



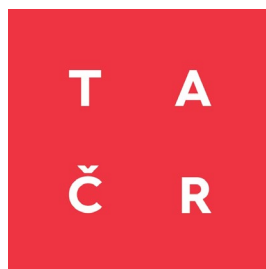
Souhrnná výzkumná zpráva k projektu  
**Voda v krajině Českého Švýcarska  
(ŠVÝCOVOD)**

TA ČR SS05010090 (2022 - 2025)

Autoři: J. Müllerová, D. Brétt, D. Holcová, M. Holec, L. Kačmarová, P. Novák, J. Nýdrle, J. Pacina, J. Vynikal

Organizace: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí

Citace: Müllerová, J., Brétt, D., Holcová, D., Holec, M., Kačmarová, L., Novák, P., Nýdrle, J., Pacina, J., Vynikal, J. (2025): Souhrnná výzkumná zpráva k projektu Voda v krajině Českého Švýcarska (TAČR SS05010090). Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí.



# Obsah

1. Úvod.....	2
2. Metodika.....	3
2.1 Geoinformatika .....	3
Historické a současné mapové podklady k výskytu mokřadů .....	3
Strojové učení pro interpretaci starých map.....	4
Letecké snímkování .....	6
Bezpilotní snímkování na testovacích lokalitách .....	11
Změny teploty povrchu z termálních dat .....	13
2.2 Terénní mapování .....	15
Inventarizace mokřadů .....	15
Biodiverzita bezobratlých.....	16
2.3 Databáze mokřadních biotopů .....	20
3. Výsledky.....	24
3.1 Využití geoinformatických nástrojů při studiu vegetace .....	24
3.2 Historie - změny mokřadů .....	25
3.3 Změny teploty povrchu v kontextu dostupnosti vody a zdravotního stavu ekosystémů.....	29
3.4 Regenerace po disturbanci .....	35
3.5 Vliv geomorfologie .....	37
3.6 Inventarizace mokřadů.....	38
3.7 Biodiverzita bezobratlých .....	40
3.8 Doporučení pro revitalizaci.....	46
4. Závěry .....	47
5. Literatura .....	47
6. Přílohy .....	50
Příloha 1. Vodní prvky na území CHKO Labské pískovce doporučené pro revitalizaci.....	50

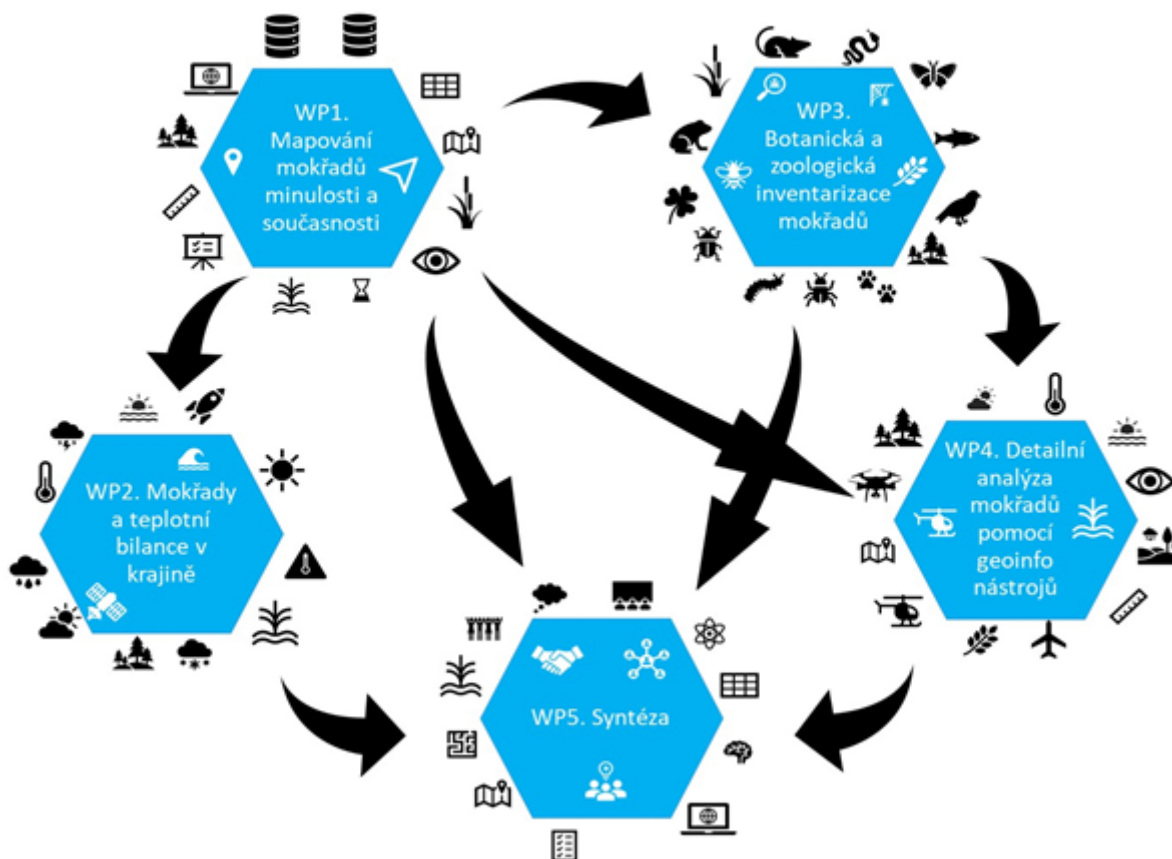
## 1. Úvod

Voda v krajině je zadržována v nivách vodních toků a v přirozených či člověkem vytvořených vodních plochách, ale také prostřednictvím vlhkých stanovišť, jejichž role v krajině je nezastupitelná. Akumulují vodu, vážou živiny a oxid uhličitý do biomasy a půdy (An a Verhoeven, 2019). Díky vysoké evapotranspiraci ovlivňují místní klimatické podmínky snižováním teploty a zvyšováním relativní vlhkosti vzduchu (Hesslerová et al. 2019, Mitsch a Gosselink 2015), čímž ochlazují krajinu a mohou tak přispět ke zmírnění dopadů klimatické změny. Mokřady tvoří přechod mezi suchozemským a vodním prostředím a zahrnují množství rozličných typů ekosystémů. K mokřadním biotopům v širším slova smyslu patří například tůně (prohlubně v terénu zaplavené vodou), rákosiny, litorály rybníků, prameniště mokřadního typu, zaplavované louky, aluvia vodních toků a lužní lesy, rašeliniště a podmáčené smrčiny. Tyto biotopy hrají významnou úlohu pro udržení biodiverzity v krajině, a to nejen pro vodní flóru a faunu, slouží také pro další živočichy, a fungují tudíž jako "hot spots" čili zdroje biodiversity. Přítomnost mokřadních ekosystémů je tak nezbytným předpokladem samotné existence na ně vázaných druhů, ale zpětnově i tyto druhy mohou vypovídat a indikovat současný stav těchto biotopů. Zároveň mokřady hrají významnou úlohu ve vodní a termální bilanci krajiny).

V lesnaté krajině Národního parku České Švýcarsko se plošněji mokřady a vodní plochy vyskytují jen vzácně. Jsou to drobná vlhčí stanoviště především v údolích a podél řek a potoků, jejichž lokalizace a inventarizace je vzhledem k malé ploše poměrně složitá. V CHKO Labské Pískovce je vodních ploch, údolních niv a mokřadních ploch více, ale jsou poměrně roztroušené. Jedná se především o západní část - Mikulášovicko, v jiných částech CHKO docházelo v minulosti k poměrně rozsáhlým melioracím, a mokřadní biotopy často nejsou v dobrém stavu. Přitom důležitost mokřadů narůstá s epizodami sucha v posledních letech a následnou kůrovcovou kalamitou a masivním odumíráním lesních porostů, se kterými se území již několik let potýká. Vzhledem k záběru problematiky mokřadů a vody v krajině je vhodné kombinovat při jejich studiu různé postupy napříč disciplínami, např. historii a terénní průzkum s moderními geoinformatickými nástroji.

Tyto důvody nás vedly k realizaci projektu **Voda v krajině Českého Švýcarska** (ŠVÝCOVOD), financovaného Technologickou Agenturou České republiky (TAČR SS05010090), který probíhal pod vedením J. Müllerové v letech 2022 - 2025 na Fakultě životního prostředí Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Jeho cílem byla souhrnná analýza vodních a zamokřených ploch v krajině Českého Švýcarska, včetně vymapování jejich současného a historického výskytu, podrobnější botanické i zoologické inventarizace a zhodnocení jejich stavu. Interdisciplinární projekt představoval unikátní propojení terénního průzkumu s distančními metodami a archivním výzkumem, konkrétně kombinoval geoinformatiku a dálkový průzkum, botaniku, zoologii, kartografii a historii (Obr. 1). Mezi jeho výstupy patří databáze mokřadních biotopů Českého Švýcarska, soubory specializovaných map historického a současného stavu mokřadů, mapa vývoje teplotní bilance krajiny Českého Švýcarska, doporučení pro management a monitoring, a odborné publikace zabývající se úlohou mokřadů pro ochranu biodiversity a zmírňování dopadů globální změny (oteplování), a možnostmi využití moderních geoinformatických nástrojů pro studium a monitoring vody v krajině. Projekt tedy poskytuje Správě NP účinné nástroje a podklady k ochraně mokřadních stanovišť a druhů, které na nich žijí.

# ŠVÝCOVOD



Obr. 1. Struktura projektu Voda v krajině Českého Švýcarska (ŠVÝCOVOD)

## 2. Metodika

### 2.1 Geoinformatika

Geoinformatické nástroje mohou poskytnout cenné informace o ekosystémech a při správném nastavení jsou vhodné i pro komplexní analýzy (Müllerová a kol. 2025). V zájmovém území byly využity historické a současné mapové podklady, a několik pokročilých technologií dálkového průzkumu Země, které umožnily získat detailní informace o historii i současném stavu zájmového území.

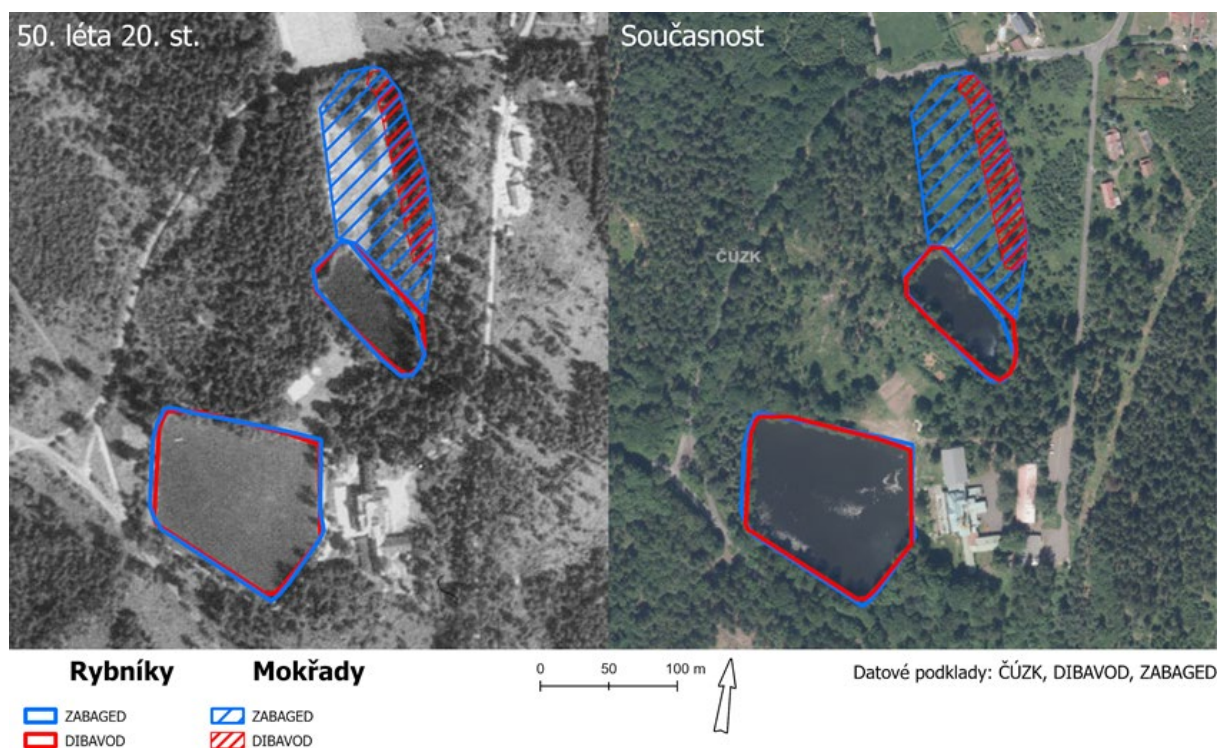
#### ***Historické a současné mapové podklady k výskytu mokřadů***

V úvodní fázi řešení projektu byla provedena rešerše dostupných archivních dat (staré mapy, archivní letecké snímky). Tyto datové zdroje byla podrobně zkoumány za účelem možnosti identifikace historických mokřadů a srovnání se současným stavem. Do rešerše byly zahrnuty následující datové podklady:

- Povinné císařské otisky stabilní katastru - ač tyto mapy obsahují mokřady v legendě, tak v rozsahu zájmové oblasti nebyly žádné mokřady identifikovány



- První vydání státní mapy odvozené 1:5 000 - mokřady nebyly identifikovány (polohopisná složka je odvozena z katastrální mapy)
- Vojenské topografické mapy - byly zkoumány různá měřítka vojenským topografických map v souřadnicovém systému S-42. Pro analýzu byly vybrány topografické mapy v měřítku 1:10 000 (TM10), jelikož obsahují strojově zpracovatelnou vrstvu mokřadů (viz 3. 1. 2). Zpracované mapové listy TM10 jsou součástí Specializované mapy s odborným obsahem [Mokřadni biotopy Českého Švýcarska v minulosti a současnosti](#).
- Archivní letecké měřické snímky - s ohledem na rozsah oblasti, finanční nákladnosti nákupu LMS i pracnosti jejich zpracování bylo pro vizualizaci zaniklé krajiny použito již zpracované ortofoto z let 1953 - 1955 dostupné jako WMS služba. Jelikož tato data neobsahují NIR pásmo, je velmi obtížné je použít pro identifikaci mokřadů. Archivní ortofoto tak bylo použito pro zobrazení, vizuální interpretaci, retrospektivní analýzu a validaci výsledných dat spolu s dalšími datovými vrstvami (Motejlková, 2023; Obr. 2).
- podklady pro současný výskyt mokřadů - současné ortofoto (ČÚZK), ZM10 (ČÚZK), ZABAGED (ČÚZK), DIBAVOD (Fojtík a kol., 2022), Mapování biotopů (AOPK, Chytrý a kol., 2010, výzkumné zprávy, terénní průzkum



Obr. 2. Analýza nesouladu mokřadů odvozených se současných datových podkladů na příkladu lokality Maxičky (data ZABAGED vs DIBAVOD; Motejlková, 2023).

### ***Strojové učení pro interpretaci starých map***

Pro vymezení historického rozsahu mokřadů na území Českého Švýcarska byly použity topografické mapy TM10. Bylo testováno automatizované rozpoznání značek mokřadů a

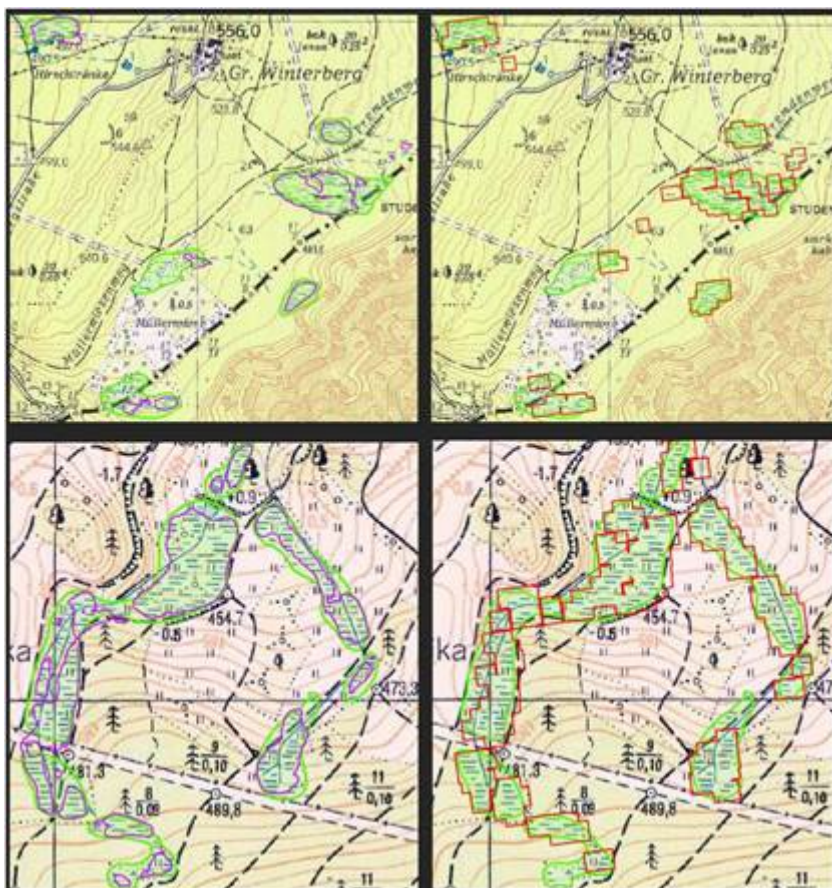
vektorizace jejich hranic. Pro tento účel byly využity dvě neuronové sítě, U-Net a SSD (single-shot detektor). U-Net je hojně využíván pro segmentaci rastrových dat, SSD je používán pro detekci objektů, jeho užití bylo spíše nekonvenční.

Aby bylo možné algoritmy natrénovat, byly vytipovány dvě trénovací lokality: Třeboňsko a Podyjí. Obě oblasti disponují hojným výskytem mokřadů, a tedy i jejich vyznačení v TM10. Na těchto územích byly mokřady vyznačeny manuálně a následně byly vyexportovány ve vhodném formátu. Pro U-Net šlo o binární masku s obrázky o velikosti 512 x 512 pixelů. U SSD šlo o třicetipixelové čtverce v PASCAL formátu (Obr. 3). Část dat z trénovací množiny byla použita pro validaci na sledování trénovacích metrik.



Obr. 3. Příklady trénovacích dat pro neuronovou síť U-Net (horní řádek), a SSD (dolní řádek). Převzato z Vynikal et al. (2024)

Výsledkem byly segmentované mokřady v testovacím území Českého Švýcarska (Obr. 4). Výsledky byly uspokojivé, dosažené F1 skóre bylo 75,7% u U-Netu a 72,1% u SSD. V případě limitace rozsahu mokřadů nad 1000 m<sup>2</sup>, dokázal algoritmus SSD předčít U-Net se skóre 72,6 ku 72,2. Bližší popis metodiky viz publikace Vynikal a kol. (2024), a Vynikal a Pacina (2024).



Obr. 4. Detekce a segmentace ploch mokřadů na mapách TM10. Vlevo sémantická segmentace, vpravo detekce objektů

### ***Letecké snímkování***

Během projektu bylo využito letecké RGB snímkování pro zachycení vizuálních charakteristik povrchu ve vysokém rozlišení, multispektrální senzor pro analýzu spektrálních a termálních vlastností vegetace a dalších typů povrchu, a letecký laserový skener (LIDAR) pro vytvoření poměrně detailního digitálního modelu terénu (DMR) a povrchu (DMP). Jako nosič byl využit ultralehký pilotovaný letoun TL232 Condor (Obr. 5).



Obr. 5. Ultralehký letoun TL-232 Condor použitý pro snímání na úrovni krajiny



Pro optické letecké snímkování byla použita středofarmátová kamera Hasselblad A6D-100c (RGB, objektiv 50 mm) s prostorovým rozlišením 6,5 cm (Obr. 6 a 7), a multispektrální kamera Micasense Altum s rozlišením 32 cm (Tab. 1, Obr. 8), obojí ve výšce letu ca 700 m. Kamera Micasense je standardně umístěna na bezpilotním prostředku. Pro potřeby projektu, vzhledem k rozsahu území a potřebě snímkování na krajinné úrovni ve vysokém spektrálním rozlišení byla kamera implementována do letounu Condor. Za tímto účelem byl sestrojen customizovaný gimbal ve spolupráci s leteckým mechanikem Ing. O. Jungmanem, přičemž bylo nutné vyřešit např. napájení a automatické spuštění snímkování přes WI-FI rozhraní.

