



VÝROČNÍ VÝZKUMNÁ ZPRÁVA CENTRA PRO KRAJINU A BIODIVERZITU 2023

PROSINEC 2023

**DUŠAN ROMPORTL, KATEŘINA ČERNÝ PIXOVÁ, KAMIL KRÁL,
JAKUB HOUŠKA, JAN PERGL, KAREL CHOBOT (EDS).**

**T A
Č R**

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou
Technologické agentury ČR a Ministerstva životního
prostředí v rámci **Programu Prostředí pro život.**

www.ta.cr.cz

www.mzp.cz

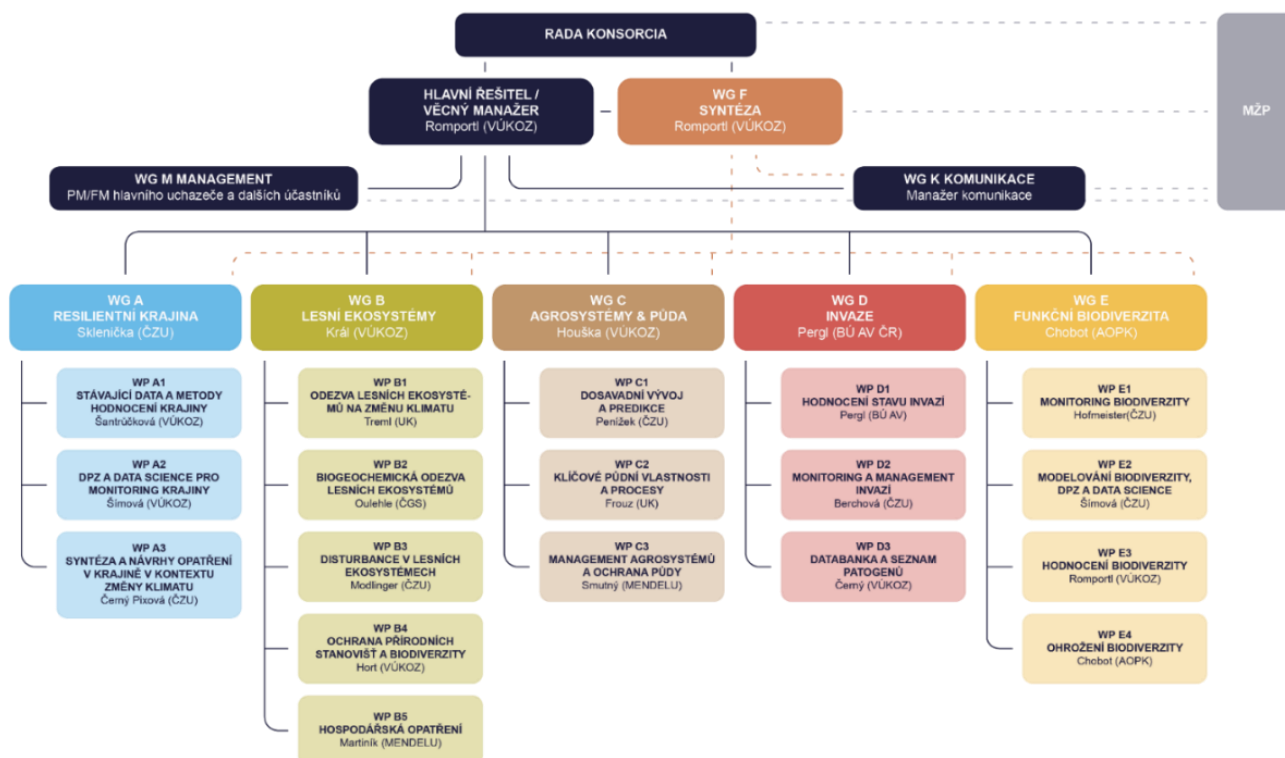
VÝROČNÍ VÝZKUMNÁ ZPRÁVA

CENTRA PRO KRAJINU A BIODIVERZITU

Výroční zpráva podává přehled o činnosti Centra pro krajinu a biodiverzitu (projekt SS02030018 DivLand) v roce 2023. Během třetího roku řešení projektu byly již plnohodnotně realizovány všechny stanovené cíle a aktivity včetně přípravy syntetizujících výstupů. Vedle vytvoření vlastního centra a rozvinutí úzké spolupráce mezi klíčovými institucemi, které se věnují výzkumu krajiny, jejích ekosystémů a biodiverzity, jsou konkrétními cíli projektu:

- vývoj a etablování standardizovaného monitoringu krajiny na úrovni ČR
- vyhodnocení dynamiky lesních ekosystémů a agrosystémů v kontextu změny klimatu, včetně míry jejich degradace
- návrh komplexního hodnocení stavu a změn biodiverzity a identifikace významných faktorů jejího ohrožení, s důrazem na problematiku biologických invazí
- rozvoj nástrojů komplexního monitoringu, vytvoření metodických podkladů pro strategické rozhodování a návrh managementových opatření ke zmírnění dopadů změny klimatu na krajinu a ekosystémy v podmínkách ČR.

Vytvořená odborná platforma na základě vědeckých poznatků získaných řešitelským kolektivem v úvodních letech postupně začíná navrhovat řešení aktuálních problémů, které se v krajině a jejích ekosystémech objevují, a formuluje klíčové strategie v oblasti ochrany přírody, krajiny a biodiverzity. Ve třetím roce řešení projektu se dařilo tyto cíle stále širěji naplňovat – ať už formou dalších závazných výsledků nebo i dílčích, neformálních výstupů, jakými jsou návrhy strategií v ochraně přírody a krajiny, aplikace, opatření nebo prezentace popularizačního charakteru. Organizační rozdělení řešení jednotlivých témat a naplňování cílů představuje organigram na obr. 1. Projekt se člení do pěti tematických pracovních skupin (**WG**), které jsou dále hierarchicky děleny do pracovních balíčků (**WP**) a pracovních aktivit (**WA**). Ve stejné struktuře je představen i postup řešení projektu za r. 2023 v předložené zprávě.



Obr. 1 Organigram řešení projektu

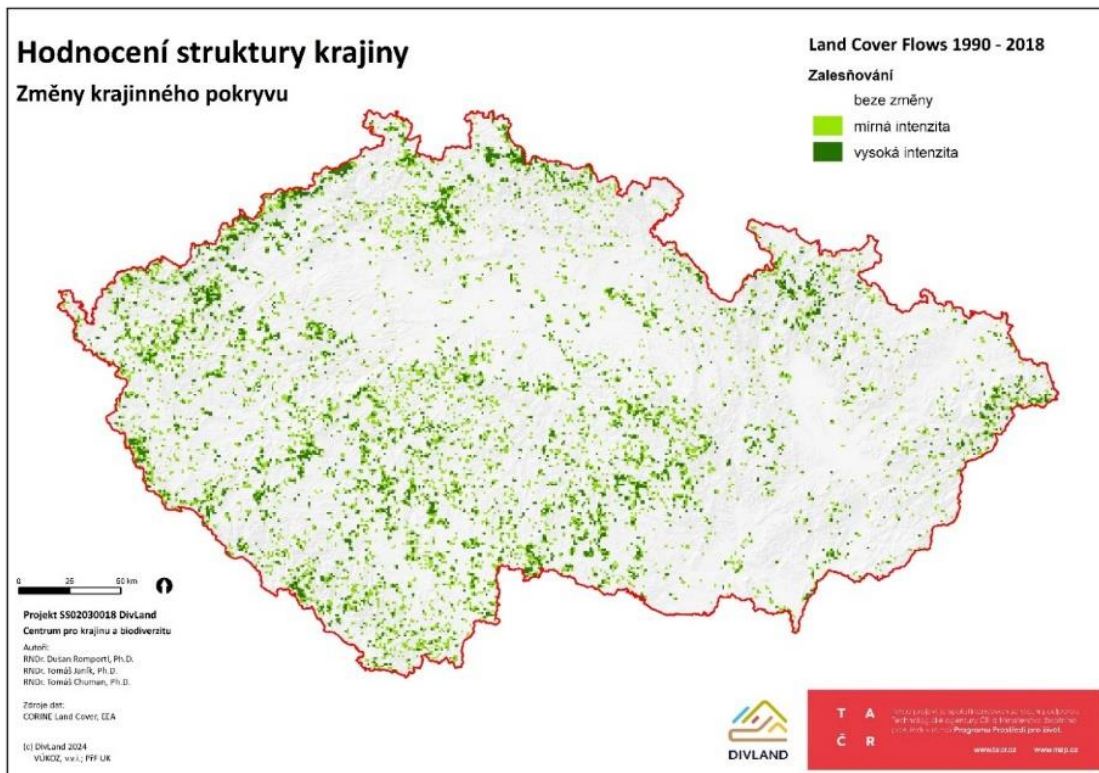
WG A RESILIENTNÍ KRAJINA

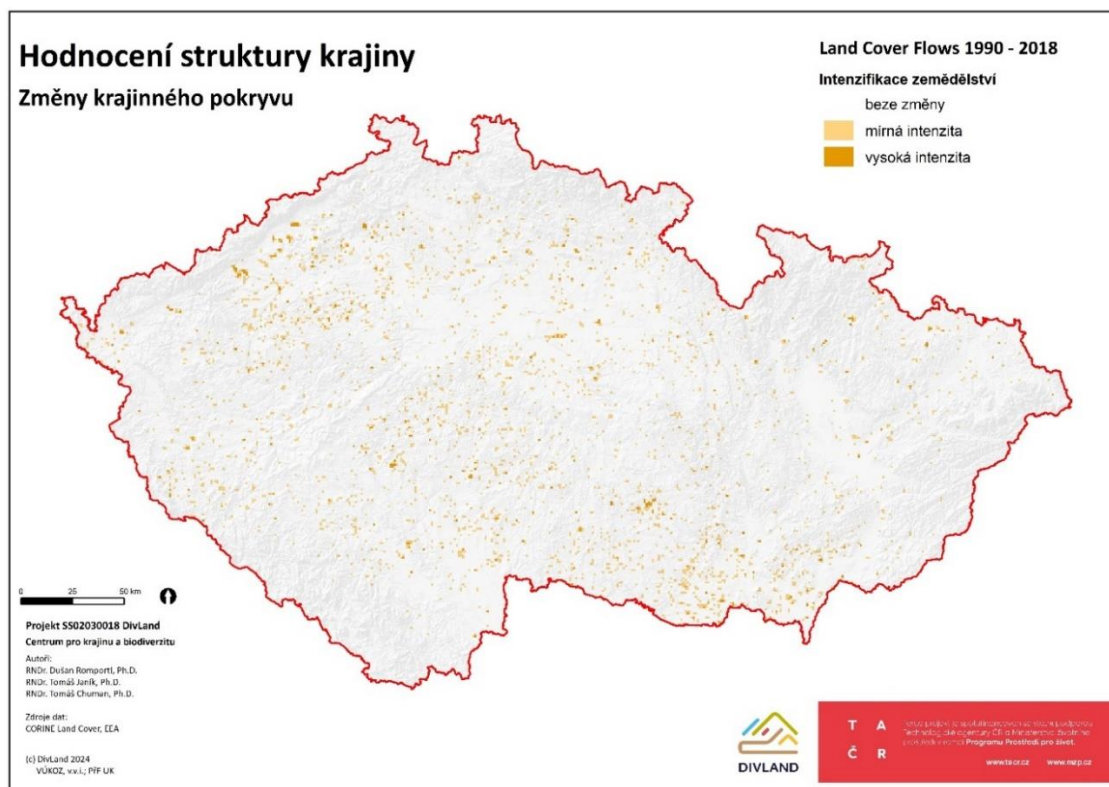
Úvod

Pracovní skupina **WG A Resilientní krajina** se primárně soustředí na vývoj standardizovaného monitoringu krajiny a zavedení komplexního hodnocení stavu krajiny v souladu s požadavky ze zadávací dokumentace projektu. Řešení je rozděleno na tři pracovní balíčky (WP) – **WP A1 Stávající data a metody hodnocení krajiny**, **WP A2 DPZ a data science pro monitoring krajiny** a **WP A3 Syntéza a návrhy opatření v krajině v kontextu změny klimatu**. Každý z balíčků je členěn na několik dílčích aktivit, na které jsou přímo navázány konkrétní výsledky. V průběhu třetího roku řešení již probíhaly práce v rámci všech tří pracovních balíčků. V prvních dvou pracovních balíčcích byla pozornost upřena na možnosti popisu a zhodnocení vývoje a stavu krajiny – využití již existujících datových sad, DPZ a GIS platform. Hlavní aktivity spočívaly nadále ve výpočtech a vyhodnocování jednotlivých indikátorů a možnosti jejich interpretace, náročnosti jejich získání a průběžného sledování, a tedy vhodnosti jejich využití pro kontinuální sledování stavu krajiny. Pozornost byla věnována i historickým prvkům v krajině a dopadům klimatické změny na zelenou infrastrukturu v intravilánu. Detailněji je postup řešení rozepsán v jednotlivých kapitolách (**WP A1**, **WP A2**). V roce 2023 byly zahájeny práce v rámci syntetizujícího balíčku **WP A3**, který se věnoval primárně nastavení vlastní metodiky pro extrapolaci získaných zkušeností v rámci modelových území při realizaci konceptu „smart landscape“.

WP A1 STÁVAJÍCÍ DATA A METODY HODNOCENÍ KRAJINY

Řešení balíčku **WP A1** se sestává ze tří dílčích aktivit: **WA A1.1 Hodnocení stavu a vývoje krajiny na základě stávajících dat**, **WA A1.2 Návrh systému sledování a hodnocení dynamiky krajiny** a **WA A1.3 Historické struktury v krajině**. V rámci pracovních aktivit **WA A1.1** a **WA A1.2** pokračovaly práce na dokončení návrhu standardizovaného monitoringu krajiny s využitím národních i celoevropských „ready-to-use“ dat. Po dopočítání stanovených metrik makrostruktury i mikrostruktury krajiny, resp. změn krajiny (tzv. land cover flows – viz obr. 2–3) proběhlo jejich souhrnné vyhodnocení vzhledem k náročnosti výpočtů, dostupnosti dat a zejména vypovídací, resp. interpretační hodnotě.



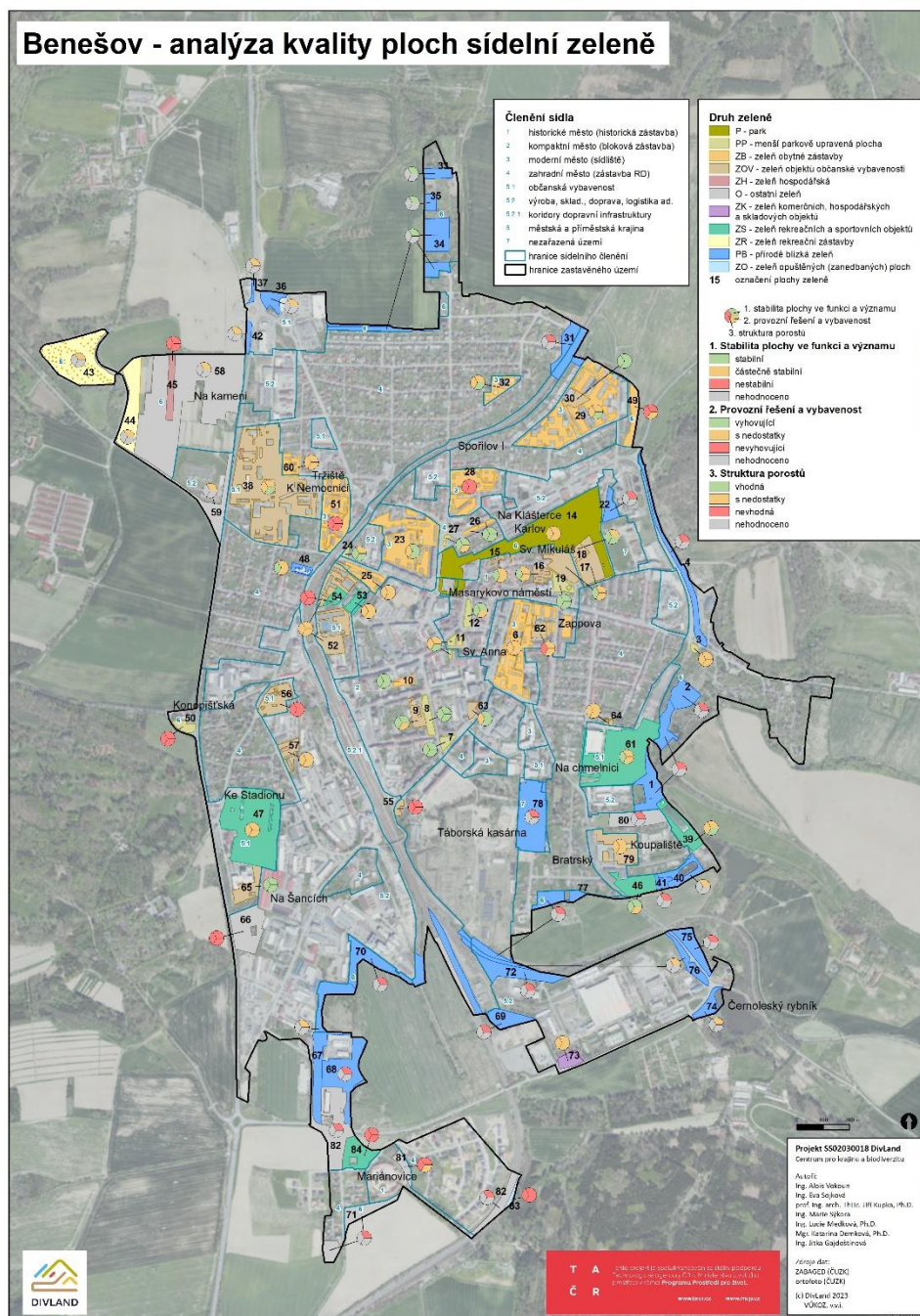


Obr. 2-3 Ukázky map vybraných krajinných metrik a ukazatelů land cover flows

Jako nejperspektivnější se pro celkové hodnocení dynamiky krajiny jeví využití datasetů KVES (Konsolidované vrstvy ekosystémů, AOPK ČR) s ohledem na specifika krajiny ČR, nebo pak CORINE Land Cover (Copernicus, EEA) v případě potřeby srovnání s trendy změn krajiny v EU. Pro sledování změn zemědělské krajiny byl zvolen jako ústřední dataset LPIS. Jako ideální prostorový rámec byla stanovena již dříve popisovaná síť EEA 1 x 1 km, která zaručuje návaznost na evropské či přeshraniční projekty monitoringu krajiny. Výsledný set ukazatelů změn krajiny byl představen a diskutován na kontrolním dni v listopadu 2023. Dále bylo diskutováno vzájemné porovnání a provázání ukazatelů založených na existujících datech a výstupech dálkového průzkumu Země ([WP A2](#)).

Vedle analytických výstupů byly připravovány dále tzv. karty problémů, které budou přístupnou formou představovat klíčové závěry výzkumných aktivit. V uplynulém období byly takto připraveny karty prezentující problematiku unifikace a homogenizace krajiny, ztrátu krajinné, resp. habitatové diverzity, fragmentaci krajiny antropogenními strukturami a hlavní trendy změn krajiny (extenzifikace / intenzifikace zemědělské výroby, suburbanizace, zalesňování ad.). Karty problémů budou představeny na konferenci projektu DivLand v březnu 2023.

Specifickou aktivitu v případě [WP A1](#) představují práce zaměřené na sídelní krajinu, konkrétně hodnocení zelené infrastruktury. V rámci této aktivity probíhá podrobné mapování vývoje, stavu a dostupnosti sídelní zeleně v několika modelových městech. Terénní mapování bude provázáno s metodami dálkového průzkumu Země, což umožní širší extrapolaci a zobecnění výsledků i na další města, kde z kapacitních důvodů nemůže terénní mapování proběhnout. Ukázka mapování a analýz je představena na obr. 4, jedná se o mapový list ze souboru specializovaných mapy s názvem Hodnocení stavu a vývoje sídelní zeleně v konceptu zelené infrastruktury na příkladu města Benešov, který byl představen garantům MŽP i externím odborníkům na kontrolním dni v listopadu 2023.



Obr. 4 Ukázka mapování a hodnocení kvality sídelní zeleně

Třetí aktivita **WA A1.3** se v roce 2023 věnovala vymezení oblastí s potenciálním výskytem historických krajinných struktur (tj. především maloplošných krajinných struktur vzniklých činností člověka do cca poloviny 20. století) na úrovni celé ČR v pravidelné síti EEA 1 x 1 km. Byly sledovány jednotlivé typy historických krajinných struktur a jejich prostorové rozmístění na základě celorepublikových dat. Metodika vymezení jednotlivých typů historických kulturních krajín byla verifikována v pěti modelových oblastech (Jáchymovsko, Valečsko, Sušicko, Pardubicko, Čejkovicko), jež byly vybrány tak, aby postihovaly všechny identifikované typy historických krajinných struktur s přihlédnutím k jejich častým kombinacím. Na základě poznatků z terénních průzkumů byly upraveny parametry vymezení jednotlivých typů krajiny a definitivně vybrány typy historických kulturních krajín, které byly zahrnuty do výsledné mapy (krajina se zachovalým maloplošným členěním zemědělských pozemků, lesní, trvalých travních porostů, vinohradnická, chmelařská, sadařská, rybníční,

Dosavadní výstupy

Území pravděpodobného výskytu historických kulturních krajín

Historická kulturní krajina

- zachovalého maloplošného členění zemědělských pozemků
- lesní (bez intenzivního, převážně monokulturního hospodářství)
- trvalých travních porostů
- sadařská
- chmelářská
- vinohradnická
- rybníční
- lázeňská
- poutní
- těžební činnosti

Projekt S502030018
DIVLAND
Centrum pro krajinu a biodiverzitu

Zpracoval:
Ing. Petr Štěrba
Ing. Tomáš Slach
Ing. Věra Fialová
Ing. Marek Havlíček
Ing. Hana Šimková
Ing. Miroslav Růžický
Ing. Pavel Richter

T A Č R

Všechny projekty jsou realizovány v rámci projektu "Podpora rozvoje venkovského prostředí a obnovy přírodního prostředí Programu Prostředí pro život."

www.ta.cz www.mezp.cz

(c) DivLand 2023; VÚKOP, v.v.i.

