena nebo velmi spokojena s dopravní obslužností. Následně se pak téměř 55 % respondentů v širší oblasti pohybovalo pěšky, autem (21 %), vlakem/autobusem (11 %) nebo na kole (7 %).

Z nových prvků, které by mohly vzniknout u Hranické propasti, návštěvníci nejčastěji volili turistické posezení, občerstvení na teplickém nádraží nebo komentované prohlídky k Hranické propasti. Podrobněji viz graf na Obr. 75.

Celkově lze konstatovat, že zjištění z osobních rozhovorů konvenují se zjištěními z dotazníků.



Obrázek č. 75: Preference návrhů nových prvků u Hranické propasti – dotazníkové šetření

11.2 Místní obyvatelé

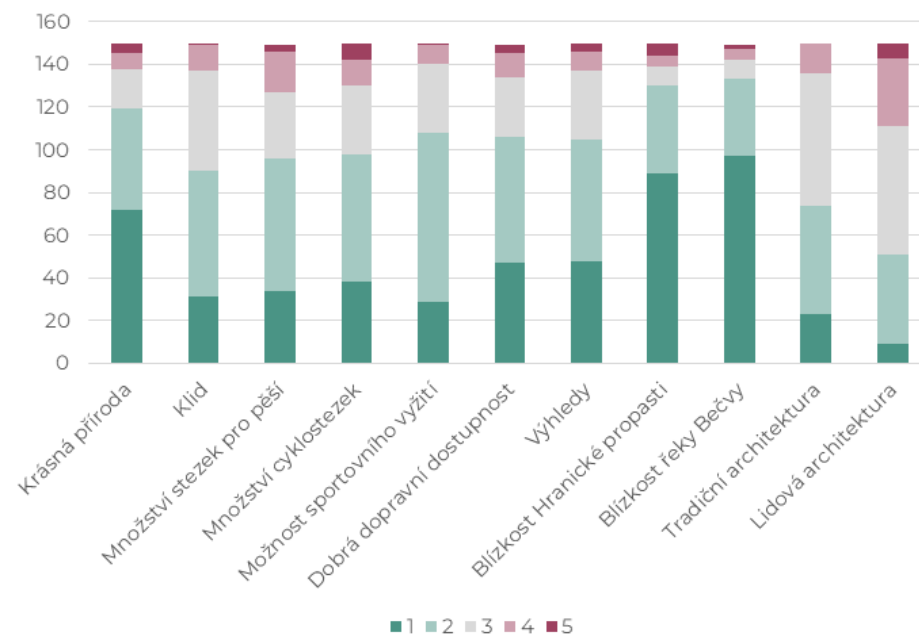
Místní obyvatelé se v online dotazníkovém šetření vyjadřovali k hodnotám a problémům v území a dále k možným hrozbám a rizikům, které by mohly ovlivnit jejich blízké okolí. Do šetření se zapojilo 150 respondentů, dominovali mezi nimi obyvatelé Hranic na Moravě (téměř dvě třetiny respondentů). Přibližně čtvrtina respondentů pocházela z blízkého okolí Hranic – z obcí v prioritním zájmu výzkumného projektu (Černotín, Skalička, Teplice na Bečvou, Ústí). Ve vzorku převažovali respondenti ve věkové kategorii nad 35 let (více než dvě třetiny všech respondentů). Většina respondentů (84 %) žije v území minimálně posledních 15 let. Ve vzorku převažovaly ženy (56 %). Téměř všichni respondenti (95 %) nezávisle na vzdálenosti bydliště od Hranické propasti¹ vnímají tento fenomén jako součást své lokální identity.

11.2.1 Hodnoty území

Nejlepší průměrnou známkou byla hodnocena blízkost řeky Bečvy a Hranické propasti (respondenti nejčastěji hodnotili známkou 1²; průměrná známka 1,5, resp. 1,7) a dále krásná příroda (modus odpovědí hodnota 1; průměrná známka 1,8). Nejhorší průměrná známka byla přidělena lidové, resp. tradiční architektuře (nejčastější hodnocení 3; průměrná známka 2,4–2,9; lze se domnívat, že hodnocení reflektuje nevyužitý potenciál této atraktivity). Ostatní obecné hodnoty (klid, stezky pro pěší, cyklostezky, možnosti sportovního využití, dobrá dopravní dostupnost, výhledy) byly hodnoceny průměrnou známkou 2. Přehled hodnocení je obsažen v grafu na Obr. 76.

¹ Rozmezí vzdálenosti bydliště respondentů bylo od nižších jednotek kilometrů (Hranice na Moravě, jejichž součástí Hranická propast je) po přibližně třicet kilometrů (Přerov).

² 1 – nejlepší hodnocení; 5 – nejhorší hodnocení

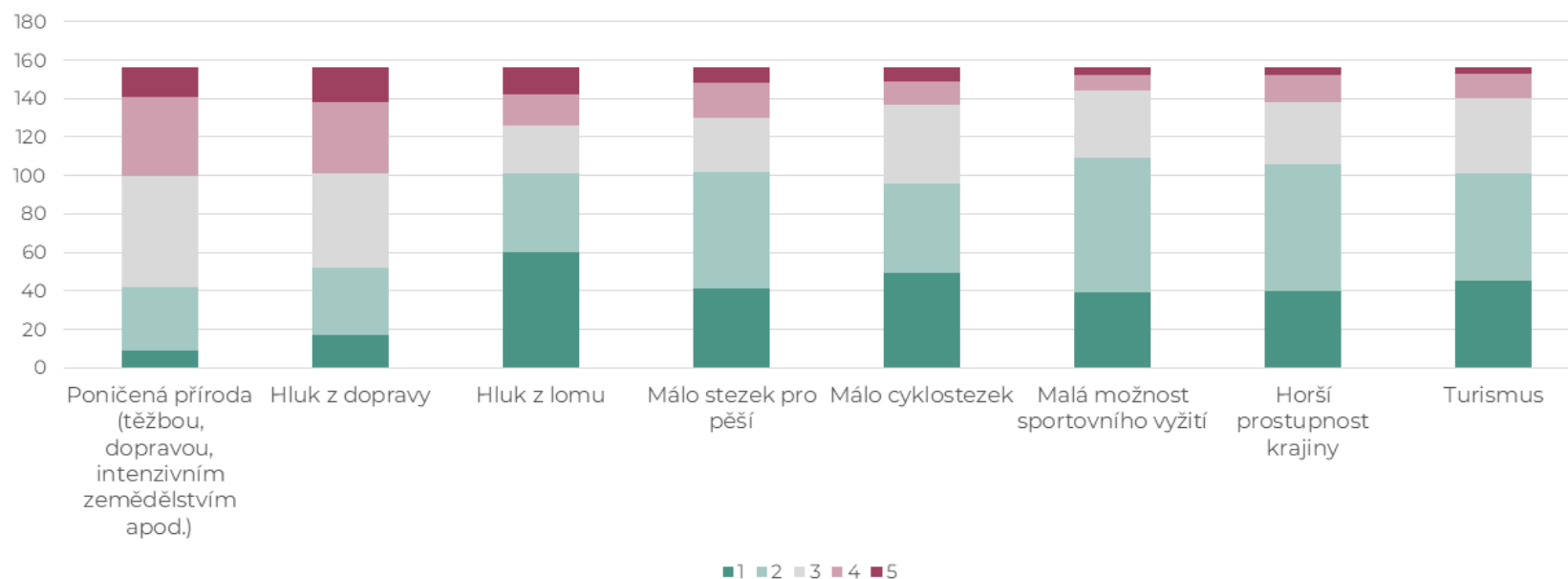


Obrázek č. 76: Měsíční návštěvnost lokality Hranická propast – průchody celkem



11.2.2 Problémy v území

Za největší problém s nejvyšší průměrnou známkou je považován agregovaný vliv intenzivního využívání území (těžba, doprava, intenzivní zemědělství) a hluk z dopravy (průměrné hodnocení 3,0–3,1; modus odpovědí hodnota 3). Ostatní obecné problémy (hluk z lomu, horší prostupnost krajiny, zátěž krajiny turismem) byly hodnoceny průměrnou známkou 2. Přitom zejména vliv hluku z lomu je nutné posuzovat individuální optikou z důvodů různé prostorové intenzity jeho projevů dle vzdálenosti od aktivní činnosti – např. v obci Černotín, kde je zástavba situovaná nejbližší lomům, průměrné hodnocení implikuje výrazně negativní hodnocení s udělenou nejvyšší průměrnou známkou 3,3 (oproti průměru celého vzorku 2,2). Celkový přehled hodnocení viz graf na Obr. 77 (hodnota přidělené známky je přímo úměrná závažnosti problému).



Obrázek č. 77: Hodnocení negativních charakteristik Hranického krasu

11.2.3 Vnímání hodnot krajiny a územích konfliktů

Dvě třetiny respondentů identifikovaly v širším zázemí Hranického krasu další rekreační atraktivitu, jejichž základní prostorové rozložení lze vidět na Obr. 72. Četnost odpovědí vztahujících se k jednotlivým lokalitám je zde vyjádřena intenzitou barvy (zelené oblasti) a prostorovou dominancí. Většina respondentů identifikovala turisticky atraktivní místa v blízkosti řeky Bečvy, což koreluje s hodnocením významu řeky Bečvy jako samostatného fenoménu (viz výše).

Méně než šestina respondentů nevnímá lázně Teplice nad Bečvou jako turisticky atraktivní lokalitu. Téměř všichni respondenti (93 %) vnímají Hranickou propast jako součást svého okolí a téměř všichni jí také přiřazují vysokou atraktivitu.

Respondenti dále označovali problémová místa, jejichž prostorové rozložení včetně znázornění četnosti odpovědí vztažených k jednotlivým lokalitám lze vidět na Obr. 73 (růžově vyznačené oblasti; intenzivnější barva a prostorová dominance značí opakované označení těchto lokalit různými respondenty). Většina problémových lokalit je situována do zastavěného území obecně, v konkrétních prostorových souvislostech se lokality nacházejí zejména na území Hranic na Moravě (tato skutečnost je však ovlivněna vysokým podílem respondentů právě z Hranic).

Při porovnání mapových výstupů na Obr. 78 a 79 lze zaznamenat, že hodnotná i problémová místa jsou kumulována ve shodném prostoru – největším ohniskem obou typů lokalit je širší okolí řeky Bečvy. Tato paradoxní situace odkrývá zásadní prostorové souvislosti a konflikty. Přítomné hodnoty (řeka, jeskyně, propast, chráněné budovy lázeňského areálu ad.) jsou ohroženy rušivými elementy (např. hluk z dopravy, fragmentace území, nedostatečná péče o stávající hodnoty) a jejich význam

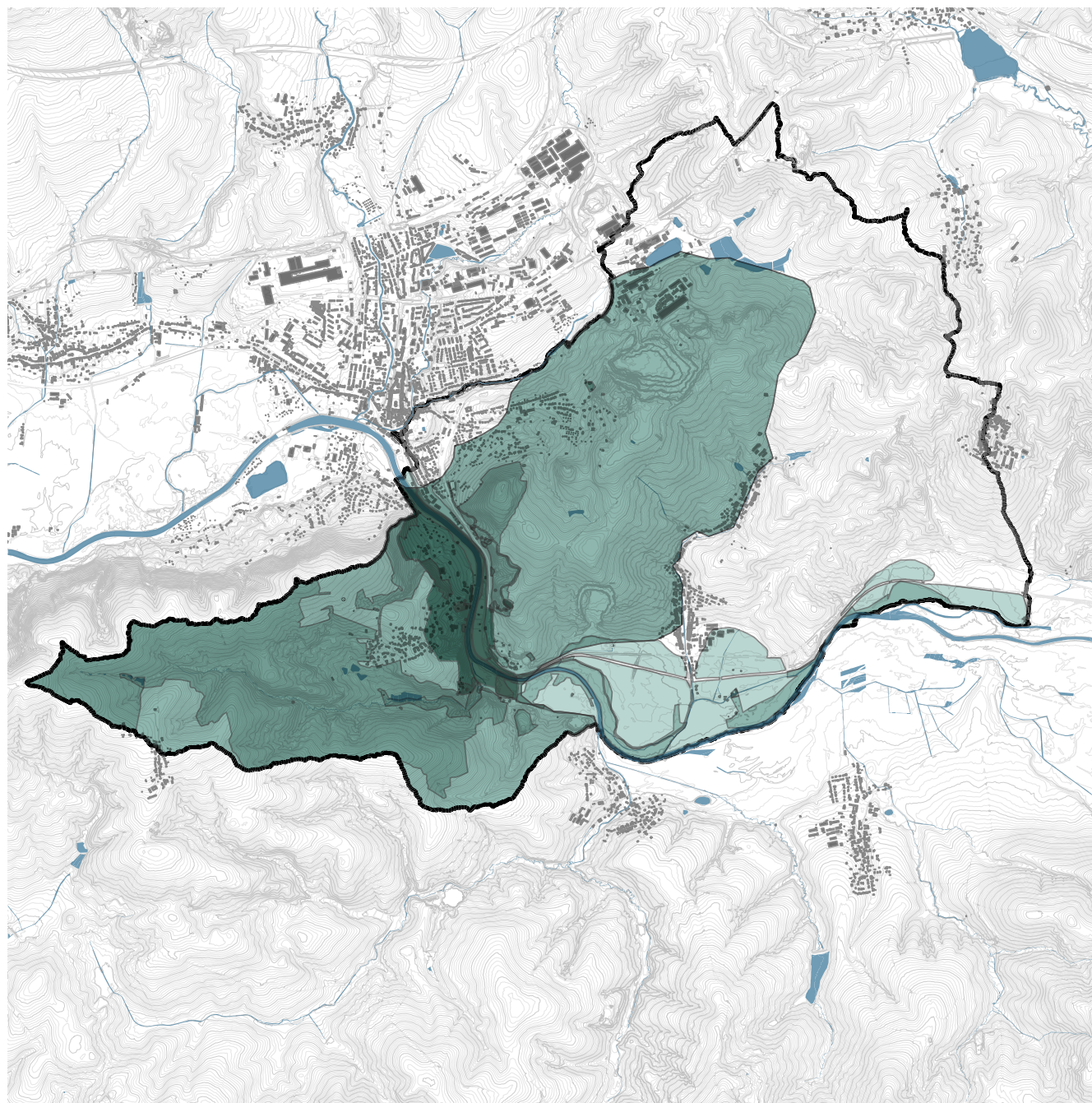
a potenciál dalšího rozvoje je tím limitován. Do budoucna bude z hlediska územního a strategického plánování důležité věnovat zvláštní pozornost právě této oblasti.

TURISTICKY ATRAKTIVNÍ LOKALITY

- řešené území
- vodní plocha
- zástavba
- vrstevnice

Turisticky
atraktivní místa
počet respondentů

- do 4 %
- 5 - 14 %
- 15 - 100 %



Obrázek č. 78: Lokalizace hodnotných míst

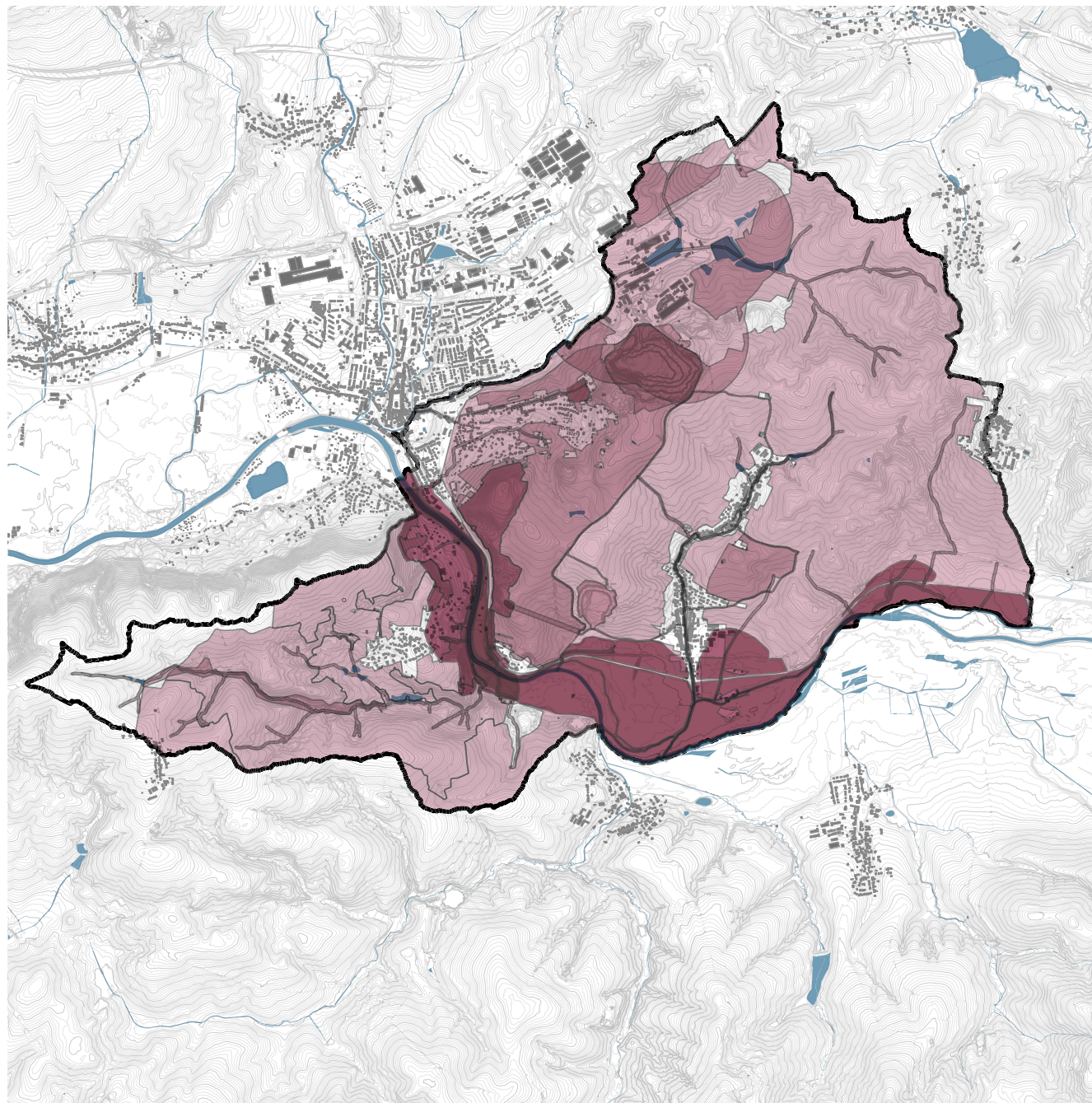
PROBLÉMOVÁ MÍSTA

- řešené území
- vodní plocha
- zástavba
- vrstevnice

Problémová místa

počet respondentů

- do 14 %
- 15 - 43 %
- 44 - 100 %



Obrázek č. 79: Lokalizace problémových míst



Obrázek č. 80: Pohled na lázně, asi 50. léta 20. století



Obrázek č. 81: Pohled na lázně, asi 60. léta 20. století



Obrázek č. 82: Pohled na lázně, 2023

Lázeňský areál

První pohlednice ukazuje jádro lázeňského areálu a podrobné formální sadovnické úpravy. Zásadní je cesta ve tvaru oválu. Plocha nad hotelem Praha byla ještě zemědělsky využívána. Na druhé fotografii je tato plocha již včleněna do lázeňského parku pomocí organicky tvarované cestní sítě. Formální úpravy v okolí hotelu Slovanka byly opuštěny, park dostává více přírodní charakter. Obě historické pohlednice zachycují původní pěší lávku u hotelu Bečva.