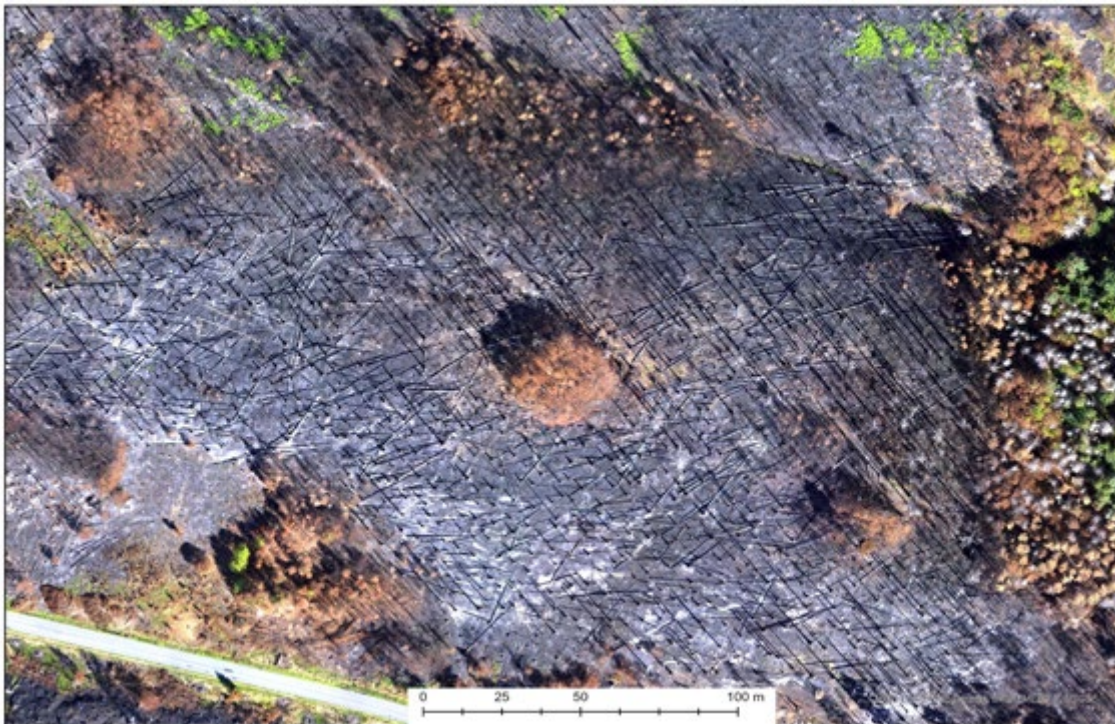
Tab. 1. Charakteristiky sensoru Micasense Altum

Číslo kanálu	Název	Vlnové délky
1	modrý	459 - 491 nm
2	zelený	546.5 - 573.5 nm
3	červený	661 - 675 nm
4	Red edge	711 - 723 nm
5	blízký infračervený	813.5 - 870.5 nm
6	termální	8 - 14 $\mu\text{m}$

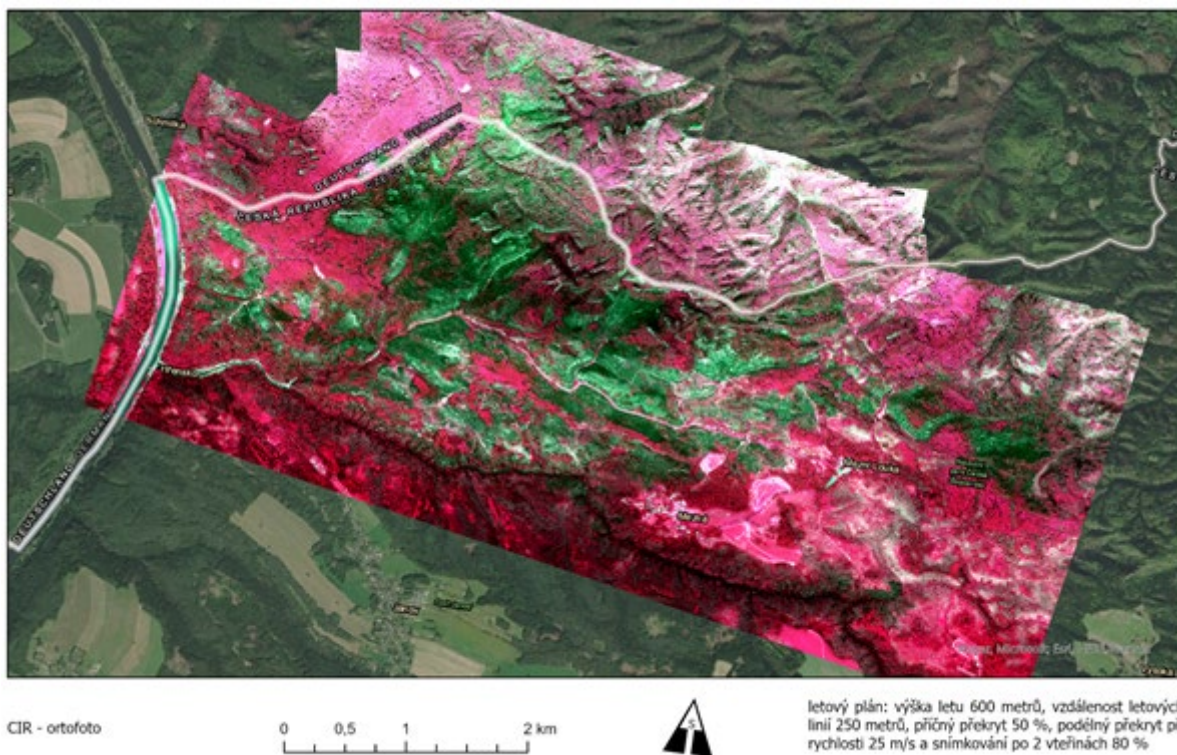


Obr. 6. Ortofoto RGB získané leteckým snímkováním kamerou Hasselblad dne 3. 9. 2022





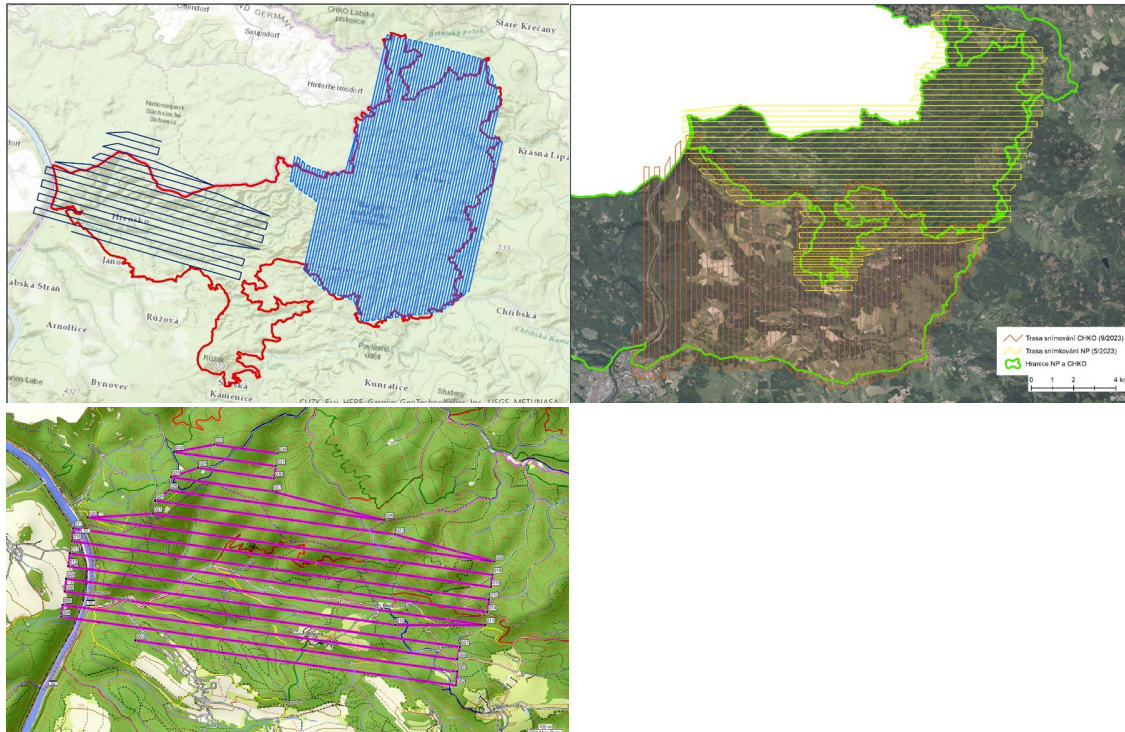
Obr. 7. Detail v okolí Mezní Louky po požáru, kamera Hasselblad, 3. 9. 2022



Obr. 8. Ukázka zpracovaných multispektrálních dat oblasti NPČŠ, nálet z 31. 8. 2022 kamerou MicaSense Altum osazené na ultralehkém letounu TL232 Condor.

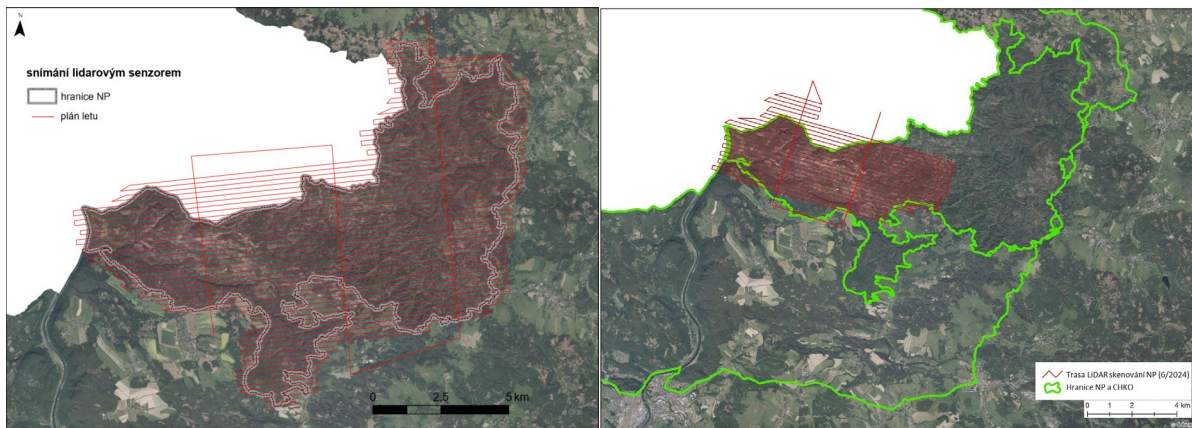


Pro vlícování bylo použito pět přirozeně signalizovaných bodů (s ohledem na nepřístupnost terénu), jejichž souřadnice byly odvozeny z veřejně dostupných dat (Ortofoto ČR, DMR 5G dostupné jako mapové služby na ags.ČÚZK.cz). Letecké snímkování (MSS, RGB) bylo prováděno v souladu s plánem snímkování, které správa NP České Švýcarsko realizovala v předchozích letech (s ohledem na porovnatelnost dat) v intervalu květen/červen a s ohledem na požár v NP v září/říjnu (dle vhodných meteorologických podmínek pro snímkování, Obr. 9).

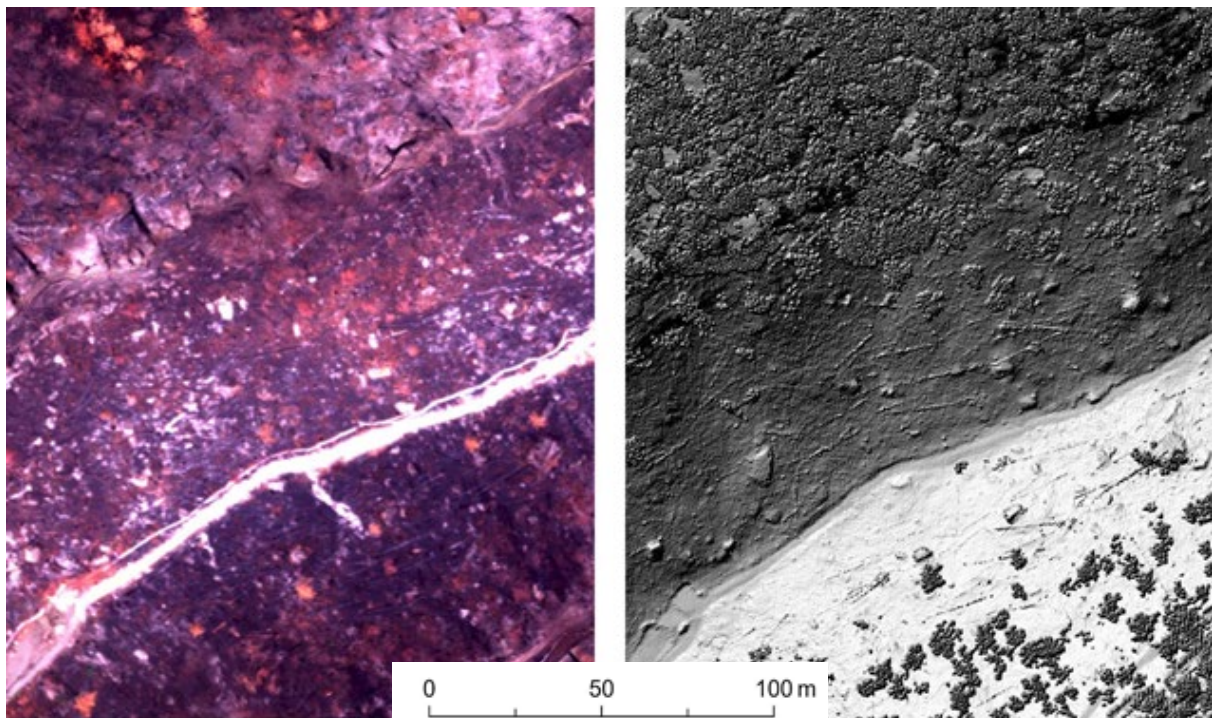


Obr. 9. Plány letu MSS snímkování NP v r. 2022 (nahore vlevo), 2023 (nahore vpravo) a 2024 (oblast požářiště).

Letecké laserové skenování (LIDAR, Obr. 10) bylo zaměřeno na sledování dynamických změn v krajině především následkem velkoplošných disturbancí (kůrovcová kalamita, požár, rozpad a přirozená obnova lesních porostů). K mapování byl použit letecký laserový skener Riegl VUX1-LR umístěný na stejném letadle operujícím ve výšce přibližně 300 metrů nad terénem. Frekvence skeneru byla nastavena na 200 kHz, což se osvědčilo pro penetraci do hlubokých roklí charakteristických pro tuto oblast. Z dat LIDAR byly vytvořeny dlaždice s přesahem a základní klasifikací na dvě třídy (vegetace a holá zem) v prostředí ArcGIS Pro. Na detailu (Obr. 11) dobře vynikne přídavné informace ze sensoru lidar ve srovnání s optickými daty, konkrétně multispektrální kamerou, přičemž u lidarových dat je dobře znatelná struktura porostu i reliéfu.



Obr. 10. Oblast skenovaná pomocí LiDAR (plán letu) v roce 2022 (vlevo, celý NP), a 2023 a 2024 (vpravo, pouze oblast požářiště)



Obr. 11. Spáleniště z multispektrální kamery (vlevo) RGB a stínovaný model povrchu z lidarů (vpravo)

Parametry nasnímaných dat jsou sumarizovány v Tab. 2., a plány letu pro jednotlivé roky na Obr. 10 a 11. Nasnímaná data jsou ve formě odvozených ortofot dostupná Správě NP, a jsou součástí mapové aplikace <https://shorturl.at/zDGQY>.

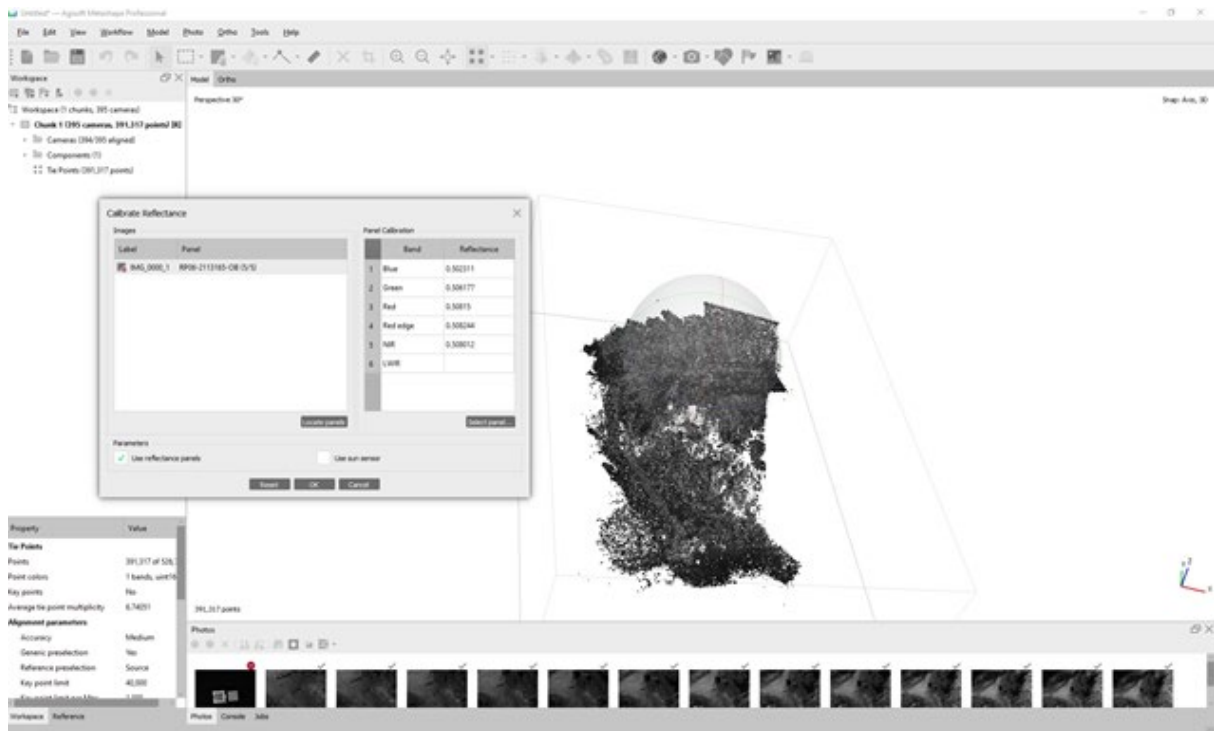
Tabulka 2. Letecké snímkování v NP a CHKO

Typ sensoru	Sensor	Datum	Rozsah	Výška letu (m)	Měřítko
MSS	Micasense Altum	30. a 31.8. 2022	NP	600	32 cm
RGB	Hasselblad A6D-100c	3. 9. 2022	požářiště	700	6,5 cm
LiDAR	Riegl VUX1-LR	23. 9. 2022	celý NP	300	13 b/m <sup>2</sup>
MSS	Micasense Altum	28. 5. 2023	celý NP	600	32 cm
MSS	Micasense Altum	7. 9. 2023	CHKO	600	32 cm
LiDAR	Riegl VUX1-LR	29. 10. 2023	požářiště	300	13 b/m <sup>2</sup>
LiDAR	Riegl VUX1-LR	11. 6. 2024	požářiště	300	13 b/m <sup>2</sup>
RGB	Hasselblad A6D-100c	18. 6. 2024	požářiště	600	5 cm
MSS	Micasense Altum	26. 6. 2024	požářiště	600	32 cm
MSS	Micasense Altum	20. 9. 2024	požářiště	600	32 cm
RGB	Hasselblad A6D-100c	21. 9. 2024	požářiště	600	5 cm

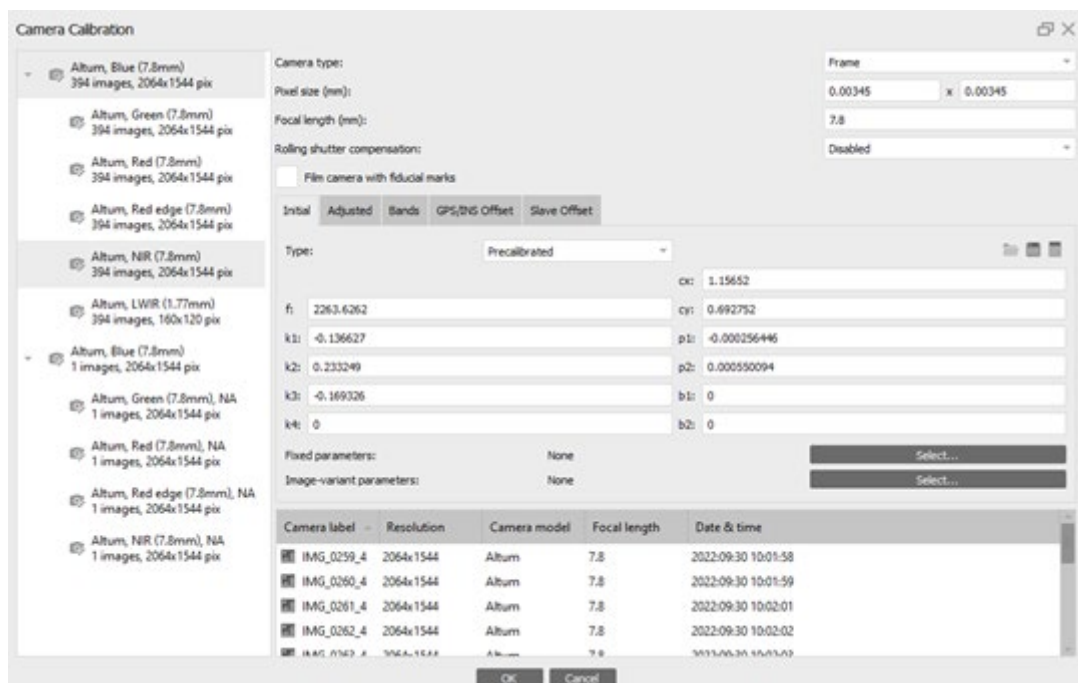
### ***Bezpilotní snímkování na testovacích lokalitách***

Bylo provedeno několik detailních snímkování lokalit v lokalitách, kde probíhal terénní zoologický a botanický průzkum. Snímkování bylo pořízeno za účelem analýzy struktury vegetace jako vysvětlující proměnné pro biodiverzitu podmáčených stanovišť. Zpracování proběhlo v programu Agisoft Metashape (Obr. 12). Při použití multispektrální kamery MicaSense Altum je nutné provést kalibraci pomocí kalibračního panelu a slunečního senzoru, který je umístěn na bezpilotním prostředku M300 a zohledňuje aktuální sluneční podmínky (Obr. 13).



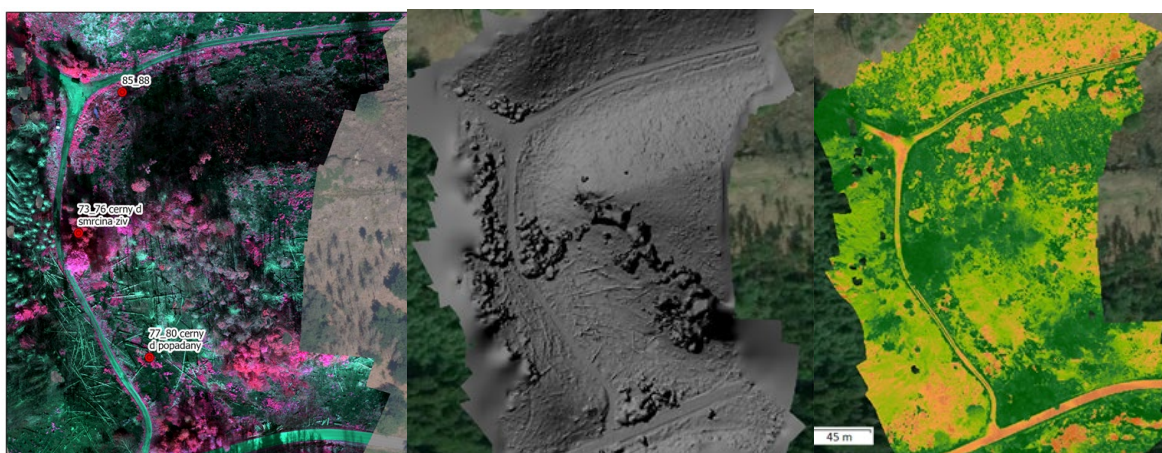


Obr. 12. Ukázka procesu zpracování multispektrálních dat v Agisoft Metashape

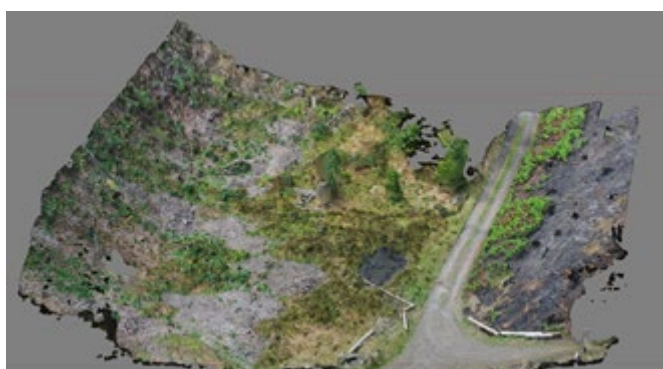


Obr. 13. Proces kalibrace multispektrálních dat ze senzoru MicaSense Altum v prostředí programu Agisoft Metashape

Výsledkem je multispektrální ortofoto, model povrchu, a různé deriváty, např. Normalizovaný vegetační index (NDVI), který odlišuje zdravou fotosyntetizující vegetaci (Obr. 14), a 3D modely (Obr. 15).



Obr. 14. Vizualizace multispektrálních dat v oblasti Černého dolu nalétaných senzorem Altum umístěným na bezpilotním prostředku Matrice M300 (30. 9 2022). Vlevo ortofoto v nepravých barvách (NIR-R-G, zdravá vegetace červeně), uprostřed stínovaný model povrchu, vpravo Normalizovaný vegetační index (NDVI, zdravá fotosyntetizující vegetace sytě zeleně).