- 11th IALE World Congress, Nairobi: Romportl, D. DivLand - research project of complex landscape monitoring and assessment for environmental resilience (přednáška); Šantrůčková, M.: The landscape legacy for sustainable future (přednáška)

Plán dalšího postupu

V rámci aktivit **WA A1.1 Hodnocení stavu a vývoje krajiny na základě stávajících dat** a **WA A1.2 Návrh systému sledování a hodnocení dynamiky krajiny** je na další období plánováno hlubší provázání s pracovním balíčkem **WP A2**, které bude zahrnovat vzájemné porovnání ukazatelů změn krajiny. Zároveň proběhne hlubší diskuze se zástupci MŽP a AOPK o finální podobě Národního monitoringu krajiny, především jeho funkcionalitě a dlouhodobé udržitelnosti. Plánováno je rovněž představení tzv. karet problémů širší odborné veřejnosti. V případě hodnocení sídelní zeleně je plánováno dokončení sady indikátorů odvozených z dat DPZ pro modelová území a jejich kalibrace na základě výsledků terénního mapování. V aktivitě **WA A1.3 Historické struktury v krajině** bude navázáno na specializovanou mapu a bude zahájeno podrobné vyhodnocení korelace historických kulturních krajín a habitatové i druhové biodiverzity na základě dat z ND OP a NATURA 2000. Zkoušena bude práce s různě upravenými datovými sadami, jež umožní eliminaci nevyrovnanosti zdrojových datových sad. Dále bude zpřesňována zejména interpretace krajiny se zachovalým maloplošným členěním zemědělských pozemků, do hodnocení bude zahrnut i památkový potenciál vesnických sídel. Příkladovými studiemi bude ověřována problematika managementu historických kulturních krajín.

WP A2 DPZ A DATA SCIENCE PRO MONITORING KRAJINY

V roce 2023 pokračovala příprava dat a automatizovaných postupů pro prostorově škálovatelnou analýzu změn krajiny celé ČR od 90. let minulého století na základě dat družic Landsat (**A2.2**). Dále byla zahájena analýza citlivosti krajinných metrik a spektrálních indexů ke změnám v krajině (**A2.1** a **A2.2**). Pokračovalo i hledání optimální cesty pro využití dat leteckého a družicového laserového skenování pro popis struktury krajiny (**A2.2**).

Multispektrální data

V rámci projektu byl vyvinut postup specializovaný na využitelnost časové řady Landsat 5 a Landsat 8 pro analýzu změn v krajině, tedy vytvoření bezešvých bezoblačných kompozitů území ČR pro každý rok od 90. let po současnost (podrobněji popsáno ve zprávě 2022). Zároveň byly vytvořeny „data quality“ rastry udávající počet a datum pořízení vstupních pixelů, z nichž je výstupní pixel počítán. To umožní kontrolu cílových změnových map a případné označení oblastí, ve kterých je nutno považovat výsledky za méně důvěryhodné. Bylo vypočítáno 20 vegetačních indexů a na jejich základě byl zahájen výzkum změn vegetačního signálu v čase (meziroční změny 1990–2022, desetileté agregace). Změny jsou sledovány v původním rozlišení na úrovni jednotlivých pixelů, základními prostorovými jednotkami pro agregaci jsou pak čtverce 1 x 1 km (sít' používaná v projektu i pro další data o krajině) a administrativní členění na úrovni obcí (lze agregovat i na vyšší administrativní jednotky). Na této prostorové úrovni je zatím v desetiletých obdobích vyhodnocen trend změn daného vegetačního indexu (pokles nebo nárůst hodnot), statistická významnost trendu (Mann Kendall's test) a procento signifikantně změněného území v prostorové jednotce (čtverci, obci). Vzhledem k tomu, že lze očekávat vyšší dynamiku změn na zemědělské půdě než ve zbytku krajiny a změny by tak mohly být při územních agregacích zkresleny množstvím zemědělské půdy v jednotce, jsou analýzy prováděny jak pro celou krajinu, tak zvlášť pro zemědělskou půdu. Analýzy jsou zpracovány ve formě naprogramovaných skriptů (Google Earth Engine a R), mapové výstupy jsou zpracovány v interaktivní mapě (R Leaflet, zatím offline).

Analýza citlivosti krajinných metrik a vegetačních indexů ke změnám v krajině

Nutným předpokladem pro využití indikátorů změn krajiny, ať už krajinných metrik založených na ready-to-use datech (A1.1) nebo na vegetačních indexech, je znalost jejich citlivosti k reálným změnám v krajině. V roce 2023 byla zahájena algoritmizace a programování postupů, které simulují změny v krajině (např. mizení remízků a dalších prvků zeleně ze zemědělské krajiny nebo naopak realizaci nových prvků v krajině) a s nimi související změny spektrální odezvy v družicových snímcích. Cílem je zjistit s různými družicovými daty (Landsat, Sentinel-2, Planets), různými typy změn, dostupnými indikátory (spektrálními indexy a krajinnými metrikami) a na různých prostorových škálách, k jak velké změně v krajině musí dojít, aby byla zaznamenána jako signifikantní změna daného indikátoru.

Data laserového skenování

Důležitou charakteristikou stavu krajiny, která je zásadní například pro mikroklima či pro výskyt řady živočišných druhů, je horizontální a vertikální heterogenita vegetace. Ideálním zdrojem pro odvození proměnných charakterizujících heterogenitu vegetace jsou data leteckého laserového skenování. V roce 2023 byla na základě novely zákona č. 200/194 Sb., o zeměměřičství volně zpřístupněna data leteckého laserového skenování, které proběhlo v letech 2010–2014. Data

nicméně pokrývají jen jedno časové období, zatímco vzhledem ke zvyšujícím se klimatickým extrémům a zrychlujícím se změnám v krajině je třeba mít prostorově explicitní informace nejen o stavu, ale i proměnách krajiny v čase. Takové informace lze snadno získat z opakovaných pozorování, nicméně Česká republika zatím další celostátní letecké laserové skenování neplánuje. V roce 2023 byla dokončena validace přesnosti existujících globálních modelů výšky vegetace odvozených z dat satelitní laserové altimetrie (mise GEDI), které popisují výšku vegetace kolem roku 2020 v rozlišení 10–30 metrů. Bohužel se potvrdil předpoklad, že taková data zatím nelze použít jako plnohodnotnou alternativu k leteckému laserovému skenování. Globální modely výšky vegetace mají tendenci podhodnocovat výšku lesních porostů a nadhodnocovat výšku vegetace v místech, kde se žádná vzrostlá vegetace nenachází. Dosavadní pokusy o vytvoření vlastního modelu výšky vegetace nebyly úspěšné a dosažená přesnost nepřekračovala přesnost globálních modelů. Nicméně některé nedávné studie ukazují, že v lokálním rozsahu (např. Francie) je možné takový model vytvořit s relativně slušnou přesností. Pokračují tedy snahy o navržení přístupu, jak co nejlépe vyfiltrovat přesná data ze satelitního laserového altimetru GEDI. Filtrovaná data pak budou využita pro tvorbu modelu výšky vegetace pomocí metod strojového učení.

Dosavadní výstupy

Na rok 2023 nebyly plánovány žádné závazné výstupy.

V revizi (under review v Jimp časopisu) je článek Moudrý V. et al.: Accuracy of high-resolution global canopy height maps and their applicability to biodiversity modelling. Článek pojednává o validaci přesnosti existujících globálních modelů výšky vegetace odvozených z dat satelitní laserové altimetrie a ukazuje limity použití těchto globálních modelů pro modelování biodiverzity.

Plán dalšího postupu

V roce 2024 bude v rámci **WP A2** zejména testováno, jak dobře vypočtené spektrální indexy indikují změny v krajině a jakými přírodními a socio-ekonomickými faktory jsou změny krajiny detekované spektrálními indexy vysvětlitelné. Mimo to bude pokračovat zkoumání postupu, kterým by bylo možné vytvořit model výšky vegetace ČR na základě dat satelitního laserového altimetru GEDI.

WP A3 SYNTÉZA A NÁVRHY OPATŘENÍ V KRAJINĚ V KONTEXTU ZMĚNY KLIMATU

Pracovní balíček si klade za cíl využít zkušeností z implementace konceptu „smart landscape“ na modelových územích pro kontext celé České republiky. Práce na balíčku byly v roce 2023 zahájeny aktualizací rešerší adaptačních konceptů v zahraničí. Dále pak byla pozornost upřena na konkrétní modelová území, kde jsou průběžně realizována různá adaptační opatření. Míra postupu realizace adaptačních opatření je však silně závislá na dostupnosti investičních finančních prostředků, není tedy v tuto chvíli možné všechna návrhová opatření ověřit a ani zhodnotit území jako celek.

Na základě dosavadních zkušeností a dat z modelových území, které byly získány v rámci jiných projektů v předchozích letech, byly definovány základní přístupy nutné pro řešení problematiky v návaznosti na ostatní WPs v rámci **WG A**. Pro realizaci doporučení pro adaptaci krajiny v měřítku celé ČR je nutné extrapolovat získané zkušenosti na jiné měřítko za využití vhodných modelů a datových sad. Aktivita balíčku **WP A3** budou směřovány k výstupu, který dokáže definovat hlavní problém daného místa, lokality či regionu (konkrétní základní jednotka bude definována s ohledem na dostupná data, míru rozlišení v rámci ostatních pracovních balíčků a potřeb stakeholderů) v důsledku měnícího se prostředí a následně doporučit vhodnou kombinaci adaptačních opatření, která budou splňovat požadavek synergického působení a zároveň nepřinesou negativní dopad svému okolí.

V rámci pracovní skupiny **WP A3** jsou aktuálně řešeny tematické oblasti, pomocí kterých jsou definovány nejzranitelnější části krajiny z pohledu vody v krajině, jako klíčového prvku pro řadu adaptačních opatření a fungování krajiny jako takové, ať již v rámci hospodářského využití nebo zajištění fungování ekologických funkcí zejména pak pro podporu biodiverzity. Jedná se především o území, která mohou být ohrožena povodněmi z přívalových dešťů, území schopná účinně vyrovnávat hydrologické extrémy (povodně a sucho), jako jsou nivy říčních toků, pramenné a bezodtoké oblasti. Identifikace rozsahu v té oblasti umožní větší poznání celkových souvislostí v krajině a jejich dopady i na ostatní území. Z důvodů časového odstuhy zahájení realizace od podání žádosti, tedy vzniku výchozích zadání v projektu, bylo nutné v rámci řešení v roce 2023 vykomunikovat potenciální překryvy s ostatními konsorciemi. V návaznosti na setkání na MŽP byla

upravena metodika vymezení řešených výše uvedených tematických oblastí, a to s přihlédnutím na unikátnost vznikajících datových sad v rámci konsorcia ostatních projektů (zejména Perun a Centrum VODA). Na vybraném pilotním území byla pak testována metodika tvorby výpočtového modelu. Dílčí výsledky v podobě map byly představeny v rámci prezentace na společné schůzce na MŽP.

Datové sady potřebné pro analýzy

Pro výpočty nad modelovým územím byla použita data reprezentující geomorfologii (DMR 5g), krajinný pokryv a jeho využití (KVES), informace o půdě (BPEJ), polohopis (ZABAGED). Pro následné analýzy je plánováno využití deficitních objemů vláhy v půdě a informace o vývoji krajinného pokryvu aktualizovaného v rámci konsorcia projektu.

Plán dalšího postupu

Pro další období se předpokládá práce na podkladových datových sadách. Na zvoleném pilotním území bude testována změna metodiky vycházející z připomínek na jednání. Jedná se především o rozšíření tzv. kritických bodů v krajině o místa v ploše povodí, která jsou mimo intravilány. Ve spolupráci s **WP A2** bude pozornost upřena na možnosti vhodné kombinace dat pro aktuální a rychlé zhodnocení stavu, reakce na změny a aplikace potřebných modelů. Bude rozpracována základní struktura katalogu adaptačních opatření, který by měl přinést ucelený přehled všech různých možností, jejich konkrétních funkcí a dopadů na danou lokalitu.

SHRNUTÍ ŘEŠENÍ WG A RESILIENTNÍ KRAJINA

Práce v roce 2023 postupovaly práce dle schváleného harmonogramu a bylo dosaženo všech potřebných dílčích výstupů. Došlo k dalšímu provázání jednotlivých pracovních skupin a řešitelských týmů z více organizací a dílčí přístupy byly řešeny na společných schůzkách. Na základě společných setkání a kontrolních dnů byly výsledky průběžně komunikovány se zástupci MŽP. V tomto kontextu budou aktivity dál pokračovat. V dalších letech řešení se předpokládá využití získaných poznatků WG A rámci ostatních pracovní balíčku, zejména balíčku **WG B Lesní ekosystémy**, **WG E Funkční biodiverzita** a **WG F Syntéza**. Zároveň dojde k užší spolupráci také s ostatními konsorciálními projekty Perun a Centrum VODA. V následujících letech budou práce směřovány k většímu sdílení dat a dílčích výsledků s cílem získání komplexního přehledu o stavu krajiny v ČR.

WG B LESNÍ EKOSYSTÉMY

Úvod

Pracovní skupina **WG B Lesní ekosystémy** je charakteristická řešením velmi široké palety výzkumných otázek a praktických úkolů, které byly formulovány při vzniku projektu ze strany MŽP. Rozsahu tematických bloků odpovídá i vysoký počet pracovních balíčků (WP), resp. aktivit (WA), na kterých pracují vědecké týmy často z pěti až šesti institucí. Řešena je jak celosvětově aktuální změna klimatu a odezva lesních ekosystémů na ni (**WP B1 Odezva lesních ekosystémů na změnu klimatu**), tak středoevropský problém historických imisních zátěží (**WP B2 Biogeochemická odezva lesních ekosystémů**). Acidifikace kombinovaná s eutrofizací prostředí spolu s probíhající klimatickou změnou zapříčinily kaskádu změn s výrazným dopadem na lesy nepůvodní dřevinné, věkové a prostorové skladby a struktury. V současnosti asi nejmarkantnějším projevem jsou velkoplošné disturbance, jejichž dopady jsou analyzovány ve **WP B3 Disturbance v lesních ekosystémech**. Další oblastí výzkumu jsou dopady všech výše zmíněných dynamických procesů na přírodní stanoviště a biodiverzitu (**WP B4 Ochrana přírodních stanovišť a biodiverzity**). Adaptace na probíhající změny a mitigace jejich negativních projevů v hospodářských lesích jsou předmětem návrhu opatření ve **WP B5 Hospodářská opatření**.

WP B1 ODEZVA LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ NA ZMĚNU KLIMATU

V rámci pracovní aktivity **WA B1.1 Hodnocení stavu a ohrožení lesních ekosystémů** a predikce vývoje v roce 2023 byl dokončen sběr a zpracování letokruhových dat, byly vytvořeny lokální letokruhové chronologie. Celkem přibýlo 35 nových lokalit pro všechny zájmové druhy (dub letní a zimní, buk lesní, smrk ztepilý, jedle bělokorá, borovice lesní) a finální datový soubor tak čítá celkem 1 230 lokalit. Soubor byl analyzován (i) z hlediska změn velikosti statisticky standardizovaných stromů mezi roky 1990 a 2015 s ohledem na druh a typ stanoviště. Předběžná analýza byla prezentována na konferenci TRACE 2023. Konečná analýza byla ve formě rozšířeného abstraktu odeslána k prezentaci na konferenci EGU 2024 a je připravena ve formě první verze krátkoformátového článku k diskusi v rámci autorského týmu. (ii) Druhý směr analýz byl zaměřen na vytvoření chronologií přírůstu kmenové biomasy na základě alometrických rovnic pro všechny lokality. Ty budou podkladem pro mapu klimatického limitování přírůstu kmenové biomasy (výstup plánovaný na 2025).

V rámci pracovní aktivity **WA B1.2 Odezva na sucho a lesní mikroklima** byl vytvořen softwarový balíček myClim v prostředí R, který je dostupný z oficiálního repozitáře <https://cran.r-project.org/web/packages/myClim/>. O zpracování mikroklimatických dat a software myClim byl též publikován článek v impaktovaném časopise (Man et al. 2023). Pro tvorbu map mikroklimatu se pozornost zaměřila na přípravu podkladových prostorových vrstev, které pokrývají spojitě celé území České republiky v rozlišení 10 m. Tyto podklady zahrnují topografické proměnné a výšku vegetace, odvozené z digitálního modelu reliéfu a povrchu ČR, makroklimatické údaje z klimatické reanalýzy CERRA a indexy zdravotního stavu vegetace z dat Sentinel 2. Postupně byla prováděna optimalizace algoritmů GAM a připravena infrastruktura pro modelování a prostorovou interpolaci s velkými daty v prostředí výpočetních klastrů MetaCentrum. Funkčnost připravené infrastruktury byla ověřena na testovací dlaždici 10 x 10 km, pro kterou byla odvozena mapa maximální a průměrné teploty. Průběžně též probíhalo stahování dat na vybraných částech sítě, obnova a technická kontrola měřících stanic.

V případě pracovní aktivity **WA B1.3 Hydrologická bilance lesa** pokračovala práce na kalibraci hydrologického modelu LWF-Brook90 na části povodí sítě GEOMON, Červík, Lesní potok, Anenské povodí. Zároveň byly vyhodnoceny dlouhodobé změny měřených odtoků ze všech povodí sítě GEOMON za období 1994–2022, které ukázaly, že na části povodí dochází k průkaznému poklesu průtoků po většinu roku (Loukov, Salačova Lhota, Lysina, U dvou louček), což může mít za následek, že v lesích pod 600 m. n.m., se v průběhu suchých let mohou přirozené nároky na výpar blížit srážkovým úhrnům, nebo je mohou až překračovat. To může vyústit až v periodické vysychání lesních potoků, jako se to dělo v případě povodí Loukov v letech 2014–2019. Poznatky získané z dlouhodobých měření na malých lesních povodích byly ve spolupráci s **WP B2** použity jako podklad pro kapitolu o lesní hydrologii v učebnici Ekologie lesa (Rotter a Purchart, 2023).

Dosavadní výstupy

Prezentace na konferencích:

- IUFRO, Forest Environment Div 8: FORESTED LANDSCAPES in the Post-2020 Global Biodiversity Framework: mitigation options towards implementation of the SDGs (24.10. – 27.10., Evora, Portugal). Wild et al., Forest microclimate: Measuring and Modeling this Unique Forest Property for Biodiversity conservation (poster)
- TRACE 2023, Coimbra: Tremblé et al. Changes of stem basal area between 1990 and 2015 across environmental gradients and five main tree species in Central Europe (poster)

Články a kapitoly v monografiích:

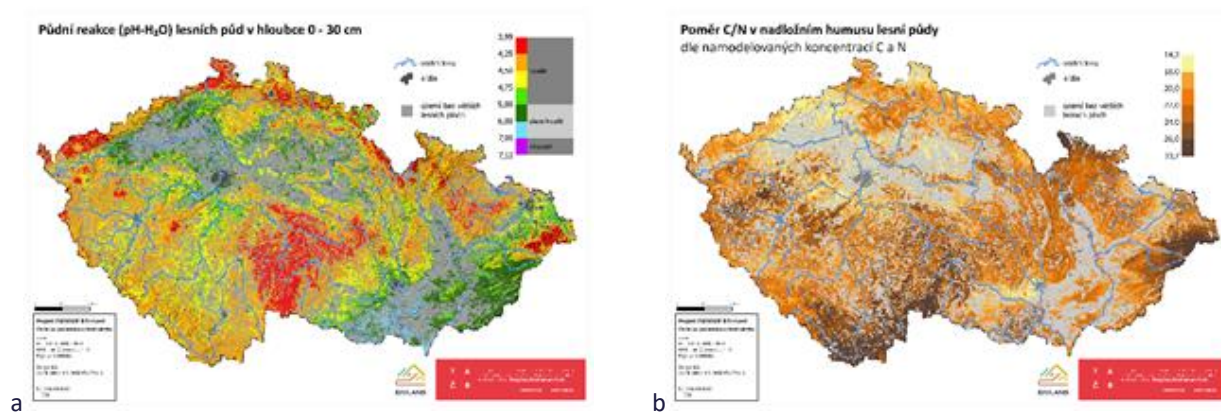
- Man, M., Kalčík, V., Macek, M., Brůna, J., Hederová, L., Wild, J., Kopecký, M., 2023. myClim : Microclimate data handling and standardised analyses in R. *Methods Ecol Evol* 14, 2308–2320. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14192>
- Hruška, J., Oulehle, F., Lamačová, A. Hydrologie lesů v měnícím se klimatu. In: Rotter P., Purchart L. (eds.) 2023: *Ekologie lesa. Jak se les mění a funguje*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, str. 438 – 450. DOI: <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-927-3b>

Plán dalšího postupu

V pracovní aktivitě **WA B1.1** je plánováno uplatnění článku shrnujícího trendy ve změnách velikosti stromů mezi lety 1990 a 2015 na základě letokruhové databáze. Dále budou standardizována data o přírůstu kmenové biomasy a na nich kalibrován model VS-Lite a vytvořena první verze výstupů klimatického limitování přírůstu kmenové biomasy pro diskusi v rámci konsorcia a s MŽP. V aktivitě **WA B1.2** proběhne testovací modelování mikroklimatu na větší prostorové škále až do úrovně ČR s využitím výpočetních klastrů, dále příprava a konzultace nad formou závazných výstupů plánovaných pro rok 2025 se členy konsorcia, případně dalšími stakeholdery. Pokračovat budou terénní měření a průběžná správa měřicí techniky a trvalých ploch. V průběhu roku 2024 bude též pokračovat modelování hydrologického režimu malých lesních povodí sítě GEOMON modelem LWF-Brook90 (**WA B1.3**). Modelování bude probíhat na povodí Jezeří, Uhlířská, Salačova Lhota a Polomka. Dále bude provedena simulace budoucího hydrologického režimu s využitím aktuálních výstupů z regionálního klimatického modelu Aladin Climate/CZ, pro dva scénáře budoucího socioekonomického vývoje „optimističtější“ SSP4.5 a „pesimističtější“ SSP8.5 do roku 2100.

WP B2 BIOGEOCHEMICKÁ ODEZVA LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

V rámci aktivity **WA B2.1 Biogeochemické cykly ekologicky významných prvků a evoluce půd** jsou předmětem řešení především lesní půdy jako významná zásobárna živin včetně uhlíku. Kvalita lesních půd (půdní pH, koncentrace Al, H), množství a koncentrace ekologicky významných prvků (Ca, Mg, K, N, P, C) významně podmiňují prosperitu lesních porostů (spolupráce **WA B1.1**), ať už z hlediska produkčního potenciálu (zásoba dřevní hmoty), tak i biodiverzity (druhové složení dřevin, spolupráce s **WA B4.1**). Odhad budoucího růstu dřevin v lesích a zapojení případných managementových opatření pod tlakem měnícího se klimatu se neobejde bez znalostí stanovištních půdních podmínek. V roce 2023 byla pozornost věnována prostorovému modelování půdních vlastností pomocí metod strojového učení. Východiskem byla konsolidovaná databáze půdního chemismu poskytnutá pro potřeby projektu Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM). Modelované parametry zahrnovaly: půdní pH (obr. 6a), koncentraci sumy bazických kationtů (Ca+Mg+K), bazickou saturaci, poměr C/N (obr. 6b), koncentraci fosforu. Všechny parametry jsou jednotlivě modelovány pro tři vrstvy půdního profilu: nadložní humus, 0–30cm a 30–80cm. Během roku 2023 byla provedena komplexní analýza fyziologické odezvy smrku, buku a jedle v NPR Boubín na environmentální změny prostředí od roku 1500. Jedná se unikátní soubor izotopových dat měřených v letokruzích stromů a umožňujících rekonstruovat hlavní fyziologické parametry (efektivita využití vody při fotosyntéze) a živinový vývoj porostů. Z analýzy jasně vyplývá negativní dopad kyselé atmosférické depozice na vitalitu jehličnanů (zejména jedle) a stimulační účinek N depozice a CO₂ koncentrace v atmosféře na dynamiku růstu všech dřevin. Naše analýza nabízí komplexní fyziologicky podmíněné vysvětlení pro pozorované změny v druhovém zastoupení temperátních lesů (expanze buku, na úkor smrku a překvapivá regenerace růstu jedle). Práce je nyní ve formě rukopisu (spolupráce s **WA B3.3**, přesah do **WP B1**).