Soudobá fotografie zachycuje park přírodního charakteru, se vzrostlými stromy. Pěší lávka byla nově vystavěna níže po proudu.



Obrázek č. 83: Pohled na lázně, 20. léta 20. století



Obrázek č. 84: Pohled na lázně, 40. léta 20. století



Obrázek č. 85: Pohled na lázně, 2023

Lázeňský areál

Soubor těchto pohlednic ukazuje zásadní proměnu lázní, ke které došlo ve 30. letech 20. století. První pohlednice ukazuje lázně před funkcionalistickým rozmachem. Pohlednice ukazuje hotel Slovanku, jehož podoba zůstala nezměněna. Jeho okolí ale zatím tvoří pouze jednoduché travnaté plochy. Druhá fotografie zachycuje hotel Bečva, kotelnu a pavilon Gallašova pramene od architekta Karla Kotase. Z dalších funkcionalistických staveb je zde dominantní vila Ladislava Říhovského. Druhá fotografie zachycuje i významné rozšíření zástavby nad lázněmi, které souviselo s rozvojem lázeňství.

Všechny zmíněné funkcionalistické stavby jsou kulturními památkami. Kulturní památkou je i hotel Slovanka.

11.2.4 Souhlas s výroky týkajícími se konfliktních činností v území

Nejnižší průměrnou známku, tedy největší míru souhlasu vyjádřili respondenti s výrokem: „*V území by se měly především chránit přírodní hodnoty, rekreace je druhořadá.*“ S tímto výrokem souhlasilo 64 % respondentů (oproti 9 % nesouhlasících). Lze vyvodit prioritu ochrany přírody před rekreací.

Prioritu ochrany krajiny potvrzují i odpovědi na druhý výrok: „*V území by se mělo především zemědělsky nebo lesnický hospodařit, ochrana přírodních hodnot je druhořadá.*“ S tímto výrokem souhlasila pouze necelá sedmina respondentů, naopak téměř dvě třetiny respondentů nesouhlasily. Lze vyvodit prioritu ochrany přírody před zemědělským a lesnickým hospodařením.

Třetí výrok zněl: „*V území by se mělo především zemědělsky nebo lesnický hospodařit, rekreace je druhořadá.*“ S tímto výrokem souhlasila více než třetina respondentů, obdobný podíl připadá na nerozhodnuté respondenty (udělili známku 3¹). Naopak čtvrtina respondentů s výrokem nesouhlasila. Lze vyvodit preference vyváženého poměru rekreace s mírnou preferencí zemědělství, tedy rovnováhy zemědělského využívání území a rekreačního potenciálu krajiny. Třetina respondentů souhlasila současně s výroky preferujícími ochranu přírody a zemědělské hospodaření před rekreací.

Čtvrtý výrok zněl: „*Se současným stavem okolní krajiny jsem spokojená/spokojený.*“ S tímto výrokem souhlasila téměř polovina respondentů. Nespokojená se stavem krajiny je jen přibližně šestina respondentů, což koresponduje se zjištěními CVVM z roku 2022² – dle výsledků tohoto výzkumu byla právě přibližně šestina respondentů nespokojena se stavem životního prostředí v místě svého bydliště.

Pátý výrok zněl: „*Klimatická změna (sucho, přívalové srážky) výrazně ovlivní krajinu v mém okolí.*“ S tímto výrokem jednoznačně souhlasily téměř dvě třetiny respondentů. Nesouhlasila přibližně desetina respondentů a čtvrtina respondentů označila neutrální odpověď (zvolila nevyhraněnou hodnotu 3). Výsledky z oblasti Hranického krasu můžeme rámcově srovnat se zjištěními celostátního průzkumu CVVM z roku 2021³, podle kterého se „necelé tři pětiny dotázaných v určité míře obávají dopadů změny klimatu, naopak obavy nepociťuje 37 % dotázaných.“

Tři pětiny dotázaných ve věkové kategorii nad 45 let souhlasily s výše uvedeným výrokem týkajícím se klimatické změny. Zjištění je v souladu s již zmíněnými obecnějšími zjištěními CVVM z roku 2021, ze kterých vyplývá, že klimatickou změnu akcentují častěji lidé ve věku 45–59 let a dále obyvatelé Olomouckého kraje (mimo jiných dalších proměnných, které v Hranickém krase nebyly zjišťovány).

Dvě pětiny respondentů vyjádřily spokojenost s okolní krajinou a zároveň předpokládaly, že se bude měnit. Téměř šestina současně vyjádřila nespokojenost s krajinou ve svém okolí a potvrdila předpoklad jejího ovlivnění klimatickou změnou. Z obav, které respondenti vyjádřili ve vztahu k očekávaným rizikům a hrozbám (teplotní výkyvy, sucho apod. – viz dále), lze předpokládat obavu právě z negativního ovlivnění krajiny. Většina respondentů souhlasila s výrokem, že krajina bude ovlivněna projevy změny klimatu, a zároveň preferovala ochranu přírody. Třetina respondentů považovala současně intenzivní zemědělství za vážný problém a zároveň předpokládala ovlivnění krajiny klimatickou změnou, téměř polovina respondentů pak považovala intenzivní zemědělství minimálně za méně vážný problém a očekává změny krajiny v souvislosti se změnou klimatu.

1 1 – zcela souhlasím, 5 – zcela nesouhlasím

2 Hodnocení ochrany a stavu životního prostředí – září až listopad 2022; https://cvvm.soc.cas.cz/media/com_form2content/documents/c2/a5583/f9/oe221206.pdf

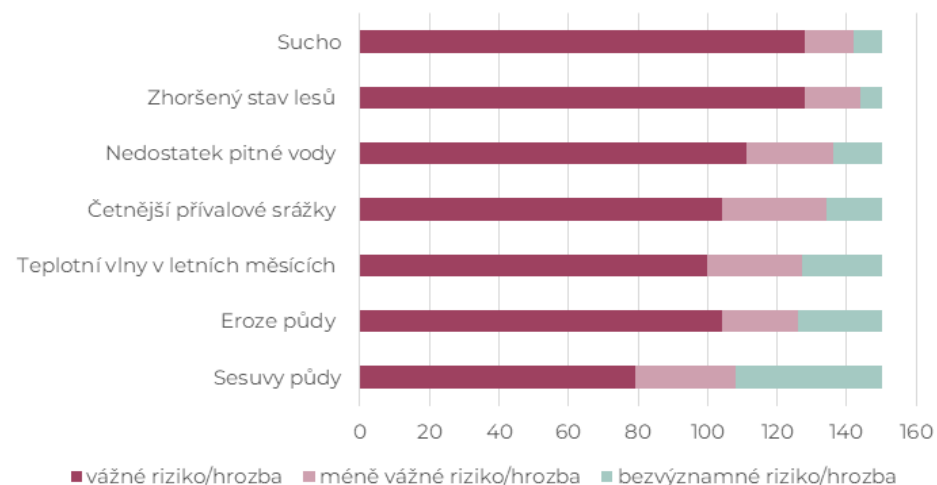
3 Postoje české veřejnosti ke změně klimatu na Zemi – červenec 2021; https://cvvm.soc.cas.cz/media/com_form2content/documents/c2/a5430/f9/oe210819.pdf

11.2.5 Vyhodnocení hrozeb a potenciálně ohrožujících činností

Respondenti se vyjadřovali k následujícím hrozbám a rizikům a definovali míru obavy z jejich reálných projevů:

- teplotní vlny v letních měsících,
- sucho,
- nedostatek pitné vody,
- čtenější přívalové deště,
- eroze půdy,
- sesuvy půdy,
- zhoršený stav lesů.

Respondenti nejčastěji jako vážné označili všech 7 rizik či hrozeb (třetina respondentů), téměř polovina respondentů označila jako vážné 6 hrozeb. Nejčastější kombinaci všech sedmi hrozeb označili respondenti ve věkové kategorii nad 45 let (třetina této věkové kategorie), tři čtvrtiny z kategorie nad 45 let identifikovaly jako vážné 5 a více rizik či hrozeb. Čtyři pětiny respondentů označily zároveň 4 a více vážných hrozeb (tedy vyjádřily vážnou obavu z nadpoloviční většiny uvedených problémů současně). Téměř desetina respondentů nevnímala žádný nebo jen jeden z problémů jako vážný, přičemž většina těchto respondentů žije v Hranicích na Moravě. Nejobávanější hrozbou bylo sucho a zhoršený stav lesů. Sucha i zhoršeného stavu lesů se shodně obávalo 86 % respondentů. Nedostatek pitné vody vyhodnotily jako vážný problém tři čtvrtiny respondentů. Sesuvy půdy jako vážný problém označila jen polovina dotázaných, naopak více než čtvrtina respondentů toto riziko vůbec nepřipouštěla. Podrobněji viz graf na Obr. 86.



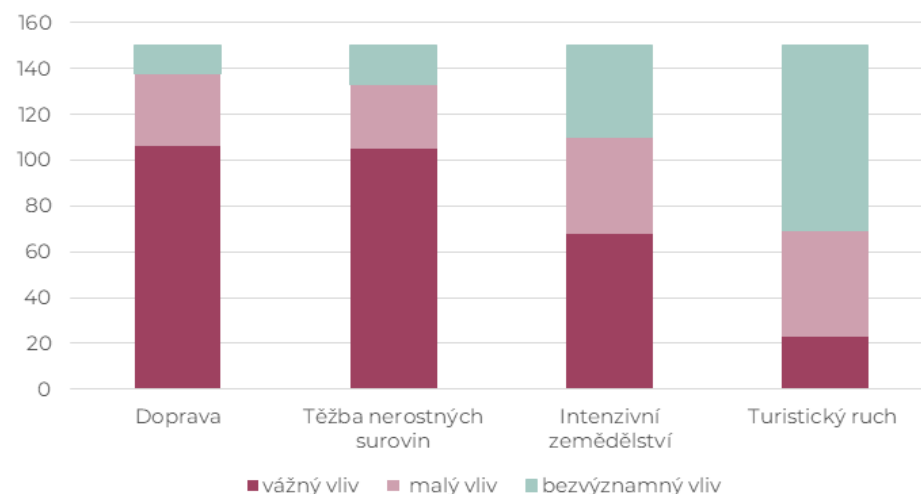
Obrázek č. 86: Hodnocení dopadu vybraných činností na stav krajiny Hranického krasu

Druhá sada otázek byla zaměřena na hodnocení vlivů konkrétních aktivit v území na kvalitu prostředí. Mezi vybrané potenciálně rizikové činnosti bylo zařazeno:

- intenzivní zemědělství,
- těžba nerostných surovin,
- doprava,
- rekreace.

Nejmenší hrozbu dle výsledků výzkumu představuje turismus a potenciální riziko přetížení citlivých lokalit (jako nevýznamné riziko ho vnímala více než polovina respondentů, naopak za vážné riziko ho považovalo jen 15 %). Jako největší problém vnímali obyvatelé dopravu (71 % dotázaných hodnotilo dopravu jako vážný problém). Podobný podíl respondentů vnímal jako vážný problém těžbu. Intenzivní zemědělství v oblasti vnímalo jako vážný problém 45 % dotázaných, čtvrtina respondentů nevnímala vliv intenzivního zemědělství v lokálním kontextu jako zásadní. Celkový přehled viz graf na Obr. 87.

Výše uvedené výsledky korespondují s výsledky celostátních výzkumů – ze závěrů CVVM z roku 2022¹ vyplývá negativní hodnocení dopravy ve vztahu k zátěži prostředí u 78 % respondentů, nižší podíl byl zaznamenán u těžby (58 %) – výsledky výzkumu v Hranickém krasu mohly být zásadně ovlivněny zvýšenou koncentrací těžby vápence a navazujícího zpracovatelského průmyslu v blízkém okolí. Obdobné výsledky na celostátní úrovni byly zaznamenány i na úrovni hodnocení dopadů zemědělství – jako problém pro životní prostředí jej vnímalo 43 % dotázaných.



Obrázek č. 87: Vyjádření obavy z vybraných rizik či hrozeb souvisejících se změnou klimatu

1 Hodnocení ochrany a stavu životního prostředí – září až listopad 2022; https://cvvm.soc.cas.cz/media/com_form2content/documents/c2/a5583/f9/oe221206.pdf

11.2.6 Nové prvky v území

Respondenti se po svém okolí pohybují poměrně často, nejčastěji minimálně jednou týdně (82 %), více než polovina několikrát týdně. Nejčastěji zde tráví čas na procházce či na projíždce na kole. Prostupnost krajiny hodnotily kladně dvě třetiny respondentů, jako nevyhovující pak osmina respondentů. Více než polovina respondentů by v území přivítala vyhlídku či rozhlednu, obdobný podíl respondentů by ocenil venkovní posezení, třetina respondentů by přivítala naučnou stezku či nový vodní prvek.

Závěr

Závěr

Výzkum Hranického krasu pomohl odpovědět na položené otázky, ale zároveň otevřel nové. Je zřejmé, že k odkrytí všech neznámých vede ještě dlouhá a dobrodružná cesta. Přínosem představeného výzkumu je vymezení hranic tohoto malého krasového území, což teprve poskytlo relevantní možnosti prostorově ukotvených analýz a následných návrhů ochranných opatření.

Monografie je členěna do šesti odborných kapitol, kterým přechází přehled literatury představující základní teoretická východiska pro zaměření výzkumu, vymezení oblasti Hranického krasu a celkové pojetí představené části výzkumu (kapitoly 1–4).

Kapitola 5 interpretuje vývoj využití území, které má na zranitelnost oblasti velmi zásadní vliv. Znalost rozložení jednotlivých krajinných prvků hraje významnou roli při navrhování krajinářských opatření, která mají přesah do ochrany podzemních vod a zároveň sehrávají významnou roli v adaptaci krajiny na změnu klimatu. Porovnání stavu krajinných prvků v letech 1830 a 2021 ukázalo na největší změnu v případě trvalých travních porostů, jejichž rozloha se v tomto období zmenšila o třetinu. Hlavním důvodem je odvodnění krajiny pomocí drenáží, a tím pádem zúrodnění dříve nevyužitelných ploch. Vlhké louky, které byly v roce 1830 v krajině hojně zastoupené, se dominantně přeměnily právě na ornou půdu. Díky technologickému vývoji došlo i k razantnímu zvětšení ploch lomů – jejich rozloha narostla o 1 000 %. Detailní analýza proměny krajiny v okolí Hranické propasti dokázala stabilní využívání území – od roku 1830 do dneška v ploše vždy dominuje orná půda. Přestože by se dalo říct, že využívání krajiny zůstalo nezměněné, došlo k významné proměně krajinné mozaiky.

Kapitola 6 sumarizuje dosavadní poznatky o půdních charakteristikách řešeného území a doplňuje nové ve formě podrobného mapování půdních

typů. Tyto charakteristiky jsou velmi zásadní pro pochopení fungování krasového systému, a to nejen z hlediska sycení krasových zvodní. V bezprostředním okolí Hranické propasti se nacházejí převážně produkty zvětrávání vápence a pískovce (půdní typy litozem a rendzina), půdy na zemědělských plochách v okolí propasti jsou tvořeny až na výjimky převážně luvizeměmi v různém stádiu oglejení. Poměrně častým půdním typem v území je i antrozem. S vodními toky se typicky asociují fluvizemě, a to včetně významně pozměněných lokalit (např. mrtvé rameno Bečvy). V severní části NPR Hůrka se vyskytují i kambizemě na drobách.

Velmi zásadní je také příspěvek k interpretaci obsahu a přeměny dusíku v půdách na svazích Hranické propasti a v bezprostředním okolí Hranické propasti přiléhající k zemědělsky obhospodařovaným pozemkům. Jako referenční sloužily záchyty z drenáží na zemědělských pozemcích (kapitola 7). Amonné ionty se vyskytují v nejvyšších koncentracích v okolí Hranické propasti, kde dochází zejména k rozkladu opadu. Podobné trendy byly zaznamenány i v případě nitrátového dusíku (s posilujícím efektem atmosférické depozice).

Výsledky dokazují, že zemědělská půda přispívá (kromě atmosférické depozice) k dalšímu vstupu amonných i dusičnanových iontů do okolního prostředí NPR Hůrka, ale jejich koncentrace je vesměs středně vysoká. Další problém může samozřejmě představovat následná přeměna amonného dusíku na nitrátový dusík, který je v půdě hůře poutatelný, a tedy mobilnější než amonný dusík.

Kapitola 8 provádí typologii vod, které se v Hranickém krasu vyskytují a jsou důležité pro nalézání souvislostí napříč systémem. Na základě analýzy různých typů vod lze formulovat zásadní závěry týkající se jak podzemních krasových systémů, tak kvality vody v krasu. Právě kvalitativní vyhodnocení koncentrací farmak a pesticidů včetně jejich metabolitů ve

vodách z různých zdrojů sleduje moderní trendy v hydrologii krasových oblastí – v tomto ohledu došlo k zásadnímu rozšíření poznatkové základny ve vztahu k poznání souvislostí v hranickém krasovém systému. Výsledky monitoringu vod v Hranickém hypogenním krasu ukázaly přítomnost EOCs ve všech typech vod, včetně stopových koncentrací v hlubokých krasových vodách a hlubokých vrtech. Zjištěné EOCs byly zastoupeny pesticidy, farmaky a jejich metabolity, ojediněle byl nalezen Bisphenol A a repelent DEET. Dosažené výsledky tak vyvrací původní hypotézu, že hluboké hydrotermální krasové vody jsou velmi staré a nekontaminované. Výsledky obecně potvrzují, že současné využívání území skutečně způsobuje znečištění krasového systému. Výsledky projektu potvrzují, že jedinečné a velmi specifické podmínky prostředí v těchto oblastech mohou bránit degradačním procesům některých EOCs, a pomalu se pohybující nebo stojaté vodní útvary tak mohou působit jako rezervoáry těchto látek.