Obr. 15. 3D model z Černého dolu (DJI Mavic 2 Pro, 13. 9. 2022)

### **Změny teploty povrchu z termálních dat**

Pro sledování dlouhodobých změn a retrospektivní analýzu teplotní bilance krajiny Českého Švýcarska byla použita časová řada satelitních snímků družic Landsat-8 a MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), které byly zpracovány pomocí cloudové platformy Google Earth Engine (GEE). GEE umožňuje použít výpočetní kapacitu serverů a datová úložiště satelitních a dalších dat přes připojení k vzdáleným serverům bez potřeby stahování dat a výpočtů na vlastním PC, a zároveň umožňuje také nahrání vlastních dat. Tímto způsobem je možné s pomocí GEE zpracovat rychle velké objemy dat včetně složitých algoritmů.

U Landsatu-8 bylo pro odvození teploty povrchu (Land Surface Temperature, LST) využito termální pásmo 10 pomocí single channel algoritmu a informací z dalších pásem. Produkt Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km snímaná senzorem MODIS poskytuje denní hodnoty průměrné povrchové teploty. Rozlišení těchto dvou datových zdrojů se značně liší, zatímco MODIS poskytuje hrubá data o velikosti pixelu 1 km, ale s velmi vysokou frekvencí, tj. denně, družice Landsat-8 má řádově lepší prostorové rozlišení (100 m pro termální pásmo), ale nízkou frekvenci 16 dní (Tab.3). Pro analýzy byly použity snímky z vegetačního období z let 2016 – 2022 (1. 4 - 31. 10). Celkem je z tohoto období pro zájmovou



oblast dostupných 1486 snímků z MODIS a 88 snímků z Landsat-8, z nichž byly pro každý pixel odfiltrovány snímky s oblačností či nízkou kvalitou, takže finální počet se dle pixelu pohyboval v rozmezí 30 až 66 snímků Landsat-8 a 518 až 618 snímků MODIS. Sledovali jsme vývoj maximální a průměrné teploty v čase.

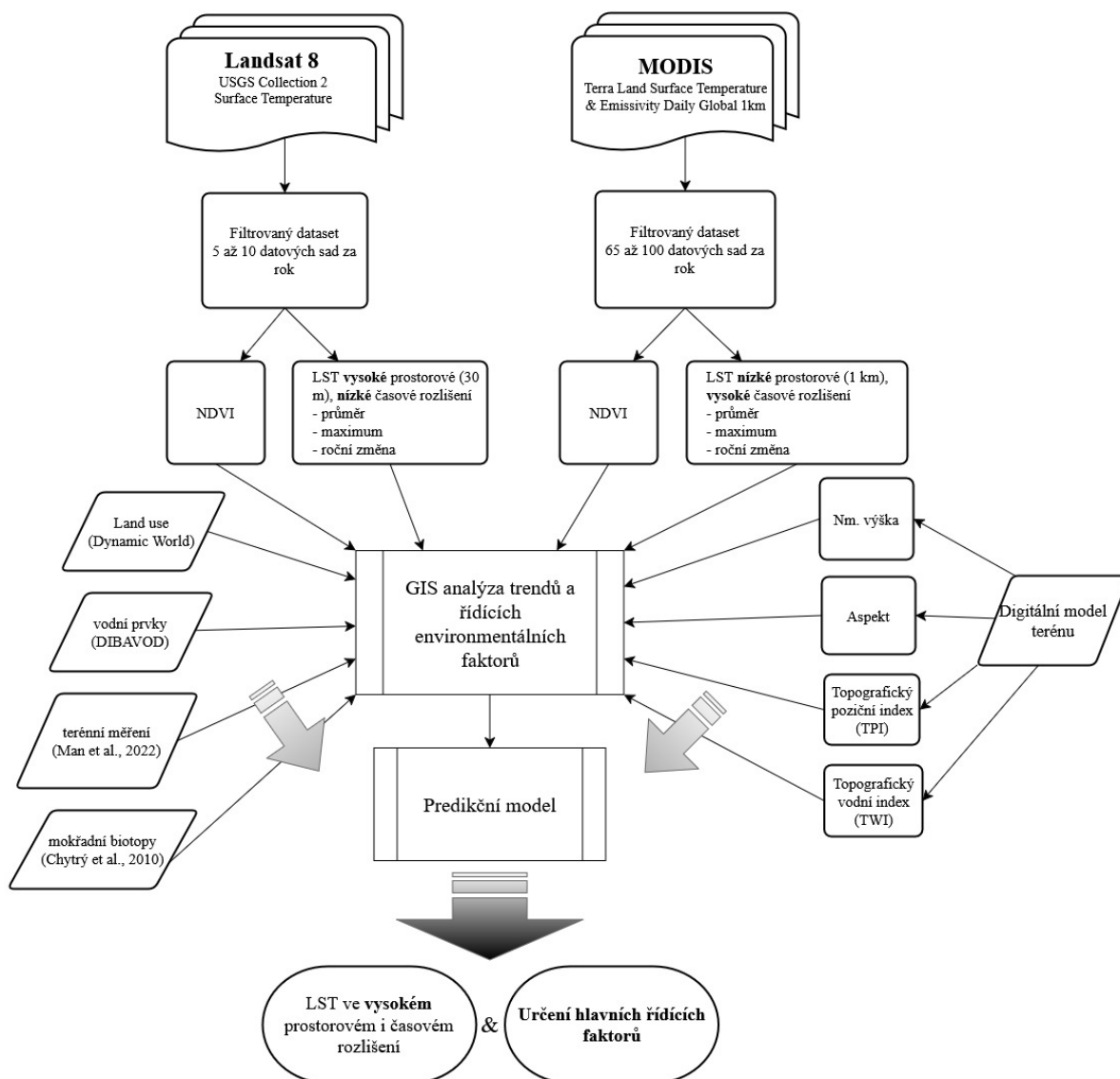
Tab. 3. Zdroje dat o teplotě povrchu

Družice	Použitý produkt	Dostupné od	Rozlišení	Počet dostupných snímků
Terra MODIS	Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global	02/2000	1000 m	1486
Landsat-8	USGS Landsat 8 Level 2 Collection 2, Tier 1	03/2013	100 m (30 m)	88

K popisu podmínek prostředí bylo použito několik dalších zdrojů, jako je zdravotní stav vegetace (Normalizovaný vegetační index, NDVI, ze stejných družicových kolekcí dat), změna krajinného pokryvu (Dynamic World; Brown a kol., 2022), dostupnost vody v krajině (DIBAVOD, Digitální báze vodohospodářských dat; Fojtík a kol., 2022; a mokřadní biotopy vybrané z biotopového mapování; Chytrý a kol., 2010), geomorfologické charakteristiky odvozené z výškového modelu terénu DMR5G (ČÚZK, 2023), Topographic Position Index (TPI) vyjadřující polohu pixelu vzhledem k jeho okolí a Topographic Wetness Index (TWI) určující potenciál akumulovat dešťovou vodu odvozený výhradně z topografie, bez ohledu na absorpční kapacitu, nastavení krajiny, srážkové podmínky či výskyt vodních zdrojů (Maxwell a Shobe, 2022).

Predikované hodnoty byly porovnány s interpolovanými in situ měřeními lesního mikroklimatu z více než 200 lokalit v rámci NP České Švýcarsko, které měřily devět mikroklimatických proměnných v letech 2018 až 2021 (Man a kol., 2022). Pro srovnání jsme použili 95. percentil agregované maximální atmosférické teploty měřené 15 cm nad povrchem ( $T_{max95p\_air\_15cm}$ ) pro stejné místo a čas, abychom se vyhnuli sezónnímu efektu.

Změny teploty byly analyzovány pomocí funkce linearRegression v GEE, kde sklon určuje průměrnou roční změnu teploty v daném pixelu. V ArcGIS Pro byly zjištěné vzorce teploty povrchu vztaženy k environmentálním proměnným za účelem identifikace hlavních řídicích environmentálních faktorů pro LST a její dynamiku. Zvláštní pozornost byla věnována vodním prvkům a zdravotnímu stavu vegetace. Pro zlepšení výsledného časoprostorového rozlišení teplotních dat a podrobnou analýzu role jednotlivých proměnných byl v ArcGIS Pro vytvořen regresní model pomocí metody strojového učení Random Forest. Konkrétně jsme použili nástroj Forest based Classification and Regression tool, který podporuje rastrové i vektorové vysvětlující proměnné. Predikované hodnoty vysokého prostorového rozlišení (30 m, jako u L8) a vysokého časového rozlišení (denní frekvence, jako u MODIS) byly porovnány s výše uvedenými měřeními in situ (Man a kol., 2022). Statistické analýzy byly provedeny pomocí ArcGIS a Pythonu. Celý postup je znázorněn na Obr. 16.



Obr. 16. Pracovní postup analýzy teplot povrchu (LST) a role vodních prvků a změn krajiny při ochlazování krajiny z časové řady satelitních dat (odvozeno z Müllerová a Šiffel, 2025)

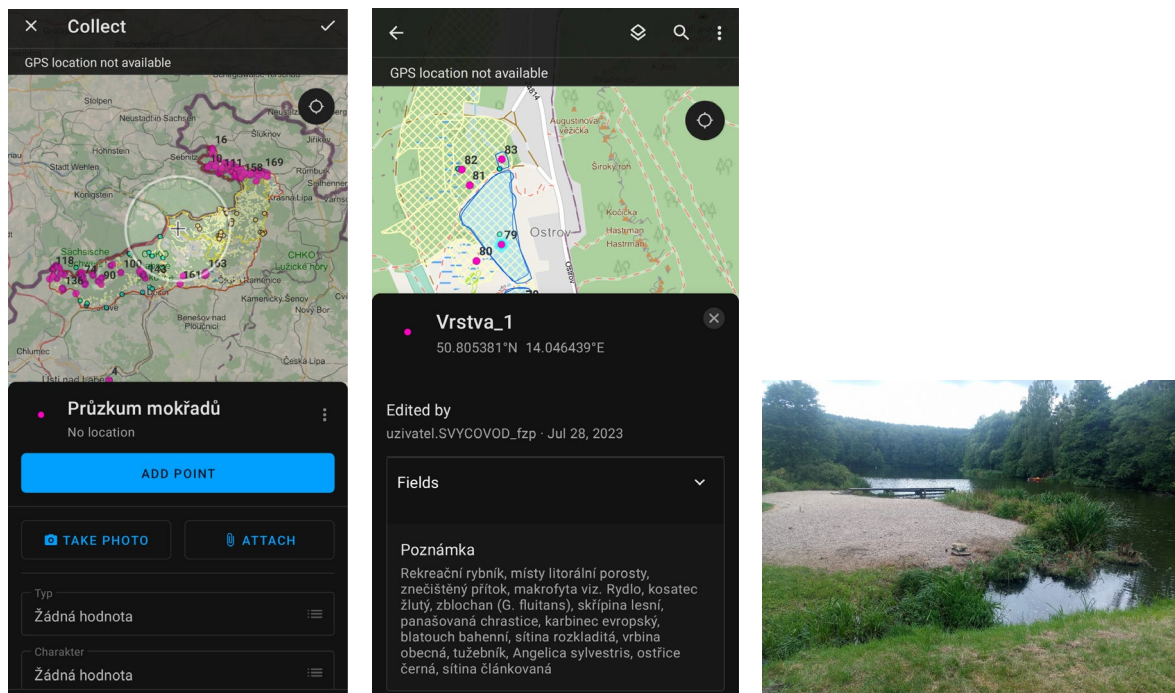
## 2.2 Terénní mapování

### Inventarizace mokřadů

V rámci projektu proběhla inventarizace mokřadů s cílem komplexně zhodnotit stav vodních a mokřadních prvků v zájmovém území a identifikovat problémy, vytipovat vhodné lokality pro revitalizaci, navrhnout vhodná managementová opatření a připravit podklady pro Správu NP. U jednotlivých mokřadů byl proveden stručný odhad a popis stavu, včetně extenzivního průzkumu druhů cévnatých rostlin a živočichů. Hodnocen byl dále potenciál mokřadů z hlediska podpory biologické rozmanitosti, stupeň a typ degradace a revitalizační potenciál, včetně případných návrhů pro revitalizaci.

Pro účel mapování mokřadů byla v terénu využita mapová aplikace pro mobilní zařízení ArcGIS Field Maps (Obr. 17, Tab. 4). Pro lokalizaci mokřadů byly, kromě aktuální ortofotomapy

a základní mapy ČR, využity i archivní mapové podklady a vrstvy o výskytu mokřadů a vodních ploch, včetně údajů z databází ZABAGED (ČÚZK), DIBAVOD (Fojtík a kol., 2022), Mapování biotopů (Chytrý a kol, 2010) a starších záznamů mapování vodních prvků v území.



Obr. 17 Mapovací aplikace ArcGIS Field Maps

Tab. 4. Struktura mapovací aplikace

Datum							
Autor							
Charakter	přirozený	technický					
Typ	tok	tůň	rybník	rákosina	požární nádrž	mokřad	mokrý rašeliniště lužní les směs louka
Eutrofizace	ano	ne					
Degradace	ano	ne					
Odvodnění/vysychání	ano	ne					
Disturbance	ano	ne					
Lado	ano	ne					
Nálety dřevin	ano	ne					
Jiné							
Revitalizační potenciál	ano	ne	možná				
Hodnocení	velmi hodnotná	hodnotná	běžná	degradovaná s potenciálem	zničená	nezajímavá	
Poznámka	významné druhy, popis charakteru stanoviště, využití, specifikace degradace či navržených opatření atp.						
Fotodokumentace							

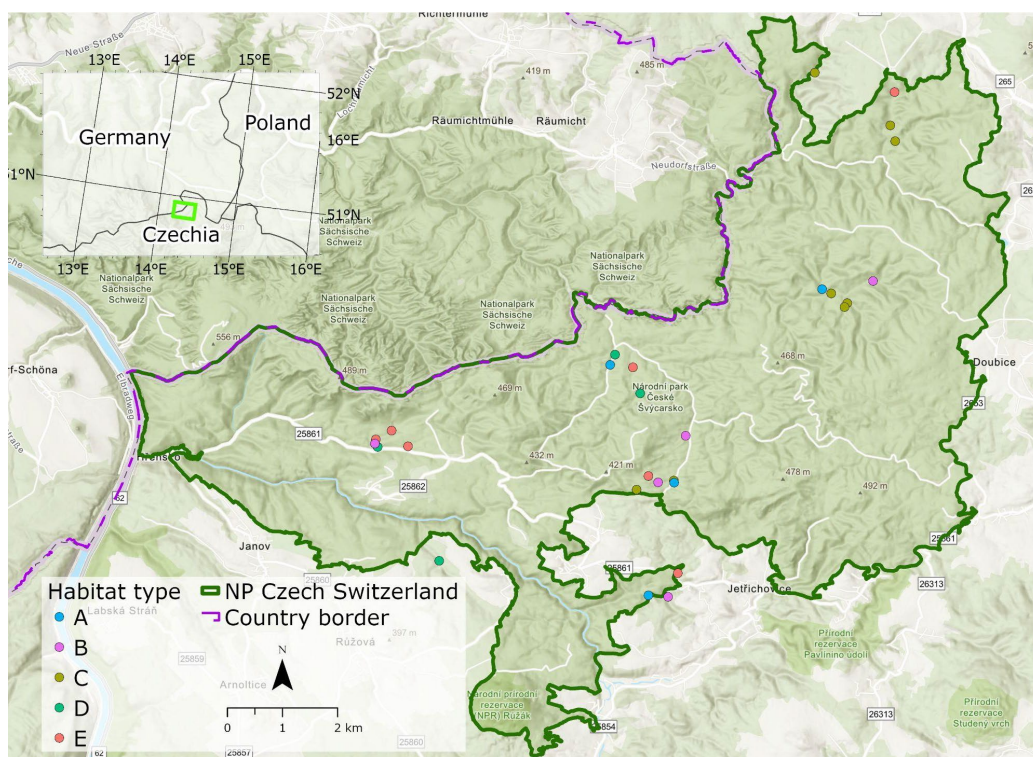
### **Biodiverzita bezobratlých**

Pro sledování vlivu zdravotního stavu lesa na společenstva bezobratlých živočichů bylo v roce 2022 monitorováno pět typů lesních porostů smrku ztepilého v roklích poblíž vodních toků či

jiných mokřadních stanovišť v NPCŠ, lišících se mírou poškození a celkovým stavem ekosystému (Holcová a kol., 2025). Konkrétně se jednalo o:

- A. zdravý smrkový les s přítomností semenáčků a bohatého bylinného patra, kde dominovaly mechy a drobné keříky bobulovitých rostlin
- B. zdravý smrkový les s absencí semenáčků, s nízkou diverzitou bylin a půdou pokrytou vrstvou jehličí
- C. kůrovcem poškozený stojící suchý smrkový les, avšak s vysokým podílem semenáčků a bohatým bylinným patrem
- D. stojící suchý smrkový les poškozený kůrovcem bez regenerace, s půdou pokrytou silnou vrstvou suchého jehličí
- E. paseky po těžbě kůrovcového dřeva – otevřené, suché a slunné lokality bez stromů, pouze se suchými větvemi ponechanými na zemi

Celkem bylo v rámci národního parku vymezeno 28 lokalit (viz Obr. 18), na nichž bylo rozmístěno celkem 112 zemičích pastí (vždy 4 pasti na lokalitu), přibližně 10 m od sebe. Zemičích pasti se skládaly ze dvou identických plastových kelímků (500 ml, průměr 10 cm). Jeden kelímek byl trvale umístěn v zemi, zatímco druhý umožňoval odběr materiálu. Pasti byly naplněny fixační kapalinou, složenou z 8% octa a opatřeny 20 × 20 cm kovovou síťovinou, která zajišťovala ochranu před drobnými obratlovci. Dále byly pasti kryty přístřeškem, aby se snížilo ředění fixační tekutiny a zabránilo znečištění opadem (Obr. 19). Období odchyty do pastí pokrývalo vrchol aktivity zájmových skupin živočichů (tj. od dubna do června 2022). Kontrola a odběr vzorků probíhaly v intervalu 2-3 týdny.



Obr. 18. Přehled lokalit odchyty střívků a pavouků na území Národního parku České Švýcarsko. Typy prostředí viz text





Obr. 19. Zemní past na lokalitě Kachní potok, foto M. Holec

Střevláci a pavouci byli determinováni v laboratoři na druhovou úroveň za pomoci standardní literatury (pavouci: Nentwig a kol., 2024; Miller, 1971; Roberts, 1987; Roberts, 1995; střevláci: Hůrka, 1996; Lorenz, 2021). Materiál střevlíků determinoval L. Blažej (Správa NP České Švýcarsko) a materiál pavouků M. Holec (UJEP Ústí n. L.).

Metodika výzkumu byla konzultována s pracovníky NP, zejména se zoologem Bc. L. Blažejem. Odchyt živočichů byl volen tak, aby byl co nejšetrnější k životnímu prostředí a zároveň bylo možné uchovat materiál pro případnou pozdější determinaci a hodnocení dalších taxonomických skupin odchycených živočichů.

Na každé lokalitě byly zaznamenány údaje o charakteru prostředí, včetně abiotických podmínek, struktury a složení vegetace, s cílem posoudit jejich potenciální vliv na výskyt a abundanci sledovaných druhů bezobratlých živočichů.

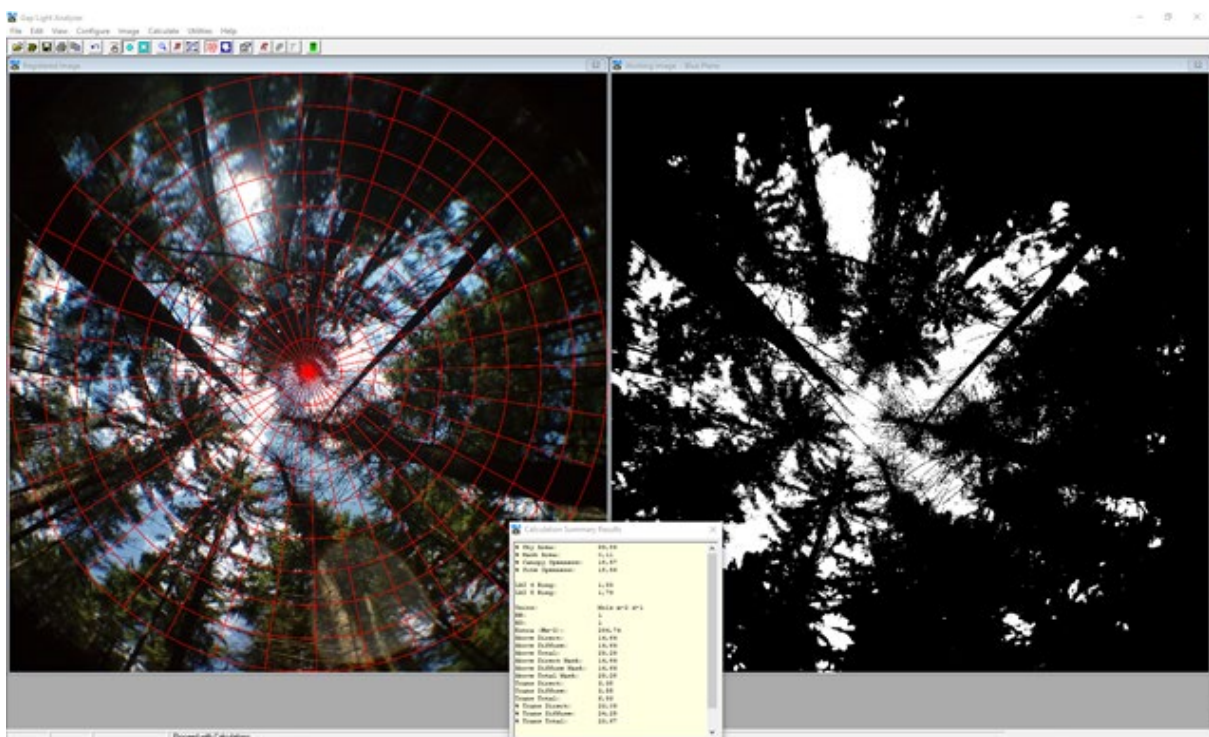
Popis prostředí zahrnoval následující charakteristiky:

- a) Vegetace - v období od 31. května do 3. července 2022 byly pořízeny fytoecologické snímky cévnatých rostlin, a to jak v bezprostředním okolí každé pasti (do 0,5 m od jejího středu), tak na úrovni celé lokality. Pro jednotlivé pasti i celé lokality byl následně vypočítán Shannon-Wienerův index diverzity druhů (SWI) a hodnoty Ellenbergových indikačních faktorů, které charakterizují klíčové environmentální podmínky, jako jsou vlhkost, teplota, intenzita osvětlení a dostupnost živin (Ellenberg et al., 1992). Výpočty byly provedeny v softwaru Juice (Tichý, 2002) a zahrnovaly jak nevážené, tak vážené hodnoty podle pokryvnosti druhů.
- b) Pro hodnocení struktury lesa a charakteristik spojených s polohou byla použita moderní technologie leteckého laserového skenování. Celé území národního parku bylo nasnímáno pomocí LLS RIEGL VUX-1LR. Lidarová mračna bodů s hustotou 15 bodů na čtvereční metr byla klasifikována na body terénu a vegetace. Na základě



těchto dat byl vytvořen digitální model povrchu (DMP) a digitální model reliéfu (DMR) s vertikálním rozlišením 0,2 m.