Obr. 6 Modelové půdní pH (a) v horizontu minerální půdy (0-30 cm) a modelovaný poměr koncentrace uhlíku (C) ku dusíku (N) v nadložním humusu (b).

Dosavadní výstupy

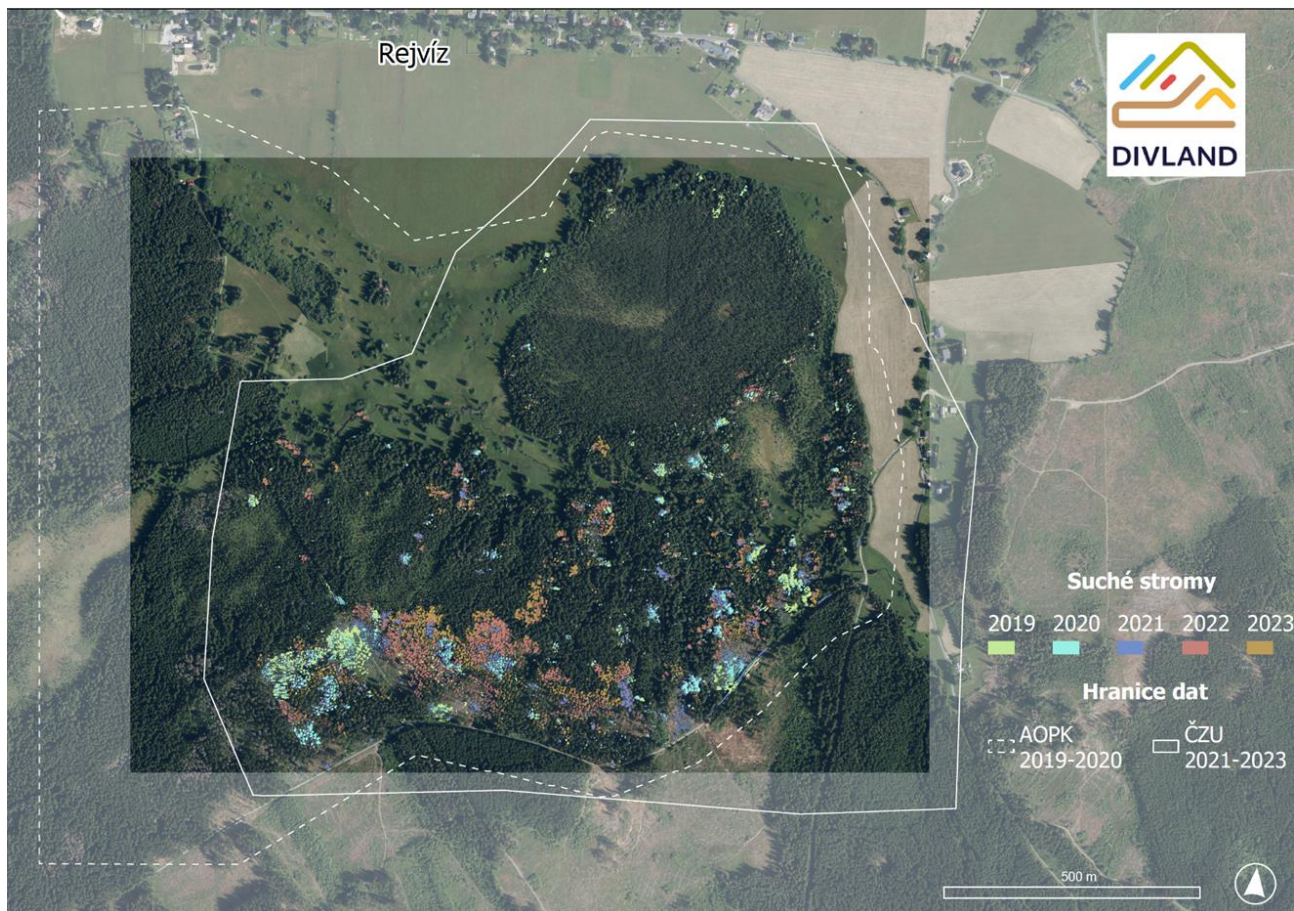
- Soubor map půdních vlastností: pH, BS, SBC, C/N, P, CEC
- Databáze d13C a d15N v letokruzích dřevin
- Databáze látkových toků v malých lesních povodích GEOMON za rok 2023
- Funkční biogeochemický model MAGIC s moduly růstu lesa a dynamiky C a N v půdách

Plán dalšího postupu

Na rok 2024 je plánován výstup SS02030018-V20 (Geochemická reaktivita hornin a rajonizace lesních půd z hlediska nutriční degradace pro území ČR – soubor map). Pro tento výstup budou zkompileovány podkladové vrstvy půdního chemismu a vytvořeny tematické vrstvy zahrnující acidobazické vlastnosti půd a živinové vlastnosti půd. Dále bude dokončen rukopis o vývoji fyziologické odezvy lesa na environmentální změny v posledním půltisíciletí.

WP B3 DISTURBANCE V LESNÍCH EKOSYSTÉMECH

V rámci aktivity **WA B3.1 Kůrovcová gradace** pokračovalo detailní sledování vývoje kůrovcové gradace v zájmových územích. V NPR Boubín došlo k dalšímu snížení počtu napadených stromů (2019 – 857; 2020 – 463; 2021 – 134; 2022 – 25). Naopak v NPR Rejvíz a jeho širším okolí, kde byl uskutečněn let UAV, došlo k meziročnímu nárůstu suchých stromů o 85 ha (obr. 7). V segmentech horských lesů Eustaška a Bílá Opava nedošlo k nárůstu napadených stromů. V rámci sledování kůrovcové gradace v NP České Švýcarsko byla zpřesněna klasifikace odumřelých porostů v jednotlivých letech, šlo zejména o opravy automatické detekce (záměna stínů a souší). Dále byly zpracovány letecké snímky z V. 2022, VI. 2021 a VI. 2020 pro odlišení jednotlivých generací lýkožrouta smrkového. Do přípravy vrstev pro analýzu regionální kůrovcové gradace v NP ČŠ byla zapojena klimatická data získávaná v rámci **WA B1.2.** a vypočtena první verze modelu vývoje lýkožrouta (PHENIPS). V závěru roku byly získány vrstvy kůrovcové mapy od podzimu 2021 do podzimu 2023. Do redakce časopisu *Frontiers in Forest and Global Change* byl odeslán rukopis zabývající se detekcí napadení porostů lýkožroutem pomocí UAV dedikovaný projektu.



Obr. 7 Vývoj kůrovcové gradace v širší oblasti NPR Rejvíz podle suchých stromů detekovaných pomocí UAV eBee X s RedEdge-MX kamerou.

V průběhu roku se také uskutečnila terénní šetření plánovaná v aktivitě **WA B3.2 Sukcese po velkých disturbancích**, výsledky dílčích šetření byly zpracovávány a proběhl pracovní seminář. Terénní šetření zahrnovala jednak opakovaná měření na již dříve založených plochách v NP Šumava, NP České Švýcarsko, na revíru Olšovec a dalších, ale také jednorázová šetření např. v NP Podyjí. Dílčí výstupy byly zpracovány formou závěrečných studentských prací a jednoho publikačního výstupu (viz níže). Ve dnech 1. 11. a 2. 11. se uskutečnil seminář „Diferencovaný přístup k post-kalamitní obnově lesů“, organizovaný ve spolupráci se správou NP ČŠ a Pro Silva Bohemica, kde byly prezentovány dosavadní poznatky.

V rámci aktivity **WA B3.3 Disturbanční režimy a jejich změny** bylo v roce 2023 dendrochronologicky analyzováno 2 530 stromů ze Šumavy za účelem získání robustnějšího souboru pro analýzu celkové disturbanční minulosti tohoto pohoří. Současně byly provedeny metodické korekce na celém souboru ca 6 500 vývrtů k dosažení jednotné metodiky analýzy disturbanční minulosti. Využitím typologické mapy (ÚHÚL) a mapování biotopů byla lokální disturbanční minulost propojena se stanovištními charakteristikami lesa. Pokračovala analýza dat NIL (ÚHÚL) a jejich propojení s daty Databanky přirozených lesů ČR. V této etapě je posuzován dopad lesnického hospodaření na změny ve svahové dynamice a evoluci půd. Lesnický management působí v kulturních lesích nevyhnutelně na změnu struktury lesa i změnu mortalitního režimu. Zatímco v přirozených lesích se i mimo silná narušení (např. vichřice) vyvrátí 20–60 % odumírajících stromů, v kulturních lesích je to pouze 1 %. To mění svahové procesy i evoluční trajektorie v půdách. V roce 2023 byla detailněji než dosud analyzována požárová minulost vývoje lesních ekosystémů Šumavy. Cílem je charakterizovat některé dosud opomíjené parametry požárového disturbančního režimu, především sílu (severity) a rozsah (area). V rámci výzkumu byly pedoantrakologicky posouzeny rašelinné sedimenty (několik profilů napříč Šumavou) i terestrické půdy (NPR Boubínský prales).

Dosavadní výstupy

- Modlinger R., Klouček T., Brůna J., Komárek T., Surový P., Hlásný T. Kůrovcová gradace v Česku a Českém Švýcarsku. NP ČŠ a Pro Silva Bohemica: Diferencovaný přístup k post-kalamitní obnově lesů. Jetřichovice 1. a 2.11. 2023. s. 8-9.
- Holík J., Janík D., Adam D., Hort L., Král K., Šamonil P., Trochta J. Obnova dřevinné vegetace během patnácti let po požáru na Havraní skále. NP ČŠ a Pro Silva Bohemica: Diferencovaný přístup k post-kalamitní obnově lesů. Jetřichovice 1. a 2.11. 2023. s. 13-14.
- Martiník A. Diferenciace postupů obnovy a managementu nejen dle funkčního zaměření. NP ČŠ a Pro Silva Bohemica: Diferencovaný přístup k post-kalamitní obnově lesů. Jetřichovice 1. a 2.11. 2023. s. 20.
- Martiník A., Krásenský J. Spontánní obnova jedle bělokoré pod porosty s převahou topolu osiky. 2023. Zprávy lesnického výzkumu 68(3); 140–148.
- Kmínková M. Hodnocení stavu a vývoje sukcese po lesním požáru na kalamitní holině v revíru Janov, LS Jeseník – Lesy ČR, s. p. Bakalářská práce.
- Krásenský J. Přirozená obnova po odumřelém smrkovém porostu na Školním lesním podniku „Masarykův les“ Křtiny. Diplomová práce.
- Dyrčík V. Stav a potenciál přirozené obnovy po kalamitě na revíru Polana, LS Jablunkov. Diplomová práce.
- Kim D., Song I., Miralha L., Hirmas D.R., McEwan D.W., Mueller T.G., Šamonil P. Consequences of spatial structure in soil–geomorphic data on the results of machine learning models. 2023. Geocarto International 38, 2245381. <https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2245381>. IF2022=3.8.
- Käber Yannek, Bigler Christof, Hille Ris Lambers Janneke, Hobi Martina, Nagel Tom, Aakala Tuomas, Blaschke Markus, Brang Peter, Brzeziecki Bogdan, Carrer Marco, Cateau Eugenie, Frank Georg, Fraver Shawn, Idoate Lacasia Jokin, Holik Jan, Kucbel Stanislav, Leyman Anja, Meyer Peter, Motta Renzo, Samonil Pavel, Seebach Lucia, Stillhard Jonas, Svoboda Miroslav, Szwagrzyk Jerzy, Vandekerkhove Kris, Vostarek Ondřej, Zlatanov Tzvetan, Bugmann Harald. Sheltered or suppressed? Tree regeneration in unmanaged European forests. 2023. Journal of Ecology 111, 2281–2295. IF2022=5.5. 10.22541/au.166748406.68292738/v1
- Mašek J., Tumajer J., Lange J., Vejputková M., Kašpar J., Šamonil P., Chuman T., Kolář T., Rybníček M., Jeníček M., Vašíčková I., Čada V., Kaczka R., Rydval M., Svoboda M., Nedělcov O., Hais M., Tremel V. 2024. Shifting climatic responses of tree rings and NDVI along environmental gradients. Science of the Total Environment 908, 168275. DOI10.1016/j.scitotenv.2023.168275. IF2022=9.8

Plán dalšího postupu

Na rok 2024 je plánováno detailní šetření vývoje kůrovcové gradace v zájmových územích (Boubín, Rejvíz, Eustaška, Bílá Opava), kompletace vrstev pro analýzu šíření lýkožrouta v NP České Švýcarsko, příprava výstupu Nmap a publikace výstupů, dále analýza šíření lýkožrouta v NPR Rejvíz a okolí pomocí kombinace dat UAV a LHE. Proběhne i sumarizace šíření lýkožrouta v NP ČŠ a ČR podle kůrovcové mapy, budou realizována opakovaná měření na dlouhodobých plochách, pořízená data budou zpracována a publikována v podobě dílčích výstupů. Na tyto aktivity navazuje dokončení tematicky zaměřených diplomových a bakalářských prací – v plánu jsou 3 DP a 1 BP. V roce 2024 bude rovněž dokončena analýza disturbanční minulosti Šumavy vzhledem ke ekologickým charakteristikám stanovišť. Předpokládá se dokončení manuskriptu vědecké publikace a podrobení recenznímu procesu v mezinárodním periodiku. Pokračovat bude studium vlivu mortality stromů (zejména vývrátů) na evoluci půd a svahovou dynamiku. Téma bude řešeno ve vztahu k antropogennímu impaktu do vývoje lesních ekosystémů, klíčové bude propojení dat NIL s lokalitami řazených do Databanky přirozených lesů ČR. Pokračovat bude studium charakteristik požárového disturbančního režimu na Šumavě. V následujícím roce je plánu rovněž příprava manuskriptu vědecké publikace a její podrobení recenznímu řízení.

WP B4 OCHRANA PŘÍRODNÍCH STANOVIŠŤ A BIODIVERZITY

Aktivita **B4.1** zaměřená na ochranu přírodních stanovišť a druhů lesů České republiky se zaměřila na dva komplementární směry výzkumu. Prvním jsou dlouhodobé trendy změn biodiverzity rostlinných druhů a společenstev, což je hlavní téma této výzkumné aktivity. Druhým směrem je obnova biodiverzity při aplikaci vybraných způsobů lesního hospodaření. Během vegetační sezóny byla rozšiřována stávající databáze opakovaných historických fytocenologických snímků na typologických plochách ÚHÚL. Na lokalitách s dlouhodobým monitoringem dynamiky lesních společenstev v NP Podyjí, CHKO Český kras a CHKO Pálava byla sebrána data o složení vegetace a podmínkách prostředí celkem na 274 trvalých plochách. Tato data byla digitalizována a jsou připravována ke zpracování většinou jako odborné články. Studie založená na opakovaných fytocenologických snímcích byla během roku 2023 dokončena a těsně před koncem roku téměř přijata (minor revision) v impaktovém časopise *New Phytologist* (IF = 9,4).

V pracovní aktivitě **WA B 4.2 Ochrana rašelinišť a obnova vodního režimu** probíhaly práce dle předpokladu. Bylo zhotoveno základní schéma pro určení degradace jednotlivých typů rašelinišť z pohledu vegetace, půdy a vodního režimu. Z ní pak bude vycházet finální mapa degradace rašelinišť a celková zpráva. Na základě získaných podkladů (převážně GIS vrstvy) a zvolených parametrů byly vytipovány plochy rašelinišť dalších jim blízkých typů mokřadů a odhadla se případná degradace v Jihočeském a Plzeňském kraji. U některých příkladových rašelinišť byla provedena verifikace přímo v terénu v oblasti horní Vydry. Na těchto územích, kde se nachází většina českých rašelinišť, bude probíhat hlavní fáze verifikace zvolených parametrů pro hodnocení degradace rašelinišť na celém území ČR.

V pracovní aktivitě **WA B4.3 Mapování a klasifikace lokalit přirozených lesů ČR** byla zpracována aktualizovaná verze (stav 06. 02. 2023) geografické databáze dílčích ploch z AOPK ČR. Byla dokončena verifikace hodnocení přirozenosti od správ národních parků se stavem 2016–2019 a bylo iniciováno jednání s VLS ČR, s. p. ohledně aktualizace hodnocení přirozenosti v lokalitách nacházejících se vojenských lesích. Bylo též zahájeno budování registru informací o přirozenosti lesních porostů z plánů péče o ZCHÚ podle územích jednotek správy AOPK ČR (regionální pracoviště, resp. správy CHKO).

V rámci aktivity **WA B4.4 Tlející dřevo a biodiverzita** probíhalo zpřístupnění a filtrování databází NIL, extrakce souřadnic do GIS, tvorba prvních výstupů o struktuře a množství odumřelých stromů. Byla dokončena studie o ekologických nárocích funkčních skupin lignikolních hub rostoucích na různých mikrostanovištích tlejících kmenů (rukopis under review). Byl proveden sběr dat v okolí Žofínského pralesa pro zjištění vlivu lesního hospodaření na společenstva mechorostů. Byla dokončena studie o změnách ve složení mechorostů na tlejícím dřevě smrku v NPR Praděd. Byl vyhodnocen experiment zaměřený na simulaci tlejícího dřeva v korunách stromů a jejich vlivu na společenstva saproxylických brouků a modelového predátora strakapouda bělohřbetého. Studie je ve fázi dokončování rukopisu.

Dosavadní výstupy

- Prezentace formou posteru na konferenci Annual Symposium of the British Ecological Society, prosinec 2023, Belfast, Velká Británie. R. Hédli a kol.: „Biodiversity of the plant community increases rapidly and then stabilizes during eight years of oak coppice forest restoration”.
- Diplomová práce N. Pychové (PřF UPOL) na téma „Dlouhodobá změna vegetace lužních lesů podél středního toku Moravy“. Obhajoba začátkem února 2024.

Plán dalšího postupu

Práce ve **WA B4.1** bude soustředěna na konsolidaci dat sebraných během dosavadního průběhu projektu, doplnění dat o druhovém složení a podmínkách prostředí (opakované fytocenologické snímky a monitoring) a vytváření výsledků. Připraveny budou rukopisy odborných článků, výsledky budou prezentovány na mezinárodních konferencích a obhájeny budou další studentské absolventské práce. V rámci **WA B4.2** bude metodika testovaná na známých rašeliništích v Jihočeském a Plzeňském kraji v roce 2024 aplikována na ostatní kraje. Bude tak vytvořen základní odhad degradace rašelinišť v ČR. I nadále však bude probíhat diskuze nad zvolenými parametry. Mapa degradovaných rašelinišť také poslouží k detailnímu hodnocení vybraných rašelinišť napříč ČR. V pracovní aktivitě **WA B4.3** se plánuje dokončení materiálu pro jednání s krajskými úřady ve věci systémového sběru informací z plánů péče o M-ZCHÚ v tzv. volné krajině (PR, PP), tj. analogie kampaně s regionálními pracovišti AOPK ČR. V plánu je i pokračování v naplňování registru informací

o přirozenosti lesních porostů z plánů péče o ZCHÚ podle územích jednotek správy AOPK ČR. V rámci aktivity **WA B4.4** bude analyzováno tlející dřevo a mechorosty v lesích hospodářských a s vyloučením hospodaření. Budou sekvenovány vzorky z tlejících kmenů (souše vs. vývraty). Bude finalizován rukopis o simulaci tlejícího dřeva v korunách stromů.

WP B5 HOSPODÁŘSKÁ OPATŘENÍ

Zásadním počinem aktivity **WA B5.1 Akční plán hospodářských opatření** v roce 2023 byl dvoudenní interní seminář členů řešitelského týmu, který se uskutečnil ve dnech 29. – 30. 6. ve Křtinách. Z důvodu přesahu řešené problematiky se kromě řešitelského týmu z **WP B5** semináře zúčastnili také zástupci jiných balíčků i pracovních skupin. Hlavní náplní semináře byla obsahová část výsledku této aktivity – „zásady trvale udržitelného hospodaření v lesích“. Na semináři zazněly příspěvky z řešení jednotlivých aktivit balíčku a byla vedena věcná diskuse. V rámci druhého dne semináře proběhla pracovní exkurze v lesních porostech na ŠLP Křtiny. Na seminář navázala diskuse mezi členy řešitelského týmu k podobě „zásad“, která probíhá i v současnosti. Díky této aktivitě byla dále dokončena provozní inventarizace na části lesnického úseku v majetku KINSKÝ Žďár, a.s. Dále probíhaly činnosti spojené se zakládáním trvale výzkumných a demonstračních ploch, konkrétně se jednalo plochy na LS Telč, a LS Opava u ALSOL (Hradecký les) a u Biskupských lesů (Bílá). Kontinuálně probíhá rešerše k problematice biodiverzity a lesního hospodaření.

V rámci aktivity **WA B5.2 Analýza genetických zdrojů** byla v roce 2023 provedena literární rešerše soustředěna na rod *Larix* především z pohledu využití molekulárně genetických metod při hodnocení původních populací a genetických zdrojů v semenných sadech. Dále se rešerše věnuje metodám k získání genotypů rezistentních k abiotickým a biotickým činitelům a možnostmi množení u modřínů.

Aktivita **WA B5.3 Ukázky dobré praxe** byla v proběhnuvším roce zaměřena na filmové zpracování příkladného objektu NP Šumava (viz výsledky). Současně probíhalo natáčení a zpracování dalšího objektu, a to ŠLP Křtiny. V průběhu roku byly připravovány písemné podklady pro objekt Beskydy.

Díky aktivitě **WA B5.4 Provozní testování hospodářských opatření** byl na ŠLP Křtiny podrobně zmapován celý proces zpracování, finalizace a schválení vůbec prvního lesního hospodářského plánu v ČR pro adaptaci hospodářských lesů na klimatickou změnu. Revoluční bylo především začlenění metod provozní inventarizace lesa. V této souvislosti proběhly a nadále budou probíhat provozní testování, školení a terénní exkurze pracovníků státní správy (MZe, ÚHÚL), ale i správce lesů – např. LČR projevilo zájem o spolupráci při zakládání podobných demonstračních objektů. V posledním čtvrtletí 2023 (s pokračováním v dalších letech) byla započata nová aktivita stran vývoje a provozního testování konceptu biodiverzity (biotopové / habitatové stromy, tlející dříví atd.).

Dosavadní výstupy

- Akční plán hospodářských opatření – pracovní seminář řešitelského týmu, inspirace ve Křtinách
- Ukázky dobré praxe – příkladné objekty hospodaření: filmová verze NP Šumava (<https://www.youtube.com/channel/UCpbXlSt509FJLXOjFCwrEzA/videos>).
- Dokončena provozní inventarizace na části lesnického úseku KINSKÝ, Žďár, a.s.
- Založení trvale demonstračních ploch LS Telč, LS Opava, Hradecký les, Bílá.