Kapitola 9 navazuje představením výsledků identifikace neevidovaných drenáží na vybraných lokalitách v okolí Hranické propasti. Absence komplexního přehledu o odvodňovaných lokalitách významně limitovala pochopení vodní bilance v území a sycení krasových zvodní. Identifikace drenáží pomocí multispektrální kamery odhalila drenážní systémy na několika lokalitách, které nebyly z dostupných podkladů známy, a také je potvrdila na evidovaných lokalitách. Dále byly identifikovány problémy s postupně dosluhujícími drenážními systémy ve formě progredujících kaveren (propadajících se míst) a zamokřených míst, které znemožňují obhospodařování půdy v těchto místech. Doplněno je i kvalitativní vyhodnocení drenážních vod, které přispívá k pochopení distribuce znečištění pesticidy a vysokými koncentracemi živin v povrchových vodách. Analýzou byly zjištěny vysoké koncentrace pesticidů, což ukazuje na významné bodové zdroje znečištění. Celkové výsledky analýzy drenáží poskytují podklady pro další diskusi a potenciální řešení těchto problémů v zemědělské praxi.

Kapitola 10 může být považována za zastřešující část práce, která dává

do souvislosti různorodé poznatky o území a cílí na ochranu nejcitlivější složky celého krasového systému – podzemní vody. Pracuje na bázi scénářů vývoje území a modifikace *land use*. Ochrana je následně plánována ve formě optimalizace krajinné struktury a navržení ochranných opatření (tato problematika je rozvedena v samostatném mapovém výstupu¹). Zranitelné oblasti se nacházejí zejména v okolí obce Teplice nad Bečvou, v území severně od řeky Bečvy a zasahují do její nivy. Nejzranitelnější oblasti se koncentrují kolem Hranické propasti, dále na svazích příkloněných k údolí řeky Bečvy a východně od katastrálních území Černotín a Hluzov. Tyto plochy jsou využívány převážně jako orná půda. Opatření k ochraně podzemních vod by měla prioritně směřovat do těchto míst. Simulací změny využití území byl potvrzen pozitivní účinek přeměny orné půdy na trvalé travní porosty, který se nad rámec ochrany podzemních vod projevil i ve formě dalších benefitů² (zvýšení retenční kapacity území, snížení teploty povrchu). Nejméně zranitelné oblasti se nacházejí v jižní části kry Maleníku a ve východní části území mimo krasový hydrologický kolektor.

Kapitola 11 doplňuje výše zmíněné poznatky ve vztahu k vybraným důležitým aktérům, kteří rozvoj území ovlivňují přímo i nepřímo. Podrobněji se zaměřuje na návštěvníky Hranické propasti a na místní obyvatele. Z dat návštěvnosti Hranické propasti vyplývá, že jde o významnou atraktivitu s velmi vysokou návštěvností. Není žádoucí, aby se návštěvnost lokality do budoucna zvyšovala, protože by mohlo dojít k jejímu přetížení. Nabídka turistických aktivit v širším území by měla být diverzifikovaná a návštěvnost by tak měla být rozložena mezi více lokalit. Zjištění vyplývající ze stanovení profilu návštěvníka potvrdila mimo jiné tranzitní charakter Hranického krasu. I v této souvislosti by měla být strategie

1 Sedláček, J., Kohoutková, K., Vavrouchová, H., Klepárník, R., Oppeltová, P., Geršl, M., Ulrich, O., Chytrý, K., Fialová, Z., Kučera, P. Hranický kras – návrhová mapa. 2024a, <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-985-3>.

2 Sedláček, J., Kohoutková, K., Vavrouchová, H., Klepárník, R., Oppeltová, P., Geršl, M., Ulrich, O., Chytrý, K., Kučera, P. Hranický kras – analytická mapa. 2024b, <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-984-6>.

rozvoje oblasti v kontextu cestovního ruchu orientována na vytvoření vyššího standardu turistické infrastruktury a zdržení návštěvníků v lokalitě na více dnů. Z šetření mezi místními obyvateli vyplynulo, že akceptují turistický charakter lokality a nemají námítky vůči rozvoji cestovního ruchu. Hodnotná místa, která rezidenti identifikovali, mohou být využita k diverzifikaci turistických atraktivit. Výsledky průzkumu také potvrdily obavy obyvatel z projevů klimatické změny a legitimizovaly budoucí účinná krajinářská opatření s multifunkčním efektem.



Uvnitř jeskyně
kolektiv žáků ZUŠ Hranice, 8-9 let

Summary

Summary

In the Hranice Karst, a multidisciplinary research project was conducted between 2021 and 2024, primarily focusing on delineating the boundaries of the area under investigation, which had not been satisfactorily established before. Detailed analyses were subsequently carried out within the newly defined area. The overarching concept, based on synthesizing partial findings about the area, is the vulnerability of karst regions, presented here in relation to the protection of groundwater. The authors did not aim to produce a text that exhaustively summarizes all current knowledge about the Hranice Karst. The publication presents selected new insights from the multidisciplinary research, which built on the existing state of knowledge and added new perspectives viewed through an interdisciplinary lens.

The monograph is divided into six chapters, preceded by a literature review that presents the basic theoretical foundations for the research focus, the delineation of the Hranice Karst area, and the overall conception of the presented part of the research (Chapters 1-4).

Chapter 5 interprets the development of land use, which has a significant impact on the vulnerability of the area. Understanding the distribution of individual landscape elements plays a crucial role in designing landscape measures that impact both groundwater protection and landscape adaptation to climate change.

Chapter 6 summarizes current knowledge of the soil characteristics in the studied area and adds new information in the form of detailed soil type mapping. These characteristics are crucial for understanding the functioning of the karst system, not only in terms of recharging karst aquifers. The contribution to interpreting the fate of nitrogen in the soils around the Hranice Abyss is also very significant (Chapter 7).

Chapter 8 provides a typology of the waters found in the Hranice Karst,

which is essential for finding connections across the system. Based on the analysis of different types of water, key conclusions can be drawn regarding both underground karst systems and water quality in the karst. The qualitative assessment of concentrations of pharmaceuticals and pesticides, including their metabolites, in waters from various sources follows modern trends in karst hydrology. In this regard, the knowledge base has been significantly expanded to understand the connections within the Hranice Karst system.

The subsequent Chapter 9 presents the results of identifying undocumented drainage systems in selected locations around the Hranice Abyss. The absence of a comprehensive overview of drained sites significantly limited the understanding of the water balance in the area and the recharge of karst aquifers. It also includes a qualitative assessment of drainage waters, contributing to understanding the distribution of pesticide pollution and high nutrient concentrations in surface waters.

Chapter 10 can be considered the overarching part of the work, linking diverse insights about the area and aiming at protecting the most sensitive component of the entire karst complex – groundwater. This protection must be implemented by optimizing land use and designing protective measures.

Chapter 11 supplements the above-mentioned findings in relation to selected important actors who directly or indirectly influence the development of the area. It focuses in detail on visitors to the Hranice Abyss and local residents. The chapter reflects the fact that the Hranice Karst is an attractive tourist destination with unevenly distributed visitation and presents the results of a year-long visitor monitoring around the Hranice Abyss, considered an overloaded site. The second part of the chapter is dedicated to evaluating a survey among local residents.

Seznam použité literatury

Seznam použité literatury

- Al Khoury, I., Boithias, L., Bailey, R. T., Ollivier, C., Sivel, V., Labat, D. 2023. Impact of land-use change on karst spring response by integration of surface processes in karst hydrology: The ISPEEKH model. *Journal of Hydrology*, 626, 130300. ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130300>.
- Amin, M.G.M., Veith, T.L., Collick, A.S., Karsten, H.D., Buda, A.R. 2017. Simulating hydrological and nonpoint source pollution processes in a karst watershed: A variable source area hydrology model evaluation. *Agricultural Water Management*, 180, B, 212-223, ISSN 0378-3774, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.011>.
- Andrade A., Stigter T. 2009. Multi-method assessment of nitrate and pesticide contamination in shallow alluvial groundwater as a function of hydrogeological setting and land use. *Agricultural Water Management*, 96: 1751-1765, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.07.014>.
- Balestra, V., Galbiati, M., Lapadula, S., Zampieri, V., Cassarino, F., Gajdošová, M., Barzaghi, B., Manenti, R., Francesco G., Bellopede, R. 2024. Microplastic pollution calls for urgent investigations in stygobiont habitats: A case study from Classical karst. *Journal of Environmental Management*, 356, 2024, 120672, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120672>.
- Bátori, Z., Valkó, O., Vojtkó, A., Tölgyesi, C., Farkas, T., Frei, K., Hábczyus, A.A., Tóth, Á., Li, G., Rádai, Z., Dulai, S., Barta, K., Erdős, L., Deák, B. 2023. Environmental heterogeneity increases the conservation value of small natural features in karst landscapes. *Science of The Total Environment*, 872, 162120, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162120>.
- Benedict, M.A., Macmahon, E.T. 2002. Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, 20(3), 12-17. ISSN 0738-6532.
- Brillinger, M., Scheuer, S., Albert, C. 2022. Deliberating options for nature-based river development: Insights from a participatory multi-criteria evaluation. *Journal of Environmental Management*, 317, 115350. ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115350>.
- Buckerfield, S.J., Waldron, S., Quilliam, R.S., Naylor, L.A., Li, S., & Oliver, D.M. 2019. How can we improve understanding of faecal indicator dynamics in karst systems under changing climatic, population, and land use stressors? – Research opportunities in SW China. *Science of the Total Environment*, 646, 438-447, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.292>.
- Butscher, C., Huggenberger, P. 2009. Enhanced vulnerability assessment in karst areas by combining mapping with modeling approaches, *Science of The Total Environment*, 407, 3, 1153-1163, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.033>.
- Buvaneshwari, S., Riotte, J., M. Sekhar, M.S. Kumar, M., Kumar Sharma, A., Duprey, J. L., Audry, S., P.R. Giriraja, Praveenkumarreddy, Y., Moger, H., Durand, P., Braun, J. J., Ruiz, L. 2017. Groundwater resource vulnerability and spatial variability of nitrate contamination: Insights from high density tubewell monitoring in a hard rock aquifer, *Science of The Total Environment*, 579, 838-847, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.017>.

- Cerdá-Mansilla, E., Tussyadiah, I., Campo, S., Rubio, N. 2024. Smart destinations: A holistic view from researchers and managers to tourists and locals. *Tourism Management Perspectives*, 51, 101223, ISSN 2211-9736, <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2024.101223>.
- Cao, H., Dong, W., Chen, H., Wang, R. 2023. Groundwater vulnerability assessment of typical covered karst areas in northern China based on an improved COPK method. *Journal of Hydrology*, 624, 129904, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129904>.
- Coxon, C. 2011. Agriculture and karst. *Karst management*. p. 103-138.
- Coletta, V.R., Pagano, A., Pluchinotta, I., Fratino, U., Scrieciu, A., Nanu, F., Giordano, R. 2021. Causal Loop Diagrams for supporting Nature Based Solutions participatory design and performance assessment. *Journal of Environmental Management*, 280, 111668, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111668>.
- D'Ettoire, U.S., Serena Liso, I., Parise, M. 2024. Desertification in karst areas: A review. *Earth-Science Reviews*, 253, 2024, 104786, ISSN 0012-8252, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104786>.
- de Albuquerque, F. P., de Oliveira, J. L., Moschini-Carlos, V., Fraceto, L. F. 2020. An overview of the potential impacts of atrazine in aquatic environments: Perspectives for tailored solutions based on nanotechnology. *Science of The Total Environment*, 700:134868, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134868>.
- Dueñas-Moreno, J., Mora, A., Cervantes-Avilés, P., Mahlknecht, J. 2022. Groundwater contamination pathways of phthalates and bisphenol a: Origin, characteristics, transport, and fate-a review. *Environment International*, 107550. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107550>.
- Dvořák J., Friáková O. 1978. Stratigrafie paleozoika v okolí Hranic na Moravě. – Sborník Ústředního ústavu geolického, 1-5.
- Finch, T., Bradbury, Bradfer-Lawrence, T., Buchanan, G.M., Copping, J.P., Massimino, Smith, P., Peach, W.J., Field, R.H. 2023. Spatially targeted nature-based solutions can mitigate climate change and nature loss but require a systems approach. *One Earth*, 6(10),1350-1374, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.09.005>.
- Ford, D., Williams, P.D. 2007. *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118684986>.
- Fortuna, A. (2012) The Soil Biota. *Nature Education Knowledge* 3(10): 1
- Foster, S. 1987. Fundamental Concepts in Aquifer Vulnerability, Pollution Risk and Protection Strategy: International Conference, 1987, Noordwijk Aan Zee, the Netherlands Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Netherlands Organization for Applied Scientific Research, The Hague, 69-86.
- Frey, B.S., Briviba, A. 2021. A policy proposal to deal with excessive cultural tourism. *European Planning Studies*, 29(4), 601–618, <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1903841>.
- Fučík, P., Zajíček, A., Duffková, R., Kvítek, T. 2015. Water Quality of Agricultural Drainage Systems in the Czech Republic — Options for Its Improvement. *Research and Practices in Water Quality*. InTech. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/59298>.
- Gustafson, D.I. 1989. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 8: 339-357.

- Halešová, T., Kotyzová, M. 2022. Grassing of Zone I in the Moravian Karst Protected Landscape Area. *The Nature Conservation Journal*. 40–43. ISSN 1210-258X.
- Hamstead, Z.A., Kremer, P., Larondelle, N., Mcphearson, T., Haase, D. 2016. Classification of the heterogeneous structure of urban landscapes (STURLA) as an indicator of landscape function applied to surface temperature in New York City. *Ecological Indicators*, 70, Navigating Urban Complexity: Advancing Understanding of Urban Social – Ecological Systems for Transformation and Resilience, 574–585. ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.014>.
- Hansen, R., Pauleit, S. 2014. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. *Ambio*, 43, 516–529.
- Hollstein, L. 2021. Design with nature now, edited by Frederick Steiner, Richard Weller, Karen M'Closkey, and Billy Fleming. *Journal of Urban Affairs*, 43(2), 368–369. ISSN 0735-2166, <https://doi.org/10.1080/07352166.2020.1780876>.
- Hu, Q., Liang, Y., Zeng, H., Huang, H., Chen, W., Qin, L., Song, X., Yan, X. 2024. Organo-chlorine pesticides in water and sediment at a typical karst wetland in Southwest China, *Journal of Geochemical Exploration*, 107519, ISSN 0375-6742, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2024.107519>.
- Hutchinson, M.F. 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, 106(3), 211–232. ISSN 0022-1694, [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(89\)90073-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(89)90073-5).
- Chatzimentor, A., Apostolopoulou, E., Mazaris, A., D. 2020. A review of green infrastructure research in Europe: Challenges and opportunities. *Landscape and Urban Planning*, 198, 103775. ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103775>.
- Choi, Ch., Berry, P., Smith, A. 2021. The climate benefits, co-benefits, and trade-offs of green infrastructure: A systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, 291, 112583. ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112583>.
- Indra A.S.L.P., Putri, P., Ansari, F. 2021. Managing nature-based tourism in protected karst area based on tourism carrying capacity analysis. *Journal of Landscape Ecology*, 14/2, <https://doi.org/10.2478/jlecol-2021-0012>.
- Jordán z Klausenburku, T. 1580. Kníha o vodách hojitedlných neb teplicech moravských. – In: Slavík, B., ed. (1948): Thomáše Jordána z Klauznburku Kníha o vodách hojitedlných neb teplicech moravských. Knižnice obchodní a živnostenské komory v Olomouci, sv. 12, 123 s. Olomouc.
- Kalvoda, J., Bábek, O., Fatka, O., Leichmann, J., Melichar, R., Nehyba, S., Špaček, P. 2008. Brunovistulian terrane (Bohemian Massif, Central Europe) from late Proterozoic to late Paleozoic: a review. *International Journal of Earth Sciences*, 97, 3.
- Kollmann, V., 1987. Moravské lázně v proměnách dvou staletí. Olomouc: Krajské vlastivědné muzeum. Architektura (Krajské vlastivědné muzeum Olomouc).
- Korkou, M., Ari, K.M., Tarigan, Hanslin, H.M. 2023. The multifunctionality concept in urban green infrastructure planning: A systematic literature review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 85, 127975. ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127975>.

- Koutsovili, E.I., Tzoraki, O., Alikali Kalli, A., Provatas, S., Gaganis, P. 2023. Participatory approaches for planning nature-based solutions in flood vulnerable landscapes. *Environmental Science & Policy*, 140, 12–23. ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.11.012>.
- Kovář, P., Heřmanovská, D., Šůva, M. 2015. DES RAIN. Dostupné z: <https://www.fzp.czu.cz/cs/r-6899-projekty-a-spoluprace-s-praxi/r-6924-aplikovane-vysledky/r-7329-software/des-rain-variable.html>.
- Kulhavý, Z. 2020. Drenáže z polí je potřeba vykopat! *Ekolist.cz*. https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/zbynek-kulhavy-drenaze-z-poli-je-potreba-vyko-pat?fbclid=IwAR1lqzT53QicTtqVEXaFcG7kZEjWQlJjp_82q3VG4nWvyZf9QubhVNxXOE.
- Kuzyakov, Y., Zamanian, K. 2019. Reviews and syntheses: Agropedogenesis -humankind as the sixth soil-forming factor and attractors of agricultural soil degradation. *Biogeosciences*, 16:4783-4803, <https://doi.org/10.5194/bg-16-4783-2019a>.
- Lausch, A., Blaschke, T., Haase, D., Herzog, F., Syrbe, R.-U., Tischendorf, L., Walz, U. 2015. Understanding and quantifying landscape structure – A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. *Ecological Modelling*. 295, Use of ecological indicators in models, 31–41. ISSN 0304-3800. doi:10.1016/j.ecolmodel.2014.08.018.
- Liu, L., Bian, Z., Ding, S. 2020. Consequences of Spatial Heterogeneity of Forest Landscape on Ecosystem Water Conservation Service in the Yi River Watershed in Central China. *Sustainability*. 12(3), 1170. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su12031170
- Liu, L. Assessment of water resource security in karst area of Guizhou Province, China. *Sci Rep*. 2021 Apr 7;11(1):7641. doi: 10.1038/s41598-021-87066-5. PMID: 33828114; PMCID: PMC8027861.
- Liu, H., Hamel, P., Tardieu, L., Remme, Han, B., Ren, H. 2022. A geospatial model of nature-based recreation for urban planning: Case study of Paris, France. *Land Use Policy*, 117, 106107. ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106107>
- Liu, L., Wu, J. 2022. Scenario analysis in urban ecosystem services research: Pro-gress, prospects, and implications for urban planning and management. *Landscape and Urban Planning*, 224, 104433. ISSN 0169-2046, <https://10.1016/j.landurbplan.2022.104433>
- Lorenzi, V., Banzato, F., Barberio, M.D., Goeppert, N., Goldscheider, N., Gori, F., Lacchini, A., Manetta, M., Medici, G., Rusi, S., Petitta, M. 2024. Tracking flowpaths in a complex karst system through tracer test and hydrogeochemical monitoring: Implications for groundwater protection (Gran Sasso, Italy), *Heliyon*, 10, 2, e24663, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24663>.
- Lorette, G., Peyraube, N., Lastennet, R., Denis, A., Sabidussi, J., Fournier, M., Viennet, D., Gonand, J., Villanueva, J.D. 2020. Tracing water perturbation using NO₃–, doc, particles size determination, and bacteria: A method development for karst aquifer water quality hazard assessment, *Science of The Total Environment*, 725, 2020, 138512, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138512>.
- Madureira, H., Andresen, T. 2014. Planning for multifunctional urban green in-frastructures: Promises and challenges. *URBAN DESIGN International*, 19(1), 38–49. ISSN 1468-4519, <https://doi.org/10.1057/udi.2013.11>.