- c) Z DMR byly odvozeny topografické parametry pro jednotlivé lokality, konkrétně oslunění ( $GJ/m^2/den$ ), index topografické vlhkosti (Beven et Kirkby, 1979) a charakteristika roklí (výška, šířka, orientace a hřeben). Výška porostu byla určena odečtením DMR od DMP. Letová trajektorie byla zpracována v softwaru PosPac a surová lidarová data byla upravena v softwaru RiProcess pro dosažení vyšší přesnosti. Všechny zmíněné parametry byly vypočteny pomocí softwaru ArcGIS Pro.
- d) Maximální fotosyntetická aktivita vyjádřená nejvyšší hodnotou indexu NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, poměr mezi odrazivostí povrchu v červené a blízké infračervené části spektra) za rok 2022, byla pro každou lokalitu odvozena ze satelitních snímků Sentinel-2 prostřednictvím platformy Google Earth Engine.
- e) Otevřenost lokality (procento otevřené oblohy bez topografického zastínění, tj. méně než  $90^\circ$ ) a efektivní index listové plochy integrovaný přes zenitové úhly 0 až  $60^\circ$  (LAI 4 Ring, Stenberg et al., 1994) byly získány pomocí adaptéru rybího oka pro mobilní telefon (Apixel fisheye lens). Data byla sbírána během odběrů vzorků u pastí z výšky jednoho metru nad pastí (nad zemí) a analyzována v softwaru Gap Light Analyzer (Frazer a kol., 1999, Obr. 20). Hodnoty indexu listové plochy u živého lesa dosahovaly průměrně 1,49 v rozpětí 0,78 - 2,24, u mrtvého stojícího lesa to bylo průměrně 0,99 (0,16 - 1,72), a u vytěžených ploch, kde zůstalo pouze kletí, byly hodnoty zcela minimální (průměr 0,05; rozmezí 0 - 0,22).



Obr. 20. Zpracování hemisferické fotografie v prostředí programu Gap Light Analyzer, print screen ze zpracování lokality pastí z oblasti Michalova dolu.

Diverzita zastoupených druhů byla vyjádřena jak jejich počtem, tak Shannon-Wienerovým indexem diverzity (SWI). Druhy střevlíků a pavouků byly klasifikovány na základě jejich vazby k biotopům do následujících kategorií: druhy preferující lesní stanoviště, druhy otevřených či teplých stanovišť, druhy mokřadů nebo velmi vlhkých lokalit a generalisté bez výrazné vazby na konkrétní typ biotopu. Údaje o preferencích biotopů byly převzaty od Buchara (1993), Buchara a Růžičky (2002), a Mustera a Michalika (2020) (pavouci), a Hůrky (1996) (střevlíci).

Identifikované druhy byly dále zařazeny do kategorií reliktnosti na základě jejich ekologické vazby a tolerance k narušení stanoviště (Buchar, 1993; Hůrka a kol., 1996; Buchar a Růžička, 2002). Klasifikace zahrnuje reliktní druhy přirozených, nenarušených biotopů, adaptabilní druhy obývající jak nenarušená, tak mírně narušená území a eurytopní druhy vázané na nestabilní, antropogenně ovlivněná a narušená stanoviště.

Bližší popis metodiky viz článek Holcová a kol. (2025).

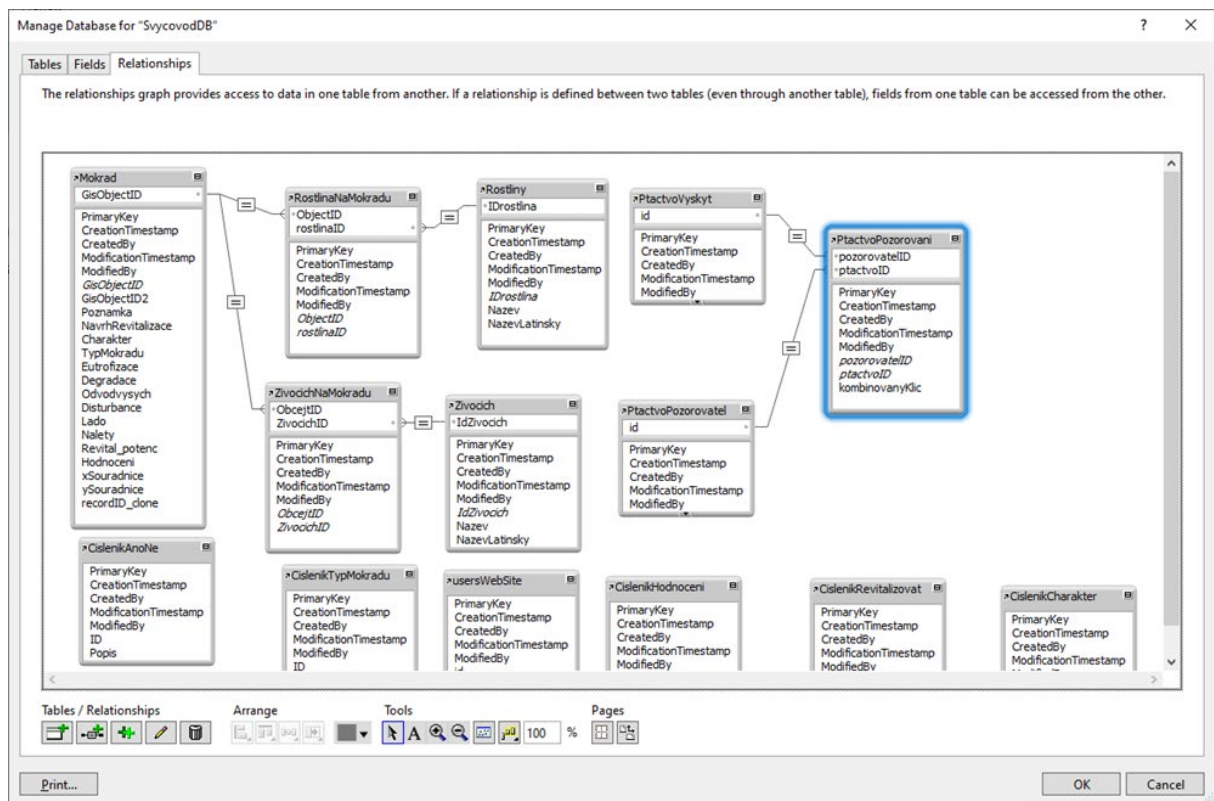
### **2.3 Databáze mokřadních biotopů**

Základní struktura Databáze mokřadních biotopů Českého Švýcarska byla jednotlivými odbornými členy týmu a Správou NPČŠ navrhována již v roce 2022. Byly definovány požadavky na položky dat, které je třeba do databáze zpracovat. Vznikla tak první datová struktura, která se později ještě mírně změnila a dále rozšiřovala. Výsledná databázová struktura umožňuje uchovávat a zpracovat jednak jednotlivá data sbíraná při terénních prospekcích, tak i existující historická či další doplňková data. Struktura databáze byla připravována tak, aby bylo možné data snadno prohledávat a filtrovat. Velký důraz byl při tvorbě datové struktury kladen na možnost budoucího rozšíření.

Databáze je koncipována otevřeně, aby případné budoucí požadavky nenarušily provázanost datových položek a tabulek. Při návrhu databázové struktury byly zohledněny různé typy dat, jako jsou zoologické a botanické informace o přítomných druzích, popisy charakteru vegetace, dostupné historické záznamy k mokřadům a další environmentální charakteristiky. Každý záznam obsahuje unikátní identifikátor a další informace o lokalitě, jako jsou GPS souřadnice, typ biotopu, údaje o vegetaci a další případné hodnotící parametry, jako je revitalizační potenciál nebo míra a příčina degradace.

Součástí databáze jsou také tabulky příloh, které umožňují připojování dalších materiálů k jednotlivým záznamům. Tyto přílohy mohou obsahovat textové poznámky, mapové podklady nebo fotografie. Díky tomu databáze nabízí větší flexibilitu při dokumentaci jednotlivých lokalit a usnadňuje přístup k podrobným informacím.

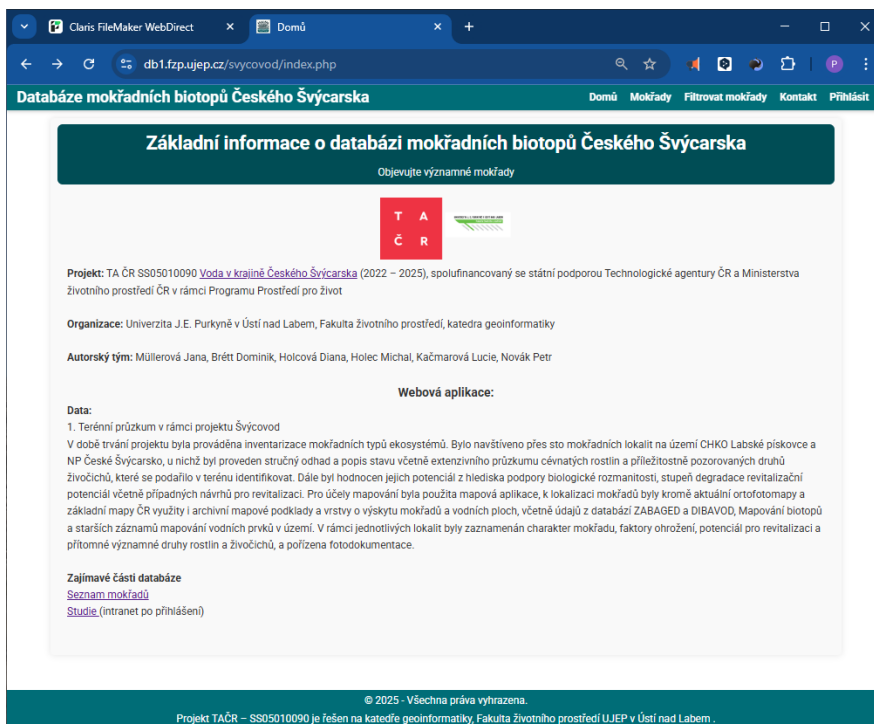
Celkově je databázová struktura (Obr. 21) navržena modulárně a otevřeně, což zajišťuje její přizpůsobivost budoucím požadavkům. Propojení jednotlivých tabulek je zajištěno prostřednictvím jednoznačných identifikátorů sloužících k udržení integrity dat. Tato struktura podporuje možnost postupného doplňování dat a jejich průběžnou analýzu, a představuje tak nástroj pro rozhodovací procesy spojené s obhospodařováním mokřadů.



Obr. 21. Část databázové struktury inventarizace mokřadů v aplikaci Claris FileMaker Pro

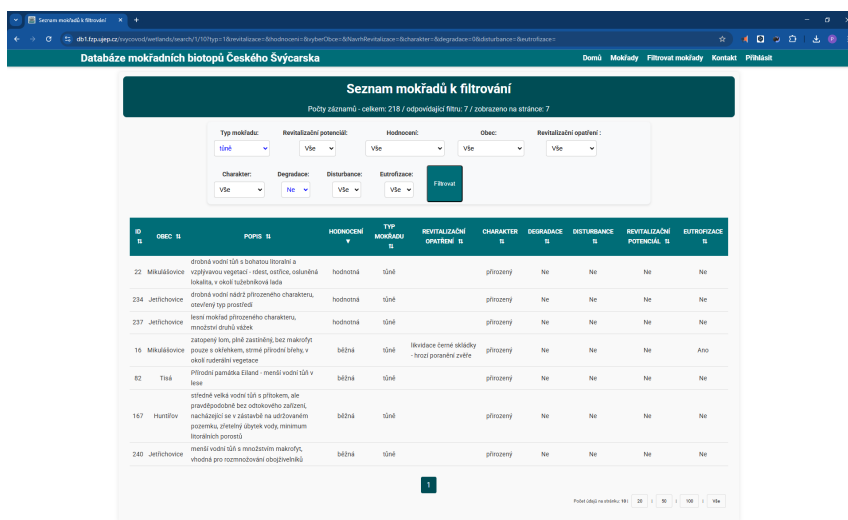
Databáze je realizována na serverové platformě Claris FileMaker Server, která umožňuje vytvářet databázové struktury s možností vkládání a editace dat pomocí vestavěné technologie FileMaker WebDirect.

Dále byla vytvořena mapová aplikace, jejíž položky odpovídají záznamům v databázi. Obě aplikace byly následně provázány a doplněny o údaj obce, v jejímž katastru mokřad leží. Výsledná databáze mokřadních biotopů Českého Švýcarska (Obr. 22) je členěna do tří částí a je dostupná na adrese <https://db1.fzp.ujep.cz/svycovod>, a také ze stránek projektu.



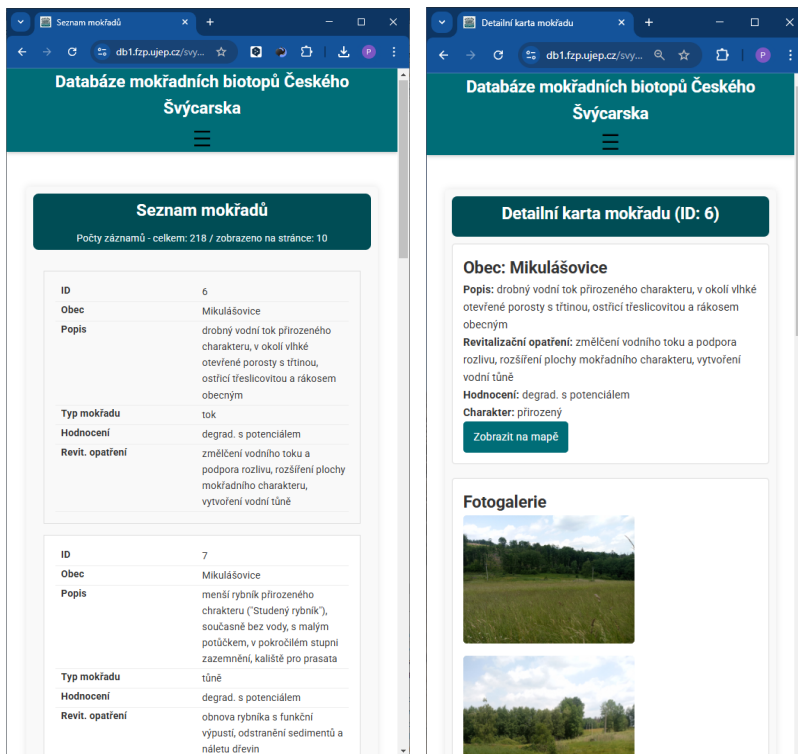
Obr. 22. Databáze mokřadních biotopů Českého Švýcarska - úvodní stránka

Databáze má tři části, veřejnou, interní a editační. První část je veřejná a obsahuje vlastní terénní data včetně fotografických příloh. Uživatelé databáze se mohou na data o mokřadech podívat souhrnně, nebo využít možnosti rozsáhlých filtrů a definovat parametry, které mají mokřady splňovat (Obr. 23). Tato část je naprogramována pomocí technologií PHP, Javascript, HTML5 a CSS. Samotný databázový portál je postaven na technologii FileMaker Server a FileMaker Pro. Vybudovaná "Databáze mokřadů Českého Švýcarska", komunikuje s databázovým serverem pomocí rozhraní FileMaker Data API, a v některých specifických případech pomocí ODBC technologie.



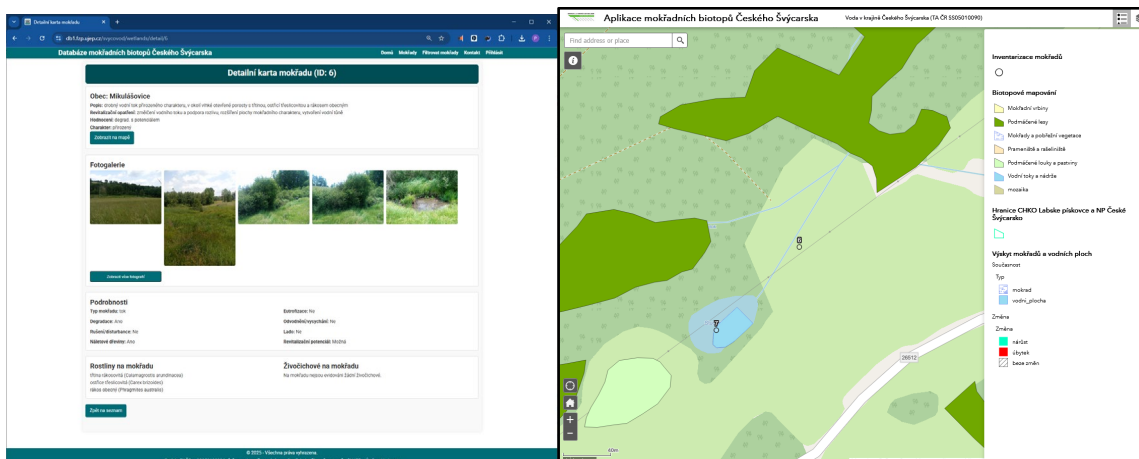
Obr. 23. Databáze mokřadů s možností filtrování a řazení

Celá databázová aplikace je koncipována v moderním responzivním designu, aby byla přizpůsobena i pro práci s mobilními zařízeními (Obr. 24).



Obr. 24. Ukázka responzivního designu databáze

Každá položka obsahuje svou detailní kartu mokřadu, kde jsou přehledně k dispozici veškeré nasbírané informace (Obr. 25). Přímou na kartě je k náhledu prvních pět fotografií z terénu, další jsou k dispozici formou fotogalerie. Z detailní karty mokřadu je přímé propojení na mapovou aplikaci, a to s přiblížením k danému mokřadu. Toto propojení je realizováno obousměrně, kde z mapové aplikace se lze zpět prokliknout přímo na detailní kartu mokřadu.

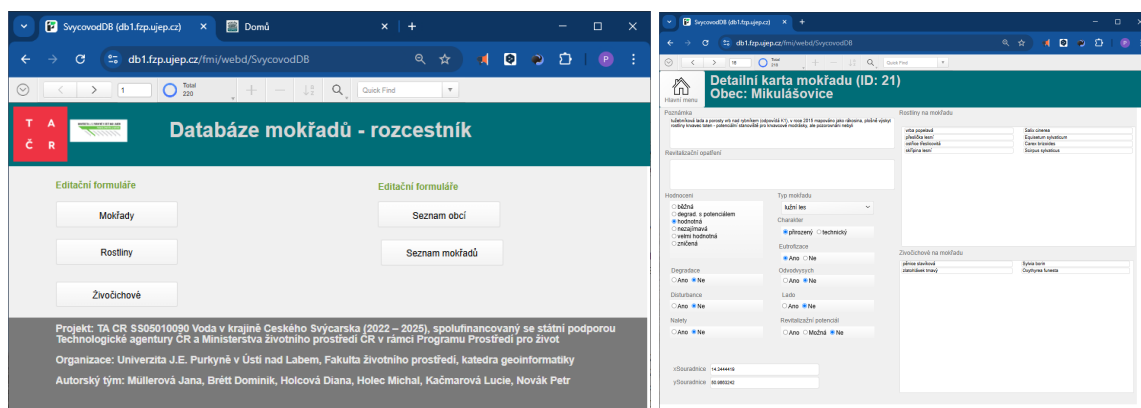


Obr. 25. Detailní karta mokřadu (vlevo), a mapová aplikace (vpravo) jsou vzájemně provázané

Druhá část databáze je dostupná po přihlášení a obsahuje jak seznam mokřadů, tak datový archiv všech dohledaných nestrukturovaných zdrojů, který je zde přehledně k dispozici. Seznam mokřadů krom veřejných funkcí má v této části i možnost exportu do formátu nálezkové databáze NDOP.



Třetí část databáze je editační, a umožňuje přistupovat k datům databáze v editačním režimu. Pomocí technologie Filemaker WebDirect je vytvořeno úvodní rozhraní a dále jednotlivé formuláře upravené pro editaci, mazání a vkládání záznamů (Obr. 26).



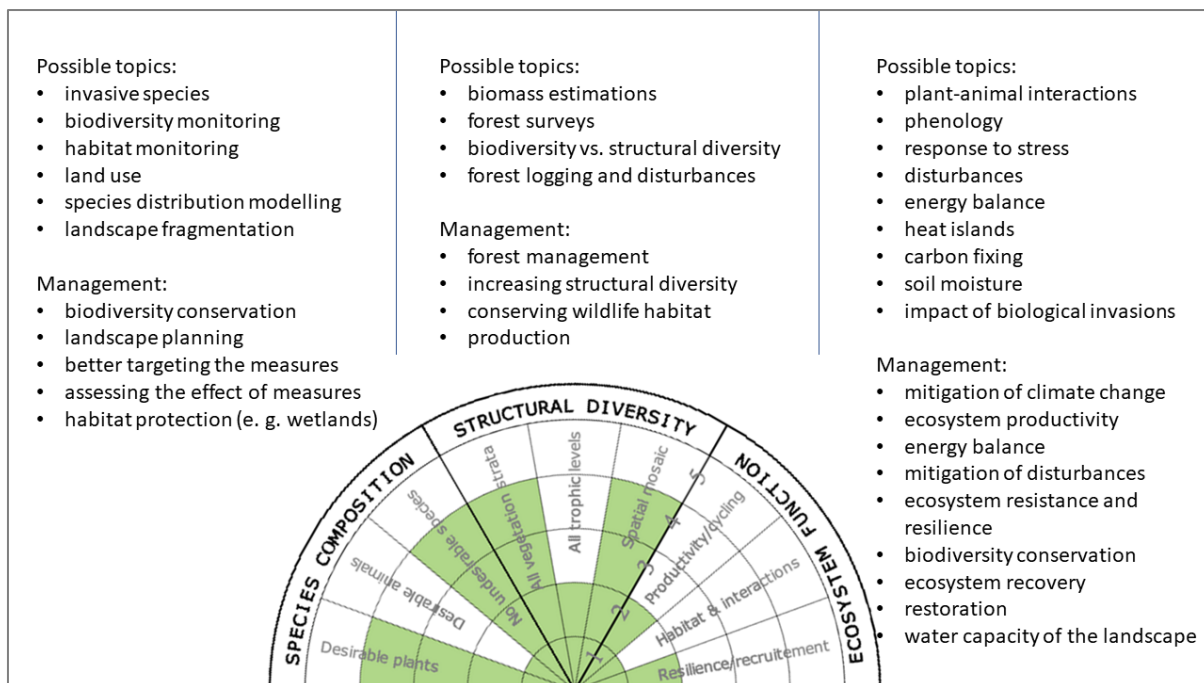
Obr. 26. Rozcestník editačního rozhraní databáze mokřadů (vlevo) a rozhraní pro editaci záznamů (vpravo)

### 3. Výsledky

#### 3.1 Využití geoinformatických nástrojů při studiu vegetace

Studie Müllerová a kol. (2025) se zabývá možnostmi zkoumání vegetace pomocí bezpilotních prostředků. Pochopení složitých prostorových a časových vztahů a změn vegetace představuje klíč k porozumění fungování ekosystémů. Bepilotní prostředky skrývají obrovský potenciál k propojení pozemních měřeními a satelitních dat. Nicméně stále existuje mnoho výzev. Jednou z nejzásadnějších je problematika zachycení maximální složitosti a zároveň minimalizaci chyb měření. Rešeršní analýza se zabývala studii, které využívaly bezpilotní prostředky (drony) pro studium úlohy prostorové a/nebo časové komplexity přirozené a či polopřirozené vegetace na stav, funkce a/nebo služby ekosystémů. Výsledek ukázal, že potenciál bezpilotních prostředků není ani zdaleka využit (Obr. 27).