Plán dalšího postupu

Plánována je opakovaná inventarizace na lesnickém úseku Cvilín (LS Bruntál), kde proběhla vstupní šetření v roce 2009 (z dotace MŽP). Předpokládá se i dokončení odborného článku zaměřeného na lesní hospodaření a biodiverzitu. Proběhne seminář navazující na křtinské setkání (vše akční plán – viz aktivita **WA B5.1**). V roce 2024 bude v rámci aktivity **WA B5.2** literární rešerše soustředěna na domácí a introdukované listnaté dřeviny s potenciálem odolnosti vůči suchu. V rámci aktivity **WA B5.3** bude dopracován objekt Klokočná a Beskydy. Dále budou pokračovat aktivity zaměřené na filmové ukázky ze ŠLP Křtiny (překryv s aktivitou **WA B5.4**). Plánován je výběr dalšího objektu, pravděpodobně se bude jednat o lesy na lužních stanovištích. Na založených trvalých výzkumných plochách bude probíhat vstupní šetření. Plánovány jsou exkurze a semináře na ŠLP Křtiny v rámci aktivity **WA B5.4**.

SHRNUTÍ ŘEŠENÍ WG B LESNÍ EKOSYSTÉMY

Řešení jednotlivých úkolů v rámci pracovních balíčků pod **WG B** probíhalo v roce 2023 podle plánu. Bez větších problémů se řešitelskému týmu průběžně daří dokončovat dílčí výstupy (např. soubor map půdních vlastností: pH, BS, SBC, C/N, P, CEC; softwarový balíček myClim v prostředí R ad.) a dosažená zjištění se daří publikovat v kvalitních vědeckých časopisech. S postupem řešení se povedlo výrazněji rozvinout spolupráci a komunikaci týmů jednak v rámci pracovní skupiny, jednak napříč celým řešitelským konsorciem, k čemuž přispěl i dvoudenní společný pracovní seminář **WG B** (se zástupci ostatních WG) v ŠLP Křtiny.

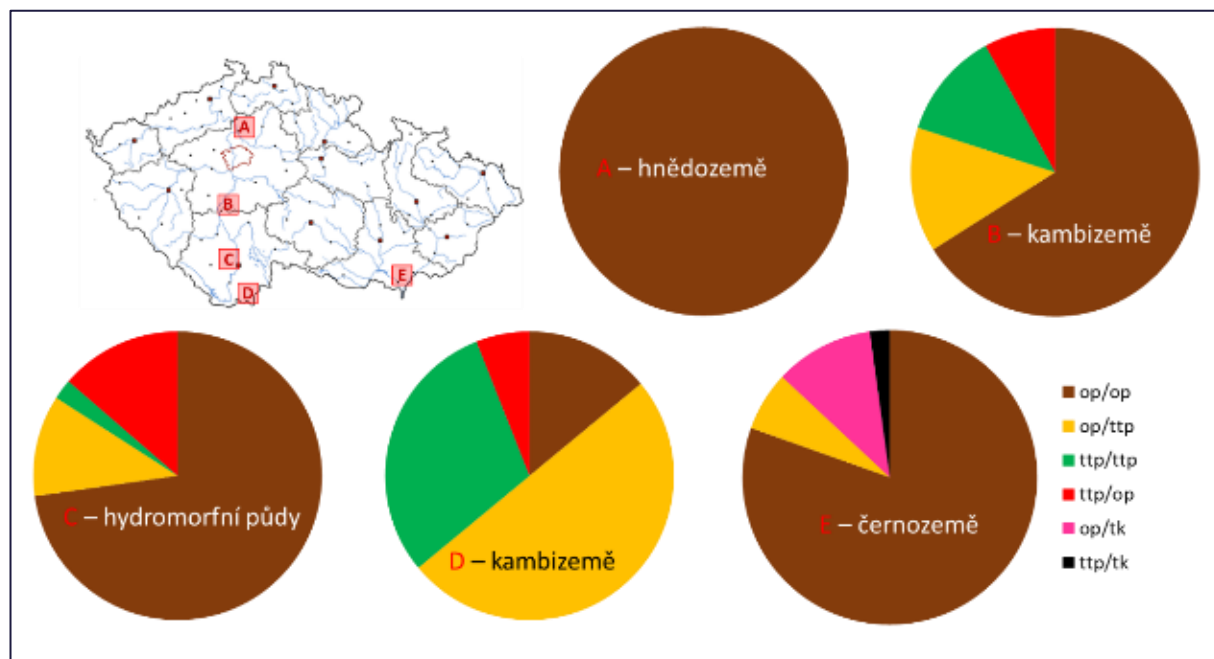
WG C AGROSYSTÉMY A PŮDA

Úvod

V roce 2023 bylo dosaženo výrazného posunu nejen v plnění úkolů v jednotlivých pracovních balíčcích, ale i k dalšímu provázání aktivit napříč celou pracovní skupinou skupiny **WG C Agrosystémy a půda**. Ve **WP C1 Dosavadní vývoj a predikce** se jedná o analýzy půdních vlastností využívající historický a současný monitoring (KPP a AZZP), v jejichž rámci je zkoumán vliv řady faktorů environmentálního i socioekonomického charakteru na trendy v půdních vlastnostech. Těžištěm výzkumu byly práce spojené s vytvořením lokálně přesných modelů vývoje klimatu v závislosti na vybraných scénářích jeho vývoje. Ve **WP C2 Klíčové půdní vlastnosti a procesy** byla pozornost věnována především výzkumu pásového hospodaření v morfologických komplikovaných podmínkách erozně ohrožených území. Slibný implementační potenciál mají dosavadní poznatky **WP C3 Management agrosystémů a ochrana půdy**, kdy byly testovány vlivy různých agrotechnických postupů na chemické a biologické vlastnosti půd ve vztahu ke scénářům klimatické změny a erozi půdy.

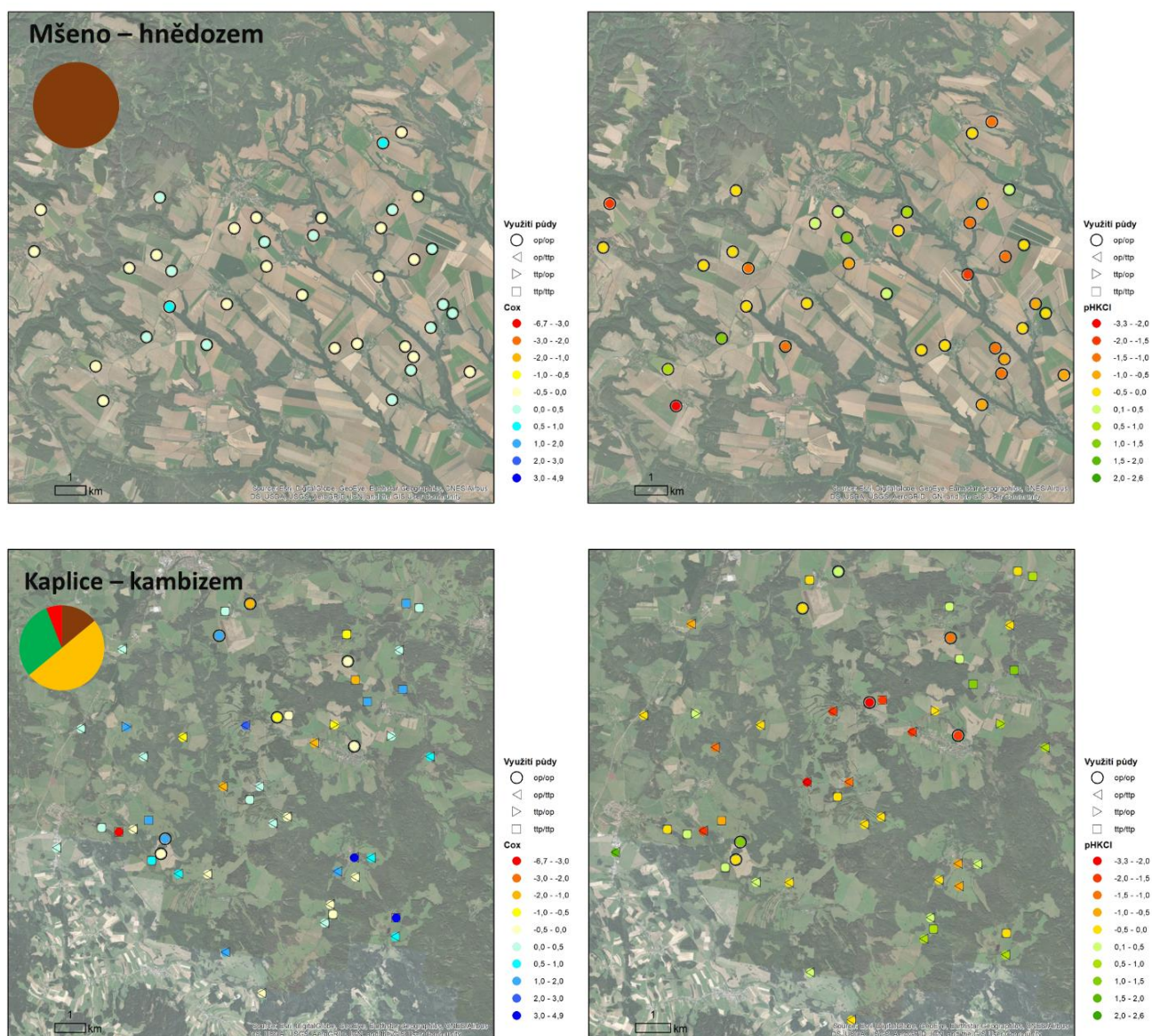
WP C1 DOSAVADNÍ VÝVOJ A PREDIKCE

V rámci aktivity **WA C1.1 Zemědělský půdní fond (ZPF) – poválečný vývoj a stav** byly roce 2023 na základě podkladů Komplexního průzkumu půd (KPP) a opakovaného současného odběru půdních vzorků vyhodnoceny změny ve využití půdy (obr. 8), respektive varianty transformací orné půdy (op) na trvalé travní porosty (ttp) nebo opačným směrem a varianty beze změn využívání. Na třech lokalitách v černozemní oblasti byla zaznamenána i varianta změny na trvalou kulturu (tk).



Obr. 8 Zastoupení variant změn ve využívání zemědělské půdy od doby realizace Komplexního průzkumu zemědělských půd (KPP) do současnosti ve vybraných lokalitách (kpp/současnost; op – orná půda, ttp – trvalý travní porost, tk – trvalá kultura (sad nebo vinice))

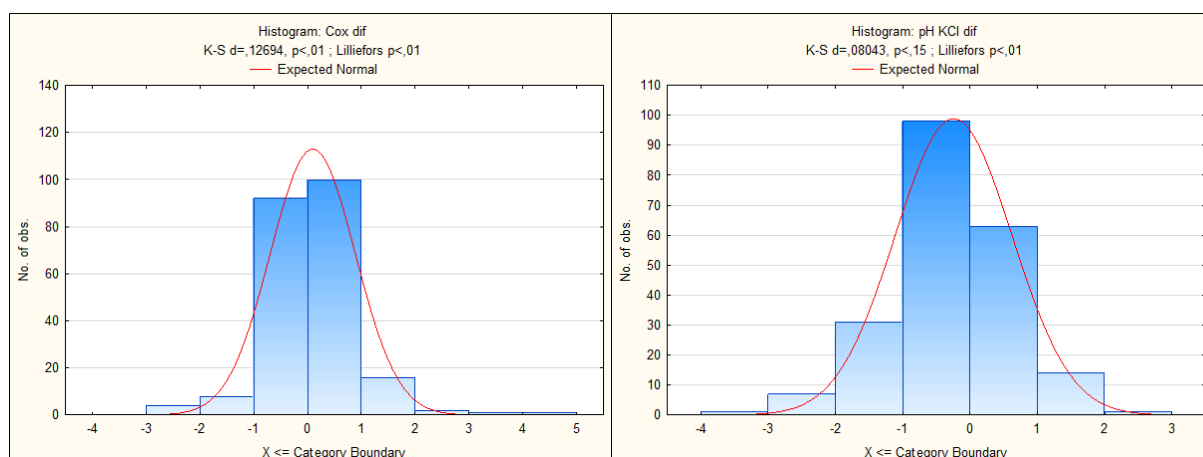
Dále byly dokončeny půdní analýzy nově odebraných vzorků ve všech pěti vybraných lokalitách. Obr. 9 představuje ukázkou výsledků ze dvou lokalit lišících se půdním typem, ale také změnou ve využívání půdy. V okolí Mšena nedošlo v místech odběrů ke změně využívání půdy a zároveň je vidět, že nedošlo ani k výrazným změnám v obsahu organického uhlíku v půdě, zatímco pH půdy ve většině bodů kleslo. Lokalita Kaplice se vyznačuje významným zatravněním původně orné půdy, což se projevilo zvýšením obsahu organického uhlíku v řadě bodů. Je však patrné, že trendy nejsou zcela jednoznačné a variabilita změn je vysoká.



Obr. 9 Mapy odběrových míst ve dvou vybraných lokalitách zachycující změny v obsahu organického uhlíku (Cox) a výměnné půdní reakce (pHKCl) mezi obdobím realizace KPP a současností.

Zpracováním celého souboru dat bylo zjištěno, že změny v obsahu organického uhlíku nemají v čase jednoznačný trend. Je ale zřejmé, že ve studovaném období (50 let) došlo k poklesu pH zemědělských půd (obr. 10, tab. 1). Rovněž je patrný vliv změn využívání půdy. Bylo potvrzeno, že přeměna trvalých travních porostů na ornou půdu vede k poklesu obsahu organického uhlíku, ale i k mírnému vzestupu pH. Opačná transformace zemědělské půdy může vést ke zvýšení obsahu uhlíku, což je patrné v oblasti Kaplicka (v celém souboru dat nebyl vzestup signifikantní), a výraznějšímu snížení pH půdy.

Na základě dat Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP, zpravované ÚKZÚZ) byla zpracována studie vlivu antropogenních (socioekonomických) charakteristik i přírodních faktorů (parametry terénu, zrnitost a retenční kapacita půd, klimatické charakteristiky, ale také tzv. *landscape features*) na vývoj půdních vlastností sledovaných v AZZP v letech 1999–2019. K tomuto účelu byly použity dva statistické nástroje: metoda *boosted regression trees* a *ordinační metody* (CCA, DCA). Vyhodnoceny byly základní trendy sledovaných půdních parametrů dle (i) velikosti půdního bloku (ha), (ii) velikosti hospodářského subjektu (ha), (iii) typ managementu (konvenční vs ekologické), (iv) typ farmy dle činnosti (rostlinná, živočišná, smíšená) a ekonomické velikosti (upravená metodika FADN).



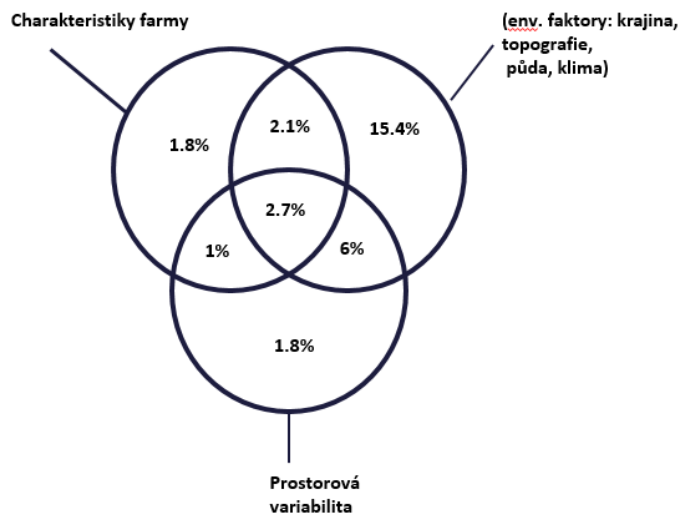
Obr. 10 Histogramy četností velikostí rozdílů půdních vlastností (Cox a pHKCl) mezi obdobím realizace KPP a současností.

	Cox		pH			CoxSOUČ-CoxKPP		pHSOUČ-pHKPP	
	F	p	F	p		F	p	F	P
LOKALITA	32.77	0.000	77.42	0.000	LOKALITA	3.06	0.018	7.09	0.000
LANDUSE	14.69	0.000	12.07	0.000	ZMĚNA LU	1.42	0.229	1.42	0.230
OBDOBÍ	0.2205	0.639	4.796	0.029					
	prům(%)	h.s.	prům(-)	h.s		prům(%)	h.s.	prům(-)	h.s
KH (KA)	1.42	b	5.31	d	KH (KA)	-0.09	c	0.29	A
KA (KA)	2.49	a	5.05	e	KA (KA)	0.43	a	-0.23	B
M (HM)	0.98	c	6.32	b	M (HM)	0.01	bc	-0.40	B
Š (CM)	1.33	b	7.06	a	Š (CM)	0.30	ab	-0.33	B
B (hm.p.)	1.39	b	5.93	c	B (hm.p.)	-0.14	c	-0.55	B
OP	1.35	b	6.13	a	OP→OP	0.07	a	-0.22	Ab
TTP	2.33	a	5.02	b	OP→TTP	0.29	a	-0.36	B
TK	2.33	b	6.44	a	TTP→OP	-0.44	b	0.25	A
KPP	1.51	a	6.01	a	TTP→TTP	0.43	a	-0.04	Ab
SOUČ.	1.61	a	5.76	b	OP→TK	0.10	ab	-0.17	Ab

Tab. 1 Výsledky vícecestné analýzy rozptylu (LSD 95%; h.s. – homogenní skupina) pro jednotlivé půdní charakteristiky (vlevo) a jejich změny v čase (vpravo), kde třídícími kategoriemi byly jednotlivé lokality (Krásná Hora (KH), Kaplicko (KA), Mšeno (M), Šardicko (Š), Budějovicko (B)), využití půdy nebo jeho změna (OP – orná půda, TTP – trvalý travní porost, TK – trvalá kultura; LU – land use)) a v případě půdních charakteristik i období odběru vzorků (KPP a současnost).

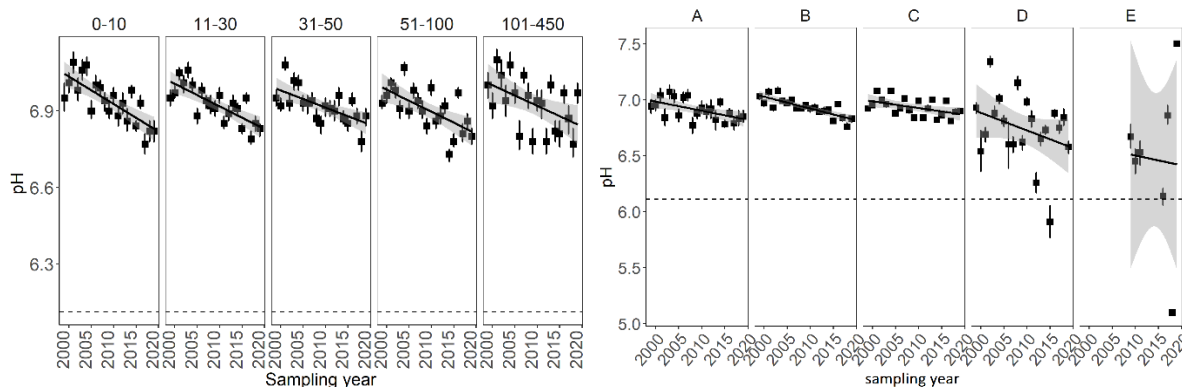
Analýzy byly provedeny na pilotním území Jihomoravského kraje pro půdy černozemního typu, naše nejúrodnější půdy, agregované do tzv. skupin genetických půdních typů (SGPT, tj. HPI 1-8). Předběžné analýzy naznačují, že na chemismus černozemí mají největší vliv přírodní faktory (nadmořská výška, vzdálenost od nejbližšího lesa a trvalé kultury, významnými faktory jsou klimatické, včetně změny během minulých dvou normálových období). Charakteristiky farmy jsou také důležitými faktory, nejvíce velikost farmy (na základě výměry či ekonomická), pro některé půdní parametry také velikost půdního bloku. Provedené analýzy nepotvrzují významnost režimu managementu (konvenční vs. ekologické zemědělství), což může být způsobeno metodickými faktory a také větší časovou dynamikou od okamžiku přechodu na ekologické zemědělství. Všeobecně platí, že významnost faktorů se liší pro jednotlivé půdní vlastnosti, zařazení některých

faktorů do výše uvedených skupin může být diskutabilní (např. eroze, či vzdálenost od nejbližšího ekologicky významného prvku – environmentální nebo antropogenní faktor). Variabilita dat vysvětlená použitými faktory (Vennův diagram na obr. 11) naznačuje, že půdní vlastnosti ovlivňují ještě jiné faktory, které nemohly být v analýze celorepublikového měřítka zohledněny. Mohou to být např. zemědělské plodiny pěstované v jednotlivých letech nebo management půdy v jednotlivých letech v kombinaci se specifickým průběhem počasí v dané sezóně.



Obr. 11 Vennův diagram: vysvětlená variabilita skupinami faktorů (i) charakteristiky farem (ii) env. faktory, (iii) prostorová variabilita. Číselné hodnoty reprezentují procento vysvětlené variability v datech vstupujících do analýzy (soubor půdních vlastností). Celková variabilita vysvětlená zvolenými faktory je 30 %.

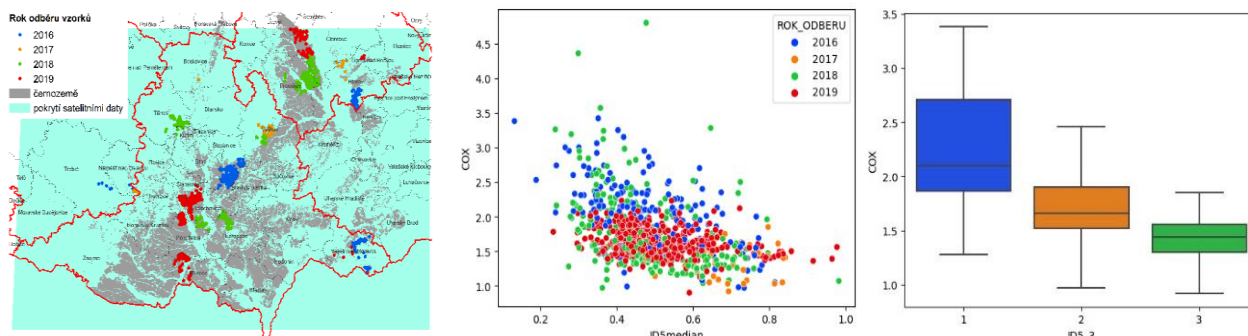
Pro přehlednost je na obr. 12 uveden příklad trendů pH půd černozemního typu v závislosti na velikosti DPB a velikosti hospodařícího subjektu (farmy): acidifikační trend je patrný napříč velikostí DPB, v průměru vyšší míru acidifikace vidíme u zemědělských podniků obhospodařujících více než 5000 ha. Pro relevantní závěr je však potřeba další strukturovaná analýza.