- Mahmoud, M., Liu, Y., Hartmann, H., Stewart, S., Wagener, T., Semmens, D., Stewart, R., Gupta, H., Dominguez, D., Dominguez, F., Hulse, D., Letcher, R., Rashleigh, B., Smith, C., Street, R., Ticehurst, J., Twery, M. van Delden, H., Waldick, R., White, D., Winter, L. 2009. A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making. *Environmental Modelling & Software*, 24(7), 798–808. ISSN 1364-8152, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.11.010>.
- Marumure, J., Tinoziva, T., Simbanegavi, Makuvara, Z., Karidzagundi, R., Alufasi, R., Goredema, M., Gufe, C., Chaukura, N., Halabowski, D., Gwenzi, W. 2024. Emerging organic contaminants in drinking water systems: Human intake, emerging health risks, and future research directions, *Chemosphere*, 356, 2024, 141699, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141699>.
- Miller, B.W., Eaton, M.J., Symstad, A.J., Schuurman, G.W., Rangwala I., Travis, W.R. 2023. Scenario-Based Decision Analysis: Integrated scenario planning and structured decision making for resource management under climate change. *Biological Conservation*, 286, 110275. ISSN 0006-3207, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110275>.
- Modrá, H., Ulmann, V., Geršl, M., Babák, V., Konečný, O., Hübelová, D., Caha, J., Kudělka, J., Falkinham, J.O., Pavlík, I. 2024. River Sediments Downstream of Villages in a Karstic Watershed Exhibited Increased Numbers and Higher Diversity of Nontuberculous Mycobacteria. *Microbial Ecology*. 87(1), ISSN 0095-3628. <https://doi.org/10.1007/s00248-023-02326-3>.
- Moosavi, S., Hurlimann, A., Nielsen, J., Bush, J., Warren-Myers, G., March, A. 2023. Transforming the agency and influence of landscape architects in climate change actions: An empirical analysis of barriers and facilitators. *Landscape and Urban Planning*, 234, 104735, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104735>.
- Mouvet, C., Jeannot, R., Riolland, H., Maciag, C. 1997. Stability of isoproturon, bentazone, terbutylazine and alachlor in natural groundwater, surface water and soil water samples stored under laboratory conditions. *Chemosphere*, 35:1083-1097.
- Menchen, A., Heras, J.D.L., Gómez-Alday, J.J. 2017. Pesticide contamination in groundwater bodies in the Júcar river European Union pilot basin (Spain). *Environmental Monitoring and Assessment* 189: 1-18. DOI: 10.1007/s10661-017-5827-4
- Meng, G., Wang, K., Wang, F., Dong, Y. 2023. Analysis of the tourism-economy-ecology coupling coordination and high-quality development path in karst Guizhou Province, China. *Ecological Indicators*, 154, 110858, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110858>
- Moreno-Gómez, M., Liedl, R., Stefan, C., Pacheco, J. 2024. Theoretical analysis and considerations of the main parameters used to evaluate intrinsic karst groundwater vulnerability to surface pollution, *Science of The Total Environment*, 907, 167947, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167947>.
- Neuhoff, R., Simeone, L., Holst Laursen, L. 2023. Forms of participatory futuring for urban sustainability: A systematic review. *Futures*, 154(3):103268, <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103268>
- Nie, X., Wang, Q.L., Wu, J.X., Wang, H., Chen, Z.P., He, J.X. 2022. Effectively enhancing perceptions of cultural ecosystem services: A case study of a karst cultural ecosystem. *Journal of environmental management*, 315, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115189>.

- Obradović, S., Stojanović, V. 2021. Measuring residents' attitude toward sustainable tourism development: a case study of the Gradac River gorge, Valjevo (Serbia). *Tourism Recreation Research*, 47(5–6), 499–511, <https://doi.org/10.1080/02508281.2020.1870073>.
- O'Brien, L., De Vreese, R., Kern, M., Sievänen, T., Stojanova, B., Atmiş, E. 2017. Cultural ecosystem benefits of urban and peri-urban green infrastructure across different European countries. *Urban Forestry & Urban Greening* [online]. 24, 236–248. ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.002>.
- Paredes, I., Otero, N., Soler, A., Green, A.J., Soto, D.X. 2020. Agricultural and urban delivered nitrate pollution input to Mediterranean temporary freshwaters. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 294, article 106859, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106859>.
- Park, W.P., Chang, K.M., Hyun, H.N., Boo, K.H., Koo, B.J. 2020. Sorption and leaching characteristics of pesticides in volcanic ash soils of Jeju island. *Korea Applied Bio-logical Chemistry*, 63: 1-13, <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00555-5>.
- Pavlik, I., Geršl, M., Bartos, M., Ulmann, V., Kaucka, P., Caha, J., Unc, A., Hübelová, D., Konečný, O., Modrá, H. 2018. Nontuberculous mycobacteria in the environment of Hranice Abyss, the world's deepest flooded cave (Hranice karst, Czech Republic). *Environment Science and Pollution Research*, 25, 23712–23724. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2450-z>.
- Peng, J., Hu, X., Qiu, S., Hu, Y., Meersmans, Liu, J. 2019. Multifunctional landscapes identification and associated development zoning in mountainous area. *Science of The Total Environment*, 660, 765–775. ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.023>
- Pérez-Lucas, G., Vela, N., El Aatik, A., Navarro, S. 2019. Environmental risk of groundwater pollution by pesticide leaching through the soil profile Pesticides-use and misuse and their impact in the environment: 1-28.
- Pospěch, T., 2000. *Hranická architektura 1815-1948*. Hranice: DOST. ISBN 80-902942-0-0.
- Qiu, J., Turner, M. G. 2015. Importance of landscape heterogeneity in sustaining hydrologic ecosystem services in an agricultural watershed. *Ecosphere*, 6(11), art229. ISSN 2150-8925, <https://doi.org/10.1890/ES15-00312.1>.
- Ravbar, N., Pipan, T. 2022. Karst Groundwater Dependent Ecosystems – Typology, Vulnerability and Protection. In: Thomas Mehner a Klement Tockner, ed. *Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition)*, Oxford: Elsevier, 460–473 [2024-01-25]. ISBN 978-0-12-822041-2, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00182-1>.
- Ravbar, N., Petrič, M., Blatnik, M., Švara, A. 2021. A multi-methodological approach to create improved indicators for the adequate karst water source protection, *Ecological Indicators*, 126, 107693, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107693>.
- Ravbar, N., Mulec, J., Mayaud, C., Blatnik, M., Kogovšek, B., Petrič, M. 2023. A comprehensive early warning system for karst water sources contamination risk, case study of the Unica springs, SW Slovenia, *Science of The Total Environment*, 885, 163958, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163958>.
- Reberski, J.L., Terzić, J., Maurice, L.D., Dan, J. 2022. Lapworth, Emerging organic contaminants in karst groundwater: A global level assessment, *Journal of Hydrology*, 604, 2022, 127242, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127242>.

- Reberski, J.L., Selak, A., Lapworth, D.J., Maurice, L.D., Terzić, J., Civil, W., Stroj, A. 2023. Emerging organic contaminants in springs of the highly karstified Dinaric region, *Journal of Hydrology*, 621, 2023, 129583, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129583>.
- Reinhart, H., Putra, R.D., Rafida, M.R. 2023. Karst ecosystem services and their roles in the management of Gunung Sewu UNESCO global geopark. *Sustinere: Journal of Environment and Sustainability*, 7(3), 220–233, <https://doi.org/10.22515/sustinere.jes.v7i3.349>
- Ribeiro, D., Zorn, M. 2021. Sustainability and Slovenian Karst Landscapes: Evaluation of a Low Karst Plain. *Sustainability*, 13, 4: 1655. <https://doi.org/10.3390/su13041655>.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., SCHELL, J.A., Deering, D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium 1*, 309–317, <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>.
- Roux, D.J., M. Smith, K.S.S., Smit, I.P.J., Freitag, S., Slabbert, L., Mokhatla, M.M.M., Hayes, J., Mpapane, N.P. 2020. Cultural ecosystem services as complex outcomes of pe-ople – nature interactions in protected areas. *Ecosystem Services*, 43, 2020, 101111, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101111>.
- Řezníček, V. 1977. Teplice nad Bečvou. Ochranná pásma. – MS Geotest. Brno.
- Selak, A., Lukač Reberski, J., Klobučar, G. 2023. Assessing the persistence, mobility and toxicity of emerging organic contaminants in Croatian karst springs used for drinking water supply, *Science of The Total Environment*, 903, 2023, 166240, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166240>.
- Schulmann, K., Gayer, R. 2000. A model for a continental accretionary wedge developed by oblique collision: The NE Bohemian Massif. *Journal of the Geological Society*, 157(2):401-416, <https://doi.org/10.1144/jgs.157.2.401>.
- Selak, A., Lukač Reberski, J., Boljat, I., Terzić, J. 2024. Characterizing occurrence of emerging organic contaminants in Dinaric karst catchment of Jadro and Žrnovnica springs, Croatia, *Emerging Contaminants*, 10, 3, 100327, ISSN 2405-6650, <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100327>.
- Sivelle, V., Jourde, H., Bittner, D., Richieri, B., Labat, D., Hartmann, A., Chiogna, G. 2022. Considering land cover and land use (LCLU) in lumped parameter modeling in forest dominated karst catchments. *Journal of Hydrology*, 612, Part C, 128264, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128264>.
- Sedláček, J., Kohoutková, K., Vavrouchová, H., Klepárník, R., Oppeltová, P., Geršl, M., Ulrich, O., Chytrý, K., Fialová, Z., Kučera, P. Hranický kras – návrhová mapa. 2024a, <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-985-3>.
- Sedláček, J., Kohoutková, K., Vavrouchová, H., Klepárník, R., Oppeltová, P., Geršl, M., Ulrich, O., Chytrý, K., Z., Kučera, P. Hranický kras – analytická mapa. 2024b, <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-984-6>.
- Sedláček, J., Šimečková, J., Geršl, M., Kučera, P., Vavrouchová, H., Vlček, V., Chaloupský, P., Klepárník, R., Ulrich, O. a Kohoutková, K., 2023. Krajina v celku a krajina v detailu Mezioborový výzkum Hranického krasu [online]. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN ISBN 978-80-7509-935-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-935-8>

- Sisto, R., Fernández-Portillo, L.A., Yazdani, M., Estepa-Mohedano, L., Torkayesh, A.E. 2022. Strategic planning of rural areas: Integrating participatory backcasting and multiple criteria decision analysis tools. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82, A, 101248, ISSN 0038-0121, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101248>.
- Sorensen, J., Lapworth, D., Nkhuwa, D., Stuart, M., Gooddy, D., Bell, R., Chirwa, M., Kabika, J., Liemisa, M., Chibesa, M. 2015. Emerging contaminants in urban ground-water sources in Africa. *Water research*, 72: 51-63, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.002>.
- Spalding, R.F., Hirsh, A.J., Exner, M.E., Little, N.A., Kloppenborg K.L. 2019. Applicability of the dual isotopes $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ to identify nitrate in groundwater beneath irrigated cropland. *Journal of Contaminant Hydrology*, 220, 128-135, <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.12.004>.
- Sprague, R.H. 1982. JR. and Ed Carlson, Building Effective Decision Support Systems, Prentice-Hall. B.m.: Englewood Cliffs New Jersey.
- Šrámek, O., Geršl, M., Faimon, J., Bábek, O. 2019. The geochemistry and origin of fluids in the carbonate structure of the hranice karst with the world's deepest flooded cave of the Hranická Abyss, Czech Republic *Applied Geochemistry* 100: 203-212.
- Stacchini, A., Guizzardi, A., Mariotti, A. 2022. Smoothing down arbitrariness in planning: From SWOT to participatory decision making. *Land Use Policy*, 119, 106213, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landuspol.2022.106213>.
- Steinitz, C. 2012. A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design. B.m.: Esri. ISBN 978-1-58948-333-0.
- Syafrudin, M., Kristanti, R.A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-Onazi, W.A., Algarni, T.S., Almarri, A.H., Al-Mohaimed A.M. 2021. Pesticides in drinking water—a review. *International journal of environmental research and public health* 18: 468. DOI: 10.3390/ijerph18020468
- Špaček, P., Bábek, O., Štěpančíková, P., Švancara, J., Pazdírková, J., Sedláček, J. 2015. The nysa-morava zone: An active tectonic domain with late cenozoic sedimentary grabens in the western carpathians' foreland (ne bohemian massif) *International Journal of Earth Sciences* 104: 963-990.
- Špůrová, H., 2013. Mlýn Černotín. Vodní mlýny [online]. 9. 11. 2013 [cit. 2024-07-16]. Dostupné z: <https://www.vodnimlyny.cz/mlyny/objekty/detail/1807-mlyn-cernotin>
- Tlapáková, L., Čmelík, M., Žaloudík, J., Karas, J. 2016. Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti. Pardubice: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-58-0.
- Tyráček, J. 1962. Fosilní kuželový kras u Hranic na Moravě. – *Čas. Mineral. Geol.*, 2, s. 176-181., Praha.
- Ulloa-Cedamano, F., Probst, J.L., Marais-Sicre, C., Vrech, E., Maire, E., Probst, A. 2022. Potential influence of landscape transition on stream water chemistry trends during the last decades in a karst catchment (Pyrenees, SW France) in a context of global environmental changes, *Ecological Indicators*, 140, 109023, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109023>.
- Utom, A.U., Werban, U., Leven, C., Müller, C., Knöller, K., Vogt, C., Dietrich, P. 2020. Groundwater nitrification and denitrification are not always strictly aerobic and anaerobic processes, respectively: an assessment of dual-nitrate isotopic and chemical evidence in a stratified alluvial aquifer. *Biogeochemistry*, 147, pp. 211-223, <https://doi.org/10.1007/s10533-020-00637-y>.

- Valenta, L. 2015. Černotín a Hluzov: nástin historie. [Černotín]: obec Černotín, 2015. ISBN 978-80-270-1276-3.
- Valjarević, A., Vukoičić, D., Valjarević, D. (2017). Evaluation of the tourist potential and natural attractivity of the Lukovska Spa. *Tourism Management Perspectives*, 22, ISSN 2211-9736, <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.12.004>.
- Vilhar, U., Kermavnar, J., Kozamernik, E., Petrič, M., Ravbar, N. 2022. The effects of large-scale forest disturbances on hydrology – An overview with special emphasis on karst aquifer systems. *Earth-Science Reviews*, 235, 104243, ISSN 0012-8252, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104243>.
- van Oijstaeijen, W., Finizola e Silva, M., Back, P., Collins, A., Verheyen, K., De Beelde, R., Cools, J., Van Passel, S. 2023. The Nature Smart Cities business model: A rapid decision-support and scenario analysis tool to reveal the multi-benefits of green infrastructure investments. *Urban Forestry & Urban GreeninG*, 84, 127923. ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127923>.
- van Oorschot, J., Sprecher, B., van Zelfde, M., van Bodegom, P., van Oudenhoven, A.P.E. 2021. Assessing urban ecosystem services in support of spatial planning in the Hague, the Netherlands. *Landscape and Urban Planning*, 214, 104195, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104195>.
- Vidal, J., Báez, M.E., Calzadilla, W., Aranda, M., Salazar, R. 2022. Removal of chlorida-zon and its metabolites from soil and soil washing water by electrochemical pro-cesses. *Electrochimica Acta*, 425: 140682. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2022.140682>.
- Vrba, J., Zaporozec, A. 1994. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability –IAH. *International Contributions to Hydrogeology*, 16. FRG, Heise Publication, Han-nover, 131.
- Vrbičanová, G., Kaisová, D., Močko, M., Petrovič, F., Mederly, P. 2020. Mapping Cultural Ecosystem Services Enables Better Informed Nature Protection and Landscape Management. *Sustainability* 12, 5: 2138, <https://doi.org/10.3390/su12052138>.
- Wang, L., Xiao, S. 2020. Tourism space reconstruction of a world heritage site based on actor network theory: A case study of the Shibing Karst of the South Chi-na Karst World Heritage Site. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 8, 2, 140-151, ISSN 2577-4441, <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.05.005>.
- Wang, Z.J., Yue, F.J., Lu, J., Wang, Y.Ch., Qin, C.Q., Ding, H., Xue, L.L., Li, S.L. 2022. New insight into the response and transport of nitrate in karst groundwater to rainfall events. *Science of The Total Environment*, 818, 151727, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151727>.
- Wauchope, R.D., Buttler, T., Hornsby, A., Augustijn-Beckers, P., Burt, J. 1992. The scs/ars/ces pesticide properties database for environmental decision-making *Reviews of environmental contamination and toxicology: Continuation of residue reviews*: 1-155.
- Wei, Z., Wei, T., Chen, Y., Zhou, R., Zhang, L., Zhong, S. 2024. Seasonal dynamics and typology of microplastic pollution in Huixian karst wetland groundwater: Implications for ecosystem health, *Journal of Environmental Management*, 358, 2024, 120882, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120882>.