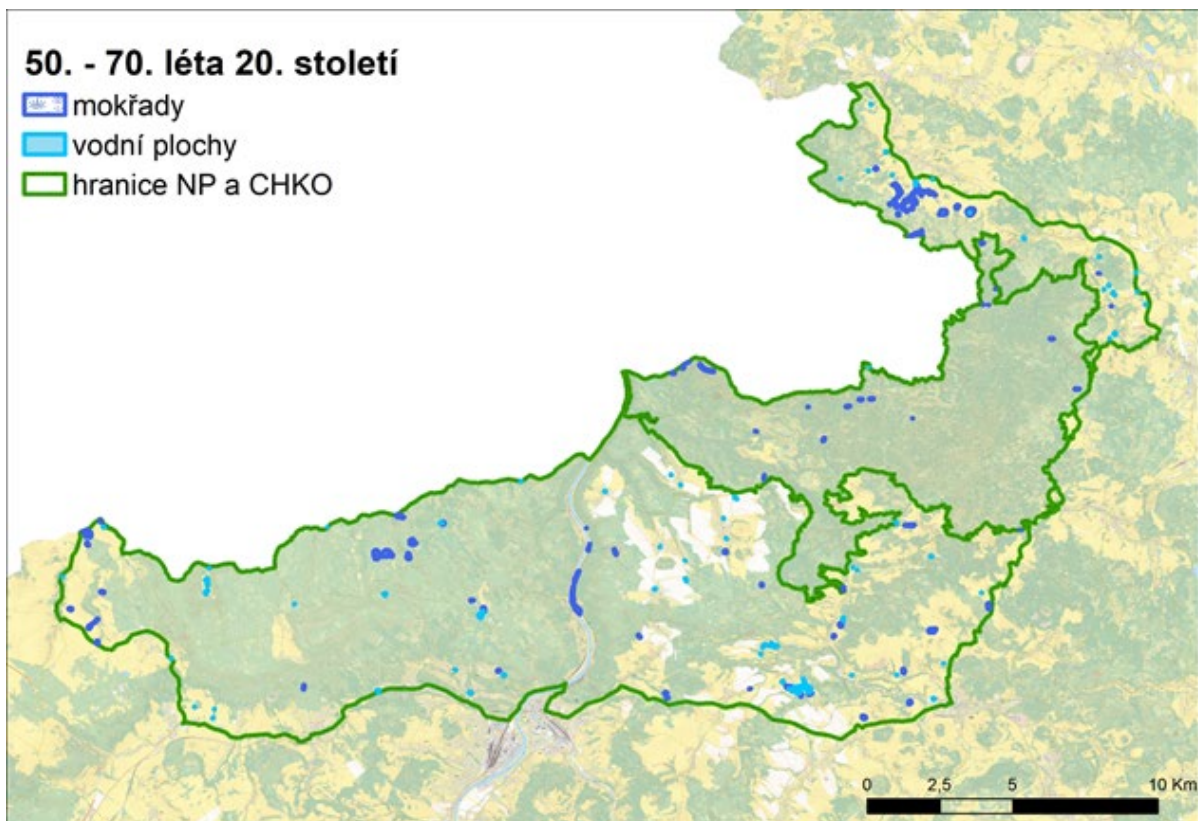
Většina studií se zaměřila na stavu ekosystému, zatímco funkce a služby byly upozadněny, podobně jako vliv prostorového nebo časového aspektu heterogenity vegetace, přestože tato technologie se pro takové úkoly jeví být ideální. Vzhledem k tomu, že heterogenita se mezi ekosystémy liší a její chápání je značně ovlivněno vlastním designem daného průzkumu, je důležité metodiku pečlivě zvážit především s ohledem na cíle studie a charakteristik studovaného ekosystému tak, aby byla dosažena maximální přesnost a vypovídací hodnota. Tento fakt je ale ve studiích nedostatečně zohledňován. Pro další výzkum je třeba provést specificky navržené studie, které umožní prozkoumat účinky měnícího se prostorového a časového rozlišení na podíl zachycené komplexity napříč gradienty ekosystému, a stanovit optimální rozlišení pro různé typy ekosystémů, které pak zajistí přenositelnost metodických postupů a operativní nasazení v praxi. Navzdory zmíněným nedostatkům a výzvám totiž dálkový průzkum, včetně bezpilotních prostředků představuje velmi výkonný a účinný nástroj pro studium krajiny, zkoumání komplexity vegetace a role jednotlivých krajinných prvků, např. mokřadů, včetně jejich změn.



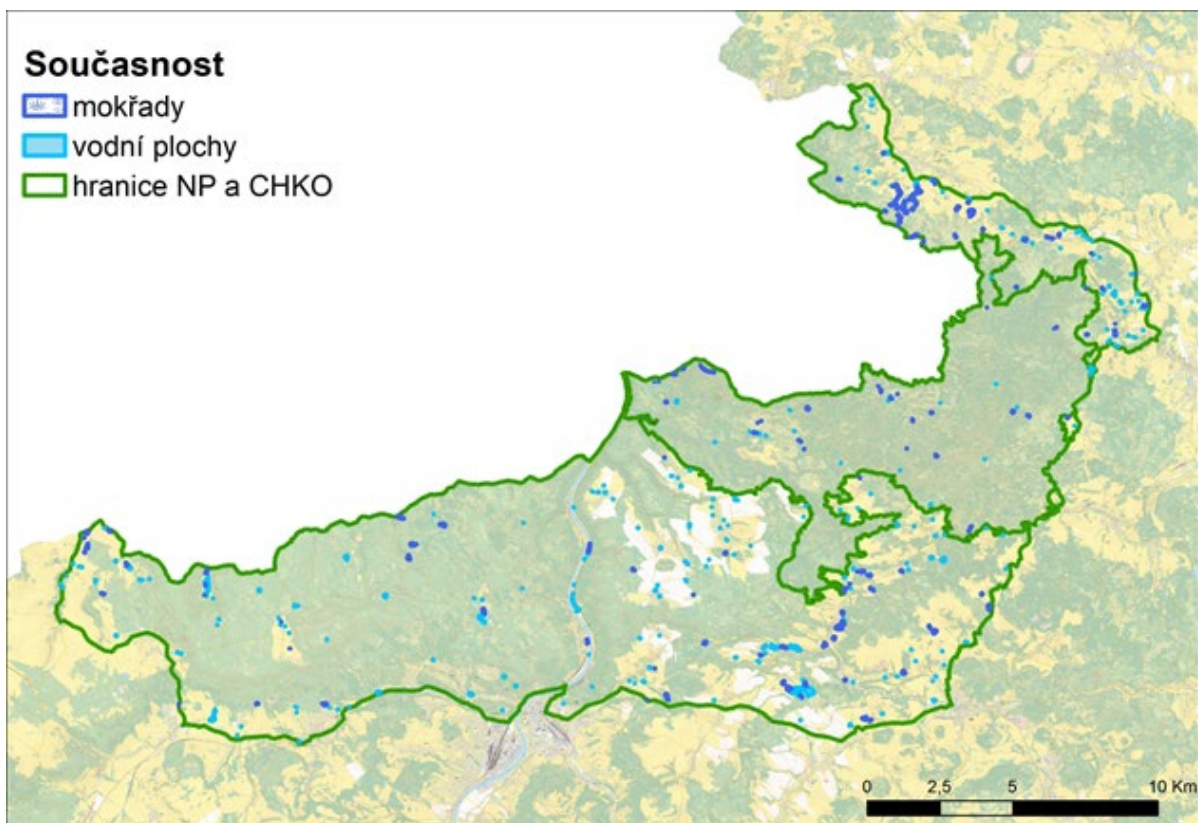
Obr. 27. Potenciál bezpilotních prostředků pro využití v praxi ve vztahu ke složitosti ekosystému. Zelená pole indikují současné využití dronů. Převzato z Müllerová a kol. (2025), založeno na Recovery wheel (McDonald a kol., 2016).

### 3.2 Historie - změny mokřadů

Celkem bylo v minulosti (Obr. 28) zjištěno výrazně méně vodních prvků (152) ve srovnání se současným stavem (428, Obr. 29), avšak z hlediska rozlohy je jejich výměra v současnosti téměř o třetinu nižší (Tab. 5). Zároveň je zřejmá rozdílná dynamika změn v počtu vodních ploch oproti mokřadům, kdy vodní plochy v minulosti zaujímaly 45 % celkového počtu vodních prvků, zatímco v současnosti je to již 67 % na úkor mokřadů. Stejný trend je zřejmý i při pohledu na jejich výměru, kdy v minulosti výrazně dominovaly mokřady (83 % celkové výměry vodních prvků), zatímco v současnosti se výrazně zvýšil podíl vodních ploch (z 18 na 45 %). Detailní prostorově explicitní analýza (Obr. 30) ukazuje ještě výraznější změny, a to konkrétně úbytek vodních prvků o 94 ha, který je převážně (z 93 %) tvořen mokřady, a zároveň nárůst o 51 ha (s rovnoměrným zastoupením obou typů vodních prvků).



Obr. 28. Historický výskyt vodních prvků v 50. - 70. letech 20. století odvozený z historických map TM 10 a archivních ortofot na podkladu ZM 10 (ČÚZK)

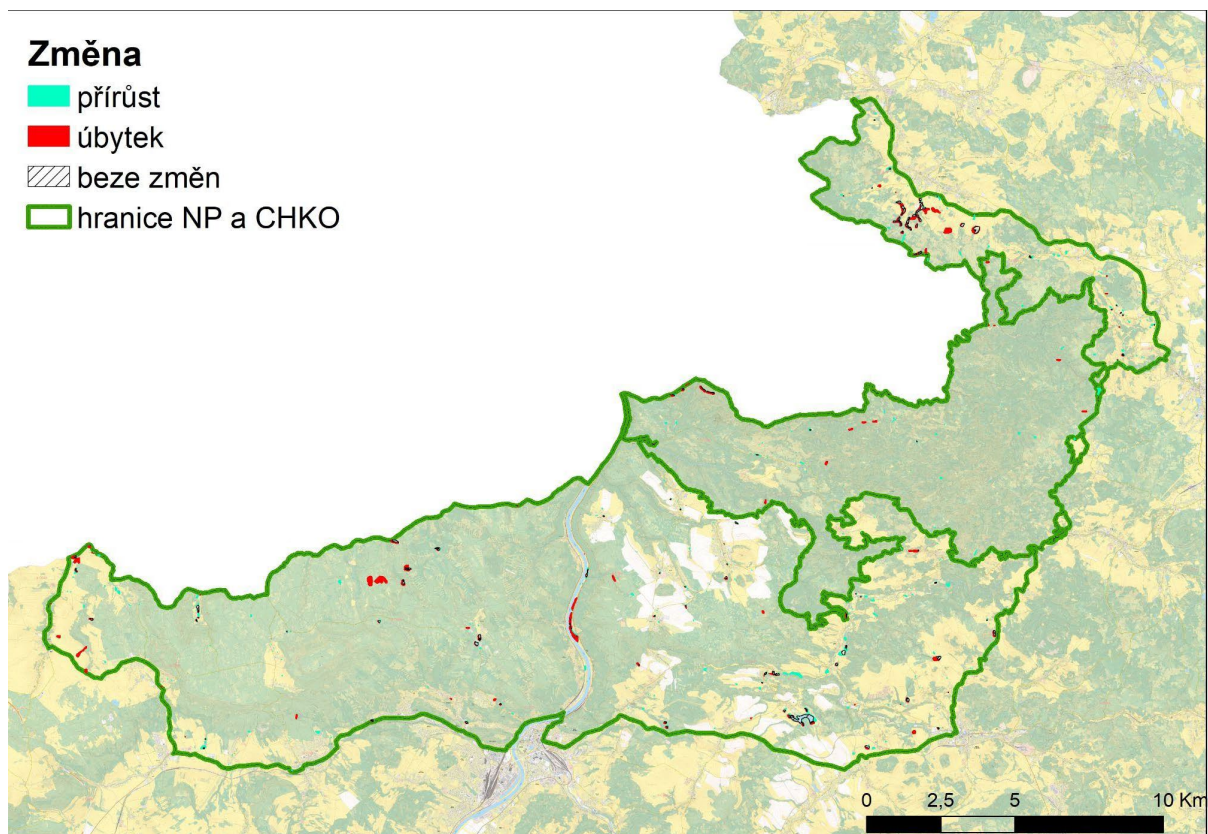




Obr. 29. Současný výskyt vodních prvků zkompilevaný z dostupných podkladů (ZABAGED, DIBAVOD, Mapování biotopů, ortofota, výzkumné zprávy) a terénního průzkumu na podkladu ZM 10 (ČÚZK)

Tab. 5. Srovnání výskytu vodních prvků v minulosti a současnosti v rámci obou zájmových území (CHKO Labské Pískovce a NP České Švýcarsko)

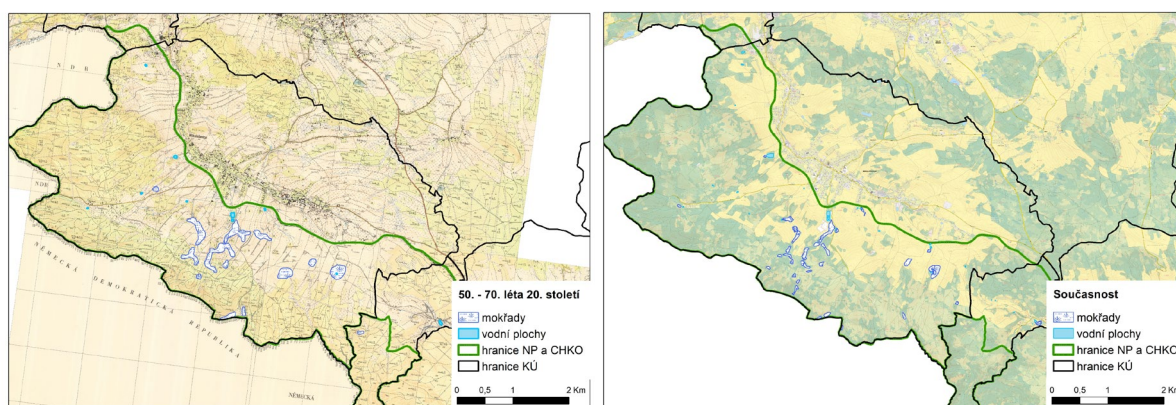
	1950.-1970. léta	Současnost
počet vodních ploch	69	286
počet mokřadů	83	142
počet vodních prvků celkem	152	428
rozloha mokřadů [ha]	118.76	56.13
rozloha vodních ploch [ha]	26.11	45.59
rozloha vodních prvků celkem [ha]	144.88	101.72
rozloha vodních prvků v CHKO [ha]	133.98	95.74
rozloha vodních prvků v NP [ha]	10.90	5.98
% výměry území CHKO	0.55%	0.39%
% výměry území NP	0.14%	0.08%



Obr. 30. Změna výskytu vodních prvků z minulosti (50. - 70. léta 20.st.) do současnosti na podkladu ZM 10 (ČÚZK)



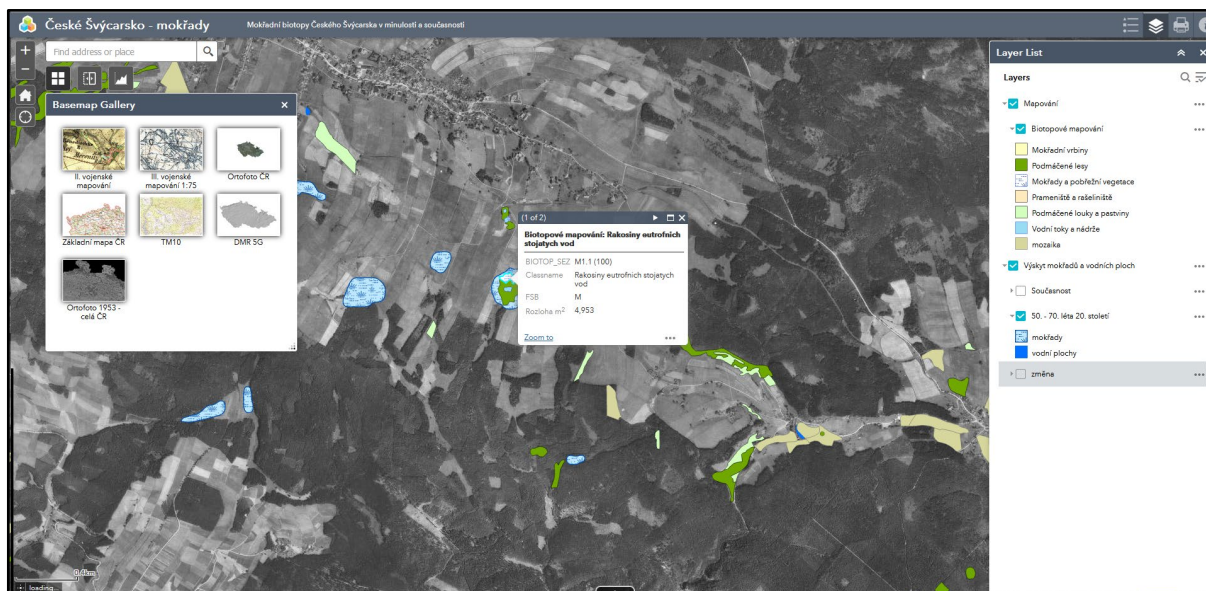
Při pohledu na rozmístění vodních prvků je patrná nerovnoměrnost. Celkově se dá říci, že na území NP se nachází menší množství vodních prvků, a vodní plochy i mokřady jsou zde menší z důvodu geomorfologického členění – hlubokých údolí a zaříznutých roklic. Avšak i v rámci CHKO jsou některé oblasti (katastry obcí) výrazně bohatší na vodní prvky než jiné. Příkladem mohou být katastrální území Maxičky, Bynov a Mikulášovice. V KÚ Maxičky je to 11 vodních prvků tvořících 1,3 % výměry KÚ v minulosti, a 15 prvků a 0,38 % výměry KÚ v současnosti. Oproti tomu ve vedlejším katastru Bynov jsou a v minulosti byly jen tři prvky, které tvořily 0,08 % výměry KÚ, v současnosti je to 0,14 %. Na vodní prvky nejbohatší je KÚ Mikulášovice (Obr. 31), kde se jen v rámci území CHKO v současné době nachází 56 vodních prvků (z toho 32 mokřadů) o celkové výměře téměř 22 ha, což představuje 1,47 % území katastru, které spadá do CHKO. V minulosti bylo na stejném území identifikováno pouze 22 prvků (z toho 13 mokřadů), které však měly téměř dvojnásobnou výměru (42 ha).



Obr. 31. Srovnání historického a současného stavu mokřadů na příkladu KÚ Mikulášovice, které je v rámci sledovaného území na vodní prvky nejbohatší. Podkladové vrstvy jsou TM 10 (vlevo) a ZM 10 (ČÚZK, vpravo)

Změny lze do jisté míry přiřadit i nepřesnostem mapových zdrojů, ze kterých práce vycházela, nicméně z výsledků je patrné, že v průběhu sledovaného období došlo k poměrně výraznému úbytku výměry vodních prvků, a to především mokřadů, jejichž rozloha se snížila o polovinu, a zároveň došlo k jejich fragmentaci.

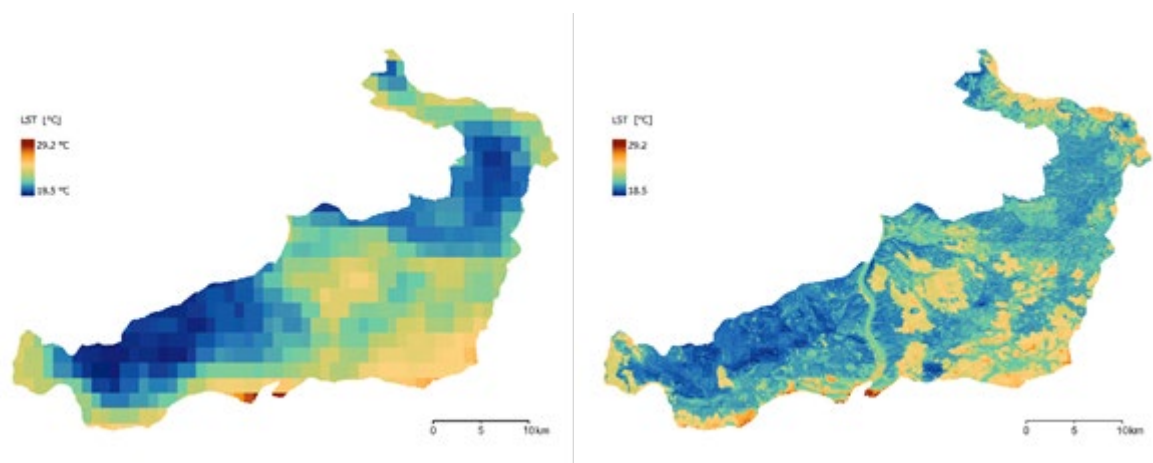
Mapování a analýza historického a současného výskytu mokřadů popsané v předchozích podkapitolách sloužily jako podklad pro výsledek č. 1. - Nmap - Specializovaná mapa Mokřadní biotopy Českého Švýcarska v minulosti a současnosti, která je dostupná na [webových stránkách projektu](#) jako pdf a na adrese <http://projects.fzp.ujep.cz/links/mokrady-mapa> jako interaktivní aplikace (Obr. 32). Mapa obsahuje kromě výše popsaných vektorových vrstev o historickém a současném výskytu mokřadních a vodních prvků také změnovou vrstvu zobrazující vývoj vodních prvků ve sledovaném období, vrstvu [Mapování biotopů](#) (AOPK, Chytrý et al., 2010) a podkladové rastry, a to konkrétně [ortofoto současné](#) (ČÚZK) a [ortofoto 50. léta](#) (CENIA) u pdf mapy, a u interaktivní aplikace také, [Základní mapa současná](#) ZM 10 (ČÚZK), [Topografické mapy historické](#) (georeferencované TM 1 : 10 000 z mapování realizovaného pro potřeby československé armády v letech 1951-1971), [II. vojenské mapování](#) (CENIA), [III. vojenské mapování](#) (CENIA) a [model terénu DMR 5G](#) (ČÚZK). Analýzy dále sloužily také jako podklady pro terénní průzkum a vytipování mokřadů pro revitalizaci, a zároveň jako grafický podklad pro interaktivní databázi mokřadních biotopů Českého Švýcarska a další výstupy projektu.