Obr. 12 Půdní reakce (pH/KCl): časová dynamika dle velikosti dílu půdního bloku v ha (vlevo) a velikosti hospodařícího subjektu v ha (vpravo; A: do 100 ha, B: 100-1.000 ha, C: 1.000 – 5.000 ha, D: 5.000 – 10.000 ha, E: nad 10.000 ha).

Obecně lze konstatovat, že data AZPP přes jistou specifičnost metodiky odběru (směsný vzorek, geografická identifikace odběru, schematické rozmístění na DPB) jsou dobrým nástrojem pro hodnocení časového trendu půdních vlastností. Prozatím nebyl nalezen způsob z důvodu nedostupnosti relevantních dat, jak na celorepublikové úrovni vyhodnotit vliv vlastnictví půdy (hypotetický odlišný management) na její kvalitu.

V návaznosti (s přesahem do **WP C2**) byl metodicky testován vztah obsahu organického uhlíku (Cox), stanoveného v rámci AZZP, ke spektrální reflektanci satelitních snímků programu Copernicus v kategoriích aktuální míry eroze (škála od erodované po akumulční fázi). Předběžné výsledky ukazují na potenciál využití metod DPZ pro detekci míry eroze a zároveň metodická úskalí (standardizace hodnot v jednotlivých spektrálních pásmech mezi časově odlišnými snímky, odlišná detekovatelnost Cox z odlišně drsných povrchů v závislosti na managementu půdy a fázi v osevním postupu, aj.). V souladu s naplánovanými aktivitami je postupně doplňována spektrální databáze půdních vlastností.



Obr. 13 Obsah organického uhlíku (Cox, data AZZP) a potenciál jeho detekce: distribuce odběrových míst v geografické části Moravy v jednotlivých letech (vlevo); vztah Cox ke spektrálnímu indexu ID6 v jednotlivých letech (uprostřed); statisticky významně (ANOVA, Tukey HSD, $p < 0,001$) rozlišitelné erozní fáze (akumulovaná, přechodová, erodovaná (vpravo).

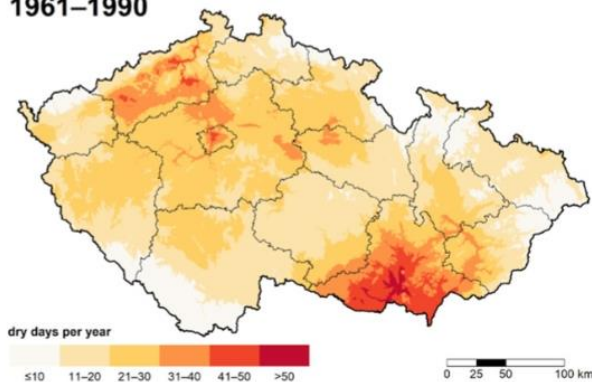
V případě aktivity **WA C1.2 Predikce vývoje půdních vlastností a ZPF** byl na konci roku 2023 finalizován plánovaný výstup SS02030018-V44 Scénáře budoucího klimatu. Ty byly spočítány s rozlišením 2,3 km s využitím konfigurace předpovědního modelu Aladin/CHMÚ, se kterým se sdílela většina modelových nastavení. Výstupy byly párovány po 6 h s globálním systémem CNRM-ESM2-1 (Météo France), který má 67x menší rozlišení. Jedná se o podstatný rozdíl oproti regionálním klimatickým modelům CORDEX pracujících nezávisle na globálním systému. Byly spočítány modelové hodnoty pro dva scénáře socioekonomického vývoje SSP5-8.5 (využívání fosilních paliv bude pokračovat s výrazným růstem CO₂) a SSP2-4.5 (střední scénář s pouze mírným růstem CO₂). Byly spočítány denní hodnoty sumy srážek, průměrné denní teploty vzduchu, denní minimální a maximální teploty vzduchu. Bias korekcemi byly v říjnu upraveny denní data pro scénář SSP5-8.5 a v prosinci byly dokončovány bias korekce denních dat pro scénář SSP2-4.5. Z denních dat pro scénář SSP5-8.5, kde již proběhla bias korekce dat byly spočítány měsíční průměrné teploty vzduchu, sumy srážek, minimální a maximální teploty vzduchu.

Vzhledem k velkému objemu scénářových dat (1 rok/denní prvek cca 20 GB) je připravováno společné úložiště dostupné pro všechny řešitele napříč projektem DivLand s podrobným popisem metadat. Kromě denních dat zde budou dostupná i měsíční data - průměrné teploty vzduchu, sumy srážek, minimální a maximální teploty vzduchu.

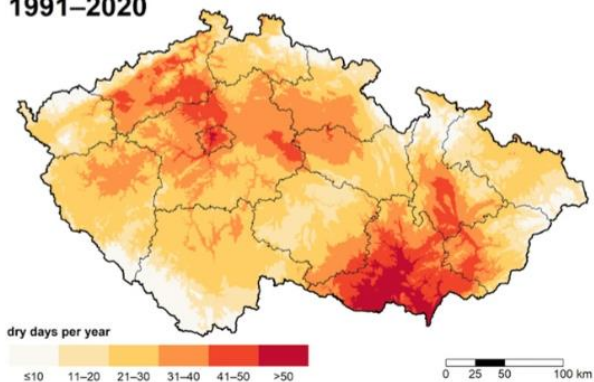
Dále byla zpracována pilotní studie hodnotící dopady změny klimatu na tradiční aromatický chmel v Evropě s využitím scénářových dat budoucího klimatu. Studie vyšla v prestižním časopise *Nature Communications* (Možný et al. 2023a). Pokračovalo rovněž zpracování klimatologických charakteristik pro historická období 1961–1990 a 1991–2020 (mapy s rozlišením 500 x 500 m), včetně ukázky trendů jednotlivých prvků (teplotní a srážkové charakteristiky, půdní sucho) v období 1961–1990 a posunu produkčních oblastí (obr. 14, obr. 15). Výsledky byly uveřejněny v časopise *Climate* (Možný et al. 2023b). Dále byly uveřejněny studie ukazující konkrétní fenologické změny u rostlin vlivem změn klimatu (Hájková et al. 2023a,b).

Syntetizující výstup balíčku představuje aktivita **WA C1.3 Typologie agrosystémů** z hlediska jejich zranitelnosti – její zpracování bude navazovat na scénáře vývoje půdních vlastností.

1961–1990

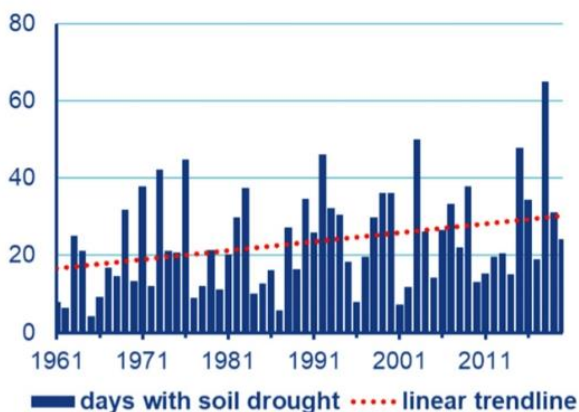
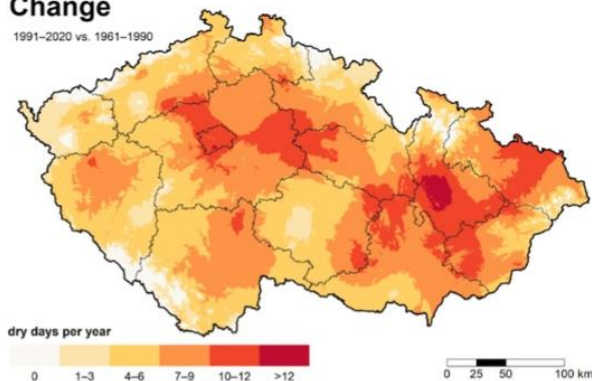


1991–2020

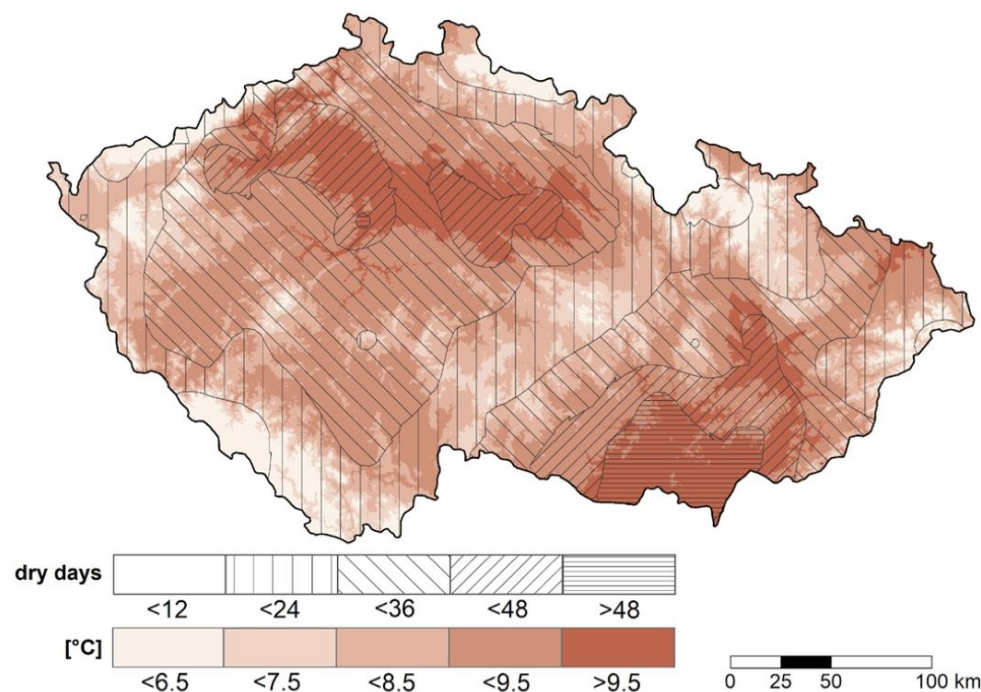


Change

1991–2020 vs. 1961–1990



Obr. 14 Ukázka výstupů zpracování modelového počtu dnů s půdním suchem ve vrstvě 0–40 cm v období 1961–1990 a 1991–2020 v České republice, včetně hodnocení změn a trendu.



Obr. 15 Výskyt půdního sucha v porovnání s průměrnou roční teplotou v ČR v období 1991–2020.

Dosavadní výstupy

V roce 2023 byly na ČZU obhájeny dvě bakalářské práce zaměřené na vývoj půdních vlastností od doby realizace Komplexního průzkumu zemědělských půd do současnosti (Dlouhodobá změna sorpčních vlastností u zemědělských půd – Barbora Frýdová a Dlouhodobá změna obsahu humusu v ornici zemědělských půd – Kristýna Klířová).

- Pavlů, L., Penížek, V., Zádorová, T., Žížala, D., Houška, J., Borůvka, L. 2023. Soil cover change since Systematic Agricultural Soil Survey in the 1960s – Czech Republic. In Bořivoj Šarapatka, Marek Bednář and Patrik Netopil (Eds.) ADAPTATION STRATEGIES FOR SOIL AND WATER CONSERVATION IN A CHANGING WORLD Proceedings, Palacký University Olomouc, 2023 (p. 113-114).
- Houška, J., Šipoš, J., Kaláb, O., Vašát, R., Pavlů, L., Penížek, V., Bednář, M., Václavík, T., Šarapatka, B., Borůvka, L. 2023. Long-term agrochemical testing of agricultural soils related to natural and socio-economic conditions of Czech Republic. In Bořivoj Šarapatka, Marek Bednář and Patrik Netopil (Eds.) ADAPTATION STRATEGIES FOR SOIL AND WATER CONSERVATION IN A CHANGING WORLD Proceedings, Palacký University Olomouc, 2023 (p. 93-95).
- BINEY, J. K. M., HOUŠKA, J., VOLÁNEK, J., ABEBRESE, D. K., ČERVENKA, J. (2023). Examining the influence of bare soil UAV imagery combined with auxiliary datasets to estimate and map soil organic carbon distribution in an erosion-prone agricultural field. *Science of The Total Environment*, 870, 161973.doi:
- Mozny M, Trnka M, Vlach V, Zalud Z, Cejka T, Hajkova L, Potopova V, Semenov MA, Semeradova D, Büntgen U (2023a) Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nat Commun* 14:6028. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5>
- Hájková L, Možný M, Oušková V, Musilová A, Vlach V, Dížková P, Bartošová L, Žalud Z (2023a) Common snowdrop as a climate change bioindicator in Czechia. *Int J Biometeorol* 67:465–473. <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02426-2>
- Hájková L, Možný M, Oušková V, Žalud Z (2023b) Change in *Carpinus betulus* flowering in the Czech Republic. *Scandinavian Journal of Forest Research* 38:506–512. <https://doi.org/10.1080/02827581.2023.2245334>
- Mozny M, Hajkova L, Vlach V, Ouskova V, Musilova A (2023b) Changing Climatic Conditions in Czechia Require Adaptation Measures in Agriculture. *Climate* 11:210. <https://doi.org/10.3390/cli11100210>
- Martin Mozny, Vojtech Vlach, Lenka Hajkova, Adela Musilova, and Veronika Ouskova. Assessment of drought severity in the Czech Republic from 1961 to 2022. EMS Bratislava, 3-8 September 2023. Poster EMS2023-140.
- Lenka Hájková, Veronika Oušková, Vojtěch Vlach, Adéla Musilová, and Martin Možný. Differences in the shift of phenological phases of field crops and wild plants in the Czech Republic from 1961 to 2022. EMS Bratislava, 3-8 September 2023. Poster EMS2023-203.

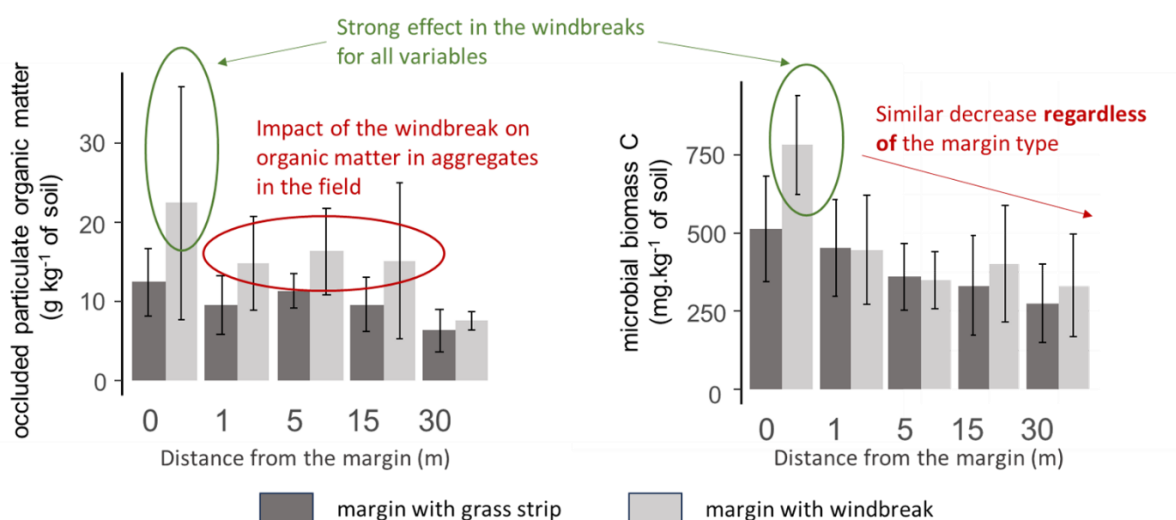
Plán dalšího postupu

V roce 2024 bude provedeno detailnější hodnocení modelových území z hlediska změny struktury krajiny, které by mělo doplnit parametry objasňující změny půdních vlastností a propojit informace získané touto studií a analýzy dat AZZP. Vlastní analýzy dat AZZP budou po metodické optimalizaci na základě pilotní studie situované na půdy černozemního typu v JmK zpracovány postupně pro celou oblast ČR a všechny skupiny genetických typů půd (agregovaných HPJ). Komunikován bude také návrh na optimalizaci metodiky vzorkování půd v rámci AZZP a využití monitoringu pro účely implementace směrnice Evropské komise Directive on soil monitoring and resilience. V roce 2024 bude rovněž zprovozněno úložiště se scénářovými daty budoucího vývoje klimatu do roku 2100. Půjde o denní a měsíční data teplot a srážek pro dva scénáře SSP5-8.5 a SSP2-4.5. V průběhu roku se budou zpracovávat vybrané počítané charakteristiky/indexy z meteorologických prvků. Klimatické parametry budou použity pro vytvoření nové rajonizace klimatických parametrů a pro popis budoucího vývoje klimatických podmínek. Plánovaný metodický postup pro modelování vývoje chemických půdních vlastností bude založen na analýze půdních dat z KPP, rastrových dat půdních vlastností, bodových dat AZZP a dat BPEJ nad klimatickými daty z období 1961–1990 a 1991–2020 (mapy s rozlišením 500 x 500 m). Budou hledány vztahy půdních vlastností a jednotek a jejich prostorová regionalizace pomocí pokročilých pedometrických metod tak, aby mohly být zjištěné vazby použity jako trénovací soubory pro následné modelování změn půdních vlastností pro současná klimatická data a předpovědní klimatické modely pro období s výhledem do 2100.

Analýzy se zaměří na hledání prostorového posunu klimaticky definovaných regionů v návaznosti na půdní vlastnosti a možné uplatnění pedotransferových pravidel do těchto změněných regionů a také následnou predikci půdních vlastností. V rámci predikce změn půdních vlastností bude pracováno se scénáři změn klimatických charakteristik pro jednotlivá období 2021–2050 a 2071–2100. Do analýz změn půdních vlastností budou zapojeny i scénáře zohledňující vliv managementu zemědělské půdy. Navržených indikátorů komplexního hodnocení systémů hospodaření bude dále využito pro vytvoření typologie agrosystémů z hlediska jejich zranitelnosti v kombinaci s modely vývoje klimatu a půdních vlastností (viz výše) – práce započnou pravděpodobně až na přelomu let 2024/2025.

WP C2 KLÍČOVÉ PŮDNÍ VLASTNOSTI A PROCESY

V rámci výzkumu půdní biodiverzity zastřešené aktivitou **WA C2.1 Půdní biodiverzita** probíhaly v roce 2023 studie vlivu větrolamů (laboratorní analýzy a vyhodnocování výsledků) na půdu a půdní biotu, která byla studována v různých vzdálenostech od větrolamů a zároveň v různých vzdálenostech od okraje polí bez větrolamů na logaritmické škále. Ukázalo se, že blízkost větrolamů (až do vzdálenosti 30 m) zvyšuje množství organické hmoty v půdě zejména pak POM (*particulate organic matter*), v menší míře i množství mikrobiální biomasy. Dále se zdá, že existuje obecný okrajový efekt, který není specificky spojen s přítomností větrolamu – viz obr. 16.



Obr. 16 Množství organické hmoty chráněné v půdních agregátech (vlevo) a mikrobiální biomasa (vpravo) na transektu kolmém k okraji pole buď s (margin with windbreak) nebo bez (margin with grass strip) větrolamů.

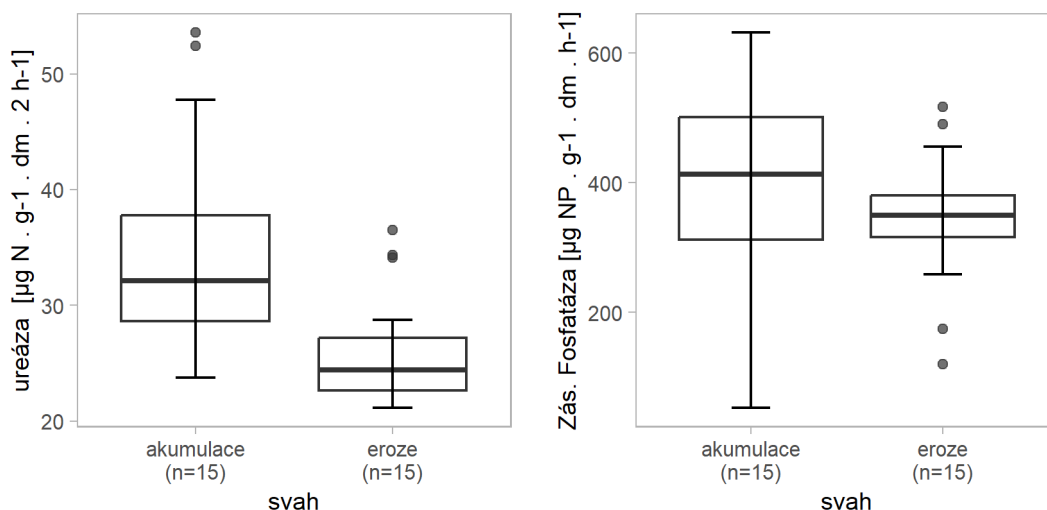
Zároveň byly analyzovány vzorky z plantáží energetických dřevin na orné půdě různého stáří a dále na půdě, kde byly tyto plantáže rušeny (a to před a po zrušení). Tyto odběry jsou součástí sledování dlouhodobého dopadu energetických dřevin pěstovaných na orné půdě, a půdu a půdní organismy. Pokračovaly studie vlivu osevních postupů na půdní biotu, zejména se pracovalo na porovnání vlivu dlouhodobé monokultury s pěstováním plodin v norfolkském osevním postupu (přesah do WP C3).