- Wei, X., Bai, X., Wen, X., Liu, L., Xiong, J., Yang, C. 2023. A large and overlooked Cd source in karst areas: The migration and origin of Cd during soil formation and erosion. *Science of The Total Environment*, 895, 165126. ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165126>.
- Wellmann, T., Lausch, A., Andersson, E., Knapp, S., Cortinovis, C., Jache, J., Scheuer, S., Kremer, P., Mascarenhas, A., Kraemer, R., Haase, A., Schug, F., Haase, D. 2020. Remote sensing in urban planning: Contributions towards ecologically sound policies? *Landscape and Urban Planning*, 204, 103921, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103921>.
- White, R., Engelen, G. 2000. High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 24(5), 383–400, ISSN 0198-9715, [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(00\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(00)00012-0).
- Wu, H., Bolte, P.J., Hulse, D., Johnson, B.R. 2015. A scenario-based approach to integrating flow-ecology research with watershed development planning. *Landscape and Urban Planning*, 144, 74–89, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.08.012>.
- Xiao, B., Bai, X., Zhao, C., Tan, Q., Li, Y., Luo, G., Wu, L., Chen, F., Li, C., Ran, C., Luo, X., Xi, H., Chen, H., Zhang, S., Liu, M., Gong, S., Xiong, L., Song, F., Du, C. 2023. Responses of carbon and water use efficiencies to climate and land use changes in China's karst areas. *Journal of Hydrology*, 617, 128968. ISSN 0022-1694. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128968>.
- Xiong, L., Li, R. 2024. Assessing and decoupling ecosystem services evolution in karst areas: A multi-model approach to support land management decision-making, *Journal of Environmental Management*, 350, 119632, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119632>.
- Yang, P., Li, Y., Groves, C., Hong, A. 2019. Coupled hydrogeochemical evaluation of a vulnerable karst aquifer impacted by septic effluent in a protected natural area, *Science of The Total Environment*, 658, 1475–1484, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.172>.
- Zachrisson, A., Björstig, T., Thellbro, C., Neumann, W., Svensson, J. 2021. Participatory comprehensive planning to handle competing land-use priorities in the sparsely populated rural context. *Journal of Rural Studies*, 88, ISSN 0743-0167, <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.031>.
- Zemann, M., Majewsky, M., Wolf, L. 2016. Accumulation of pharmaceuticals in groundwater under arid climate conditions – results from unsaturated column experiments. *Chemosphere* 154: 463–471.
- Zhang, S., Wang, Y., Zhang, Ch., Wu, Y., Li, Ch., Yin, Y. 2024. Response mechanism of the thermal environment in the karst rocky desertification areas from the perspective of settlement transition. *Urban Climate*, 55, 2024, 101984, ISSN 2212-0955, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101984>.
- Zhang, K., Chui, T.F.M. 2019. Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales – A literature review. *Science of The Total Environment*, 646, 1219–1231. ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.355>.
- Zhu, Z., Wang, J., Hu, M., Lin, J. 2019. Geographical detection of groundwater pollution vulnerability and hazard in karst areas of Guangxi Province, China. *Environmental Pollution*, 245, 627–633, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.017>.
- Zwahlen, F., 2003. Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. B. m.: Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg.

Elektronické a ostatní zdroje

ČÚZK 2010. Geoportál ČÚZK – Archivní ortofoto. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(s0ncat3z4lo0qr3uklwy-dj2s\)\)/Default.aspx?menu=3128&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ=-CUZK-WMS-ORTOARCHIV&metadataXSL-metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(s0ncat3z4lo0qr3uklwy-dj2s))/Default.aspx?menu=3128&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ=-CUZK-WMS-ORTOARCHIV&metadataXSL-metadata.sluzba)

ČSÚ. 2021. Veřejná databáze [online], Praha: Český statistický úřad [cit. 2023-12.-31]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/>

Hodnocení ochrany a stavu životního prostředí – září až listopad 2022; https://cvvm.soc.cas.cz/media/com_form2content/documents/c2/a5583/f9/oe221206.pdf

Mapová aplikace www.mapy.cz

Ministerstvo zemědělství. 2009. Data meliorací. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/farmer/LPIS/data-melioraci>

Národní památkový ústav. 1972. Hrad Svrčov – Evidenční list nemovité kulturní památky. Retrieved 9 17, 2021, from https://iispp.npu.cz/mis_public/documentDetail.htm?id=1104335

Národní památkový ústav. 1973. Sídliště pravěkého člověka – Evidenční list nemovité kulturní památky. Retrieved 9 18, 2021, from https://iispp.npu.cz/mis_public/documentDetail.htm?id=1104119

Národní památkový ústav. 2003. „Vápenky“. Retrieved 9 18, 2021, from <https://isad.npu.cz/vapenky-27969>

Národní památkový ústav. 2011. „Zlámaná“. Retrieved 9 18, 2021, from <https://isad.npu.cz/zlamana-27973>

Národní památkový ústav. 2019, 1 11. Hradisko u Ústí. Retrieved 9 18, 2021, from <https://isad.npu.cz/hradisko-u-usti-27965>

Obec Ústí. 2006. Ústí: historie a současnost: 1389–2006. Obec Ústí. 80-254-0385-8

Obec Skalička. 2018. Dějiny a současnost obce Skalička (J. Lapáček, Ed.). Obec Skalička.

Postoje české veřejnosti ke změně klimatu na Zemi – červenec 2021; https://cvvm.soc.cas.cz/media/com_form2content/documents/c2/a5430/f9/oe210819.pdf

QGIS.ORG. 2023. QGIS Geographic Information System [online]. 2023. B. m.: QGIS Association. Dostupné z: <http://www.qgis.org>

Seznam zkratek

Seznam zkratek

ATB – antibiotika
ATDe – antidepresiva
BAP – built-up area percentage / procentuální zastoupení zastavěné plochy
CHM – canopy height model
CP – cropland percentage / procentuální zastoupení orné půdy
ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální
GP – grassland percentage / procentuální zastoupení travních porostů
GUS – groundwater ubiquity score
DEET – Diethyltoluamid – účinná látka v repelentech
DEM – digital elevation model
EOCs – emerging organic contaminants
HP – Hranická propast
KPP – komplexní průzkum zemědělských půd
LIDAR – light detection and ranging
LOD – limit of detection
MCA - multikriteriální analýza
NIL – národní inventarizace lesů
NDVI – normalized difference vegetation index
NSAID – non-steroidal anti-inflammatory drugs / nesteroidní antiflogistika
NPP – národní přírodní památka
NPR – národní přírodní rezervace
NbS – Nature based Solution / řešení založená na opatřeních přírodního charakteru
PP – přírodní památka
QGIS – quantum geographic information system
UAV – unmanned aerial vehicle / bezpilotní letadlo
VUL – vulnerability / zranitelnost (podzemních vod)
VÚMOP – Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy
WAP – woody area percentage / procentuální zastoupení dřevinných krajinných prvků
WBP – water bodies percentage/ procentuální zastoupení vodních ploch

ZAJ – Zbrašovské aragonitové jeskyně

Seznam obrázků

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Hotel Bečva a nábreží Bečvy, 30. léta 20. století

Obrázek č. 2: Hotel Bečva a nábreží, 2023

Obrázek č. 3: Základní prostorové vymezení řešeného území

Obrázek č. 4: Schéma výzkumu Hranického krasu

Obrázek č. 5: Přípravy na vzorkování v Hranické propasti ve spolupráci se speleopotápěči

autor: Michal Guba

Obrázek č. 6: Přehled lokalit odběrů vzorků vod v Hranickém krasu

Obrázek č. 7: Ukázka iontoměniče – vlevo prázdný obal, vpravo obal s ionexem, který bude později analyzován (měřítko v centimetrech)

autor: Vítězslav Vlček

Obrázek č. 8: Mapa umístění iontoměničů

Obrázek č. 9: Stanoviště kvalitativního a kvantitativního zjišťování vstupních údajů ve vztahu k návštěvnosti centrálních částí Hranického krasu

Obrázek č. 10: 3D model propasti, který vznikl ve spolupráci s Českou speleologickou společností, základní organizací 7-02, Hranický kras a VUT v Brně

autor: Daniel Matějka

Obrázek č. 11: Vernisáž výstavy v Hranicích

autor: Jiří Necid, Městská kulturní zařízení Hranice

Obrázek č. 12: 3D model krajiny, který sloužil jako podklad pro projekci zjištěných informací a návrhu

autor: Daniel Matějka, MENDELU

Obrázek č. 13: Vzorky půd z Hranického krasu

autor: Daniel Matějka, MENDELU

Obrázek č. 14: Panel věnující se tématu vody v Hranickém krasu

autor: Daniel Matějka, MENDELU

Obrázek č. 15: Historické osídlení území do období raného středověku

Obrázek č. 16: Vývoj zastavěné plochy v řešeném území od roku 1830

Obrázek č. 17: Vývoj zástavby na území Hranického krasu (včetně obcí, jejichž místní části tvoří zájmové území)

Obrázek č. 18: Rozloha krajinných prvků v roce 1830

Obrázek č. 19: Změna rozlohy krajinných prvků mezi lety 1830 a 2021

Obrázek č. 20: Stav krajiny v roce 1830

Obrázek č. 21: Stav krajiny v roce 2021

Obrázek č. 22: Přeměna vlhkých luk na jiné využití

Obrázek č. 23: Přeměna historických pastvin na jiné využití

Obrázek č. 24: Úbytek krajinných prvků v důsledku zvětšení plochy lomů

Obrázek č. 25: Vývoj cestní sítě mezi lety 1830 a 2021

z územních plánů

Obrázek č. 26: Plošné zastoupení krajinných prvků od roku 1830 do roku 2021

Obrázek č. 35: Rozvoj zástavby podle územních plánů

Obrázek č. 27: Vývoj krajiny v okolí Hranické propasti

Obrázek č. 36: Zastoupení lesní, krajinné a urbánní vegetace v řešeném území. Vegetace je vylišena do 3 etází – bylinné, keřové a stromové včetně jejich překryvu

Obrázek č. 28: Relativní změna zastoupení krajinných prvků mezi jednotlivými obdobími, přičemž WAP (*Woody area percentage*) představuje změnu procentuálního zastoupení stromové vegetace, CP (*Cropland percentage*) orné půdy, GP (*Grassland percentage*) travních porostů, WBP (*Water bodies percentage*) vodních ploch, BAP (*Built-up area percentage*) zastavěných ploch.

Obrázek č. 37: Mapa *land use* aktualizovaná o typy vegetace definované pomocí LIDAR

Obrázek č. 29: Vývoj délky okrajů: *Woody area* - stromová vegetace, *Built-up area* - zastavěná plocha, *Cropland* - orná půda, *Grassland* - travní porosty, *Water bodies* - vodní plochy.

Obrázek č. 38: Vztah mezi jednotlivými složkami životního prostředí a půdou. Mezi jednotlivými sférami dochází k poměrně velké výměně látek a energií. Poškozením jedné sféry dochází, dříve nebo později, k poškození i dalších sfér.

Obrázek č. 30: Relativní změna délky okrajů: *Woody area* - stromová vegetace, *Built-up area* - zastavěná plocha, *Cropland* - orná půda, *Grassland* - travní porosty, *Water bodies* - vodní plochy.

Obrázek č. 39: Srovnání průběhu koryta řeky Bečvy v letech 1830, 1950 a 2021

Obrázek č. 31: Vývoj hustoty ploch: *WA* - stromová vegetace, *Built-up area* - zastavěná plocha, *Cropland* - orná půda, *Grassland* - travní porosty, *Water bodies* - vodní plochy

Obrázek č. 40: Vtok do mlýnské strouhy zanesený štěrkem po povodni z roku 1925

zdroj: Digitální archiv Zemského archivu v Opavě. Sbírká obrazového a fotografického materiálu Státního okresního archivu Přerov, invent. č. P1019.

Obrázek č. 32: Relativní změna hustoty ploch: *WA* - stromová vegetace, *Built-up area* - zastavěná plocha, *Cropland* - orná půda, *Grassland* - travní porosty, *Water bodies* - vodní plochy

Obrázek č. 41: Přibližné místo v roce 2024

autor: Pavel Chaloupský

Obrázek č. 33: Procentuální nárůst zastavěné plochy

Obrázek č. 42: Ukázka výstupů Komplexního průzkumu zemědělských půd u výběrové sondy V001-001 v k. ú. Černotín. Každá z teček na mapě reprezentuje kopanou půdní sondu s různou úrovní detailů půdních vlastností

Obrázek č. 34: Plánovaný nárůst zastavěné plochy dle funkce vyplývající

Obrázek č. 43: Detaily vybrané půdní sondy V001-001 v k. ú. Černotín

Obrázek č. 44: Půdní mapa v měřítku 1 : 50 000 České geologické služby

Obrázek č. 45: Vývraty v bezprostředním okolí propasti, za povšimnutí stojí velký skelet ohlazený vodou.

autor: Vítězslav Vlček

Obrázek č. 46: Detaily sondovací tyče se zrnitostně lehkým (písčitým) materiálem okrajů propasti – zde vzniká půdní typ regozem.

autor: Vítězslav Vlček

Obrázek č. 47: Schematické znázornění půdního pokryvu Hranické propasti a jejího nejbližšího okolí. V bezprostřední blízkosti skalek se nachází litozemě karbonátové.

Obrázek č. 48: Schematické znázornění půdního pokryvu v oblasti Velké a Malé Kobylanky s jejich nejbližším okolím

Obrázek č. 49: Schematické znázornění půdního pokryvu NPR Hůrka u Hranic

Obrázek č. 50: Schematické znázornění půdního pokryvu NPR Hůrka u Hranic

Obrázek č. 51: Vodní eroze na zemědělských pozemcích nedaleko propasti. Na bázi svahu vzniká půdní typ koluvizem, na erodovaných plochách regozem.

autor: Vítězslav Vlček

Obrázek č. 52: Schéma konvergence (sbíhání) půdních vlastností v důsledku agropedogeneze; A – optimalizace konkrétní půdní vlastnosti u různých půdních typů sice vede ke zlepšení podmínek pro vybrané zemědělské

plodiny, ale zároveň i ke zúžení (sbíhání) rozsahu optimalizované vlastnosti; B – optimalizace půdních vlastností může současně podpořit degradaci půdy (eroze, ztráta půdní organické hmoty, utužení, zasolení půdy, acidifikace, aj.) a tím dochází i ke změně (resp. konvergenci) půdní klasifikace.

Obrázek č. 53: Piperovy diagramy znázorňující charakteristiku vod v Hranickém krasu

Obrázek č. 54: Upravené vzorkovnice pro odběr vody z vývěřů v Hranické propasti

autor: Petra Oppeltová

Obrázek č. 55: Odběr vzorků z teplého vývěru v 60 m v Hranické propasti

autor: Michal Guba

Obrázek č. 56: Speleopotápěči vzorkující v Hranické propasti

autor: Petra Oppeltová

Obrázek č. 57: Lokalita Hůrka, fotografie s viditelnými systémy drenáží (dronová fotografie, 05/2022)

autor: Radim Klepárník, Jozef Sedláček

Obrázek č. 58: Rozsah drenáží podle dat výskytu meliorací (Ministerstvo zemědělství, 2009)

Obrázek č. 59: Přehled snímkaných lokalit s interpretací NDVI v nepravých barvách

Obrázek č. 60: Příklad ortofotosnímku s viditelnými drenážemi, mapový podklad z roku 2006, lokalita Za humny II.

Obrázek č. 61: Místo s rozpadajícím se sběrným potrubím. Vlevo je rok 2006, vpravo rok 2022

Obrázek č. 62: Příklad viditelnosti drenáží na různých kulturách obilovin
autor: Radim Klepárník

Obrázek č. 63: Ručním zákresem zvýrazněné identifikované drenáže
autor: Radim Klepárník

Obrázek č. 64: Přehled snímkaných lokalit s ručně digitalizovanými drenážemi

Obrázek č. 65: Lokalita Kameniska, fotografie s viditelnými systémy drenáží
autor: Radim Klepárník, Jozef Sedláček

Obrázek č. 66: Příklad rozpadajícího se drenážního systému znemožňujícího obdělávání plochy na snímku z dronu v katastru Špičky
autor: Radim Klepárník, Jozef Sedláček

Obrázek č. 67: Kaverna vzniklá v souvislosti s nefunkční a poškozenou (propadlou) drenáží, vlevo leden 2022, vpravo únor 2022
autor: Petra Oppeltová

Obrázek č. 68: Schéma postupu vymezení citlivých zón představuje první krok. Do analýzy vstupuje současné *land use* a 8 environmentálních prediktorů, jimž jsou přidělené váhy. Výsledný překryv představuje mapu s vysokým rozlišením s hodnotami pro každý pixel. Kritické oblasti jsou vymezeny na základě přepočtu hodnot na mikropovodí, přičemž povodí s nejvyšším průměrem jsou pojmenována jako kritická (citlivá) na znečištění.

Obrázek č. 69: Vyhodnocení parametru VUL – zranitelnost podzemních vod

Obrázek č. 70: Porovnání vývojových scénářů. Smyslem scénářů je vymezit hraniční možnosti a jejich efekt a následně je porovnat buď se stávajícím stavem, či s předpokládaným stavem při nepřijetí žádných opatření – scénář A (tzv. *laissez-faire* scénář). B představuje hraniční scénář maximální ochrany. C představuje minimální rozsah ochrany. D představuje optimální rozsah ochrany zatravnující celé krasové podloží.

Obrázek č. 71: Schéma výpočtu adaptační kapacity. Pro území byly vypočteny hodnoty citlivosti krajiny pro uvažované scénáře a každý scénář byl jednotlivě porovnán s aktuálním stavem. Čím větší pozitivní efekt, tím větší adaptační kapacita pro dané mikropovodí. Tímto způsobem lze vymezit prioritní oblasti (oblasti, kde jsou opatření nutná s ohledem na citlivost krajiny a zároveň budou mít největší efekt).

Obrázek č. 72: Srovnání scénářů z hlediska adaptační kapacity v jednotlivých mikropovodích. Tmavší barva představuje výraznější zlepšení s ohledem na zvolený parametr – v našem případě riziko zranitelnosti podzemních vod.