Obr. 32. Vizualizace zaniklých mokřadních biotopů v rámci Interaktivní aplikace na podkladu archivního ortofoto - <http://projects.fzp.ujep.cz/links/mokrady-mapa>

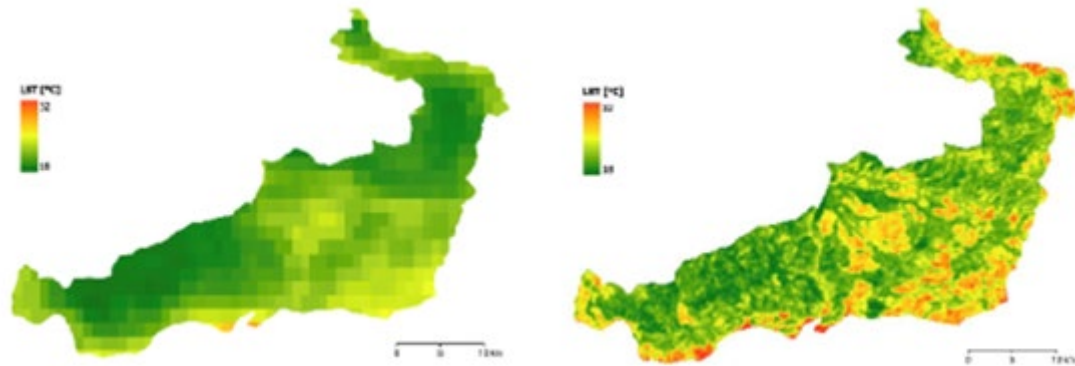
### 3.3 Změny teploty povrchu v kontextu dostupnosti vody a zdravotního stavu ekosystémů

Teplota zemského povrchu je propojena se stavem a fungováním krajiny, přičemž souvislosti jsou velmi složité. Ačkoli je úloha mokřadů a (polo)přirodních stanovišť při zmírňování klimatických extrémů obecně akceptována, mechanismy vysvětlující teplotní rozdíly v komplexní krajině zůstávají nejasné. Této problematice se věnuje bakalářské práce (Šiffel, 2023), a článek Müllerová a Šiffel (2025). Studie poskytují podrobné časoprostorové informace umožňující zkoumat vliv lokálních charakteristik a změn krajiny na teplotu povrchu a porovnat distanční a terénní měření. Zkoumali jsme souvislosti mezi dynamikou teploty a charakteristikami pískovcové krajiny. Zaměřili jsme se na roli vodních prvků a zdravotního stavu lesa při zmírňování teplotních extrémů. Regresní model strojového učení umožnil posoudit složité vztahy více proměnných a zvýšit prostorové rozlišení teplotních map (Obr. 33).

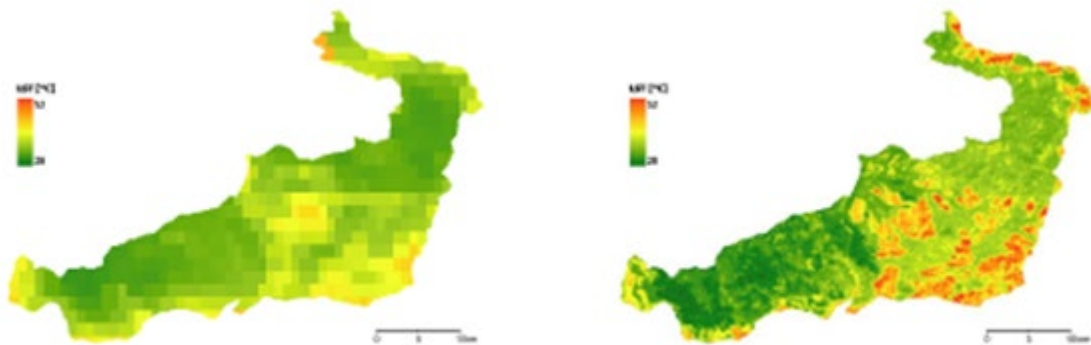


Obr. 33. Vstupní teplota povrchu z družice MODIS (vlevo), a predikovaný výstup regresního modelu Random forest (Müllerová a Šiffel, 2025)

Průměrná teplota celé oblasti se ve vegetačním období pohybovala mezi 18 a 30 °C (v průměru za celou oblast 20,3 °C, Obr. 34). Maximální teploty se pohybovaly mezi 28 a 52 °C (v průměru za celou oblast 34,4 °C, Obr. 35).

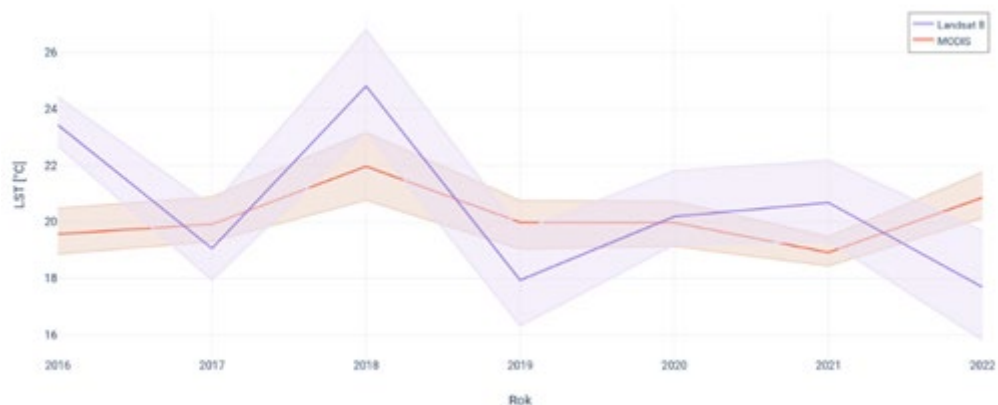


Obr. 34. Průměrná povrchová teplota z vegetačního období let 2016 - 2022 odvozená z dat družice MODIS (vlevo, rozlišení 1 km) a Landsat-8 (vpravo, rozlišení 100 m) (Šiffel, 2023)

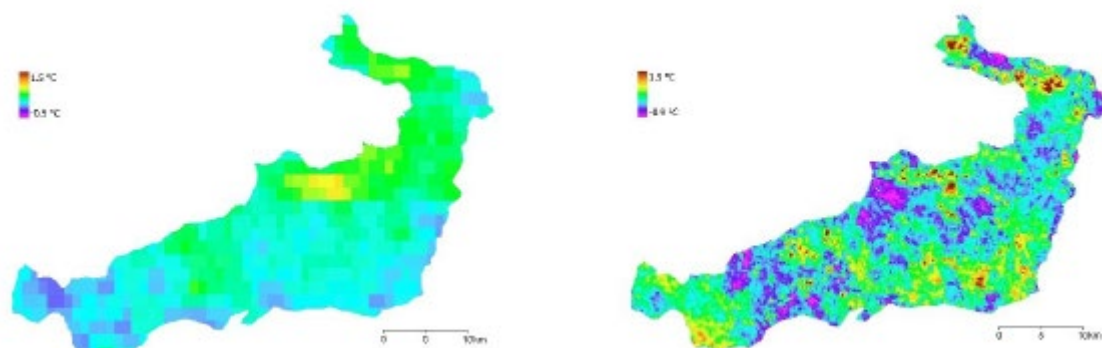


Obr. 35. Maximální povrchová teplota v letech 2016 - 2022 odvozená z dat družice MODIS (vlevo, rozlišení 1 km) a Landsat-8 (vpravo, rozlišení 100 m) (Šiffel, 2023)

Co se týče změny v čase, území je natolik heterogenní, především vzhledem ke geomorfologii, že při analýze celého území nelze najít trendy (Obr. 36). Oproti tomu při detailní prostorové analýze jsou zřetelné výrazné rozdíly (Obr. 37). Průměrná roční změna z dat Landsat se pohybuje v intervalu -0,9 °C až +1,5 °C za rok. Maximální hodnota pak odpovídá nárůstu o 9 °C za celé období. MODIS má vzhledem k menšímu prostorovému rozlišení, a tím pádem i vyhlazeným extrémům, menší interval meziročních změn, a to -0,4 °C až +0,4 °C za rok. Lokality s nárůstem teploty odpovídají odlesnění či odumření lesa, ať už z důvodu napadení kůrovcem či požáru v roce 2022. Na druhou stranu několik lokalit vykazuje teplotní pokles.



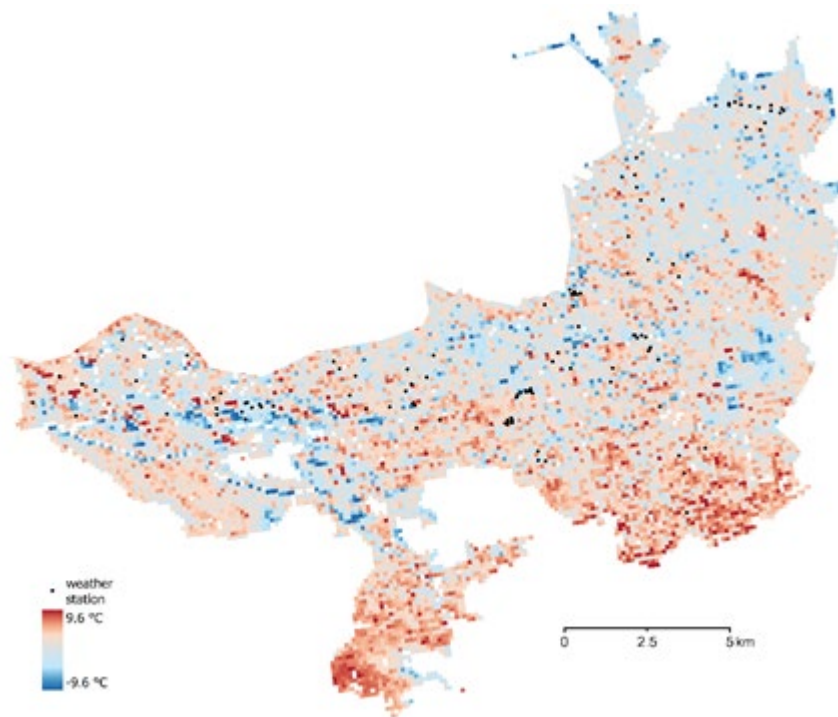
Obr. 36. Vývoj průměrných teplot povrchu ve vegetačním období let 2016 - 2022 z dat Landsat a MODIS v čase vyjádřené pomocí mediánu a mezikvartilového rozpětí. Není patrný žádný trend (adaptované z Müllerová a Šiffel, 2025)



Obr. 37. Meziroční změny průměrných teplot povrchu ve vegetačním období let 2019 - 2022 z dat MODIS (vlevo) a Landsat (vpravo) (adaptované z Müllerová a Šiffel, 2025)

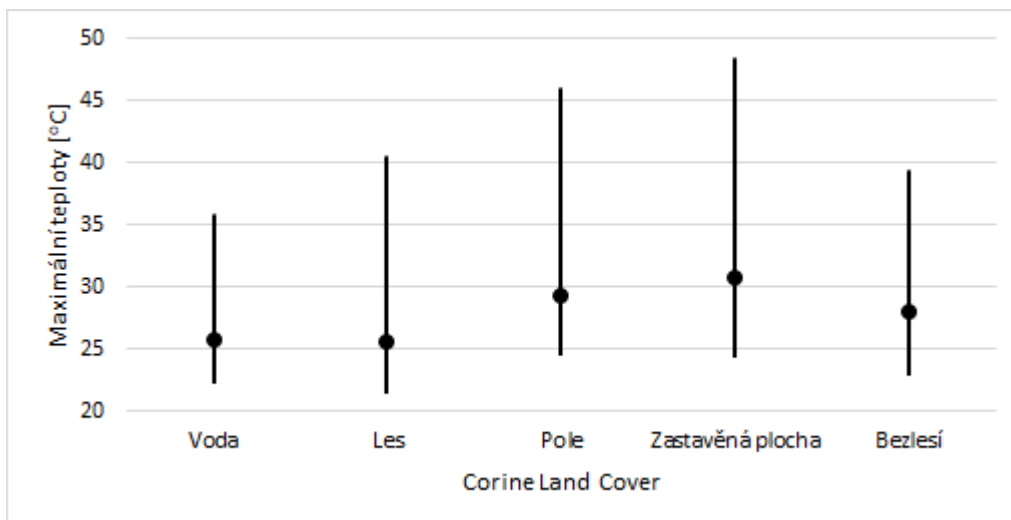
Rozdíl oproti in-situ měřením (Man et al., 2022) v místě měřicí staničky byl průměrně 2,2°C, a maximálně 5,6°C (Obr. 38).



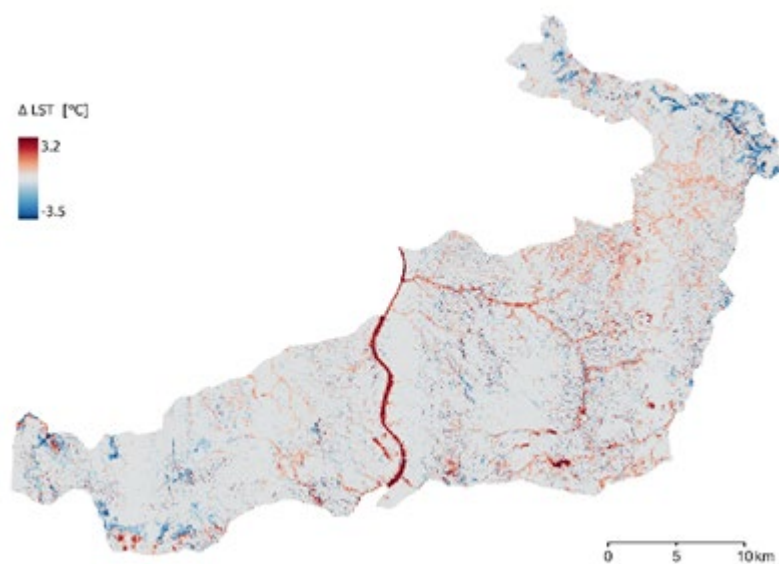


Obr. 38. Rozdíl mezi maximální teplotou povrchu odvozenou z Landsat 8 (95p) a teplotami naměřenými in situ v 15 cm nad terénem ( $T_{\text{max95p\_air\_15cm}}$ ; Man et al., 2022) (Müllerová a Šiffel, 2025)

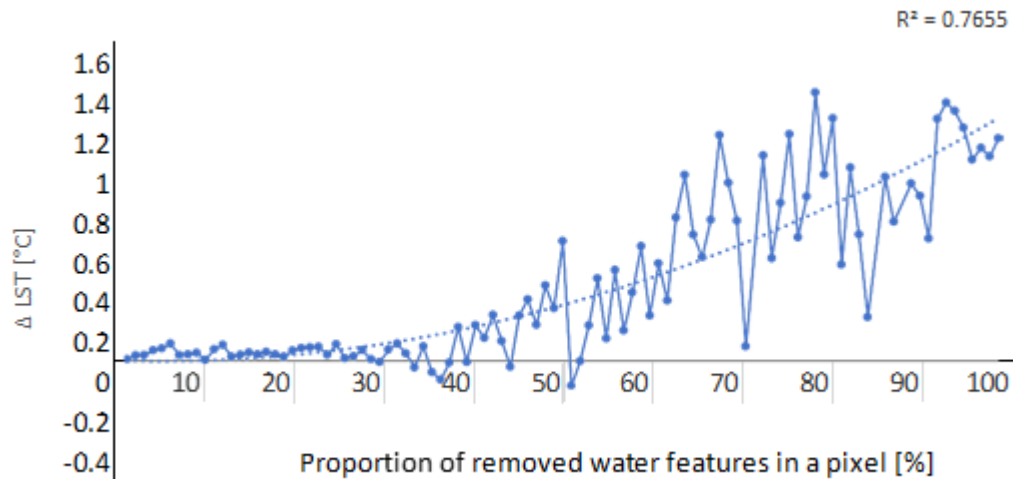
Analýza změn povrchových teplot v čase odvozená ze satelitních dat nám poskytla podrobné časoprostorové informace, které nám dále umožnily zkoumat vliv lokálních charakteristik a změn krajiny (např. geomorfologie, dostupnosti vody v krajině, disturbancí) na teplotu povrchu. Výsledky naznačují významný vliv dostupnosti vody a zdraví ekosystému na teplotu povrchu, přičemž hlavními faktory jsou vegetační indexy, krajinný pokryv (Obr. 39) a nadmořská výška, ale roli hrají také vodní a mokřadní prvky. Pro testování vlivu dostupnosti vody byly vrstvy mokřadů a vodních prvků nahrazeny nulovým rastrem pro simulaci jejich úplné absence, což zvýšilo modelovanou teplotu o 1 až 3 °C v případě řeky Labe, a méně výrazně v případě menších vodních prvků (Obr. 40). Změny v předpokládané teplotě povrchu byly významně závislé na podílu odstraněných vodních prvků (Obr. 41), ale nevykazovaly žádný trend pro mokřadní stanoviště.



Obr. 39. Závislost maximálních teplot povrchu v zájmovém území v letech 2019 - 2022 na krajinném pokryvu odvozeném z vrstvy CORINE Land Cover. Z grafu je patrný ochlazující efekt vodních prvků a zalesněných území (Müllerová a Šiffel, 2025)



Obr. 40. Změny predikované teploty povrchu při simulované absenci vodních prvků a mokřadů (Müllerová a Šiffel, 2025)



Obr. 41. Změny predikovaných teplot po odstranění vodních prvků z modelu (Müllerová a Šiffel, 2025)

Náš výzkum ukazuje, že v komplexních typech krajiny jsou k pochopení prostorových souvislostí a role environmentálních faktorů nezbytná teplotní data s vysokým časoprostorovým rozlišením. Satelitní data mohou sloužit jako spolehlivý prostředek k pochopení mechanismů, a také k přípravě adaptivních managementových opatření k mitigaci hrozeb souvisejících se změnou klimatu.

Výstupy jsou součástí Specializované mapy s odborným obsahem [Vývoj teplotní bilance krajiny Českého Švýcarska](#) (Obr. 42), která je dostupná také na [webových stránkách projektu](#).

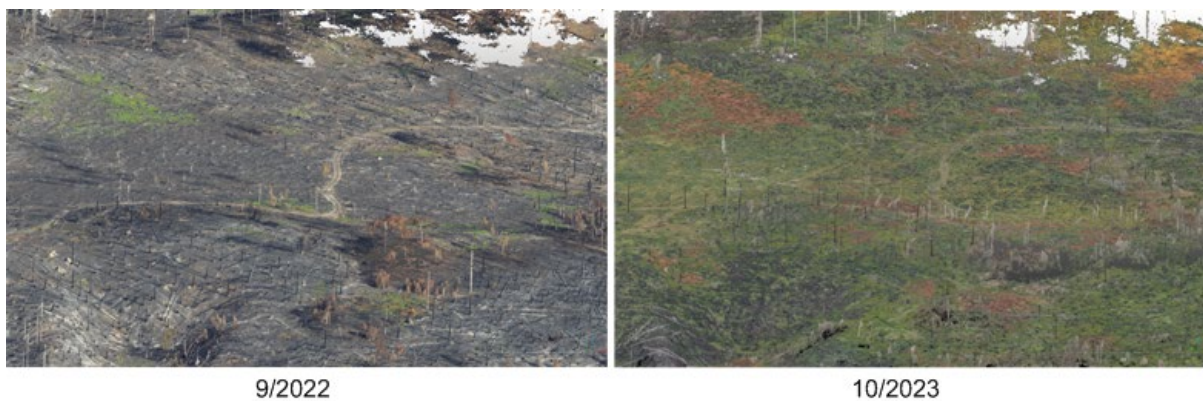




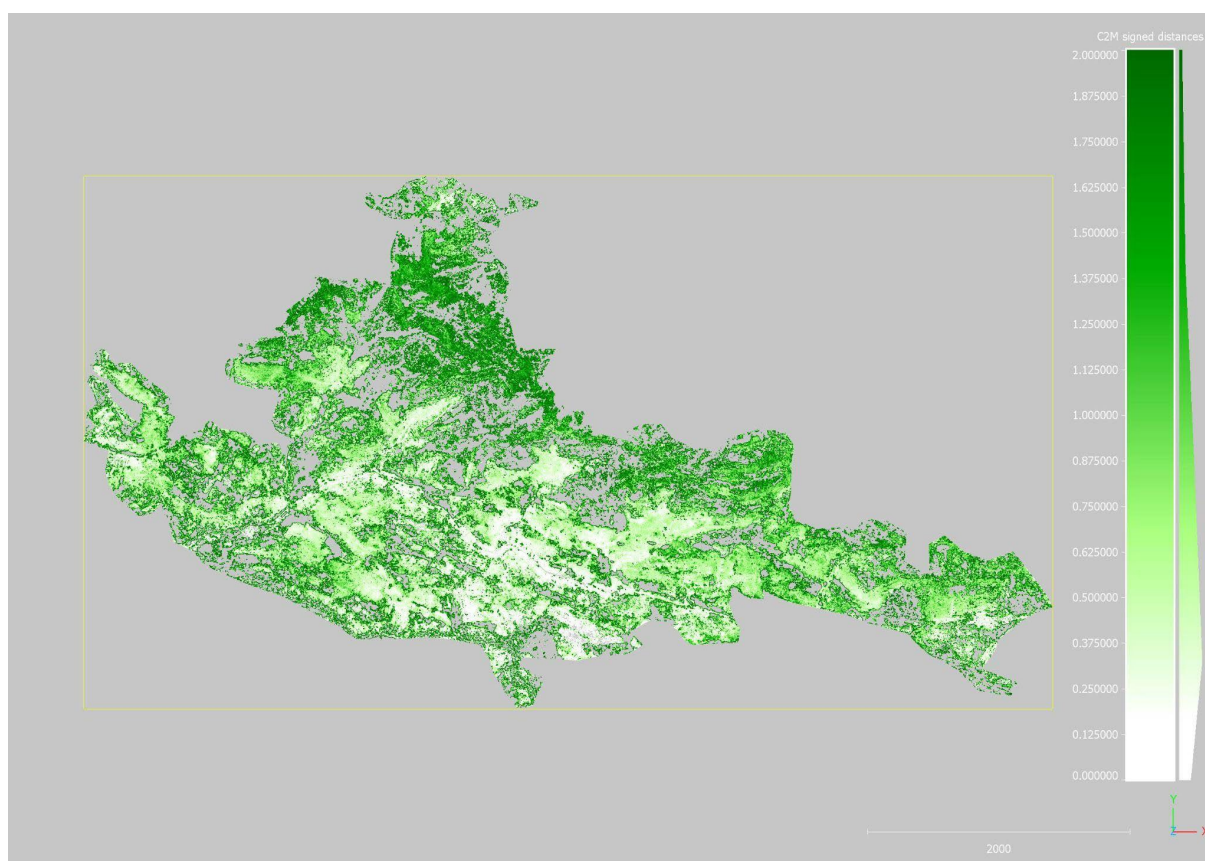
Obr. 42. Specializovaná mapa Vývoj teplotní bilance krajiny Českého Švýcarska

### **3.4 Regenerace po disturbanci**

Na základě dat odvozených z RGB snímkování, které bylo realizováno v průběhu každého roku řešení projektu, byla zpracována analýza přirozené obnovy po požáru v NP (Obr. 43 - 45). S ohledem na strukturu výsledných dat bylo z vytvořeného fotogrammetrického modelu extrahováno mračno bodů, které posloužilo jako vstup pro analýzy přírůstku vegetace. Analýzy byly realizovány v prostředí CloudCompare (profesionální nástroj pro zpracování a analýzy mračen bodů).