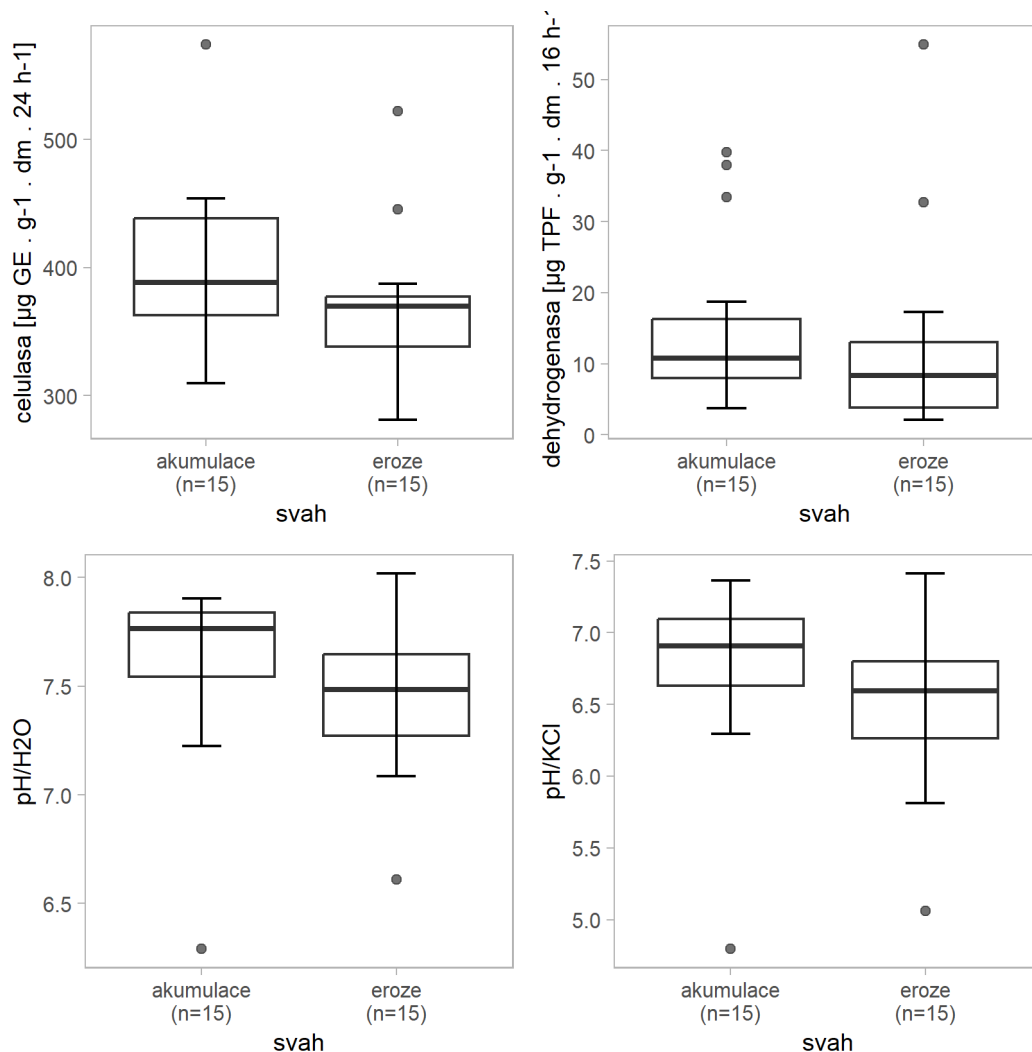
V modelových pokusech byl sledován vliv kvality organické hmoty vstupující do půdy a půdní bioty na hromadění půdní organické hmoty. Ukázalo se, že u půd, které mají výrazný deficit organického uhlíku, podporuje hromadění půdní organické hmoty přísun snadno rozložitelného opadu a činnost žížal. Naproti tomu u půd, které jsou saturovány uhlíkem, nabývá v tomto směru na významu kvalita opadu. Bylo také založeno několik manipulačních pokusů sledujících vliv půdní fauny (zejména žížal), klimatu a kvality opadu na dynamiku půdní organické hmoty a byly provedeny první odběry některých podobných pokusů založených v minulých letech. Tyto pokusy ukazují na velký význam minerální složky půd zejména druhu jílových minerálů na akumulaci organické hmoty. Ukázalo se rovněž, že bioturbace půdní fauny je významná nejen pro hromadění minerálně asociované organické hmoty, ale též labilních složek půdní organické hmoty. Jako součást přípravných prací k návrhu monitoringu byl též zpracován rozsáhlejší přehledový článek o zpětnovazebných mechanismech mezi půdou, vegetací a půdními organismy.

Pokračovaly práce na přípravě návrhu monitoringu půdní biodiverzity v podobě rešerše dostupné vědecké literatury a podobných metodik v evropských zemích a souvisejících předpisů (včetně návrhu Directive on soil monitoring and resilience). Některé evropské země (Nizozemsko, Německo, Francie) mají biologické parametry jako součást dlouhodobého monitoringu půd. Z rešerše lze vyvodit základní principy, na kterých by měl být navrhovaný monitoring postaven: (i) definice vhodných skupin organismů a standardních laboratorních analýz, které by měly být dostatečně prozkoumané, ekologicky diverzifikované (různé ekologické strategie) a metodicky dobře uchopitelné (žížaly, celková mesofauna, chvostokoci, mikrobiální respirace a mikrobiální biomasa); (ii) Pro tento monitoring řešitelský tým silně doporučuje kombinovat stávající dlouhodobá měření (možnost hodnocení dlouhodobého trendu): ÚKZÚZ provádí sledování mikrobiálních vlastností na orné a zatravněné půdě od roku 1999 (57 sledovaných lokalit), a Ústav půdní biologie a biogeochemie BC AV ČR má k dispozici více než 70 ploch s výchozími daty z 90. let minulého století. Navrhujeme založit monitoring na kombinaci těchto ploch, z nichž by se vybralo cca 120 ploch, které by mohly být sledovány ve tříletých intervalech. Tak by se každý rok sledovala a analyzovala třetina ploch (40), což je zároveň v praxi realizovatelné a finančně udržitelné.

V rámci aktivity **WA C2.2 Eroze a další faktory degradace půd jsou** na kambizemích jako nejrozšířenějším půdním typu v ČR aplikovány metodické postupy vlivu erozních procesů na půdní vlastnosti, které byly dříve využívány zejména na černozemních půdách. Na lokalitách v okrese Jihlava (Horní Kosov) a Třebíč byly na vybraných blocích odebrány vzorky půdy z erozních a akumulčních částí svahu a v těchto jsou následně analyzovány vybrané fyzikální, chemické a biologické (biochemické) vlastnosti půdy. Pro ukázkou statistického vyhodnocení odlišnosti podle pozice na svahu byly vybrány následující půdní vlastnosti sledované v roce 2023: biologické (enzymatické) – ureáza, fosfatáza, nitrátdehydrogenáza a další, resp. chemické vlastnosti - vodivost, pH aktivní a výměnné. Na vyhodnocení výsledků byl použit neparametrický test KruskalWallise.

Z hodnocení výsledků vychází statisticky průkazně na hladině významnosti p nižší než 0,05 pouze proměnná aktivita ureázy a průkazně na hladině významnosti nižší než 0,2 jsou průkazné proměnné aktivity celulózy a dehydrogenázy a pH výměnné a aktivní. Soubor bude následně rozšířen o další půdní vlastnosti kambizemí v dalším období. Dále pokračovaly práce na monitoringu eroze a depozice pomocí umělého povodí FALCON a zpracování dosavadních výsledků (vyhodnocení míry eroze na základě podrobných digitálních modelů terénu pořízených z dronů pomocí LiDARové technologie).



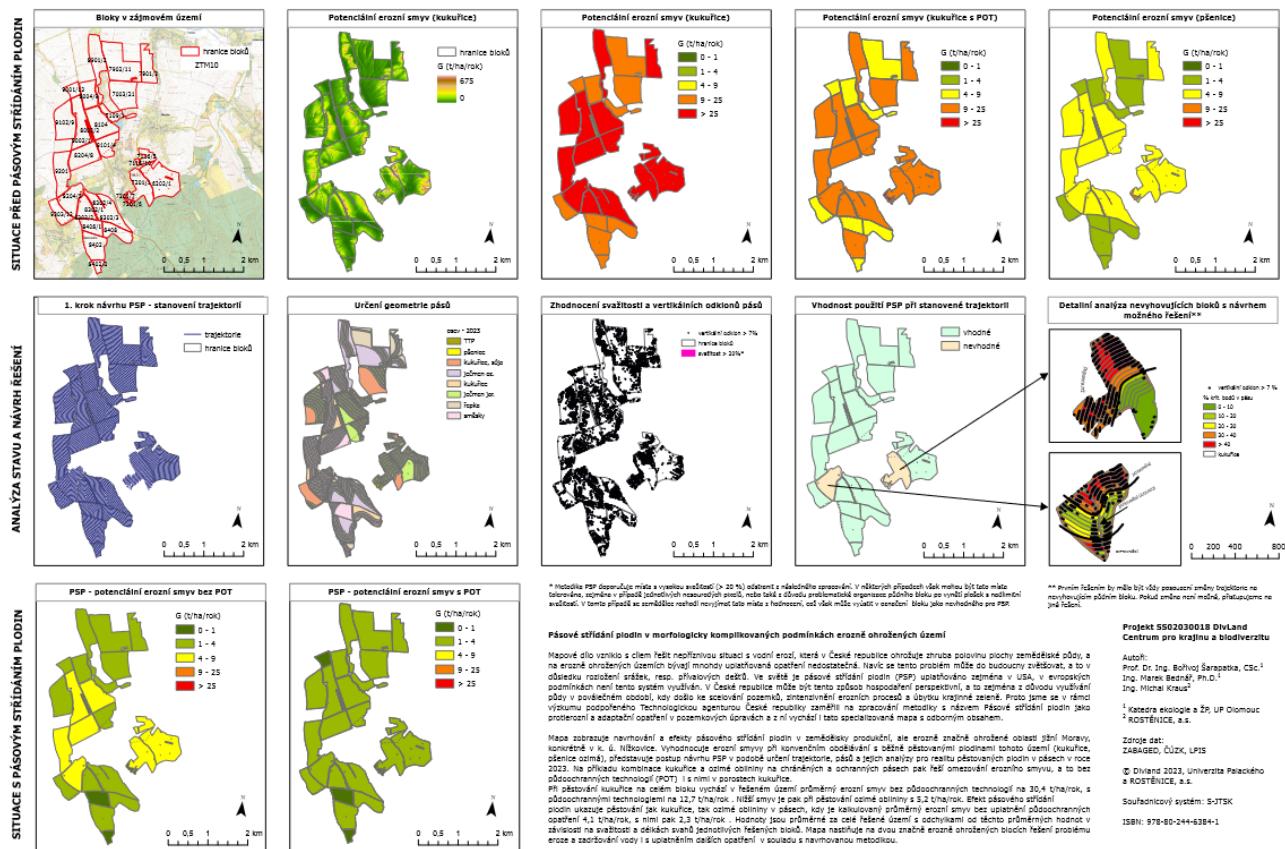


Obr. 17 Krabicové diagramy proměnných na hladině významnosti $p = 0,02$.

V roce 2023 byl v rámci nově připravované metodiky protierozní ochrany stanoven závazný výpočet LS faktoru. Dnes standardně používané metody poskytují cenné informace o celkovém zatížení půdních bloků jako celků, na přesnější lokalizaci však nelze vzhledem k jejich příliš empirickému charakteru příliš spoléhat. Z tohoto důvodu je nyní pozornost zaměřena na inovaci používaných metod, které by umožnily přesnější lokalizaci erozního zatížení v rámci vybraného bloku. Na rozdíl od stávajících postupů by inovovaná metoda zohledňovala i časové hledisko posunu transponovaných částic, a tím by se blíže posunula od empirického k přesnějšímu fyzikálnímu určení.

Dalším milníkem výzkumu bylo zpracování metodiky pásového střídání plodin a v roce 2023 pak zejména její praktické uplatnění v konkrétních podmínkách. Efekty jsou znázorněny ve specializované mapě s odborným obsahem, která byla certifikována Státním pozemkovým úřadem (výsledek SS02030018-V51). Mapa zobrazuje navrhování a efekty pásového střídání plodin v zemědělsky produkční, ale erozně značně ohrožené oblasti. Vyhodnocuje erozní smyvy při pěstování dominantních plodin tohoto území, představuje trajektorie obdělávání půdy, návrhy pásů a realitu pěstovaných plodin v pásech v roce 2023. Na příkladu kombinace těchto plodin pěstovaných v roce 2023 na chráněných a ochranných pásech řeší omezování erozního smyvu, a to bez půdoochranných technologií i s nimi. Na dvou značně svažitéch blocích nastiňuje řešení problému eroze a zadržování vody i s uplatněním dalších opatření. Z výstupu je zřejmý význam technologie pásového střídání plodin pro zmírňování eroze při kombinaci běžně pěstovaných plodin, a to bez půdoochranných technologií, a ještě výrazněji při jejich uplatnění. V souvislosti s optimalizací struktury půdních bloků a v návaznosti na pásové střídání plodin je finalizována certifikovaná metodika ve spolupráci s MŽP, MZe a se zemědělskou praxí.

Pásové střídání plodin v morfologicky komplikovaných podmínkách erozně ohrožených území



Obr. 18 Pásové střídání plodin v morfologicky komplikovaných podmínkách erozně ohrožených území.

V rámci výzkumných činností aktivity **WA C2.3 Retenční potenciál půd a krajiny** byly v roce 2023 upraveny parametry multikriteriální analýzy výběru potenciálních ploch pro realizaci malých vodních nádrží a jiných přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině. V souvislosti s návrhy a potenciální realizací malých vodních ploch probíhá nyní mezioborová diskuse s odborníky na botaniku, zoologii a hydrobiologii. Výsledkem by mohl být synergický postup pro řešení otázek retence vody v krajině s podporou a zvyšováním druhové diversity, např. vytvořením tzv. polních mokřadů, které mají prostorově i časově nestálý charakter. Na základě této komunikace bude upravena multikriteriální analýza výběru potenciálních ploch vhodných pro realizaci opatření s cílem retence vody v krajině. Dále bylo provedeno celorepublikové online dotazníkové šetření na téma: Zemědělské hospodaření a zlepšení vodního režimu v krajině očima zemědělce. Výsledky jsou průběžně zpracovávány. Významnou aktivitou balíčku bylo také zpracování tzv. faremních archetypů. Pro ČR byla na základě upravené metodiky FADN s využitím evropských statistických dat provedena klasifikace jednotlivých zemědělských subjektů do kategorií ekonomické velikosti a typologie farmy. Získané výsledky mohou dále posloužit pro následné geografické analýzy ve vztahu např. k půdním vlastnostem (přesah do **WP C1**).

Dosavadní výstupy

- SS02030018-V51 Pásové střídání plodin v morfologicky komplikovaných podmínkách erozně ohrožených území (Nmap - specializovaná mapa s odborným obsahem)
- ABEBRESE, D. K., BINEY, J. K. M., SERDAR, K. R., BAŤKOVÁ, K., HOUŠKA, J., MATULA, S., BADRELDIN, N., TRUNEH, L.A., SHAWULA, T. A. (2023). Estimating the spatial distribution of soil volumetric water content in an agricultural field employing remote sensing and other auxiliary data under different tillage management practices. Soil Use and Management. doi: 10.1111/sum.12981

- Bednář, M.; Šarapatka, B.; Netopil, P.; Zeidler, M.; Hanousek, T.; Homolová, L. The Use of Spectral Indices to Recognize Waterlogged Agricultural Land in South Moravia, Czech Republic. *Agriculture* 2023, 13, 287. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020287>
- Bednář, M., Netopil, P., Šarapatka, B. (2023): The potential of hyperspectral aerial surveys for identifying waterlogged areas in agricultural landscapes. In: Šarapatka, B., Bednář, M., Netopil, P. (Eds.): Adaptation strategies for soil and water conservation in a changing world. Palacký University Press: p. 82. ISBN 978-80-244-6318-6.
- Gebhart, M., Dumbrovský, M., Šarapatka, B., Drbal, K., Bednář, M., Kapička, J., Pavlík, F., Kottová, B., Zástěra, V., Muchová, Z. (2023): Evaluation of Monitored Erosion Events in the Context of Characteristics of Source Areas in Czech Conditions. *Agronomy* 13, 256. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010256>.
- Horňák, O., Šarapatka, B., Machač, O., Mock, A., Tuf, I. H. (2023): Characteristics of Fragments of Woodland and Their Influence on the Distribution of Soil Fauna in Agricultural Landscape. *Diversity* 15, 488. <https://doi.org/10.3390/d15040488>.
- Šarapatka, B., Tuf, I. H., Chmelík, V. (2023): The influence of water erosion on soil fauna and the planning of measures to protect soil quality and biodiversity. Proceedings, International Scientific Agricultural Symposium Agrosym 2023, p. 448, ISBN 978-99976-987-7-3.
- Šarapatka, B., Bednář, M. (2023): Soil degradation by water erosion and proposals for landscape restructuring using strip cropping. In: Proceedings, 5th International Conference of SCSi, New Delhi, India, p. 253.
- Šarapatka, B., Bednář, M. (2023): Protecting soil and increasing biodiversity in the Czech Republic: An approach based on landscape connectivity and erosion modelling. In: Soil in the changing world. Proceedings, 31st congress of the Soil science society of Poland, p. 68.
- Šarapatka, B., Bednář, M., Černohorský, J. (2023): The effects of water erosion on soil properties and crop yield in a highly exploited agricultural area of South Moravia, Czech Republic. In: Šarapatka, B., Bednář, M., Netopil, P. (Eds.): Adaptation strategies for soil and water conservation in a changing world. Palacký University Press: 54-55. ISBN 978-80-244-6318-6.
- Frouz J., Cajthaml T., 2023. Do earthworm and litter inputs promote decomposition or stabilization of cryoturnated organic matter from melted permafrost? *European Journal of Soil Biology*, 119, 103568, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2023.103568>.
- Véle, A.; Frouz, J. 2023. Bark Beetle Attacks Reduce Survival of Wood Ant Nests. *Forests* 14, 199. <https://doi.org/10.3390/f14020199>.
- Frouz J. 2024. Plant-soil feedback across spatiotemporal scales from immediate effects to legacy. *Soil Biology and Biochemistry* 189: 109289. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109289>.
- Netopil, P., Bednář, M., Šarapatka, B., Pavelková, R. (2023): Multikriteriální analýza jako nástroj pro výběr lokalit malých vodních ploch v zemědělské krajině. In: Rybníky 2023, Česká společnost krajinných inženýrů: 1-9. ISBN 978-80-01-07269-1.

Plán dalšího postupu

V roce 2024 bude pokračovat hodnocení vybraných půdních vlastností, včetně biologických v systému pásového střídání plodin, a to nejen u jednotlivých plodin v různých polohách na svahu (erozní a akumulční), ale i na neproduktivních plochách, které mají řadu mimoprodukčních funkcí v krajině. U travních porostů bude řešena i problematika C faktoru pro výpočet ztráty půdy erozí. Dále bude pokračovat optimalizace modelů eroze s využitím ABM modelování v prostředí Netlogo. Budou rozšířeny již stávající varianty dělení půdních bloků a stávající postup horizontálního odnosu částic rozšířen i o modelaci vertikálních struktur. Výsledky budou ověřovány na základě v minulosti odebraných půdních vzorků v podobě izotopu ¹²⁷Cs. Budou pokračovat práce na kalibraci vah MKA pro jednotlivé zemědělské výrobní oblasti. Výsledné hodnocení by mohlo ještě více upřesnit lokalizace vhodných míst pro realizaci malých vodních ploch. Navazovat budou i aktivity související s inovací LS faktoru, výstupem bude Metodika stanovení potenciální eroze pro nehomogenní pokryv, zohledňující vliv různých plodin na povrchový odtok s možným využitím pro protierozní ochranu (typ NmetS). Druhým plánovaným výstupem je Návrh systému hodnocení monitoringu půdní bioty.

WP C3 MANAGEMENT AGROSYSTÉMŮ A OCHRANA PŮDY

V rámci aktivity **WA C3.1 Agrotechnická opatření** byly v roce 2023 vyhodnoceny některé výsledky z dlouhodobých polních pokusů na lokalitě Žabčice. Cílem bylo vyhodnotit vliv osevního postupu (předplodiny) a různého zpracování půdy na výnosy ozimé pšenice, jarního ječmene a kukuřice na zrno v pokusných letech 2020–2022. Průměrné hodnoty za jednotlivé faktory u všech plodin jsou uvedeny v tab. 2. V daných pokusných letech se na výši výnosu všech plodin projevil statisticky významně vliv ročníku, u kukuřice na zrno se statisticky významně projevil také vliv osevního postupu a u ozimé pšenice vliv osevního postupu i zpracování půdy. Z výsledků pokusů na modelové lokalitě, ale i z řady dalších polních pokusů je v posledních dekádách zřejmé, že vliv ročníku začíná být silně dominantním faktorem při pěstování polních plodin. To potvrzují i naše tříleté výsledky, kdy lze pozorovat velkou ročníkovou variabilitu. S průběhem ročníku souvisí i vliv osevního postupu, resp. předplodiny, kde zejména u ozimé pšenice vidíme propad výnosů u monokultury v roce 2021 i 2022, kdy se porosty vyznačovaly nízkým počtem klasů a zrno nízkou hmotností tisíce zrn oproti ozimé pšenici pěstované v osevním postupu Norfolk. Výsledky potvrzují, že ozimá pšenice je velmi náročná plodina zejména na předplodinu. V suchých a teplejších podmínkách se lépe uplatňují technologické postupy s nižší intenzitou zpracování půdy, které lépe hospodaří s půdní vodou. Potvrzují to výsledky s výnosy jarního ječmene i kukuřice na zrno při pěstování v osevním postupu Norfolk. Naopak u monokultur obou plodin se v hodnocených letech lépe projevila orba.

Rok		Osevní postup		Zpracování půdy	
Ozimá pšenice					
2020	9,10	Norfolk	9,94	Orba	8,76
2021	8,06	Monokultura	7,04	Mělké kypření	8,22
2022	8,31				
Kukuřice na zrno					
2020	12,19	Norfolk	11,00	Orba	10,59
2021	12,47	Monokultura	9,91	Mělké kypření	10,32
2022	6,71				
Jarní ječmen					
2020	7,60	Norfolk	6,25	Orba	6,15
2021	7,11	Monokultura	6,29	Mělké kypření	6,39
2022	4,09				

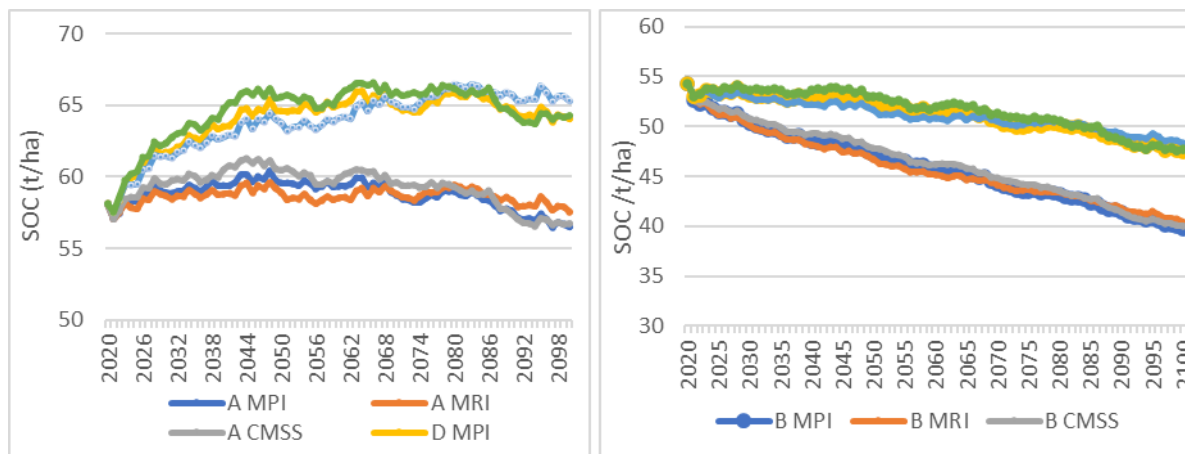
Tab. 2 Průměrné výnosy zrna ozimé pšenice, jarního ječmene a kukuřice na zrno (t/ha), Žabčice 2020–2022

Agrotechnické postupy jako součást zemědělských systémů v návaznosti na změnu klimatu v posledních desetiletích ovlivnily sekvestraci uhlíku v půdě. Kromě změny klimatu je míra sekvestrace uhlíku ovlivněna typem půdy, charakterem pěstovaných plodin a managementem rostlinných zbytků. Dlouhodobé polní experimenty poskytují soubor dat (1972–2020) pro modelování, které může pomoci monitorovat a předpovídat změny v zásobách uhlíku v půdě v různých zemědělských systémech. Model RothC-26.3 byl použit k simulaci změn zásob uhlíku v monokultuře jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.) a norfolkském osevním postupu. Celkem byly modelovány čtyři managementy v monokultuře a šest v Norfolku. Byly použity tři různé globální klimatické scénáře (MPI, MRI a CMSS) představující nejistotu budoucích klimatických podmínek.