Obrázek č. 73: Počty návštěvníků u Hranické propasti a ve Zbrašovských aragonitových jeskyních v roce 2022

Obrázek č. 74: Měsíční návštěvnost lokality Hranická propast – průchody celkem

Obrázek č. 75: Preference návrhů nových prvků u Hranické propasti – dotazníkové šetření

Obrázek č. 76: Měsíční návštěvnost lokality Hranická propast – průchody celkem

Obrázek č. 77: Hodnocení negativních charakteristik Hranického krasu

Obrázek č. 78: Lokalizace hodnotných míst

Obrázek č. 79: Lokalizace problémových míst

Obrázek č. 80: Pohled na lázně, asi 50. léta 20. století

Obrázek č. 81: Pohled na lázně, asi 60. léta 20. století

Obrázek č. 82: Pohled na lázně, 2023

Obrázek č. 83: Pohled na lázně, 20. léta 20. století

Obrázek č. 84: Pohled na lázně, 40. léta 20. století

Obrázek č. 85: Pohled na lázně, 2023

Obrázek č. 86: Hodnocení dopadu vybraných činností na stav krajiny
Hranického krasu

Obrázek č. 87: Vyjádření obavy z vybraných rizik či hrozeb souvisejících
se změnou klimatu

Seznam tabulek

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Přehled mapových podkladů použitých pro prostorové analýzy

Tabulka č. 2: Použité mapové podklady pro analýzu urbanistického vývoje území a jejich dostupnost pro jednotlivá katastrální území

Tabulka č. 3: Prostorová charakteristika vrstvy mikropovodí, ploch s rozdílným způsobem využití a jednotlivých pozemků

Tabulka č. 4: Zastavěná plocha obcí od roku 1830

Tabulka č. 5: Lokalizace zaniklých a nově vzniklých cest

Tabulka č. 6: Procentuální nárůst zastavěné plochy od roku 1830

Tabulka č. 7: Seznam lokalit odběrů vzorků včetně hloubky a zeměpisných souřadnic

Tabulka č. 8: EOCs v kategorii povrchové vody (G) s uvedením LOD (limit of detection), u pesticidů s hodnotou GUS indexu.

Tabulka č. 9: EOCs v kategorii podzemní vody (G) s uvedením LOD (limit of detection), u pesticidů s hodnotou GUS indexu.

Tabulka č. 10: EOCs v kategorii teplé krasové vody (T) s uvedením LOD (limit of detection), u pesticidů s hodnotou GUS indexu.

Tabulka č. 11: Celkové výsledky identifikace drenáží na mapových podkladech a UAV snímkování

Tabulka č. 12: Porovnání zastoupení kategorií využití území v jednotlivých scénářích

Tabulka č. 13: Vybrané ukazatele návštěvnosti lokality Hranice v období 1. ledna 2022 – 31. prosince 2022

Přílohy

Příloha 1: Převodník katastru na LULC kategorie

Cadastral categories	LULC categories	CHM Vegetation type	LULC Categories with vegetation
Lesní pozemek	Forest	Low or medium	Forest clearcut
Lesní pozemek	Forest	High	Forest
Vodní plocha	Water		Water
Orná půda	Cropland	None or low	Cropland
Orná půda	Cropland	Medium or high	Other vegetation with canopy cover
Trvalý travní porost	Meadows	None or low	Meadows
Trvalý travní porost	Meadows	Medium or high	Woods – grass combination
Zastavěná plocha a nádvoří	Residential	None or low or medium	Residential
Zastavěná plocha a nádvoří	Residential	High	Residential with canopy cover
Zastavěná plocha a nádvoří, ostatní plocha	Commercial, business, industrial, roads, parking lots (sealed surface)	None or low or medium	Commercial, business, industrial, roads, parking lots (sealed surface)
Zastavěná plocha a nádvoří, ostatní plocha	Sealed surface (commercial, business, industrial, roads, parking lots) with canopy cover	High	Sealed surface (commercial, business, industrial, roads, parking lots) with canopy cover
Ostatní plocha	Open space	None or low or medium	Open space
Ostatní plocha	Open space with canopy cover	High	Open space with canopy cover
Ostatní plocha	Quarry	None or low or medium	Quarry
Ostatní plocha	Quarry	High	Quarry with canopy cover
Zahrada, ovocný sad	Gardens without canopy cover	None or low or medium	Garden without canopy cover
Zahrada, ovocný sad	Gardens vegetation with canopy cover	High	Garden with canopy cover

Příloha 2: Kritéria pro prostorové vymezení parametru VUL (zranitelnost podzemních vod)

Kritérium	Zdrojová data	Třída	Pořadí	b_i	W_i
		(4 – nejvyšší citlivost, 0 - nejnižší citlivost)	(1 – nejdůležitější kritérium, 9 - nejméně důležité kritérium)	Bodové ohodnocení kritéria	Váha kritéria
Hydrogeologický kolektor	Zdrojová služba: Hydrogeologická mapa 1 : 50 000 – regiony, Česká geologická služba	Krasový: 4	3.	7	7 / 45 = 0.16
		Průlinový: 2			
		Puklinový: 2 (vysoká transmisivita zvyšuje třídu, nízká transmisivita třídu snižuje)			
		Izolátor: 0			
Hydrologické skupiny půd	Zdroj: Hydrologické skupiny půd, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd	Typ A: 4	2.	8	8 / 45 = 0.18
		Typ B: 3			
		Typ C: 2			
		Typ D: 1			
Geologické podloží	Zdroj: Geologická mapa ČR 1 : 50 000 (GEOČR50), Česká geologická služba	Sediment nezpevněný, fluviální: 4	1.	9	9 / 45 = 0.21
		Eluvium, kamenito-písčité: 3			
		Sediment zpevněný vápence: 3			
		Sediment zpevněný vápence brekcie: 4			
		Deluviální sediment: 2			
		Sediment nezpevněný, sprašová hlína: 1			
		Sediment nezpevněný vápnité jíly: 1			
Využití území (LULC)	Zdroj: Vlastní terénní šetření	Orná půda: 4	6.	4	4 / 45 = 0.09
		Trvalé travní porosty: 2			
		Les: 0			
		Krajinná zeleň a zahrady: 1			
		Průmyslové areály: 4			
		Areály služeb a obchodu: 3			
		Dobývací prostory: 4			

Kritérium	Zdrojová data	Třída	Pořadí	b_i	W_i
		(4 – nejvyšší citlivost, 0 - nejnižší citlivost)	(1 – nejdůležitější kritérium, 9 - nejméně důležité kritérium)	Bodové ohodnocení kritéria	Váha kritéria
Využití území (LULC)	Zdroj: Vlastní terénní šetření	Hustá, městská zástavba: 3	6.	4	4 / 45 = 0.09
		Řídká, rezidenční zástavba: 2			
		Lázeňský areál: 2			
		Dopravní infrastruktura: 2			
		Vodohospodářská infrastruktura: 4			
Dokumentované krasové jevy (jeskyně, propast, závrť), ortogonální průmět na povrch. Hodnoty vyjadřují vzdálenost v metrech.	Zdroj: JESO – Jednotná evidence speleologických objektů, Agentura ochrany přírody a krajiny	25-0: 4	4.	6	6 / 45 = 0.14
		50-25: 3			
		75-50: 2			
		100–75: 1			
		Nad 100: 0			
Potenciální krasové jevy a objekty těžby vápence. Hodnoty vyjadřují vzdálenost v metrech.	Zdroj: Vlastní šetření	25-0: 4	5.	5	5 / 45 = 0.12
		50-25: 3			
		75-50: 2			
		100–75: 1			
		Nad 100: 0			
Drenáže	Zdroj: meliorace.vumop.cz, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd	Přítomné dokumentované: 0	9.	1	1 / 45 = 0.02
		Nepřítomné: 3			
Hydrologický model	Zdroj: Vlastní šetření	Rozdělení na základě odtoku na 5 tříd (kvantil 5 tříd) místa s nejvyšším odtokem mají nejvyšší hodnotu	7.	3	3 / 45 = 0.07
Technická infrastruktura v metrech	Zdroj: Územně analytické podklady ORP Hranice	Kanalizace + vzdálenost	8.	2	2 / 45 = 0.05

Příloha 3: Okruhy polostandardizovaných rozhovorů u Hranické propasti

1. Výchozí destinace pro návštěvu Hranické propasti
2. Délka pobytu v Hranickém krasu (HK) – jednodenní/vícedenní turisté; místní
3. Motivace k návštěvě Hranické propasti (HP)
4. Jakou roli hrála HP při rozhodování návštěvy širšího regionu
5. Obvyklá frekvence návštěv + plán do budoucna
6. Doprava na místo (z domova / z jiné destinace) a doprava v rámci HK
7. Spokojenost s dopravní obslužností
8. Využití služeb (zejména ubytování a stravování)
9. Spokojenost s nabídkou služeb
10. Spokojenost s informováním o možnostech vyžití v HK
11. Co v území z turistické infrastruktury chybí
12. Co vadí, a co naopak turisté/místní oceňují
13. Jaké konkrétní nové prvky by uvítali u HP a v širším okolí
14. Percepce střetů zájmů v okolí HP

Příloha 4: Kostra dotazníkového průzkumu mezi místními obyvateli

A Identifikace hodnot a problémů obyvateli, účelem je:

- zjistit, jak čas tráví čas v krajině a jakým způsobem
- vytipovat místa, která považují místní za hodnotná
- vytipovat místa, která považují místní za problematická

B Determinace procesů, které místní obyvatelé vnímají jako konflikt či hrozbu – klimatická změna (sucho přívalové srážky), overturismus, intenzivní zemědělství, zastavování orné půdy, sesuvy

- množství cyklostezek
- možnost sportovního vyžití
- dobrá dostupnost
- výhledy
- blízkost Hranické propasti
- blízkost řeky Bečvy
- tradiční architektura
- lidová architektura

A Identifikace hodnot a problémů obyvateli ve vztahu k rekreaci

Jak často navštěvujete krajinu v okolí své obce?

Pokud jste odpověděli, že NENAVŠTĚVUJETE – z jakého je to důvodu? (Vyberte maximálně 3 nejčastější důvody)

Pokud jste odpověděli, že NAVŠTĚVUJETE – z jakého je to důvodu? (Vyberte maximálně 3 nejčastější důvody)

Na které místo jste hrdí a zavedli byste tam návštěvníka? Doplněte 1–2 příklady

Některé místo byste naopak návštěvníka nezavedli? Doplněte 1–2 příklady

Které místo byste rádi zlepšili? Doplněte 1–2 příklady

Co považujete za největší klady okolí obce? (Vyberte maximálně 3 možnosti)

- krásná příroda
- klid
- množství stezek pro pěší

Co považujete za největší zápory okolí obce? (Vyberte maximálně 3 možnosti)

- krásná příroda
- hluk z dopravy
- hluk z lomu
- málo stezek pro pěší
- málo cyklostezek
- malá možnost sportovního vyžití
- horší prostupnost krajiny
- turismus

Vnímáte Hranickou propast jako atraktivní turistickou lokalitu?

Vnímáte Lázně Teplice nad Bečvou jako atraktivní turistickou lokalitu?

Jakou činnost byste v okolí své obce provozovali, pokud by k tomu byly vhodné podmínky? (Vyberte maximálně 3 možnosti)

- procházka
- cyklistika
- návštěva rozhledny či vyhlídky
- posezení
- vodní prvek

Do jaké míry souhlasíte s následujícím tvrzením? *Stav pěšin a stezek v okolí obce je vyhovující.*

Do jaké míry souhlasíte s následujícím tvrzením? *V území by se měly především chránit přírodní hodnoty, rekreace je druhořadá.*

Do jaké míry souhlasíte s následujícím tvrzením? *V území by se měly především zemědělsky nebo lesnický hospodařit, rekreace je druhořadá.*

B Determinace konfliktů a hrozeb ve vztahu k využívání krajiny a ke klimatické změně

Do jaké míry souhlasíte s následujícím tvrzením? *Se současným stavem okolní krajiny jsem spokojený.*

Které z níže uvedených činností považujete za závažné?

- intenzivní zemědělství (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- těžba nerostných surovin (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- turistický ruch (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- eroze půdy (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- sesuvy (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- doprava (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)

Uveďte, které z potenciálních důsledků klimatické změny považujete za zásadní a mohou se projevit ve vašem okolí.

- sucho (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- nedostatek pitné vody (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)

- stav lesů (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- teplotní vlny v letních měsících (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)
- četnější přívalové srážky (vážný, poměrně vážný, méně vážný, okrajový problém, nevím)

Do jaké míry souhlasíte s následujícím tvrzením? *Klimatická změna (sucho, přívalové srážky) výrazně ovlivní krajinu v mém okolí.*

Příloha 5: Detail krajiny v okolí Černotína v roce 1830

Pozemky vybíhající ze stavení směrem k Hůrce byly lemované cestami a doprovodnou vegetací



Příloha 6: Změny krajiny Hranického krasu ve fotografiích (historické pohlednice vybraných lokalit v Hranickém krasu)



Hranický most, asi 60. léta 20. století

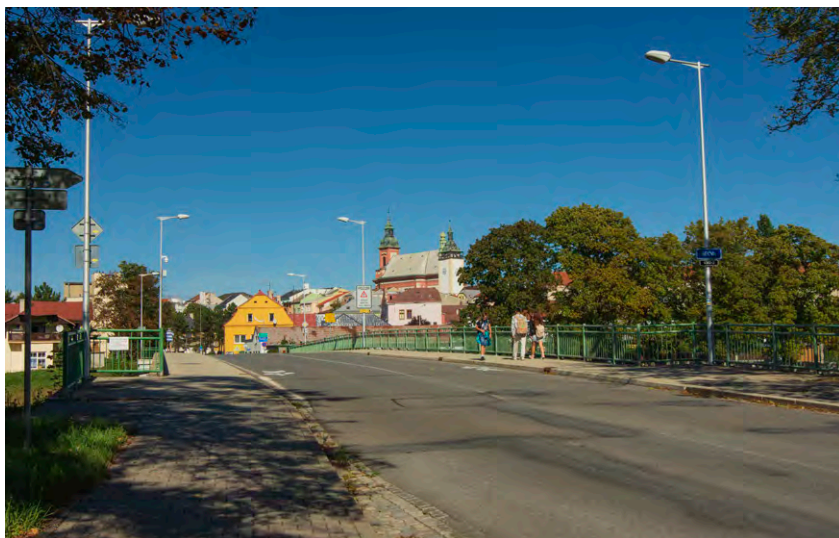
Most v Hranicích

1958–1960

pozdní funkcionalismus

Most v Hranicích, stejně jako most v Teplicích nad Bečvou, byl původně dřevěný a často byl zničen důsledkem záplav. První betonový most byl na tomto místě v Hranicích postaven v roce 1904 v duchu secese (Pospěch, 2000). Tento secesní most byl ale zničen na konci druhé světové války (Pospěch, 2012). Nahrazen byl až v roce 1960 novým, pozdně funkcionalistickým mostem (Pospěch, 2012), který zde stojí dodnes.

Historická pohlednice zachycuje již nově postavený most. Ze srovnání je patrné, že panorama Hranic se nezměnilo.



Hranický most, 2023



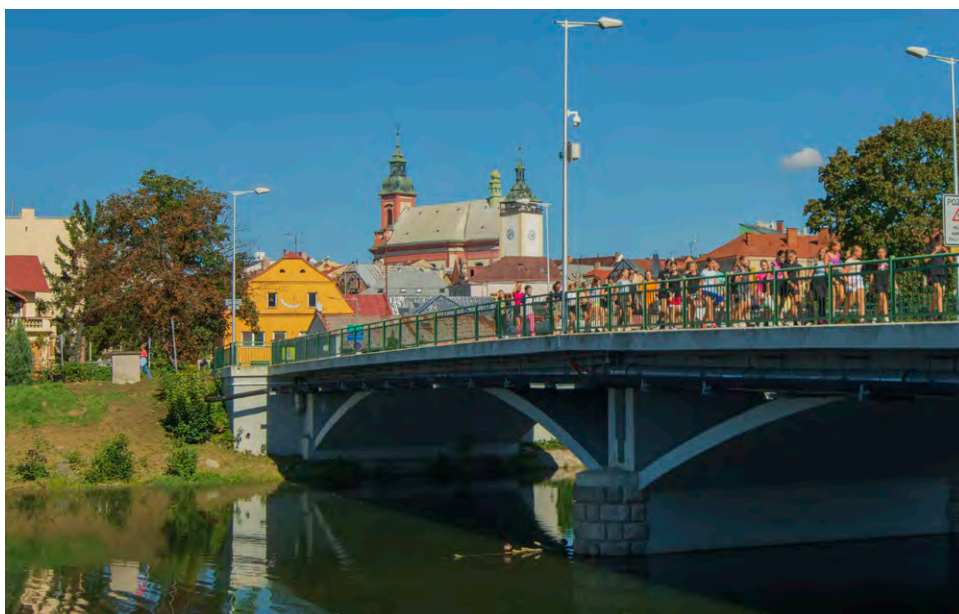
Hranický most, asi 80. léta 20. století

Most v Hranicích

1958–1960

pozdní funkcionalismus

Ze srovnání těchto snímků patrné, že panorama Hranic se nezměnilo. Pouze břeh Bečvy je více udržovaný a místo křovinného náletu ho tvoří sekany trávník.



Hranický most, 2023



Kropáčova ulice

Alois Jambor, přelom 19. a 20. století

Nábřeží Bečvy v Hranicích zásadním způsobem dotváří vilová zástavba v Kropáčově ulici. Vily pochází z přelomu 19. a 20. století a jejich autorem byl Alois Jambor. Vily byly určeny pro významné osobnosti města, jako byli lékaři a úředníci. Jedná se o jedinečný soubor dochovaných staveb od jediného autora. (Pospěch, 2000)

Nábřeží Bečvy, 50. léta 20. století



Nábřeží Bečvy, 2023



Kropáčova ulice

Alois Jambor, přelom 19. a 20. století

Panorama Kropáčovy ulice nebylo do dnešních dní narušeno. Soudobá fotografie ovšem zachycuje upravené nábřeží se zpřístupněnou řekou Bečvou. Úpravy nábřeží jsou součástí protipovodňových opatření a byly dokončeny v roce 2023.

Kropáčova ulice, 50. léta 20. století



Kropáčova ulice, 2023



Hudební pavilon v Sadech Československých legií

Alois Pilc, 1927

dekorativismus

Autorem hudebního pavilonu v hranickém parku Československých legií je přerovský architekt Alois Pilc. Pavilon vznikl pro Krajinickou výstavu Pobečví, která se konala v roce 1927. Pro výstavu vzniklo více staveb, pouze tato ale byla zachována, ostatní byly po výstavě odstraněny. (Pospěch, 2000)

Sady Československých legií jsou kulturní památkou. Park byl v roce 2012 významně rekonstruován.