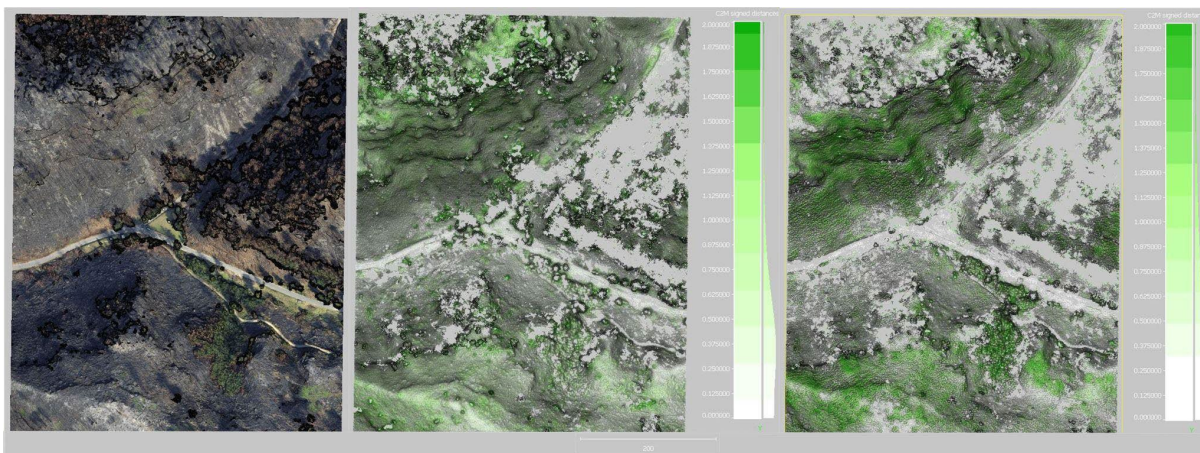


Obr. 43. Regenerace vegetace po poškození požárem na základě mračna bodů odvozeného z optických dat pro rok 2022 a 2023



Obr. 44. Analýza přírůstku vegetace v oblasti požářiště mezi zářím 2022 a říjnem 2023



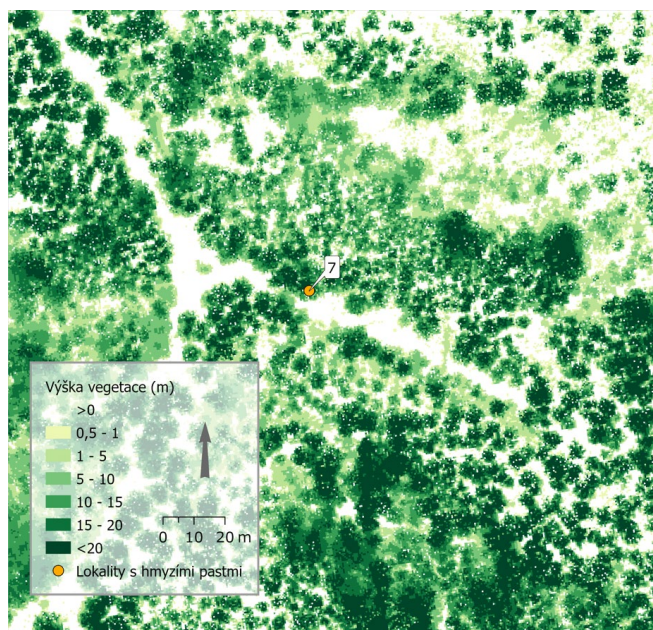


Obr. 45. Detail analýzy přírůstků vegetace pro oblast "Tři prameny". Výchozí stav 9/2022 (vlevo), přírůstky v 10/2023 (uprostřed) a 9/2024 (vpravo).

### 3.5 Vliv geomorfologie

Na 28 vybraných lokalitách v NP byly provedeny analýzy geomorfologie a struktury vegetace, které byly použity jako vysvětlující proměnné pro biodiverzitu cévnatých rostlin a bezobratlých živočichů, studovaných pomocí zemních pastí.

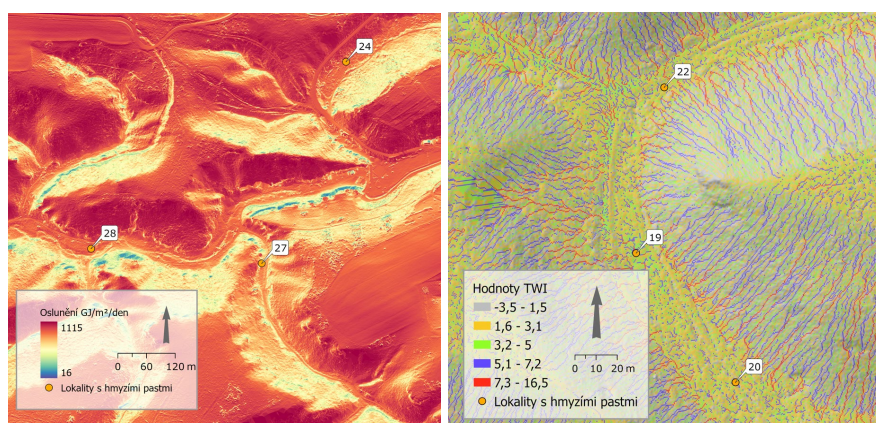
Výška vegetace byla určena odečtením všech bodů reprezentujících vegetaci od interpolovaného rastru bodů terénu (Obr. 46). Tento postup umožnil získat přesné informace o výškové struktuře vegetace v jednotlivých lokalitách. Na základě těchto dat bylo možné analyzovat charakteristiky vegetačního pokryvu, například hustotu, výšku a prostorové rozložení. Tyto informace jsou klíčové pro pochopení ekologických podmínek a dynamiky prostředí v daných lokalitách.



Obr. 46. Analýza výšky vegetace z dat Lidar



Analýza oslunění (Obr. 47) byla provedena pro 28 lokalit pastí s využitím vlastních lidarových dat získaných pomocí přístroje Riegl VUX-1 LR. Pro zajištění přesnosti analýzy byla z dat odfiltrována vegetace, což umožnilo zaměřit se výhradně na terénní reliéf a jeho vliv na distribuci slunečního záření během celého roku. Výsledný rastr oslunění znázorňuje intenzitu dopadajícího slunečního záření (v jednotkách Wh m<sup>2</sup>/rok). Hodnoty ukazují variabilitu v množství dopadajícího záření mezi jednotlivými lokalitami, což může být způsobeno rozdíly v orientaci svahů, jejich sklonem nebo přítomností stíněných oblastí. Pro charakteristiku hydrologických a ekologických podmínek prostředí lze využít Topografický vlhkostní index (TWI), který je ukazatelem potenciální akumulace vody v krajině na základě kombinace sklonu terénu a akumulační plochy odvodňování (Obr. 47). Tato analýza poskytuje cenné informace pro další ekologické nebo geomorfologické interpretace daného území, a je klíčová pro pochopení mikroklimatických podmínek, které ovlivňují ekologické charakteristiky lokalit, například růst vegetace nebo vhodnost prostředí pro různé druhy organismů.

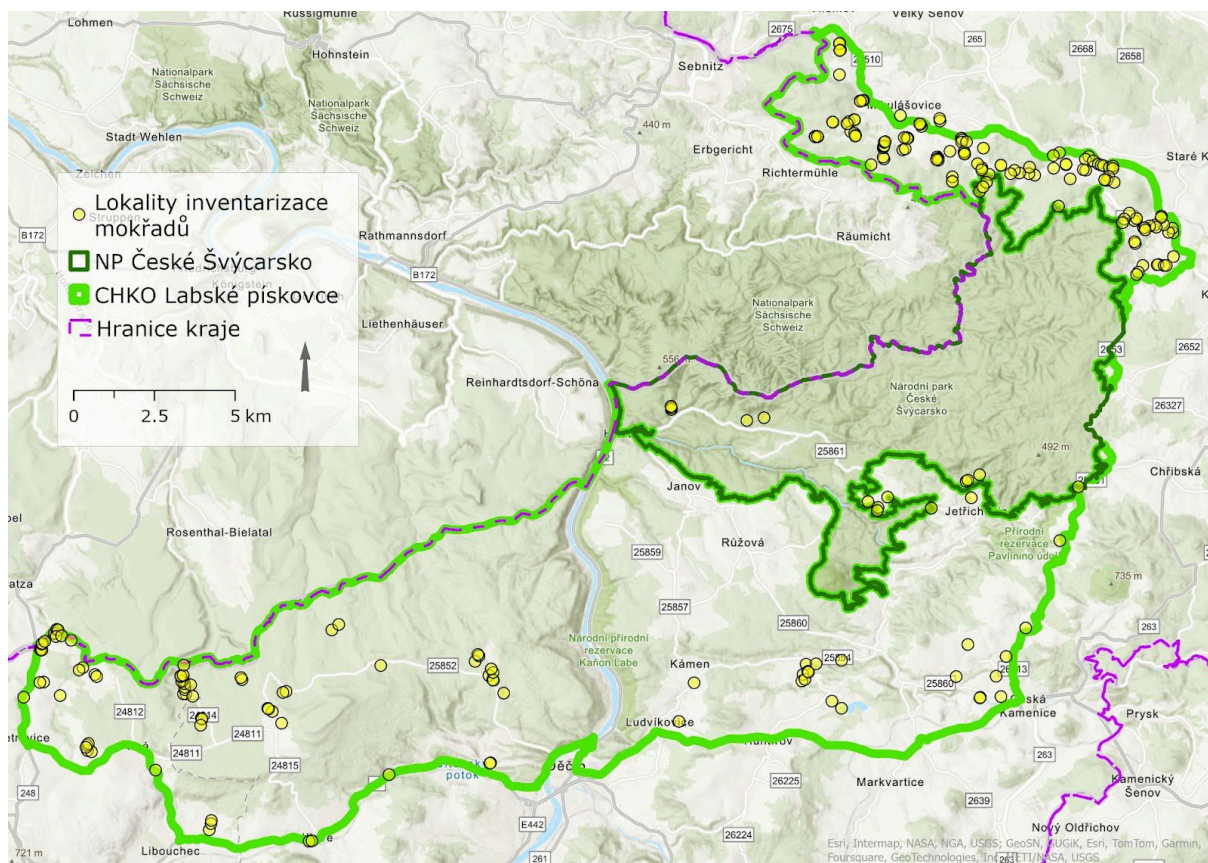


Obr. 47. Analýza oslunění a Topografický vlhkostní index v okolí zemních pastí

Tato data sloužila jako podklad pro analýzu rozdílů mezi jednotlivými stanovišti a pro zkoumání vztahů mezi charakteristikami prostředí a jejich vlivem na ekologické procesy, například druhovou bohatost. K tomuto účelu sloužilo také zhodnocení druhového složení lesa a dynamiky kůrovcové kalamity odvozené z časové řady satelitních dat Sentinel-2, a hodnocení zdravotního stavu vegetace pomocí spektrálních indexů.

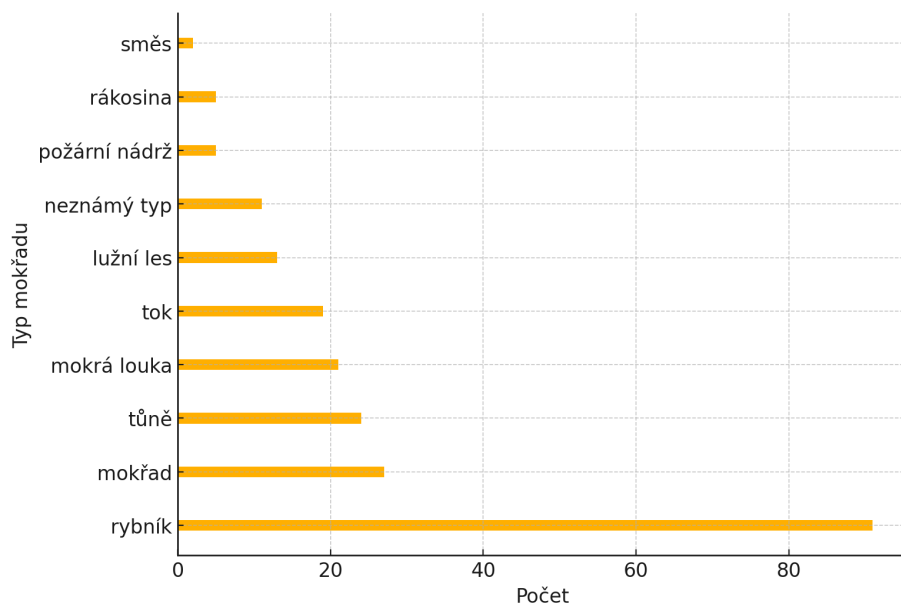
### 3.6 Inventarizace mokřadů

V letech 2023 a 2024 byla provedena inventarizace mokřadních typů ekosystémů, která je součástí databáze mokřadů. Mapování probíhalo na území CHKO Labské pískovce i NP České Švýcarsko. Konkrétně se jednalo o mokřady nacházející se na území obcí Česká Kamenice, Děčín, Hřensko, Huntířov, Chřibská, Jetřichovice, Jílové, Krásná Lípa, Kunratice, Libouchec, Ludvíkovice, Mikulášovice, Petrovice, Srbská Kamenice, Staré Křečany a Tisá (Obr. 48).



Obr. 48. Přehledová mapa lokalit inventarizace mokřadů na území CHKO Labské pískovce a NP České Švýcarsko v letech 2023 a 2024

V uvedených letech sledování bylo navštíveno a zhodnoceno celkem 218 mokřadních lokalit, z nichž nejčastěji se vyskytovaly rybníky (42 %), mokřady (12 %), tůně (11 %) a mokré louky (10 %). Další zastoupené kategorie zahrnovaly vodní toky (9 %), lužní lesy (6 %), rákosiny (2 %), požární nádrže (2 %) a směsné typy mokřadů (1 %) (Obr. 49). Výsledky jsou dostupné ve formě Databáze mokřadních biotopů Českého Švýcarska na adrese <https://db1.fzp.ujep.cz/svycovod>.



Obr. 49. Zastoupení typů mokřadních ekosystémů v rámci inventarizace mokřadů na území CHKO Labské pískovce a NP České Švýcarsko v letech 2023 a 2024.

Z celkového počtu bylo 17 % lokalit identifikováno jako hodnotné, což svědčí o jejich významu pro biodiverzitu a ekologickou stabilitu území. Naopak 12 % lokalit bylo vyhodnoceno jako zničené, přičemž jejich ekologická hodnota byla značně snížena, a v mnoha případech bylo patrné výrazné narušení přirozených procesů. U téměř 67 % lokalit byly zaznamenány problémy jako eutrofizace, odvodnění či vysychání, což negativně ovlivňuje jejich schopnost zadržovat vodu a podporovat druhovou rozmanitost. Degradace byla zjištěna u 64 % lokalit, což svědčí o významných změnách v přirozeném charakteru stanovišť. Celkem 16 % lokalit bylo vyhodnoceno jako degradované s potenciálem možné obnovy. Bylo identifikováno devět lokalit s vysokým revitalizačním potenciálem, přičemž se jednalo převážně o tůně a rybníky, které by mohly být vhodné pro zlepšení ekologických podmínek a obnovu přirozených funkcí mokřadů.

### 3.7 Biodiverzita bezobratlých

Výsledky studie jsou publikovány v článku Holcová a kol. (2025). Během sledovaného období bylo zaznamenáno celkem 58 druhů střeplíků, náležejících k 25 rodům (celkem 2176 jedinců) a 150 druhů pavouků, náležejících k 93 rodům (celkem 6858 jedinců). Z tohoto počtu však bylo 24 druhů střeplíků a 63 druhů pavouků zastoupeno méně než pěti jedinci.

Byly zastoupeny druhy lesní a mokřadní, jak bych se dalo předpokládat u málo narušených lesních podmáčených porostů, ale také druhy otevřených stanovišť. Tato stanoviště se v zájmovém území vyskytují jednak přirozeně v blízkosti roklí (skály, borové lesy), ale také vznikly na rozsáhlých plochách v důsledku kůrovcové kalamity.

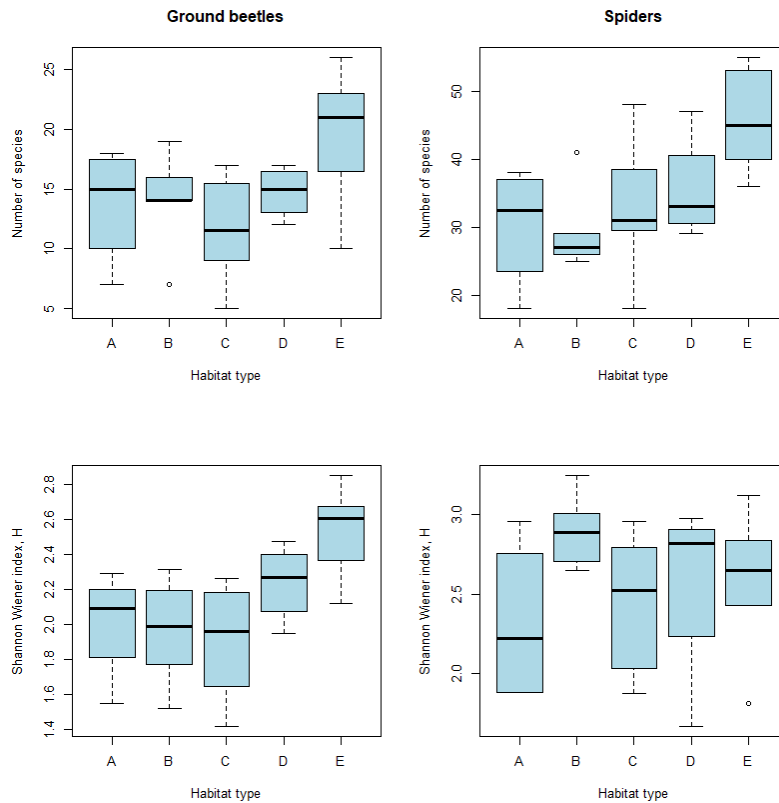
Z významnějších „reliktních“ druhů (sensu Hůrka a kol. 1996) zde byly potvrzeny horské druhy střeplíků *Cychnus attenuatus* a *Cymindis cingulata*. Druhý druh je v ČR relativně vzácný a jde o první nález na území NP České Švýcarsko, resp. v oblasti Labských pískovců celkově. Ke



stanovištně specifickým druhům podmáčených stanovišť patřil *Pterostichus rhaeticus*. K druhům disturbovaných a otevřených stanovišť v Labských pískovcích patřili zejména druhy *Harpalus solitaris* a *Carabus problematicus*, přičemž oba druhy byly v materiálu hojně zastoupeny. První ze jmenovaných druhů je v ČR relativně vzácný. Podle Voničky a kol. (2019) preferuje suchá vřesoviště, avšak vyskytuje se i jinde na nezastíněných stanovištích. Podle Hůrky (1996) např. lesní světliny, rašeliniště. Žádný ze zjištěných druhů však nepatří k druhům ohroženým, tzn. ve smyslu Červeného seznamu nebo ohroženým ve smyslu kategorizace zvláště chráněných druhů vyhl. MŽP č. 395/1992 Sb.

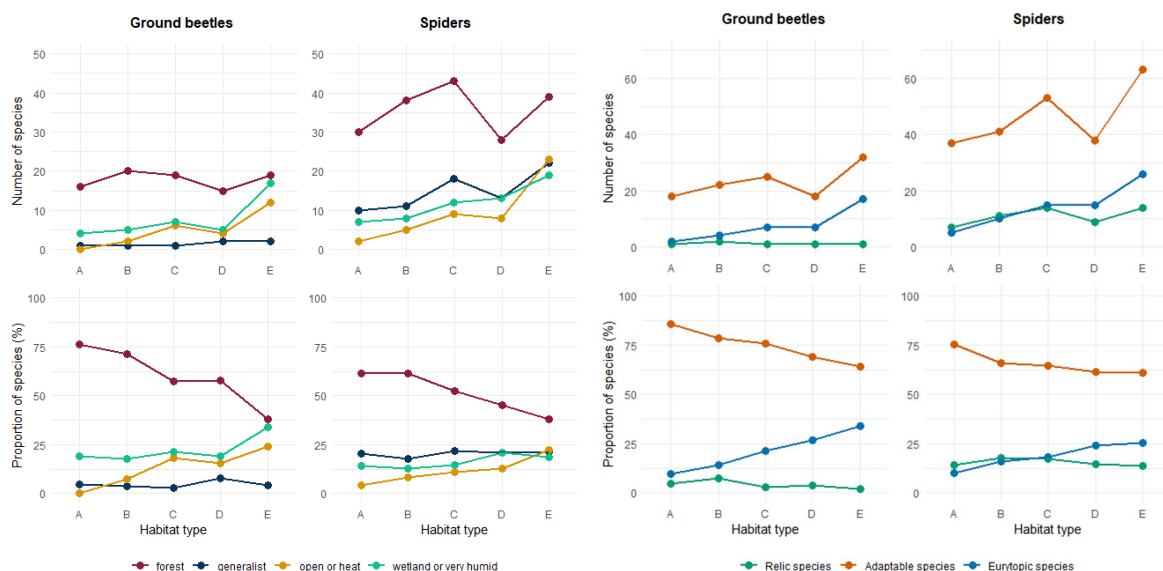
V případě pavouků stojí za zmínku výskyt 13 ohrožených druhů ve smyslu Červeného seznamu pavouků (Řezáč a kol. 2015), a to zejména ve srovnání se střevlíkovitými. Všechny tyto druhy byly vázány na mokřady, rašeliniště, případně podmáčené smrčiny nebo smrčiny, případně horské smrčiny. Z hlediska hojnosti pak 7 druhů těchto druhů patřilo do kategorie druhů v ČR vzácných. Celkově (tzn. včetně druhů neuvedených v Červeném seznamu) bylo vzácných druhů zjištěno 10 a jeden druh velmi vzácný (Buchar a Růžička, 2002).

Nejvyšší počet druhů střevlíků i pavouků bylo zaznamenáno na nejvíce narušených typech stanovišť (Obr. 50 nahoře), konkrétně se jednalo o holiny po těžbě kůrovcem napadeného dřeva (stanoviště E) (počet druhů – střevlíci:  $19,43 \pm 5,91$ ; pavouci:  $46,00 \pm 7,56$ ). Podobný trend byl zaznamenán také v rámci hodnot Shannon.Wienerova indexu diverzity u střevlíků, zatímco u pavouků byla nejvyšší hodnota indexu diverzity nalezena na stanovišti B (zdravý smrkový les bez přirozeného zmlazení, s nízkou diverzitou bylinného patra a pokryvem půdy jehličím, Obr. 50 dole). Analýza rozdílů (ANOVA) mezi jednotlivými typy stanovišť ukázala statisticky významné rozdíly u pavouků (počet druhů), a u střevlíků (SWI), přičemž post hoc analýza pro párové srovnání ukázala, že typ stanoviště s nejvyšším stupněm narušení (holina) byl významně odlišný od ostatních stanovišť (u počtů druhů pavouků a u SWI střevlíků), zatímco u ostatních byly rozdíly méně výrazné a statisticky nevýznamné.



Obr. 50. Rozdíly v počtech druhů a hodnotách Shannon-Wienerova indexu diverzity v rámci jednotlivých typů prostředí. Grafy znázorňují hodnoty průměru a směrodatné odchylky (Holcová a kol., 2025).

U obou sledovaných skupin organismů převládaly druhy s vazbou na lesní typy stanovišť, a to napříč všemi typy prostředí (Obr. 51 vlevo). Jejich relativní zastoupení se však s rostoucí mírou narušení prostředí postupně snižovalo, zatímco druhy preferující otevřené a teplé typy prostředí vykazovaly vzestupný trend. Mírný nárůst byl zaznamenán rovněž u druhů preferujících mokřadní a vlhká stanoviště, přičemž nejvyšší zastoupení bylo zaznamenáno na stanovišti s mírnou disturbancí (typ prostředí D). Naproti tomu podíl druhů generalistů, které nejsou úzce vázány na konkrétní typ prostředí, zůstal relativně stabilní (Obr. 51 vpravo).