U monokultury jarního ječmene byly porovnány čtyři scénáře různých managementů (A–D), kdy byly využity výnosy jarního ječmene za období 1972–2020 a různé varianty zdrojů organické hmoty:

- Management hospodaření (A) – varianta zapravení slámy
- Management hospodaření (B) – varianta sklizená sláma
- Management hospodaření (C) – varianta sklizená sláma, meziplodiny
- Management hospodaření (D) – varianta zapravení slámy, meziplodiny

Předpokládaný vývoj zásoby uhlíku v půdě (SOC) u monokultury jarního ječmene (scénáře managementu hospodaření A–D) při třech různých klimatických scénářích (MPI, MRI, CMSS) jsou znázorněny na obr. 19.

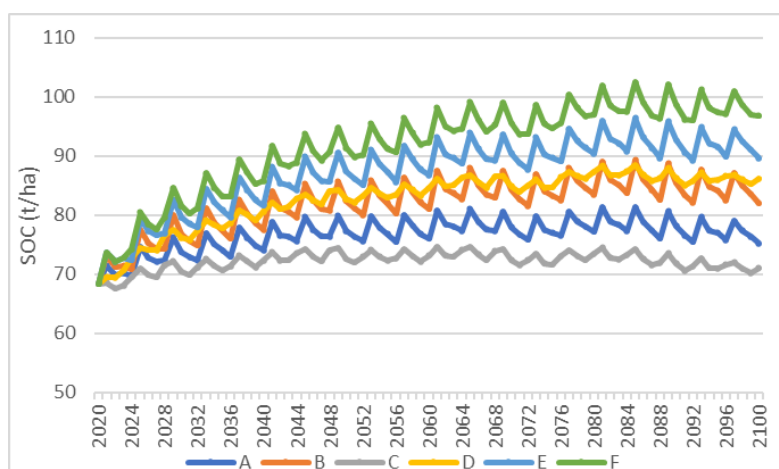


Obr. 19 Předpokládaný vývoj zásoby uhlíku v půdě (SOC) u monokultury jarního ječmene (scénáře managementu hospodaření A–D) při třech různých klimatických scénářích (MPI, MRI, CMSS)

Budoucí scénáře různých managementů (A–F) pro norfolkský osevní postup vychází z výnosů plodin (kukuřice na zrno, jarní ječmen, vojtěška, ozimá pšenice) za období 2000–2020 a různých variant zdrojů organické hmoty:

- Management hospodaření (A) – sláma kukuřice na zrno zapravena, ale sláma ječmene a pšenice sklizena, chlévský hnůj v dávce 25 t/ha,
- Management hospodaření (B) – sláma kukuřice na zrno zapravena, ale sláma ječmene a pšenice sklizena, chlévský hnůj v dávce 40 t/ha,
- Management hospodaření (C) – sláma kukuřice na zrno, sláma ječmene a pšenice zapravena, bez organického hnojení,
- Management hospodaření (D) – sláma kukuřice na zrno, sláma ječmene a pšenice zapravena, bez organického hnojení, využití meziplodin,
- Management hospodaření (E) – sláma kukuřice na zrno zapravena, ale sláma ječmene a pšenice sklizena, chlévský hnůj v dávce 40 t/ha, využití meziplodin,
- Management hospodaření (F) – sláma kukuřice na zrno a pšenice zapravena, ale sláma ječmene sklizena, chlévský hnůj v dávce 40 t/ha.

Předpokládaný vývoj zásoby uhlíku v půdě (SOC) v norfolkském osevním postupu podle 6 scénářů managementu hospodaření (A–F) a klimatického scénáře MPI je znázorněn na obr. 20.



Obr. 20 Předpokládaný vývoj zásoby uhlíku v půdě (SOC) v norfolkském osevním postupu podle 6 scénářů managementu hospodaření (A–F) a klimatického scénáře MPI

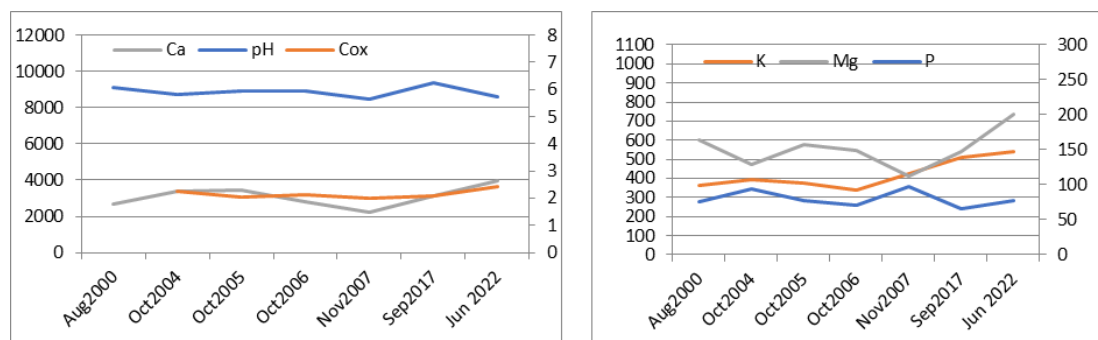
Z dosažených výsledků je patrné, že akumulace uhlíku v půdě závisí především na systémech hospodaření, rostlinných zbytcích a dalších vstupech organické hmoty. Akumulace SOC byla méně ovlivněna změnou klimatu a více agrotechnickými postupy. Všechny modelované scénáře hospodaření potvrdily, že zvýšení sekvestrace uhlíku není možné bez aplikace externích zdrojů organické hmoty, vhodného střídání plodin a vybraných variant hospodaření se slámou.

Cílem aktivity **WA C3.2 Plantáže energetických plodin** je komplexní hodnocení vlivů pěstování porostů energetických plodin (EP) druhé generace, zejména rychle rostoucích dřevin (RRD) a vytrvalých trav na hlavní parametry úrodnosti zemědělských půd včetně problematiky vhodného způsobu zrušení a založení porostů EP z hlediska ochrany půdy. V roce 2023 pokračovalo řešení v následujících činnostech: i) monitoring parametrů půdní úrodnosti v pokusných porostech energetických plodin pro sledování parametrů půdní úrodnosti a biodiverzity (návaznost na činnosti **WA C2.1**), ii) příprava experimentálního rušení výmladkové plantáže RRD včetně ekonomického a biologického zhodnocení a iii) druhá zadešťovací zkouška porostu energetických plodin (spolupráce s VÚMOP, návaznost na činnosti **WA C2.2**).

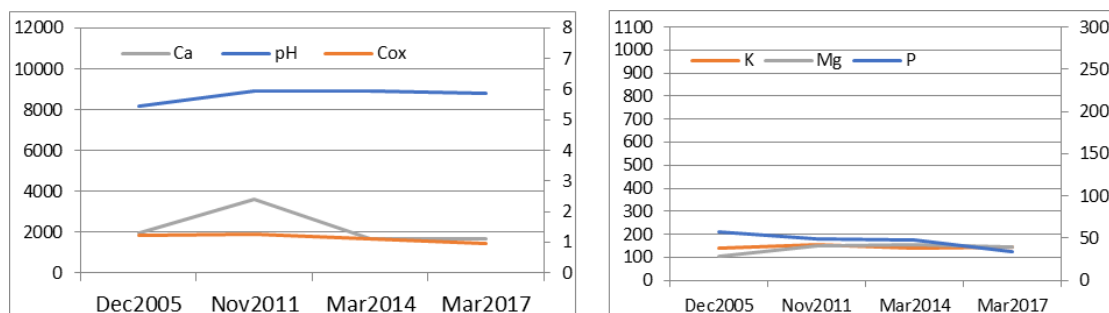
Monitoring parametrů půdní úrodnosti v pokusných porostech energetických plodin

Během roku probíhalo vyhodnocování půdních vzorků odebraných v 17 dlouhodobě sledovaných porostech rychle rostoucích dřevin pěstovaných výmladkovým způsobem, konkrétně se jednalo o stanoviště Peklov u Kladna (3 typy), Dalovice u K. Varů, Libědice, Štěnovice, Stachy, Nová Olešná, Dešná, Stáj u Jihlavy, Horní Ředice, Vícov u Plumlova, Krásný Les u Frýdlantu, Michovky (4x – MichStach, MichHnoj, MichPlant, MichArch). Směsné vzorky půdy (po 4–5 sondách) byly odebírány ve dvou horizontech (ornice 5–15 a podorniči 50–60 cm) a jako kontrolní vzorek byly použity půdy na pozemcích v těsném sousedství – na orné půdě nebo TTP podle místní situace. Výsledky analýz živin a dalších parametrů půdní úrodnosti (P, Mg, K, Ca, pH, Cox) byly provedeny v laboratořích VÚMOP. Výsledky zatím potvrzují předešlé zkušenosti, vliv výmladkových plantáží RRD na hlavní charakteristiky zemědělských půd se zdá být poměrně málo výrazný v průměru všech lokalit, a to jak z hlediska dynamiky změn v čase nebo při srovnání se sousedními kulturami (RRD x TTP, OP). Je však zřejmé, že v některých lokalitách je zaznamenán vliv mírně pozitivní, zlepšující (např. nárůst Cox; vyšší vodostálost půdních agregátů) a jinde mírně zhoršující (úbytek P, Ca, pokles pH), pravděpodobně kombinací různých místních vlivů zejména přírodních a antropických podmínek (podloží, voda, klima, hospodaření). Nejvýraznější zlepšení půdních parametrů bylo zjištěno v „agrolesnické variantě“ výmladkové plantáže RRD s chovem drůbeže (Nová Olešná), kde se zvýšily všechny sledované parametry. Ukázky výsledků ze stanoviště odlišných lokalit jsou uvedeny na obr. 21.

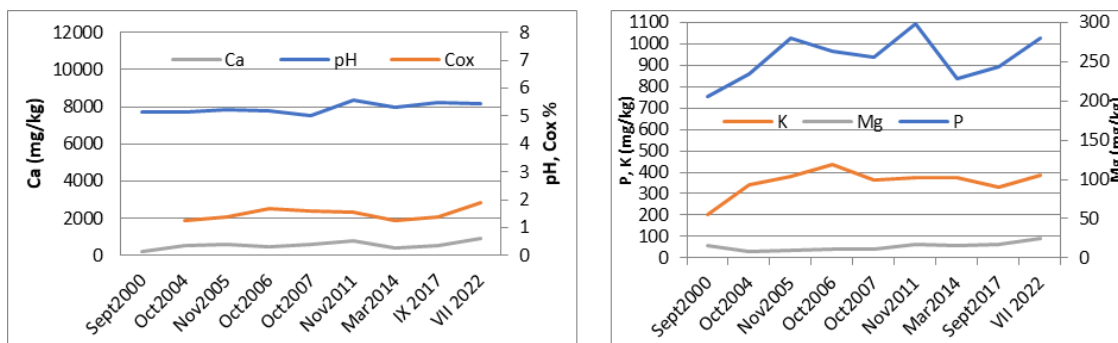
Libědice



Michovky (MichSuch)



Nová Olešná



Obr. 21 Ukázka výsledků půdních analýz: Dlouhodobá dynamika změn půdních charakteristik v orniční vrstvě (5-15 cm) tří výmladkových plantáží RRD z lokalit s odlišnými podmínkami (2000-2022).

Posouzení protierozní účinnosti agrolesnických systémů (přelivový pokus 2023)

Dne 11. 10. 2023 proběhla v experimentálním agrolesnickém systému VÚKOZ – Michovky (ALS-2) v rámci projektu speciální simulace povrchového odtoku, jejímž cílem bylo hodnocení protierozní funkce výsadby dřevin v případě výskytu silné rýhové eroze. Pro tyto účely byla využita metoda pomocí speciálního přelivového simulátoru soustředěného odtoku pro tvorbu rýhové eroze (VÚMOP). Měření proběhla na 3 místech. První pozemek je vedený jako jiná kultura (O) a nachází se zde experimentální agrolesnický systém (ALS), který za účelem snížení rizika vodní eroze (a dalších funkcí) kombinuje liniové pěstování dřevin s konvenční rostlinnou produkcí, která probíhá v pásích širokých 26 metrů. Zde simulace probíhala nad dvěma příkmennými pásy ALS (obr. 22): a) trojřádkem rychle rostoucích dřevin (RRD: topoly 'Kaktu', 'J-105' a vrba 'Rokyta') a b) jednořádkem listnáčů (javor mléč, třešeň ptačí, kaštanovník jedlý a jeřáb břek). Pro kontrolní pokus bez ALS byl použit sousední pozemek vedený jako standardní orná půda (R) a je využíván pro konvenční způsob hospodaření (upravený na úhor pro experiment). Výsledky zkoušky rozšířily naše poznatky o možnostech využití agrolesnických systémů jako efektivního biologického opatření na ochranu svažitých zemědělských pozemků proti erozi. Například ve sledovaném ukazateli objem odtoku na kontrolním poli (černý úhor) povrchově odtéklo 7,0 m³ a v případě agrolesnických systémů jen 2,4 m³ a 1,3 m³ v závislosti na šířce příkmenného pásu dřevin. V agrolesnických systémech došlo současně k výraznému zpomalení proudění vody a průběžnému usazování půdních částic. Výsledky záplavového pokusu budou zpracovány v podrobné zprávě.



Obr. 22 Záběry z přelivového pokusu X/2023: a) zkouška ve trojřádkovém výmladkovém pásu RRD; b) zkouška ve jednořádkovém pásu ALS

V rámci aktivity **WA C3.3 Vliv aplikace sedimentů na půdu** bylo v roce 2023 provedeno především doplňování databáze k Mapě rybníků v ČR jako potenciálních zdrojů sedimentů pro zlepšování kvality zemědělské půdy. Dále proběhly úpravy komunikace mezi mapou a databází – oboustranné vyhledávání, přechod na lepší „user-friendly“ systém. Zpracována byla manuální kategorizace všech vodních ploch > 5 ha registrovaných v Mapě rybníků (základ ZABAGED) s použitím mapových podkladů, katastru, literatury, osobních konzultací atd. Mapa nyní obsahuje 2 260 specifikovaných vodních ploch s katastrální výměrou nad 5,0 ha. Jako „rybník“ (RYB) jsou zařazeny vodní plochy s hrází a vypouštěcím zařízením, bez

rozdílu zda jsou skutečně produkčními rybníky. Ostatní plochy s hrází jsou zařazeny jako „přehradní nádrže“ (PN). Jako „zatopené plochy“ (ZP) jsou zařazeny plochy bez hrází a vypouštěcího zařízení, tj. většinou zatopené objekty po těžbě (písek, uhlí) a slepá ramena oddělená od původních koryt řek. Ve zvláštní kategorii „jezero“ jsou klasická šumavská jezera, bez ohledu na možnost jejich stoprocentní „přírodnost“. Zároveň probíhala intenzivní komunikace s ÚKZÚZ k získání nových dat o sedimentech.

Průběh řešení v aktivitách **WA C3.1 – C3.3** a v nich dosažené výsledky budou v dalších letech uplatněny ve **WA C3.4 Katalog opatření**.

Dosavadní výstupy

- DRYŠLOVÁ T., SMUTNÝ V., RÁBEK M. (2023): Výnosy plodin v dlouhodobém polním pokusu v Žabčicích. Úroda. 71(12), 213-220. ISSN 0139-6013
- PRUDIL J., POSPÍŠILOVÁ L., DRYŠLOVÁ T., BARANČIKOVÁ G., SMUTNÝ V., SEDLÁK L., et al. (2023): Assessment of carbon sequestration as affected by different management practices using the RothC model. Plant Soil Environ. 2023;69(11):532-544. doi: 10.17221/291/2023-PSE

Plán dalšího postupu

V dalším roce řešení budou pokračovat analýzy půdních vzorků v dlouhodobých pokusech testující různá Agrotechnická opatření (**WA C3.1.**) ve vztahu k vybraným půdním vlastnostem. Dále budou pokračovat výzkumné práce v zemědělském podniku DVP Agro, a.s., v němž budou ověřovány půdoochranné technologie s využitím meziplodin. Rovněž budou průběžně vyhodnocovány laboratorní analýzy odebraných vzorků půdy na agrolesnické ploše (Žabčice). V roce 2024 tak bude finalizován výzkum dopadů různých agrotechnických faktorů na produkci a půdu (plánovaný výstup na konec roku 2024, typ výsledku Ostatní). V rámci aktivity **WA C3.2** Plantáže energetických plodin proběhne dle plánu vyhodnocení experimentální rušení výmladkové plantáže RRD včetně ekonomického a biologického zhodnocení (půda) a zpracování výsledků formou certifikované metodiky. Dále bude provedeno vyhodnocení výsledků půdních analýz základních živin ze 17 porostů RRD. V aktivitě **WA C3.3 Vliv aplikace sedimentů na půdu** bude nadále probíhat doplňování dat do databáze a zpracování doporučeného způsobu vzorkování rybníčních sedimentů pro účely těžby a využití pro zlepšení zemědělských půd.

SHRNUTÍ ŘEŠENÍ WG C AGROSYSTÉMY A PŮDA

V roce 2023 bylo dosaženo výrazného posunu nejen v plnění dílčích úkolů v jednotlivých pracovních balíčcích, ale i k dalšímu provázání aktivit napříč celou pracovní skupinou. Ve **WP C1** se jedná o analýzy půdních vlastností využívající historický a současný monitoring (KPP a AZZP). V rámci nich je zkoumán vliv řady faktorů environmentálního i socioekonomického charakteru na trendy v půdních vlastnostech. Finalizovány byly práce spojené s vytvořením lokálně přesných modelů vývoje klimatu v závislosti na vybraných scénářích jeho vývoje (výstup SS02030018-V44). Byl tak vytvořen podklad nezbytný nejen pro predikce vývoje půdních vlastností, ale i splnění cílů ostatních pracovních skupin. Ve **WP C2** byl úspěšně zakončen výzkum pásového hospodaření v morfologických komplikovaných podmínkách erozně ohrožených území (výstup SS02030018-V51), k výraznému posunu došlo i v případě návrhu monitoringu biologických vlastností půd v kontextu směrnice Evropské komise ohledně monitoringu půd. Poznatků s velkým implementačním potenciálem bylo dosaženo v rámci **WP C3**, kdy byly testovány vlivy různých agrotechnických postupů na chemické a biologické vlastnosti půd ve vztahu ke scénářům klimatické změny a erozi půdy (vazba na **WP C2**). Tyto poznatky i navržené indikátory komplexního hodnocení systémů hospodaření jsou spolu s predikcemi klimatických a půdních parametrů základem pro komplexní typologii agrosystémů z hlediska jejich zranitelnosti (**WP C1**) i pro finální katalog opatření (**WP C3**).

WG D INVAZE

Úvod

Pracovní skupina **WG D Invaze** se vzhledem k relativně úzkému tematickému zaměření v porovnání s ostatními skupinami vyznačuje jednodušším vnitřním členěním i větším propojením. Stejně jako v předchozích letech řešení se projevila značná provázanost prvních dvou balíčků **WP D1 Hodnocení stavu invazí** a **WP D2 Monitoring a management invazí**, část věnovaná invazním patogenům (**WP D3 Databanka a seznam patogenů**) je i nadále více samostatná (styčné body však lze nalézt např. v rámci studia cest zavlékání). Zatímco v návrhu projektu byly jednotlivé pracovní balíčky (WP) na rozdíl od ostatních skupin tvořeny vždy jen jednou pracovní aktivitou (WA), v průběhu řešení již lze identifikovat jednotlivé podrobnější tematické okruhy. To se odráží i v odlišné formě reportování postupu řešení. V rámci pracovní skupiny **WG D Invaze** byla v roce 2023 pozornost zaměřena především na následující témata: hodnocení impaktu nepůvodních druhů, cost-benefit analýza pro dřeviny, revizi mapování a monitoringu, ověření metodik na vybraných druzích, mapování stavu invadovanosti krajiny, inventarizaci nepůvodních hub a houbových organismů a v neposlední řadě na spolupráci s MŽP na plánech eradikace a zásadách regulace. Pro dosažení výstupů byly kombinovány jak terénní práce (inventarizace, vegetační snímkování, zjišťování impaktu vybraných druhů), laboratorní pokusy (infikování patogeny a pěstování hostitelů), tak i rešeršní práce.

WP D1 HODNOCENÍ STAVU INVAZÍ & WP D2 MONITORING A MANAGEMENT INVAZÍ

Hodnocení impaktu

V roce 2023 byla dokončena zpracována metodika a návrh indikátorů hodnocení impaktu nepůvodních druhů. Vnímání vlivu jednotlivých druhů a zejména těch nepůvodních se liší mezi různými zájmovými skupinami. Někteří to, co jiní vidí jako výhodu a přínos, vnímají jako riziko. Informace o dopadu přítomnosti nepůvodních druhů na původní biotu, hospodářství či ekosystémové služby jsou často kusé nebo zkreslené. Pro mnohé druhy informace zcela chybí, nebo je jich velmi málo. Navržený metodický přístup k hodnocení impaktu nepůvodních druhů uzpůsobený pro podmínky České republiky je založen na mezinárodních standardech hodnocení a využívá nejnovější poznatky na tomto poli. Přístup by měl umožnit také hodnocení dopadů na lokální škále, což významně rozšiřuje jeho využití o odborné skupiny z oblasti ochrany přírody, zemědělství a lesnictví či orgány samosprávy. Navržená metodika je, z našeho pohledu, vhodným kompromisem mezi velmi striktními nároky pro mezinárodní hodnocení a potřebami lokálních organizací pečujících o životní prostředí v ČR. Při správném použití by měly být výsledky hodnocení zahrnutelné do mezinárodních databází hodnocení impaktu, ale použitelné také pro efektivní plánování managementu místní ochrany přírody. Stejně tak by mohla být metodika hodnocení impaktu využitelná při zavádění nových druhů do zahradních, zemědělských a lesních kultur a chovů či pro tvorbu pravidel hospodaření v zemědělství a lesnictví. Byla vytvořena vzorová struktura databáze (S/EICAT± CZ) a struktura tabulky pro ekonomické údaje. Vzhledem k faktu, že velké množství informací o nákladech managementu nepůvodních (invazních) druhů je zahrnuto v jiných položkách obcí (tedy nejsou dedikovány jako management nepůvodních druhů), správců komunikací a dalších veřejných či soukromých subjektů jako je běžná údržba, smíšená těžba původních a nepůvodních lesních dřevin, bylo by vhodné iniciovat vytvoření celorepublikového informačního systému, kam by bylo možné tyto záznamy zadávat. Variantou by bylo navázat tento systém na informační systém ochrany přírody pro managementové zásahy. V materiálu je uvedeno potřebné minimum informací, které je potřeba pro vyhodnocení ekonomických dopadů.