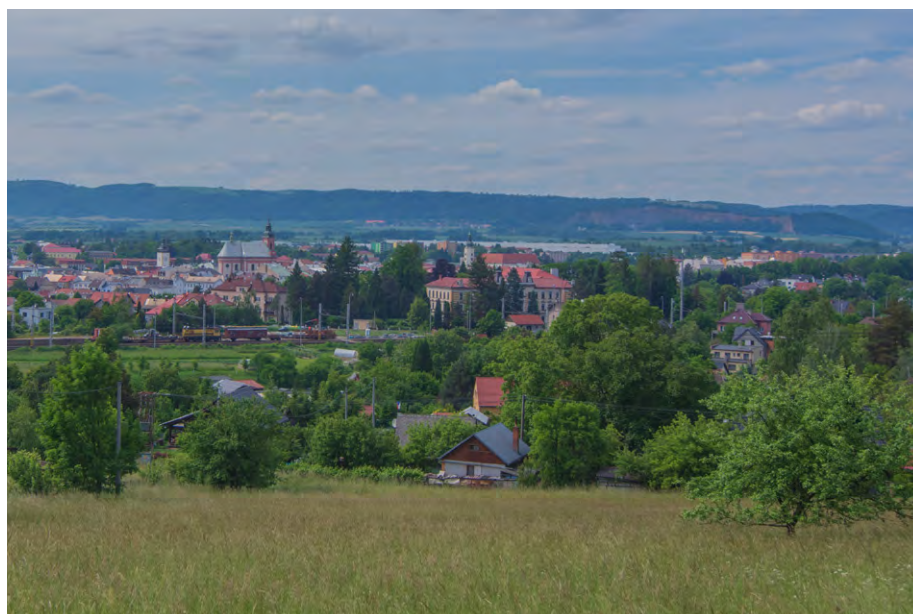
Hudební pavilon



Hudební pavilon, 2023



Panorama Hranic,



Panorama Hranic, 2023

Hranické panorama

Historickému pohledu na Hranice dominují viadukty železniční trati postavené v druhé polovině 19. století. Viadukty jsou kulturní památkou. Přední část panoramatu ukazuje zemědělsky využívanou krajinu s množstvím drobných plošek. Z významných staveb je možné na panoramatu identifikovat kostel Stětí Sv. Jana Křitele na Masarykově náměstí, věž Hranického zámku a v popředí budovu Střední lesnické školy Hranice a budovu železniční stanice Hranice-město.

Zemědělské využívání území zůstalo částečně zachované dodnes – v lokalitě Pod Hůrkou jsou zahrádky. Rekreační využívání ale mnohdy přechází do objektů pro trvalé bydlení. Viadukty jsou na soudobé fotografii skryté za budovami průmyslového areálu.

Tyto obrázky dobře zachycují obecný trend, který v krajině Hranického krasu nastal zejména v 60. letech minulého století. Drobné zemědělské plošky se spojily do větších celků.



Synagoga v Hranicích

Z fotografií je zřejmá zásadní proměna veřejného prostoru. V minulosti bylo koryto říčky Veličky bohatě zarostlé a připomínalo divočinu. V současné době vede po obou stranách koryta silnice, a pro divoký nálet tak není prostor.

Patrné je také to, že panorama Hranic zůstalo zachováno. Zmizel pouze komín.

Hranická synagoga, 50. léta 20. století



Hranická synagoga, 2023



Švýcarský hostinec, počátek 20. století



Kolonáda, 2024

Švýcarský hostinec

Antonín Zástěra, 1865

Švýcarský hostinec byl logicky postaven v blízkosti hotelu Bečva. Nechala jej postavit kněžna Gabriela v souvislosti s výstavbou nové budovy hotelu Bečva, která měla tři patra. Stavba nahradila původní hostinec z 18. století. Švýcarský hostinec se nazýval také Cursalon. (Národní památkový ústav & Zatloukal, 1986b)

V prostoru mezi řekou a lázeňským domem stály vzrostlé stromy a utvářely místní kolonádu. V tomto centru lázeňského života hrávala lázeňská kapela. (Kollmann, 1987)

Historická pohlednice ukazuje dnes již neexistující Švýcarský hostinec a dokládá bohatý kulturní život v lázních. Kolonáda byla plná posezení a stromy hrály v tomto prostoru významnou roli. Švýcarský hostinec byl zbourán v roce 1935 (Národní památkový ústav & Zatloukal, 1986b).

Současná fotografie dokládá zejména úbytek posezení ve veřejném prostoru lázní. Stromořadí na promenádě dnes tvoří vzrostlé buky.



Švýcarský hostinec a kolonáda

Antonín Zástěra, 1865

V roce 1871 byla budova hostince a lázeňského domu Bečva propojena pomocí dřevěné kolonády (Pospěch, 2000).

Historická pohlednice zachycuje Švýcarský hostinec a dřevěnou kolonádu. Jejich prostorové uspořádání na nábreží Bečvy zcela přirozeně vytváří prostor kolonády. Jak je vidět na snímku, prostor sloužil zejména k setkávání – kolonáda je plná posezení.

Současný snímek dokumentuje změnu lázeňského prostoru a jeho modernizaci v éře funkcionalismu. Dřevěná kolonáda byla nejdříve nahrazena otevřenou kolonádou od Karla Kotase, později byla přestavěna podle návrhu manželů Oehlerových (Pospěch, 2000). Přestavba spočívala v navýšení o jedno patro a zasklení otevřeného prostoru.

Přestože restaurační funkce zůstala v prostoru zachována, prostor nábreží byl uvolněn a možnost posezení byla redukována. Proměna veřejného prostoru může souviset i se změnou lázeňského života.



Švýcarský hostinec a kolonáda, počátek 20. století

Kolonáda, 2024



Hotel Bečva

Karel Kotas, 1931

funkcionalismus

Hotel Bečva má ze všech lázeňských domů nejdelší historii. První stavba na tomto místě byla postavena již v roce 1711, a to jednopatrová zděná budova, která nahradila původní jednoduchou dřevěnou kůlnu. Kněžna Gabriela, majitelka lázní, nechala v druhé polovině 19. století tuto budovu nahradit modernější, třípatrovou stavbou v neorenesančním slohu. Další modernizace přišla ve 30. letech 20. století, kdy byl hotel Bečva přestavěn podle projektu architekta Karla Kotase. (Pospěch, 2000)

Budova je kulturní památkou.

Srovnání historické pohlednice a současné fotografie dokládají, že od modernizace Karla Kotase nedošlo k proměně budovy hotelu Bečva.

Hotel Bečva, 70. léta 20. století



Hotel Bečva, 2023



Hotel Bečva a původní most, 40. léta 20. století



Hotel Bečva, 2023

Hotel Bečva

V lázních stávaly dřevěné mosty spojující oba břehy Bečvy, často ale bývaly zničeny během záplav (Pospěch, 2000). V prostoru mezi řekou a lázeňským domem stály vzrostlé stromy a utvářely místní kolonádu. V tomto centru lázeňského života hrávala lázeňská kapela (Kollmann, 1987).

Historická pohlednice zobrazuje most přes řeku Bečvu a kolonádu. Porovnání se současným stavem ukazuje dochovaný stav hotelu Bečva a proměnu veřejného prostoru. Zatímco v první polovině 20. století kolonádě dominovaly jírovce, v současnosti zde stojí dvě túje. Zajímavé je ale jejich umístění, které upomíná na původní polohu pěší lávky.



Hotel Bečva
Karel Kotas, 1931
funkcionalismus

Hotel Bečva a Kropáčův pramen



Hotel Bečva a Kropáčův pramen, 2023



Hotel Bečva

Karel Kotas, 1931

funkcionalismus

Prostor před lázeňským domem Bečva zůstal téměř nezměněn. Nejnápadnější změnou je úbytek posezení.

Kolonáda propojující hotel Bečva a restauraci, 70. léta 20. století



Kolonáda, 2023



Hotel Bečva

Karel Kotas, 1931

funkcionalismus

Na těchto snímcích je patrné, že hotel Bečva má od své funkcionalistické přestavby stejnou podobu.

Změna je ovšem zřejmá v utváření veřejného prostoru. Zatímco na historické pohlednici jsou dominantní výrazné barvy květinových letnickových záhonů, dnešní podoba veřejné zeleně má střidmější podobu. Letnickové záhony vystřídaly záhony růží. Z květinových záhonů zmizela exotická palma. Naopak zůstal zachován stříbrný smrk, který dorostl do mohutné výšky.

Restaurace hotelu Bečva, 70. léta 20. století



Restaurace hotelu Bečva, 2023



Hotel Praha

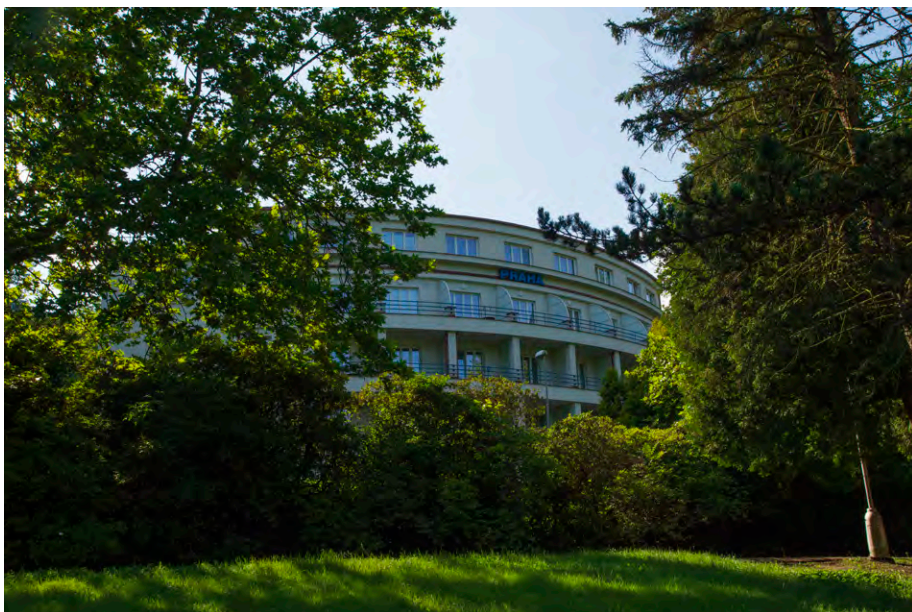
Emil Šulc, 1931

konstruktivismus

Sanatorium Praha navrhl architekt Emil Šulc pro zaměstnance nemocenských pojišťoven. Budova je přísně symetrická, její vzhled dotváří lodžie, které jsou v každém patře. (Pospěch, 2000)

Jak je vidět na srovnání historické pohlednice a současné fotografie, lázeňský park se významně proměnil a tvoří jej vzrostlé stromy. Park se stal více uzavřeným a poskytuje příjemné intimní prostory.

Hotel Praha, druhá polovina 20. století

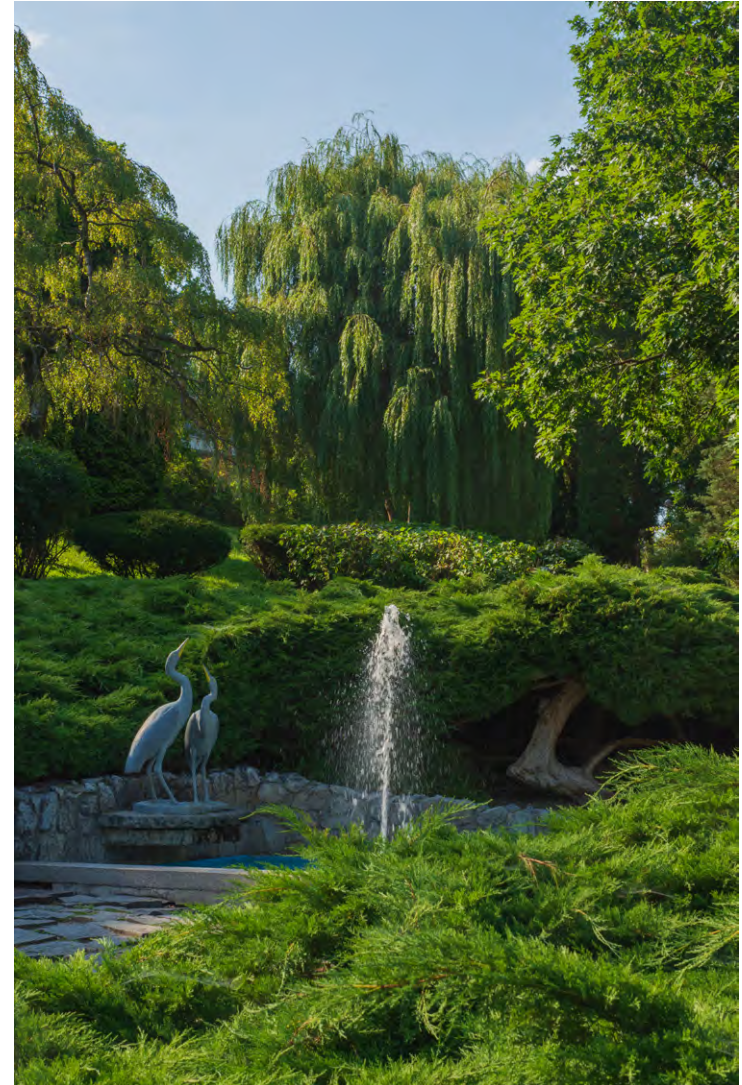


Hotel Praha, 2023

Hotel Praha
Emil Šulc, 1931
konstruktivismus



Hotel Praha



Hotel Praha, 2023



Hotel Janáček, 70. léta 20. století



Hotel Janáček, 2023

Hotel Janáček

Hubert Vacula, 1928–1929

neoklasicismus a dekorativismus

Významnou dominantu lázní tvoří hotel Janáček, původně Grand Hotel Klíč. Hotel je umístěný v horní části lázeňského areálu podél cesty z Hranic do Zbrašova. Stavba byla provedena v letech 1928–1929 podle návrhu architekta Huberta Vaculy z Moravské Ostravy ve stylu neoklasicismu a dekorativismu. Na konci 80. let 20. století prošel hotel rozsáhlou rekonstrukcí, jejíž součástí bylo vybudování nových přilehlých pavilonů. (Pospěch, 2000)

Současná fotografie zachycuje nový pavilon i proměnu lázeňského parku. Stromy vyrostly, a částečně tak pohled na hotel Janáček zakrývají.



Hotel Moravan, asi 70. léta 20. století



Hotel Moravan, 2023

Hotel Moravan

Jan Rubý, 1922–1924
dekorativismus

Karel Kotas, 1938
funkcionalismus

Hotel Moravan byl postavený v době rozpuku lázní podle návrhu ostravského architekta Jana Rubého (Národní památkový ústav & Zatloukal, 1986a). Hotel byl postaven v doznívajícím dekorativistickém slohu, na vyvýšené terénní hraně s vyhlídkou do údolí řeky Bečvy. Hotel byl koncipován jako dva domy, zvlášť pro ženy a pro muže, které spojovalo nižší křídlo s jídelnou. Vstupní prostor s nápisem *Moravan* je dílem architekta Karla Kotase.

Hotel Moravan je kulturní památkou.

Současná fotografie zachycuje hotel Moravan s novostavou přístavby vstupního prostoru z období 90. let 20. století.



Hotel Moravan

Jan Rubý, 1922–1924

dekorativismus

Karel Kotas, 1938

funkcionalismus

Na současné fotografii je vidět nízká přístavba s bazénem, která pochází z období rekonstrukce v 90. letech 20. století.

Hotel Moravan, dvorní trakt, 70. léta 20. století



Hotel Moravan, 2023



Gallašův pavilon, 60. léta 20. století



Gallašův pavilon, 2023

Gallašův pavilon

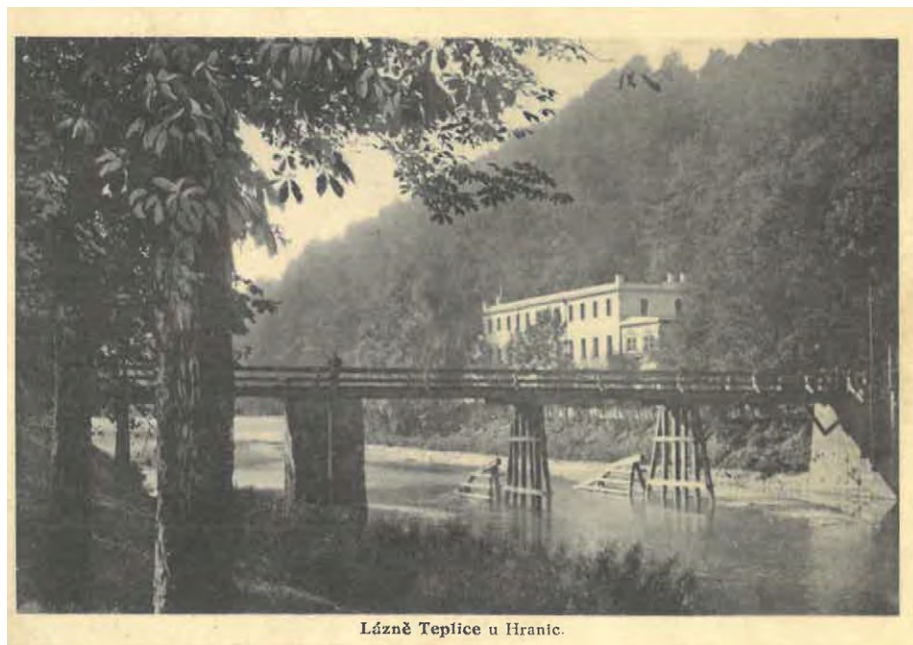
Karel Kotas, 1938

funkcionalismus

Gallašův pavilon stojí mezi hotelem Bečva a hotelem Slovanka. Pavilon vznikl ve 30. letech 20. století během mohutné přeměny lázní a jeho autorem je stejně jako u nedaleko stojícího hotelu Bečva Karel Kotas. Gallašův pavilon svým jednoduchým a vzdušným vzhledem navazuje na další funkcionalistické stavby v areálu lázní a významně podtrhuje atmosféru místa.

Gallašův pavilon je kulturní památkou.

Srovnání historické pohlednice a současné fotografie ukazují zejména na proměnu lázeňského parku a dokládají zároveň i autentický vzhled historických staveb od architekta Karla Kotase.



Lázně Teplice u Hranic.