Obr. 51. Počet a podíl druhů střevlíků (ground beetles) a pavouků (spiders) dle preference prostředí v rámci jednotlivých typů prostředí (vlevo) a dle ekologické vazby a tolerance druhů k narušení stanoviště (vpravo) (Holcová a kol., 2025).

Statistická analýza pomocí Kruskal-Wallisova testu odhalila významné rozdíly v početnosti druhů mezi jednotlivými typy stanovišť, a to zejména u lesních druhů a druhů preferujících otevřená a teplá stanoviště. Následná post-hoc analýza (Dunnův test s Bonferroniho korekcí) dále upřesnila, že nejvýraznější rozdíly vykazovaly nejvíce narušené plochy lesa, tj. typ prostředí E, oproti ostatním plochám (Tab. 6).

Tab. 6. Výsledky Kruskal-Wallisova a post-hoc Dunnova testu s Bonferroniho úpravou. Výsledky porovnávají zastoupení druhů střevlíků a pavouků v různých typech prostředí. Zjištěné druhy byly kategorizovány dle vazby na prostředí, a to na lesní druhy, druhy otevřených nebo teplých stanovišť, druhy mokřadních nebo vlhkých habitatů a generalisty (Holcová a kol., 2025).

Invertebrate group	Kruskal-Wallis Test			Post-hoc Dunn's Test (Bonferroni adjusted)	
	H ( $\chi^2$ )	df	p-value	Habitat type	p-value
<b>Ground beetles</b>					
Forest species	11.763	4	P < 0.05	B vs. E C vs. E	P < 0.05 P < 0.05
Open or warm habitat species	17.089	4	P < 0.01	A vs. E B vs. E C vs. E	P < 0.01 P < 0.01 P < 0.05
Wetland or humid habitat species	8.046	4	ns		
Generalist species	0.334	4	ns		
<b>Spiders</b>					
Forest species	13.373	4	P < 0.01	B vs. E C vs. E	P < 0.05 P < 0.05
Open or warm habitat species	15.943	4	P < 0.01	A vs. E C vs. E	P < 0.01 P < 0.01
Wetland or humid habitat species	6.677	4	ns		
Generalist species	1.986	4	ns		



Z pohledu vztahu ekologické vazby a tolerance druhů k narušení stanoviště byly nejpočetněji zastoupeny adaptabilní druhy, jejichž podíl dosahoval minimálně 61 %. S rostoucí mírou narušení byl zaznamenán pokles podílu reliktních i adaptabilních druhů, zatímco podíl eurytopních druhů se naopak zvyšoval. Tyto trendy byly nejvýraznější u střevlíkovitých brouků, zatímco u reliktních druhů byly nejméně patrné (Tab. 7).

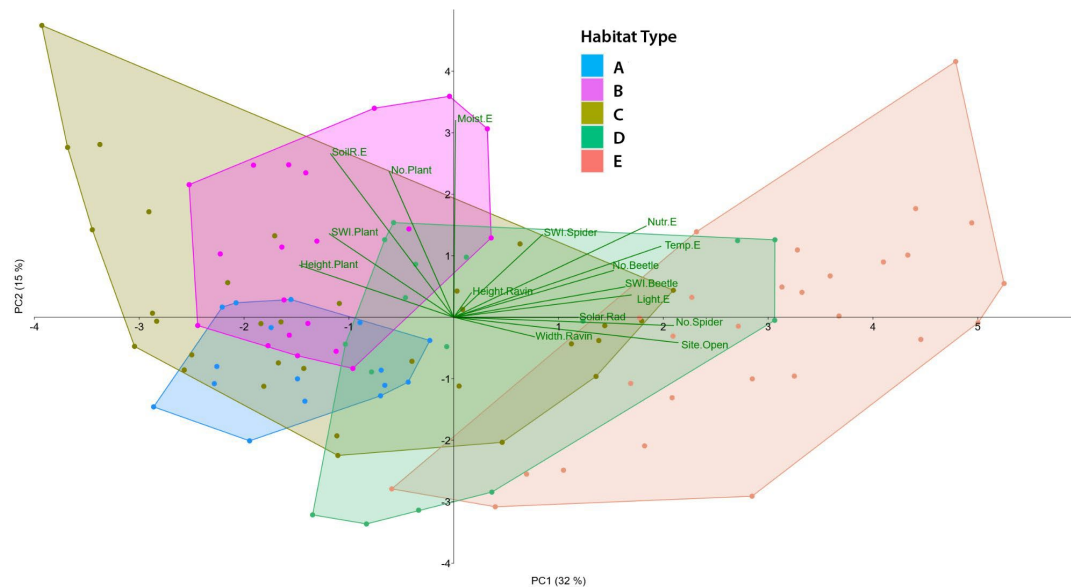
Tab. 7. Výsledky Kruskal-Wallisova a post-hoc Dunnova testu s Bonferroniho úpravou. Výsledky porovnávají zastoupení druhů střevlíků a pavouků v různých typech prostředí. Zjištěné druhy byly kategorizovány dle ekologické vazby a tolerance druhů k narušení stanoviště (Holcová a kol., 2025).

Invertebrate group	Kruskal-Wallis Test			Post-hoc Dunn's Test (Bonferroni adjusted)	
	H ( $\chi^2$ )	df	p-value	Habitat type	p-value
<b>Ground beetles</b>					
Relic species	16.639	4	P < 0.01	A vs. C	P < 0.05
				B vs. C	P < 0.05
				A vs. E	P < 0.05
				B vs. E	P < 0.05
Adaptable species	14.638	4	P < 0.01	C vs. E	P < 0.01
Eurytopic species	15.301	4	P < 0.01	A vs. E	P < 0.05
				B vs. E	P < 0.05
				C vs. E	P < 0.01
<b>Spiders</b>					
Relic species	5.669	4	ns		
Adaptable species	7.400	4	ns		
Eurytopic species	12.587	4	P < 0.05	A vs. E	P < 0.05
				C vs. E	P < 0.05

Analýza hlavních komponent (PCA) ilustruje vztah mezi environmentálními proměnnými a složením společenstev střevlíkovitých brouků a pavouků, které byly zachyceny jednotlivými zemními pastmi. Analýza zároveň identifikuje nejvýznamnější faktory ovlivňující tato společenstva (Obr. 52). První hlavní komponenta (PC1, 32 % celkové variance) reprezentuje gradient od otevřených k uzavřeným habitatům. Vyšší hodnoty PC1 jsou spojeny s vyšší druhovou početností střevlíkovitých brouků a pavouků, což pozitivně koreluje s environmentálními proměnnými, jako jsou intenzita slunečního záření (Sun.Int), dostupnost světla (Light.E), teplota (Temp.E), hladina živin (Nutr.E) a procento otevřenosti stanoviště (Site.Open). Naopak negativní korelace byla zjištěna s výškou vegetace (Height.Plant). To naznačuje, že aktivita bezobratlých, zejména střevlíkovitých brouků a pavouků, je vyšší v otevřených habitatech, jako jsou odumřelé smrkové porosty bez regenerace a paseky s klestem (habitaty D a E), zatímco v uzavřených lesních prostředích, například v zdravém lese s bylinným podrostem nebo bez něj (habitaty A a B), je aktivita těchto skupin redukována.

Druhá hlavní komponenta (PC2, 15 % variance) je primárně spojena s vlhkostí prostředí (Moist.E) a půdní reakcí (SoilR.E). Vyšší hodnoty PC2 odpovídají vyšší druhové bohatosti rostlin (No.Plant a SWI.Plant) a jsou charakteristické pro vlhčí prostředí, zejména živý les bez regenerace (habitat B). Na opačné straně osy PC2 nižší hodnoty odpovídají sušším

podmínkám, typickým například pro paseky (habitat E), kde je vegetace řidší a úroveň půdní vlhkosti nižší.



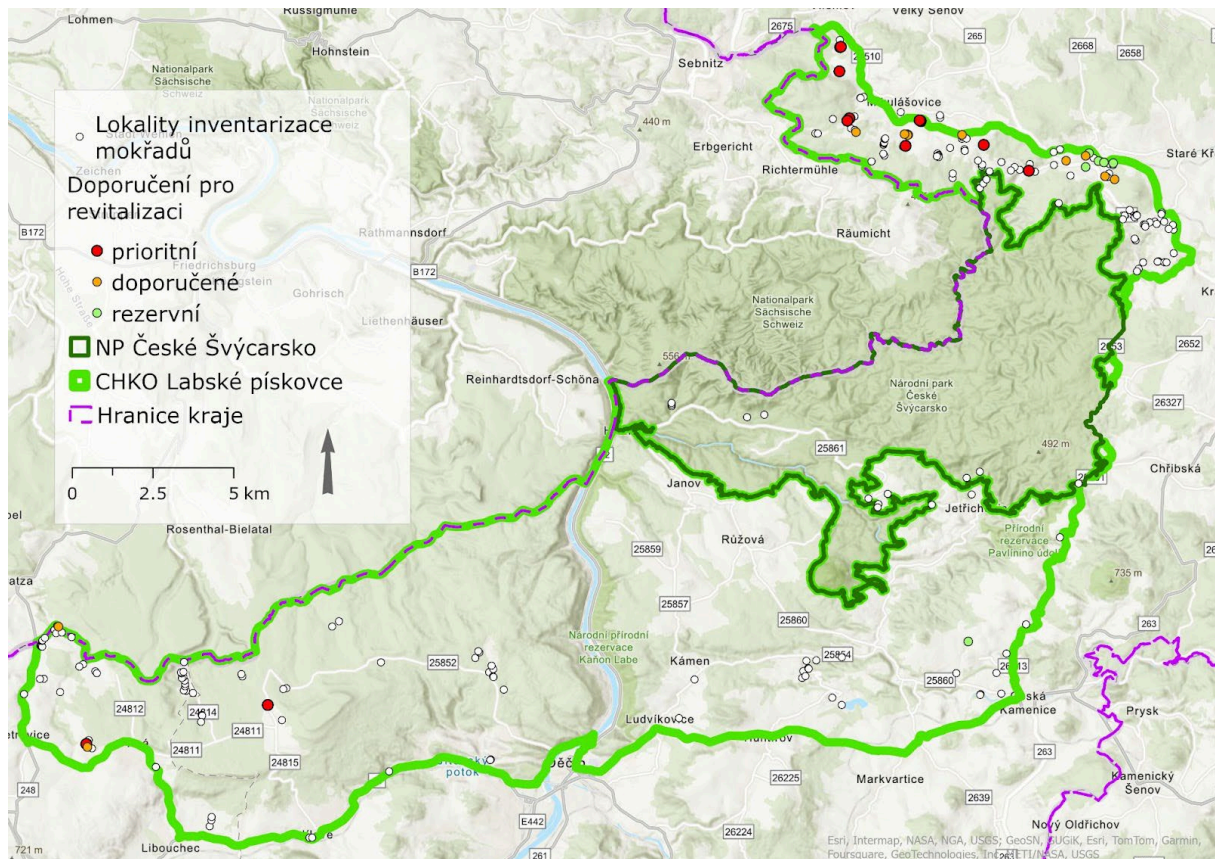
Obr. 52. PCA analýza rozložení zemních pastí v rámci jednotlivých typů prostředí (Holcová a kol., 2025). Environmentální proměnné: vážené Ellenbergovy indikační hodnoty pro rostliny – světlo (Light.E), teplota (Temp.E), živiny (Nutr.E), vlhkost (Moist.E) a půdní reakce (SoilR.E); dále výška vegetace (Height.Plant), počet druhů rostlin (No.Plant), Shannon-Wienerův index diverzity rostlin (SWI.Plant), otevřenost stanoviště (Site.Open), oslunění (Solar.Rad) a charakteristiky roklí – šířka (Width.Ravin) a výška (Height.Ravin)

Studie potvrdila, že primární hnací silou změn biodiverzity bezobratlých je zvýšení otevřenosti lokality, což vede k větší dostupnosti světla a následně usnadňuje šíření druhů spojených s teplými a otevřenými stanovišti. Dále prokázala významný vliv zdravotního stavu lesa na biodiverzitu, který se odráží ve zvýšené diverzitě pavouků a střevlíků na narušených lesních lokalitách. Avšak mnohem důležitější než samotný nárůst počtu druhů je z ochranného hlediska skutečnost, že zdravotní stav lesa výrazně mění složení společenstev bezobratlých směrem k druhům otevřených biotopů, které jsou v české krajině podstatně častější, a dokáží úspěšně kolonizovat biotopy narušené lidskou činností.

Nejvýraznější změnu v diverzitě lesních bezobratlých a druhovém společenstvu zjevně nezpůsobuje samotný kůrovec a odumírání lesů, ale asanační těžba. Z toho vyplývá, že i mrtvý stojící les stále poskytuje mnoho ekosystémových služeb a je schopen podporovat biodiverzitu. Naše zjištění tedy podporují předpoklad, že ačkoli zdravotní stav lesa má silný dopad na biologickou rozmanitost lesů, hospodaření hraje klíčovou roli, a v lesích s vysokou hodnotou biologické rozmanitosti, jako jsou chráněná území a národní parky, by měly být přírodní procesy upřednostňovány před záchrannou těžbou i v případě rozsáhlého odumírání lesů (Holcová a kol., 2025).

### 3.8 Doporučení pro revitalizaci

Součástí výstupů projektu byl i soupis mokřadních lokalit doporučených pro revitalizaci (viz Příloha 1). Obsahuje přehled 24 lokalit s identifikovaným revitalizačním potenciálem, z nichž některé jsou souborem více vymapovaných mokřadních prvků, které tvoří logický celek. Jedná se o 9 prioritních lokalit, 10 doporučených a 5 zařazených jako rezervní návrhy (Obr. 53).



Obr. 53. Inventarizace mokřadů na území CHKO Labské písky a NP České Švýcarsko (2023/2024). Doporučené lokality jsou zvýrazněny barevně.

Mezi definovaná revitalizační opatření patří zejména odstranění sedimentů v zazemněných rybnících a nádržích, obnova rybníků a nádrží včetně oprav výpustí či jiných vodohospodářských prvků, zmeandrování a změlčení vodních toků, podpora rozlivu vody a zvýšení retenční schopnosti v mokřadních loukách včetně odstranění starých meliorací, vytvoření nových vodních tůň jako opatření pro posílení biodiverzity, výsadba břehové vegetace či naopak prořezání břehových porostů a odstranění náletových dřevin, které negativně ovlivňují světelné podmínky a urychlují zazemňování vodních ploch. V některých případech bylo doporučeno řešení eutrofizace či eliminace invazních druhů, například odstranění vodního moru kanadského. U vybraných lokalit se uvažuje také o zajištění opatření na ochranu obojživelníků, například úpravy břehů tak, aby umožňovaly jejich snadnější migraci a rozmnožování.

Navržená revitalizační opatření mají za cíl obnovit ekologické funkce mokřadních ekosystémů, zvýšit biodiverzitu a zlepšit schopnost mokřadů zadržovat vodu. Implementace těchto opatření směřuje k celkovému zvýšení ekologické stability krajiny a zlepšení stavu mokřadních biotopů v oblasti.



Soupis poslouží Správě NP jako podklad při plánování revitalizačních opatření a k efektivnímu řízení obnovy mokřadních ekosystémů. Doporučení umožní Správě rychle a cíleně rozhodovat o prioritních lokalitách pro realizační opatření v případě dostupnosti finančních prostředků, což zvyšuje efektivitu využití finančních zdrojů, minimalizují se prodlevy spojené s vyhledáváním vhodných území, a tím přispívá k systematickému přístupu k ochraně a obnově cenných mokřadních biotopů.

#### 4. Závěr

Projekt **Voda v krajině Českého Švýcarska** (ŠVÝCOVOD, TAČR SS05010090, 2022 - 2025) přinesl souhrnnou analýzu mokřadních biotopů v NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce. Kombinace geoinformatiky a dálkového průzkumu, botaniky, zoologie, kartografie a historie umožnila komplexně zhodnotit stav a roli mokřadních biotopů, a také jejich potenciál pro mitigaci klimatických změn. Projekt přinesl kromě odborných publikací také řadu praktických výstupů pro ochranu přírody a krajiny, včetně zhodnocení stavu mokřadů a návrhu managementových opatření, a ukázal přínosy interdisciplinárního přístupu k problematice ochrany biodiverzity a krajiny.

#### 5. Literatura

An, S., Verhoeven, J. T. A. (2019). *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use*. Ecological Studies, 238. Springer International Publishing Cham.

Beven, K. J., Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.*, 24(1), 43–69.

Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., Birch, T., Hyde, S. B., Mazzariello, J., ... & Tait, A. M. (2022). Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Scientific Data*, 9(1), 251.

Buchar, J. (1993). Komentierte Artenliste der Spinnen Böhmens (Araneida). *Acta Univ. Carol.–Biol.*, 36, 383–428.

Buchar, J., Růžička, V. (2002). *Catalogue of spiders of the Czech Republic*. Peres Publishers, Praha, 351 pp.

Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D. (1992). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mittel-Europa*, 2nd ed. *Scr. Geobot.*, 18, 1–258.

Fojtík, T., Jašíková, L., Kurfiřtová, J., Makovcová, M., Maťašovská, V., Mayer, P., ... & Zbořil, A. (2022). GIS a kartografie ve VÚV TGM. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 64(1), 47-52.

Frazer, G. W., Canham, C. D., Lertzman, K. P. (1999). *Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.

Hesslerová, P., Pokorný, J., Huryna, H., Harper, D. (2019). Wetlands and forests regulate climate via evapotranspiration. In *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use* (pp. 63-93). Springer, Cham.

Holcová, D., Holec, M., Brétt, D., Popelka, J., Blažej, L., Kačmarová, L., Hoždála, M., Mullerova, J. (2025). Forest Health Status Impacts Biodiversity of Invertebrates. An Example from Spruce Forests of a Sandstone Landscape, Bohemian Switzerland National Park, Central Europe. Dostupné na SSRN jako preprint: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5172559>

Hoždála, M. (2024). Dopady kůrovcové kalamity na střevlíkovité brouky inverzních roklí v národním parku České Švýcarsko. Bakalářská práce, Fakulta životního prostředí, UJEP.

Hůrka, K. (1996). Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Koubek, Zlín.

Hůrka, K., Veselý, P., Farkač, J. (1996). Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana*, 32, 15–26.

Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., Grulich, V., Lustyk, P., Šumberová, K., ... & Husák, Š. (2010). Katalog biotopů České republiky. Druhé vydání. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.

Lorenz, W. (2021). Carabcat database. In Bánki, O., et al., *Catalogue of Life (Version 2024-09-25)*. Catalogue of Life, Amsterdam, Netherlands. <https://doi.org/10.48580/dfrdl-3dk>

Man, M., Macek, M., Brůna, J., Hederová, L., Klinerová, T., Růžičková, A., Prošek, J., Wild, J., Kopecký M. (2022). Atlas of forest microclimate in the national parks Bohemian and Saxon Switzerland, version 1.0. Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences, Průhonice. <https://gitlab.ibot.cas.cz/matej.man/microclimate-atlas-public>

Maxwell, A. E., Shobe, C. M. (2022). Land-surface parameters for spatial predictive mapping and modeling. *Earth-Science Reviews*, 226, 103944.

McDonald, T., Gann, G.D., Jonson, J., Dixon, K.W., Aronson, J., Decler, K., Wickwire, L. (2016). International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C.

Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. (2015). *Wetlands*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 5.

Motejlková, J. (2023). Mokřady v krajině Českého Švýcarska – interpretace změn na podkladu archivních leteckých snímků. Bakalářská práce, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem.

Miller, F. (1971). Řád Pavouci – Araneida. In Daniel, M., Černý, V. (eds.): *Klíč zvířeny ČSSR IV*. ČSAV, Praha, 51–306 pp.

Müllerová, J., Brétt, D., Holcová, D., Holec, M., Kačmarová, L., Novák, P., Pacina, J., Vynikal, J. (2023). Mokřadní biotopy Českého Švýcarska v minulosti a současnosti. Specializovaná mapa s odborným obsahem. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. <http://projects.fzp.ujep.cz/svycovod-vystupy-projektu/>

Novák, P., Brétt, D., Holcová, D., Holec, M., Kačmarová, L., Müllerová, J. (2024). Databáze mokřadních biotopů Českého Švýcarska. Specializovaná veřejná databáze. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. <https://db1.fzp.ujep.cz/svycovod/>

Müllerová, J., Kent, R., Brůna, J., Bučas, M., Estrany, J., Gago, X., Michez, A., Mokoř, M., Tsiafouli, M., Manfreda, S. (2025). Understanding spatio-temporal complexity of vegetation using drones, what could we improve? *Journal of Environmental Management*, 373, 123656.

Müllerová, J., Šiffel, E. (2024). Vývoj teplotní bilance krajiny Českého Švýcarska. Specializovaná mapa s odborným obsahem. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. <https://arcg.is/0PWSbW0>

Müllerová, J., Šiffel, E. (2025). Cooling the Land Surface: Ecosystem Health and Water Availability Drive the Landscape Capacity to Mitigate Climate Change. *Ecol Indicators*, 172, 113265.

Muster, C., Michalik, P. (2020). Cryptic diversity in ant-mimic *Micaria* spiders (Araneae, Gnaphosidae) and a tribute to early naturalists. *Zool. Scr.*, 49, 197–209.

Nentwig, W., Blick, T., Bosmans, R., Gloor, D., Hänggi, A., Kropf, C. (2024). Spiders of Europe. Version 01.2023. Online at <https://doi.org/10.24436/1>

Roberts, M. J. (1987). The Spiders of Great Britain and Ireland, Linyphiidae and Checklist. Vol. 2. Harley Books.

Roberts, M. J. (1995). Spiders of Britain and Northern Europe. Collins Field Guide. HarperCollinsPublishers, London.

Řezáč, M., Kůrka, A., Růžička, V., Heneberg, P. (2015): Red List of Czech spiders: 3rd edition, adjusted according to evidence-based national conservation priorities. *Biologia*, 70(5), 645–666.

Šiffel, E. (2023). Vývoj teplotní bilance krajiny Českého Švýcarska. Bakalářská práce, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem.

Tichý, L. (2002). JUICE: Software for vegetation classification. *J. Veg. Sci.*, 13(3): 451–453.

Vonička, P., Blažej, L., Veselý, P. (2019). Střevlíkovití brouci (Coleoptera: Carabidae) nelesních písčitých stanovišť na Českolipsku a Liberecku (severní Čechy). *Sborník Severočeského Muzea, Přírodní Vědy* 37, 155–216,

Vynikal, J., Müllerová, J., Pacina, J. (2024). Deep learning approaches for delineating wetlands on historical topographic maps. *Transactions in GIS*, 28(5), 1400-1411.

Vynikal, J., Pacina, J. (2024). Deep Learning in Historical Geography. Juniorstav 2024: Proceedings 26th International Scientific Conference Of Civil Engineering. <https://doi.org/10.13164/juniorstav.2024.24097>



## 6. Přílohy

**Příloha 1.** Vodní a mokřadní prvky na území CHKO Labské pískovce doporučené pro revitalizaci. [http://projects.fzp.ujep.cz/wp-content/uploads/2025/03/Doporučení-pro-revitalizaci\\_Švýcovod.pdf](http://projects.fzp.ujep.cz/wp-content/uploads/2025/03/Doporučení-pro-revitalizaci_Švýcovod.pdf)