Lávka pro pěší

Antonín Pěšina, 1965–1967

V lázních stávaly dřevěné mosty spojující oba břehy Bečvy, často ale bývaly zničeny během záplav. Nápad na novou lávku pochází ze 30. let minulého století, kdy se architekt Karel Kotas rozhodl propojit oba břehy pomocí mostu, který by rozdělil kolonádu osově na dvě části. Na druhém břehu se symetricky měla postavit obdoba hotelu Bečva, kolonáda a restaurace. Most podle návrhu Karla Kotase ani zmiňovaná kolonáda ale nikdy nevznikly. (Pospěch, 2000)

Současný betonový most navrhl Antonín Pěšina a byl postaven v letech 1965–1967. Stojí o něco níže po proudu než původní dřevěné mosty. (Pospěch, 2012)

Na historické pohlednici je zachycený původní dřevěný most. Je patrné, že břehy Bečvy původně nebyly nijak upravené a rostla zde přirozeně nivní vegetace. Během přestavby lázní v éře funkcionalismu bylo upraveno nábřeží a doplněno betonové zábradlí dle návrhu architekta Karla Kotase.

Pohlednice zachycuje i historickou podobu hotelu Bečva. Podoba stavby na pohlednici pochází ze 60. let 19. století. Nechala ji postavit kněžna Gabriela, tehdejší majitelka lázní. Stavbu navrhl architekt Antonín Zástěra, a to v neorenesančním slohu.

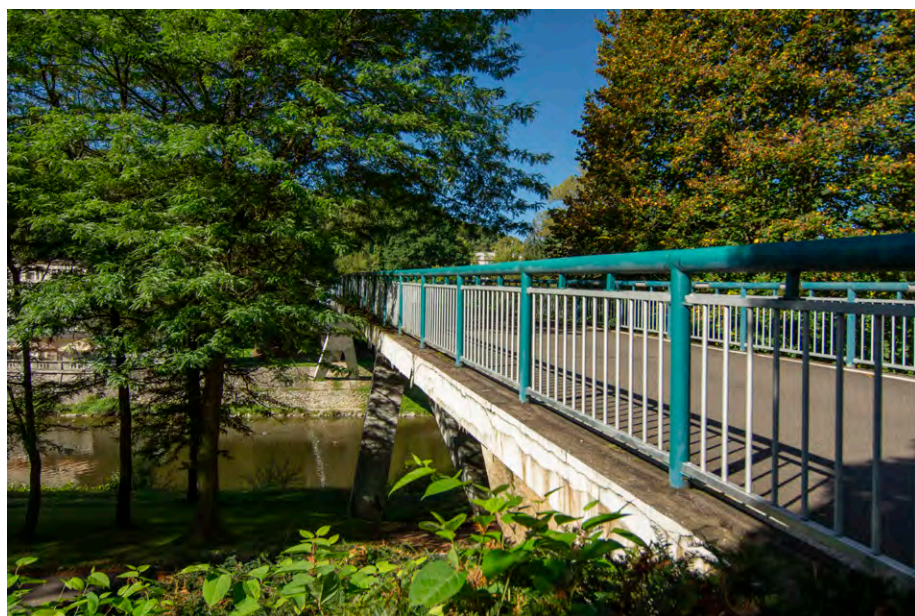


Moderní pěší lávka, 2023



Lávka pro pěší
Antonín Pěšina, 1965–1967

Pěší lávka, 80. léta 20. století



Pěší lávka, 2023



Teplická ulice pohledem od sochy sv. Jana, 40. léta 20. století



Teplická ulice pohledem od sochy sv. Jana, 2023

Teplická ulice

Teplická ulice spojuje město Hranice a vlakové nádraží v Teplicích. Jižní část ulice zachycená na historické pohlednici byla zastavěna v první polovině 20. století. Podle Pospěcha (2000) se z Teplické ulice stala třída významných osobností Hranic. Své vilky si zde nechali stavět doktoři, stavitelé i úředníci.

Historická pohlednice ukazuje Teplickou ulici s vilkami umístěnými v zahradách směřujících k Bečvě. Kromě toho, že v lokalitě došlo k rozšíření zástavby, je patrná i změna v okolí Bečvy. Zde došlo ke zvýšení množství stromové vegetace.

Zdroje

Kollmann, V., 1987. Moravské lázně v proměnách dvou staletí. Olomouc: Krajské vlastivědné muzeum. Architektura (Krajské vlastivědné muzeum Olomouc).

Národní památkový ústav & Zatloukal, P. (1986a). Léčebný dům „MORAVAN“ - Evidenční list nemovité kulturní památky. Retrieved 9 18, 2021, from https://iispp.npu.cz/mis_public/documentDetail.htm?id=1104770

Národní památkový ústav & Zatloukal, P. (1986b). Lázeňský dům Bečva, hotel a restaurace - Evidenční list nemovité kulturní památky. Retrieved 9 18, 2021, from https://iispp.npu.cz/mis_public/documentDetail.htm?id=1104824

Pospěch, T., 2000. Hranická architektura 1815-1948. Hranice: DOST. ISBN 80-902942-0-0.

Pospěch, T., 2012. Architektura Hranic a lázní Teplic nad Bečvou v letech 1945–1989. Kdysi a nedávno. (3), 69-84.

Zdroje historických fotografií

str. 199

Digitální archiv Zemského archivu v Opavě. Sbírka obrazového a fotografického materiálu Státního okresního archivu Přerov, invent. č. P382.

str. 200

Digitální archiv Zemského archivu v Opavě. Sbírka obrazového a fotografického materiálu Státního okresního archivu Přerov, invent. č. P698.

Příloha 7: Fotodokumentace k poruchám drenážních systémů

Celkový pohled na lokalitu Újezda s viditelnými sběrnými a svodnými drény odvodňovacího systému na polích včetně progredující kaverny způsobené nefunkčností tohoto systému (dronová fotografie, 03/2022)

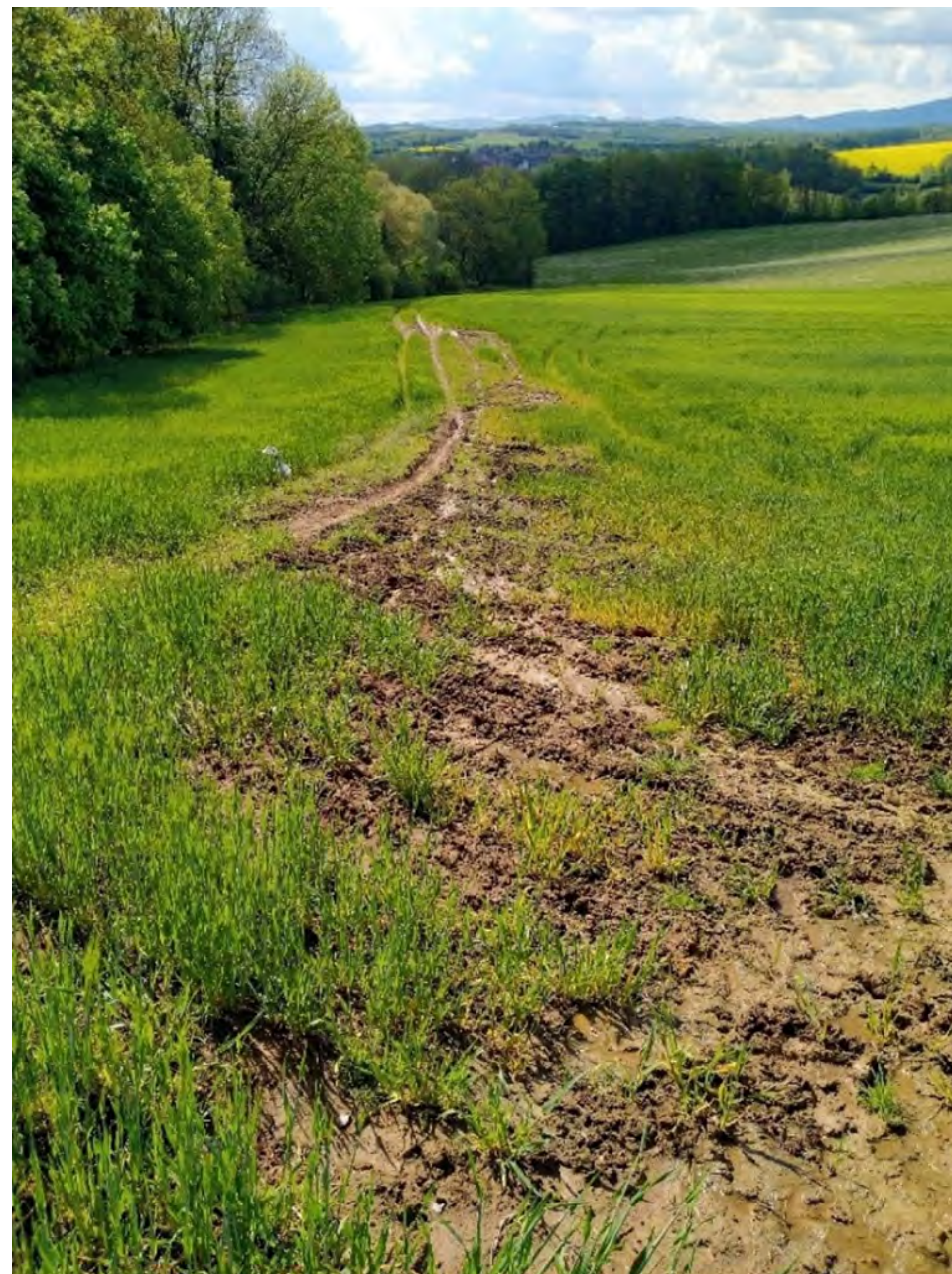


Porucha na drenáži způsobující zamokření a nemožnost
zemědělského obdělávání v lokalitě Újezda v roce 2022





Vývěr vody z drenáže v údolnici v blízkosti zamokřeného pozemku Újezda



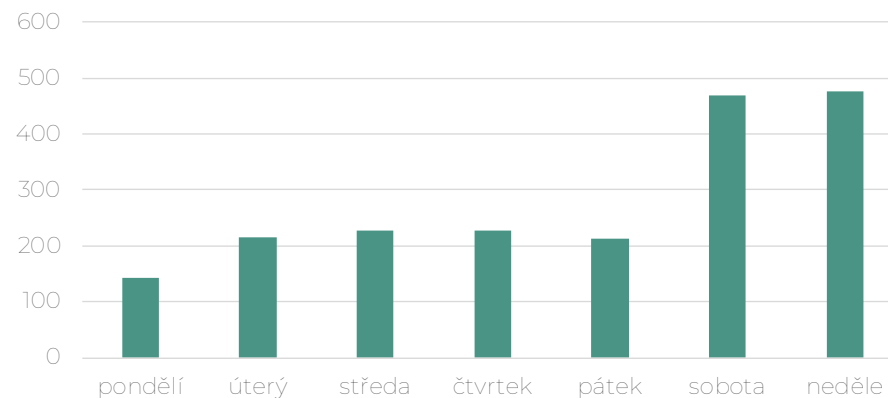
Zamokření z důvodu poruchy na drenáži na lokalitě Propastsko v blízkosti Hranické propasti v roce 2021

Příloha 8: Monitoring návštěvnosti Hranické propasti

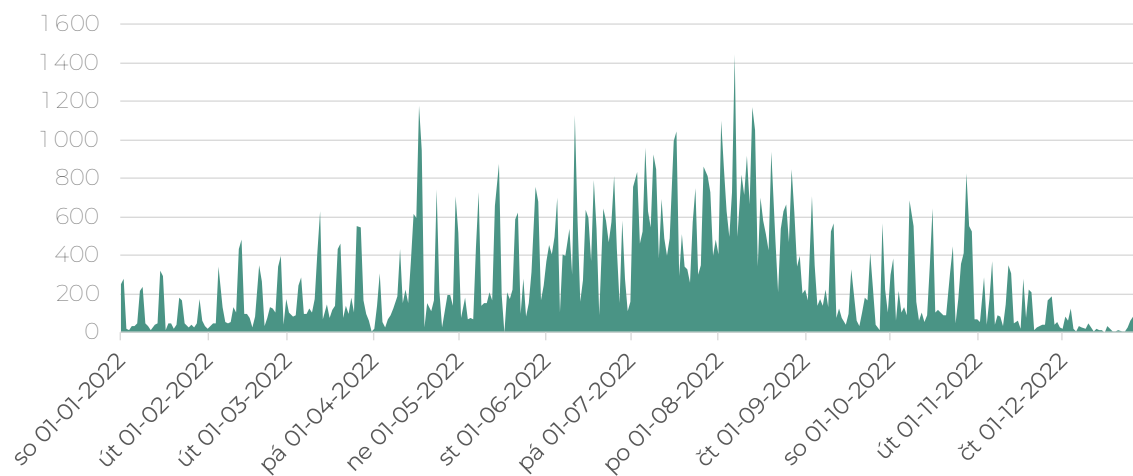
Měsíční návštěvnost lokality Hranice

rok 2022	Hranice Rozcestí	Hranice Červená		
		Celkem	IN – k propasti	OUT – k nádraží
leden	1 419	2 920	1 570	1 350
únor	1 238	4 171	2 316	1 855
březen	2 107	6 095	3 385	2 710
duben	2 249	8 464	4 700	3 764
květen	3 125	9 306	5 109	4 197
červen	2 930	13 703	7 395	6 308
červenec	2 731	18 133	9 731	8 402
srpen	3 427	20 404	10 776	9 628
září	1 811	6 430	3 366	3 064
říjen	2 097	8 247	4 420	3 827
listopad	1 167	3 603	1 966	1 637
prosinec	820	1 559	880	679
celkem	25 121	103 035	55 614	47 421

Denní průměry počtu návštěvníků na trase k Hranické propasti
(za období 1.1.2022-31.12.2022)



Denní pohyb od propasti a k propasti celkem
1.1.2022-31.12.2022



Název

Hranický kras v souvislostech. Krajina v celku, krajina v detailu.

Autorský kolektiv

Ing. Jozef Sedláček, Ph.D.; Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.; Mgr. et Mgr. Ing. Hana Vavrouchová, Ph.D.; Ing. Kristýna Kohoutková; Ing. Vítězslav Vlček, Ph.D.; Ing. Radim Klepárník, Ph.D.; Ing. Jana Šimečková, Ph.D.; doc. Mgr. Milan Geršl, Ph.D.; Ing. Pavel Chaloupský, Ph.D.; Ing. Ondřej Ulrich; doc. Ing. Petr Kučera, Ph.D.

Mapy a schémata

Ing. Kristýna Kohoutková

Autoři leteckých fotografií:

Ing. Jozef Sedláček, Ph.D.; Ing. Radim Klepárník, Ph.D.

Srovnávací fotografie

Ing. Pavel Chaloupský, Ph.D.

Vydavatel

Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání

první, 2024

Počet stran

220

ISBN

ISBN 978-80-7509-999-0 (online ; pdf)

DOI

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-999-0>

Hranický kras v mezioborových souvislostech.

Krajina v celku, krajina v detailu.

V Hranickém krasu byl v letech 2021–2024 prováděn multioborový výzkum, který se primárně zaměřoval na vymezení hranic řešeného území, jež dosud nebyly uspokojivě stanoveny. V rámci nově vymezeného území byly následně prováděny podrobné analýzy. Zastřešujícím konceptem založeným na syntéze dílčích poznatků o území je zranitelnost krasových oblastí, která je zde prezentována ve vztahu k ochraně podzemních vod.

Cílem autorského týmu nebyl text, který by vyčerpávajícím způsobem shrnul veškeré současné vědění o Hranickém krasu. Publikace představuje vybrané nové poznatky multioborového výzkumu, který vycházel právě z dosavadního stavu poznání a doplnil nové souvislosti nahlížené mezioborovou optikou.

Monografie je členěna do šesti odborných kapitol, kterým přechází přehled literatury představující základní teoretická východiska pro zaměření výzkumu, vymezení oblasti Hranického krasu a celkové pojetí představené části výzkumu (kapitoly 1–4).

Kapitola 5 interpretuje vývoj využití území, které má na zranitelnost oblasti velmi zásadní vliv. Znalost rozložení jednotlivých krajinných prvků hraje významnou roli při navrhování krajinářských opatření, která mají přesah do ochrany podzemních vod a zároveň sehrávají významnou roli v adaptaci krajiny na změnu klimatu.

Kapitola 6 sumarizuje dosavadní poznatky o půdních charakteristikách řešeného území a doplňuje nové informace ve formě podrobného mapování půdních typů. Tyto charakteristiky jsou velmi zásadní pro pochopení fungování krasového systému, a to nejen z hlediska sycení krasových zvodní. Velmi zásadní je také příspěvek k interpretaci obsahu a přeměny dusíku v půdách na svazích Hranické propasti a v jejím bezprostředním okolí (kapitola 7).

Kapitola 8 provádí typologii vod, které se v Hranickém krasu vyskytují a jsou důležité pro nalézání souvislostí napříč systémem. Na základě analýzy různých typů vod lze formulovat zásadní závěry týkající se jak podzemních krasových systémů, tak kvality vody v krasu. Právě kvalitativní vyhodnocení koncentrací farmak a pesticidů včetně jejich metabolitů ve vodách z různých zdrojů sleduje moderní trendy v hydrologii krasových oblastí – v tomto ohledu došlo k zásadnímu rozšíření poznatkové základny ve vztahu k poznání souvislostí v hranickém krasovém systému.

Kapitola 9 navazuje představením výsledků identifikace nevidovaných drenáží na vybraných lokalitách v okolí Hranické propasti. Absence komplexního přehledu o odvodňovaných lokalitách významně limitovala pochopení vodní bilance v území a sycení krasových zvodní. Doplněno je i kvalitativní vyhodnocení drenážních vod, které přispívá k pochopení distribuce znečištění pesticidy a vysokými koncentracemi živin v povrchových vodách.

Kapitola 10 může být považována za zastřešující část práce, která dává do souvislosti různorodé poznatky o území a cílí na ochranu nejcitlivější složky celého krasového komplexu – na podzemní vody. Tuto ochranu je nutné realizovat na bázi optimalizace využití území a navržení ochranných opatření.

Kapitola 11 doplňuje výše zmíněné poznatky ve vztahu k vybraným důležitým aktérům, kteří rozvoj území ovlivňují přímo i nepřímo. Podrobněji se zaměřuje na návštěvníky Hranické propasti a na místní obyvatele. Kapitola reflektuje skutečnost, že Hranický kras je atraktivní turistickou destinací s nerovnoměrně rozloženou návštěvností, a představuje výsledky ročního monitoringu návštěvnosti v okolí Hranické propasti, která je považována za přetíženou lokalitu. Druhá část kapitoly je věnována vyhodnocení dotazníkového šetření mezi místními obyvateli.