Cost-benefit analýza

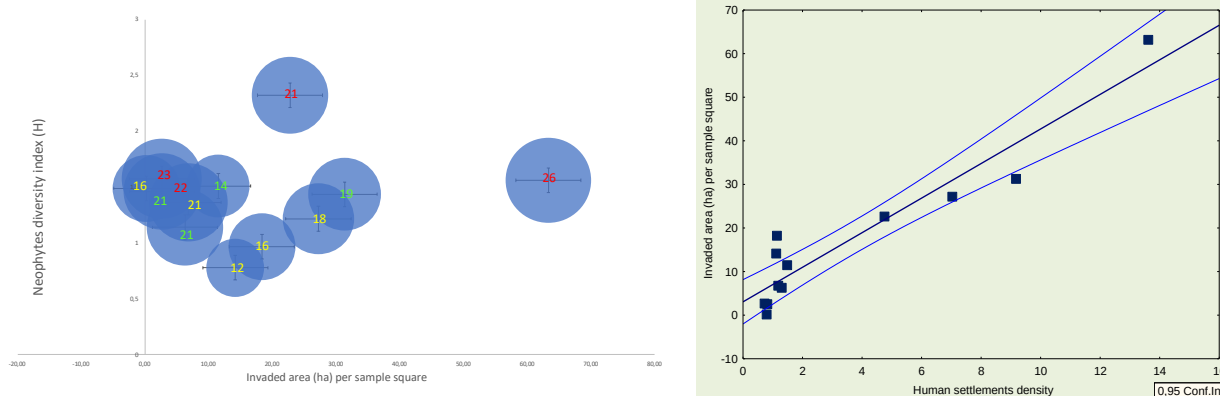
Byla dokončena příprava metodického vyhodnocení nákladů/výnosů na řízený management invazních druhů lesních dřevin. Výsledky byly prezentovány i na kontrolním dni věnovanému invazím dřevin. Metodika je ve stádiu před finalizací, zpoždění v jejím zpracování bylo způsobeno neočekávanými náročnými výpočty variant. K tomuto více-variantnímu řešení bylo přistoupeno z důvodu lepší aplikovatelnosti metodiky na různé scénáře managementu. V rámci připravované metodiky je k dispozici postup vyčíslení nákladů při managementu vybraných hospodářských a plevelných dřevin. Metodika umožní pracovat s bonitami stanovišť, věkem porostu, cílovým zastoupením atd.

Revize metodiky mapování a monitoringu

V průběhu roku 2023 pokračovaly revize metodiky pro všechny taxonomické skupiny (zapojení DHP, ÚBO, VÚRV atd.). Koncem roku však AOPK započala s řešením projektu InvazMap, který se zabývá mapováním invazních druhů. Do jejich metodických postupů řešitelský tým v minulosti přispíval. Protože by nebylo efektivní, aby existovaly dvě obdobné metodiky, bylo po domluvě s AOPK a MŽP rozhodnuto úsilí spojit, zaktualizovat i návody AOPK pro projekt InvazMap a zaměřit se na monitoring populací. V návaznosti na potřeby AOPK a aktivity MŽP ve věci implementace Nařízení 1143 (tvorba zásad regulace) byl v roce 2023 dokončen proces aktualizace příslušného standardu. K aktualizaci došlo vzhledem k nutnosti zohlednit novou legislativu (novela zákona 114/92 Sb.) a potřeby ochrany přírody na zahrnutí více druhů (jedenak tím, že jsou na tzv. EU IAS seznamu, tak také i z národních potřeb). Dále byl standard aktualizován i díky faktu, že pro některé druhy byla lépe popsána metodika managementu tak, aby odpovídala i připravovaným zásadám regulace a aby tak byl mezi těmito strategickými dokumenty soulad.

Mapování stavu invadovanosti krajiny

Byla dokončena analýza dat a výsledky byly prezentovány formou posteru na mezinárodní konferenci EMAPI 2024. Mezi hlavní poznatky patří zjištění, že vedle nadmořské výšky snižující invadovanost krajiny, má zásadní roli také přítomnost velkých městských aglomerací, která významně zvyšuje podíl nepůvodních druhů v krajině při zachování stejné – a v některých případech i menší – druhové bohatosti nepůvodních druhů (obr. 23, B). Obecně lze říci, že počet druhů nepůvodních rostlin příliš nekoresponduje s jejich abundancí (obr. 23, A).



Obr. 23 Diverzita nepůvodních druhů a invadovanost krajiny ČR. A: Vztah počtu druhů nepůvodních druhů (pouze neofytů) k invadované ploše v rámci mapovaných čtverců 6×5 km. Velikost kruhů ukazuje počet druhů, barevně odlišená čísla ukazují kategorii invadovanosti dle Pyška et al. (2012); B: Invadovaná plocha (plocha obsazená mapovanými neofyty v rámci mapovaných stejných čtverců) ve vztahu k hustotě osídlení.

Dalším výsledkem je vliv vektorů na šíření druhů, kdy vodní toky hrají nejpodstatnější roli při šíření invazních druhů. Ovšem v nejvíce invadovaných oblastech jsou významné jiné vektory, jako například silnice, elektrické vedení či turistické cesty nebo jsou nejvýznamnější tyto koridory v kombinaci s vodními toky. Výsledky jsou připravovány k publikaci.

Metodiky likvidace a management

Na základě již existujících metodik, konkrétně navržené metodiky pro hodnocení efektivity managementu a metodiky monitoringu ohrožení zájmových lokalit invazními druhy, je na základě dat získaných z tematicky blízkého projektu (3211100010 „Likvidace invazních druhů v praxi“, podpořeného Finančním mechanismem Norska 2014–2021 v rámci programu Životní prostředí, ekosystémy a změna klimatu) vytvářen souhrnný přístup v oblasti metodiky monitoringu. Proběhlo koordinační jednání s MŽP a AOPK a momentálně jsou metodiky v závěrečné fázi přípravy.

Případové studie

Křídlatka – byly provedeny experimenty zjišťující vliv prostředí na vzházení a uchycování semenáčků hybridních kombinací rodu *Fallopia*. Za hlavní výsledek je možné považovat zjištění, že semenáčky jsou schopné se v přírodě uchytnout a růst, nicméně limitujícím faktorem pro juvenilní jedince je sucho. Ve vlhkých substrátech semenáče hybridů křídlatek snadno přežijí a jsou schopné vytvořit dospělé jedince. Tento výsledek má značný význam pro ochranu přírody, kdy zejména podél

řek, kde pobřežní náplavy nevysychají, jsou křídlatky schopné generativního rozmnožování. Výsledky jsou prezentovány v publikaci Kadlecová et al. (submitted). Vedle klíčení a uchycování semenáčů byla studována cytologická a genetická diverzita klonů napříč evropskými populacemi křídlatek. Jako významný výsledek je možné označit nález odlišného genotypu křídlatky japonské (*F. japonica* var. *japonica*) v populaci na březích řeky Sávy (Chorvatsko). Další výsledky jsou připravovány k publikaci a budou součástí disertační práce M. Kadlecové (člen týmu), která bude obhajována v březnu 2024.

Starček úzkolistý – probíhá rešerše o vlivu a ekologii významného invazního druhu. Bylo vypsáno téma bakalářské/diplomové práce na střemchu pozdní. V roce 2023 bylo zjištěno její rozšíření v některých oblastech ČR a byla zahájena jednání, jak postupovat s jejím managementem s místními hospodáři.

Kolotočník ozdobný – v roce 2023 pokračovala terénní sledování a nyní probíhá vyhodnocení dat. Z výsledků by měla být v roce 2024 obhájena diplomová práce (ČZU, Bezděková, Pergl).

Pokračuje zpracování dat z role různých faktorů ovlivňujících invazi okrasných druhů. Pro výzkum jsou použita data trvalkových záhonků VÚKOZ. Výsledky by měly být opět v roce 2024 obhájeny ve formě bakalářské práce (ČZU, Benešová, Pergl; Kutlvašr, Baroš).

V roce 2023 se bohužel nepodařilo ve spolupráci s projektem PPŽ CEVOOH pokračovat ve výzkumu skládek za účelem mapování nepůvodních druhů, z důvodů reorganizace pracoviště hlavního příjemce (CENIA). Ve spolupráci s ÚBO (Ústav biologie obratlovců) však i v roce 2023 pokračovala studie zaměřená na biologii a redukci sumečka černého v modelovém území tůň Labe, pokračování monitoringu, náklady na management (odlov, Jurajda). Během sezóny 2023 bylo provedeno mapování invazních druhů podél pastvin velkých kopytníků u Milovic. V roce 2023 byla obhájena bakalářská práce sledující dostupnost dat z mapování v databázi NDOP (PřF UK, Jošćáková). Bohužel se z práce ukázalo, že data z šedé literatury a průzkumů organizovaných krajem (ověřováno na jednom území) nejsou vůbec přenášena do databáze NDOP. Dále probíhá intenzivní práce na studiu role chovatelství na introdukce vodních organismů. Zejména se jedná o akvaristiku. Studovány byly oblasti, odkud jsou na území ČR a do střední Evropy dováženy druhy. Byly zkoumány jejich ekologické nároky, schopnosti šíření a další socioekonomické parametry jejich obchodu.

Dosavadní výstupy

V roce 2023 byly v rámci pracovních balíčků WP D1 a D2 dokončeny následující závazné výstupy:

- SS02030018-V60 Ověření metodik na vybraných druzích
- SS02030018-V61 Návrh indikátorů pro hodnocení impaktu

Nad rámec plánu projektu byly v roce 2023 dokončeny materiály pro předškolní výuku s ohledem na invazní druhy. V rámci invazního modulu bylo připraveno 9 ISI publikací či zpráv o výskytu důležitých druhů. Dále bylo zveřejněno několik popularizačních příspěvků. Členové týmu se účastnili mezinárodních konferencí s aktivní účastí. Byly zaktualizovány dokumenty důležité pro management invazních druhů, popularizační plakáty a pokračovalo zapojení studentů různých stupňů. V rámci sledování invazních druhů jsou zapojeni i studenti středoškolského studia. Dalšími výstupy konkrétně jsou:

- SS02030018-V88 Plán eradikace pro sršeň asijskou (*Vespa velutina*) v České republice
- SS02030018-V89 Biologické invaze v environmentální výuce pro první stupeň základních škol
- Tadashi Kawai, Jiří Patoka, The antennular setation and sternal morphology of parastacid crayfishes, with a comparison across Astacidea (Decapoda), Journal of Crustacean Biology, Volume 43, Issue 4, December 2023, ruad061, <https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruad061>
- Surya Genta Akmal, Yonvitner, Fredinan Yulianda, Luky Adrianto & Jiří Patoka (2023) Potential spread of invasive crayfish used as life bait by Indonesian anglers, Human Dimensions of Wildlife, DOI: 10.1080/10871209.2023.2234394
- Patoka J, Akmal SG, Bláha M, Kouba A (2023) *Cherax woworae*, a new freshwater crayfish (Decapoda: Parastacidae) from Southwest Papua Province, Indonesia. Zootaxa 5325

- Martin Bláha, Jiří Patoka, Tomáš Policar, Karolina Śliwińska, Anatoly Alekhovich, Nadezhda Berezina, Ana-Maria Petrescu, Levan Mumladze, András Weiperth, Mišel Jelic, Pavel Kozák, Ivana Maguire, Phylogeographic patterns of genetic diversity in *Pontastacus leptodactylus* (Decapoda: Astacidae): is the hypothesis of the taxonomically rich genus *Pontastacus* true?, *Zoological Journal of the Linnean Society*, Volume 199, Issue 1, September 2023, Pages 140–155, <https://doi.org/10.1093/zoolinlean/zlad025>
- Novák, J., Frynta, D., Nováková, D. et al. Social deprivation in maternal mouthbrooders *Tropheus* sp. “Caramba” (Teleostei: Cichlidae) decreases the success rate of reproduction and survival rate of fish fry. *Sci Rep* 13, 8284 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35467-z>
- Jerikho, R., Akmal, S.G., Hasan, V. et al. Foreign stingers: South American freshwater river stingrays *Potamotrygon* spp. established in Indonesia. *Sci Rep* 13, 7255 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34356-9>
- Pergl J., Vítková M., Hejda M., Kutlvaš J., Petřík P., Sádlo J., Vojík M., Dvořáčková Š., Fleischhans R., Lučanová A. & Pyšek P. (2023): Plant-soil interactions in the communities dominated by alien and native plants. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 59: 125721 (10.1016/j.ppees.2023.125721)
- Lipták, B., Zorić, K., Patoka, J. et al. The aquarium pet trade as a source of potentially invasive crayfish species in Serbia. *Biologia* 78, 2147–2155 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01347-0>
- Patoka, J., Prokin, A., Dinh, C.N. et al. The native range of *Xenophthalmus pinnotheroides* White, 1846 (Decapoda: Brachyura) predicted by climate matching with the first record for Vietnam. *Biologia* 78, 829–836 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01287-1>
- Obhájená bakalářská práce: JOŠČÁKOVÁ, Aneta. Invazní druhy v mapování mimo aktivity AOPK ČR. Bakalářská práce, vedoucí Pergl, Jan. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, 2023. <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/184945/130374406.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Plán dalšího postupu

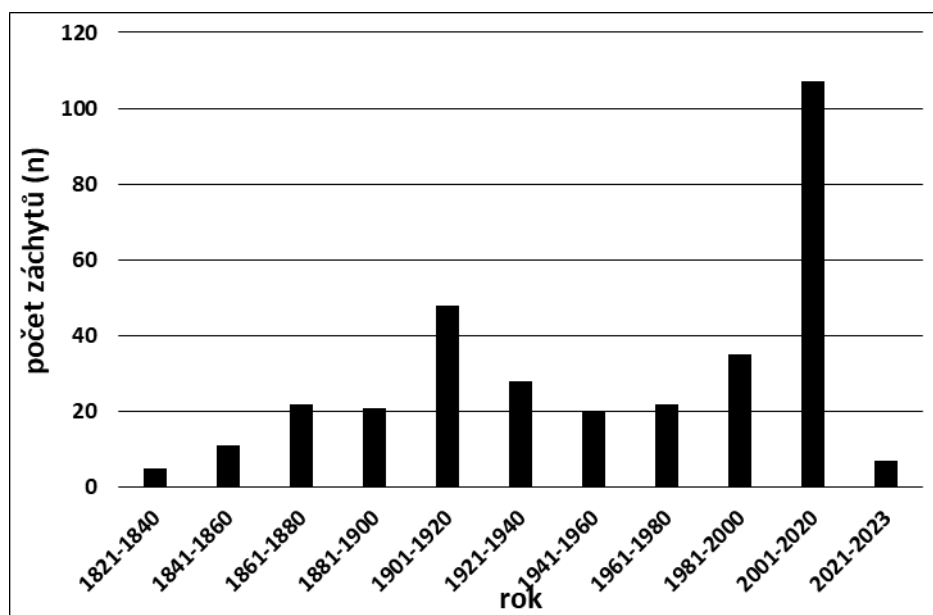
Na počátku roku 2024 budou zpracovány případné připomínky MŽP ke zpracované metodice hodnocení impaktu, pak se předpokládá její schválení MŽP. Prioritní bude však dokončení metodiky pro cost-benefit analýzu. Výpočty jsou hotové (viz SS02030018-V60 Ověření metodik na vybraných druzích). Text metodiky bude upraven a prodiskutován s uživateli metodiky tak, aby byla prakticky využitelná. Dokončení výstupu bylo pro domluvu s garantem výstupu posunuto na 6/2024. Druhým prioritním okruhem bude v roce 2024 zpracování aktualizace metodiky mapování a monitoringu ve spolupráci s AOPK a projektem InvazMap tak, aby nedošlo k duplikaci, ale naopak aby byla využita souhra mezi týmy. Vzhledem k tomu, že se plánuje zahrnout první terénní odezvu mapovatelů z projektu InvazMap, bylo dokončení výsledku po dohodě s garantem MŽP odloženo na 12/2024. Pokud bude probíhat podle plánu spolupráce se studenty, očekává se obhájení a zveřejnění několika prací popisovaných v předchozí části (invaze kolotočníku, náklady invazí, role socioekonomických faktorů na úspěch invaze okrasných druhů). V roce 2024 bude zřejmě potřeba i zaktualizovat plán eradikace pro srše asijskou, jejíž první verze byla vyprodukovaná v roce 2023 (viz SS02030018-V88). Podle požadavků MŽP pak budou vytvořeny či zaktualizovány zásady regulace či plány eradikace pro další druhy. V roce 2024 bude rovněž dokončena analýza invadovanosti krajiny a publikace článku (Landscape drivers of invasive species). Dále bude probíhat příprava publikace popisující diverzitu křídlatek v Evropě – dokončení manuscriptu a odeslání.

WP D3 DATABANKA A SEZNAM PATOGENŮ

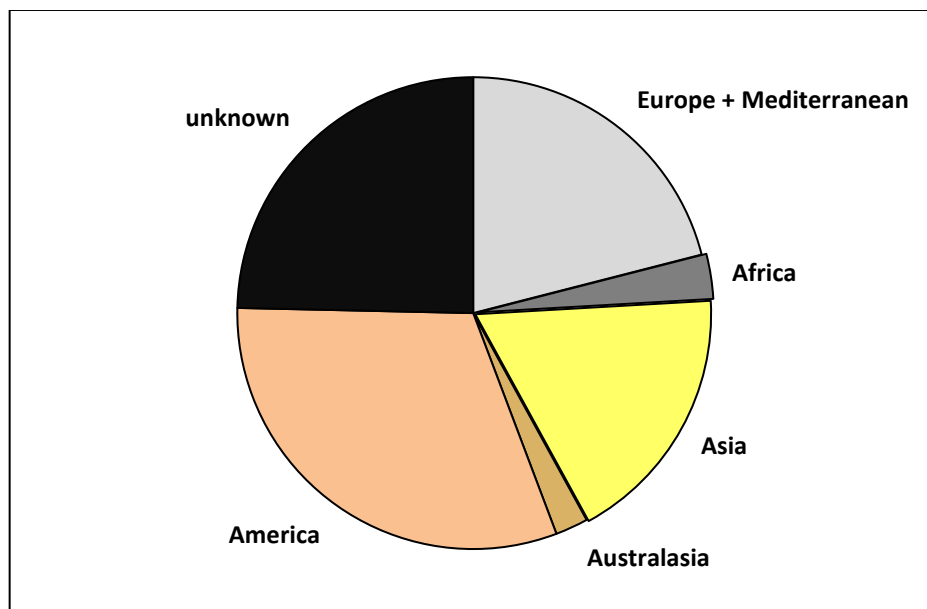
Cílem toho pracovního balíčku je shromáždit data o výskytu nepůvodních hub a houbových organismů v ČR, vytvořit jejich seznam s dalšími podrobnými údaji (datace prvovýskytu, podrobnější charakteristiky druhu) a rozdělit je do skupin dle významu a rizik představujících pro ŽP a data podrobněji analyzovat. Dalším cílem je podrobnější studium jednotlivých významnějších dílčích témat.

V roce 2023 byl ve spolupráci s odborníky z dalších institucí (UPOL, MENDELU aj.) dokončen seznam nepůvodních hub a houbových organismů ČR. Předběžný seznam byl zredukován z 539 na současných 357 položek. Redukce se týkala zejména evropských či mediteránních patogenů archaeofytů s nejasně ohraničeným areálem, které mohou (potenciálně) parazitovat na našich původních hostitelích (např. Poaceae, Fabaceae), kosmopolitně rozšířených často polyfágních

druhů, u nichž nelze s dostatečně velkou mírou pravděpodobnosti vyloučit původnost v temperátním pásu Evropy (často patogeny zemědělských plodin), položek s nedostatečně podloženými údaji o výskytu v ČR (dohledatelná herbářová položka či sbírkový izolát, jednoznačně doložený výskyt v publikaci), taxonomicky problematických druhů a samozřejmě omylů. Podstatně byla revidována data zástupců Agaricomycetes. Byla určena křivka invazních událostí pro ČR (obr. 24). Trend této křivky se shoduje s teorií dvou vln invazí navazující na dvě hlavní vlny globalizace (poč. 20. stol. a současnost), propad mezi těmito fázemi je dán hospodářskou krizí, událostmi 2. sv. války a následně izolací v socialistickém bloku. Nejvýše cca 15 % z patogenů jsou archaeomycety (většina z těchto druhů byla pravděpodobně vyloučena v průběhu úprav datasetu, jejich nepůvodnost dnes není možno prokázat). Největší část nepůvodní mykoflóry – 31 % – pochází z Ameriky (zejm. Severní), z Evropy a Mediteránu 21 %, z Asie 18 %; u 25 % druhů není původní areál doposud určen (obr. 25).

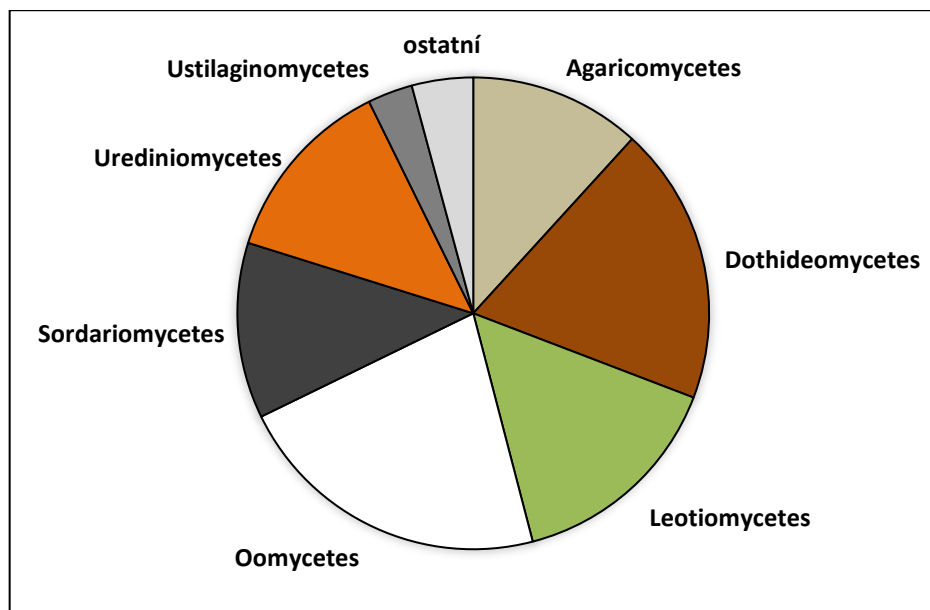


Obr. 24 Vývoj počtu prvních záchytů nepůvodních zavlečených hub a oomycetů v ČR



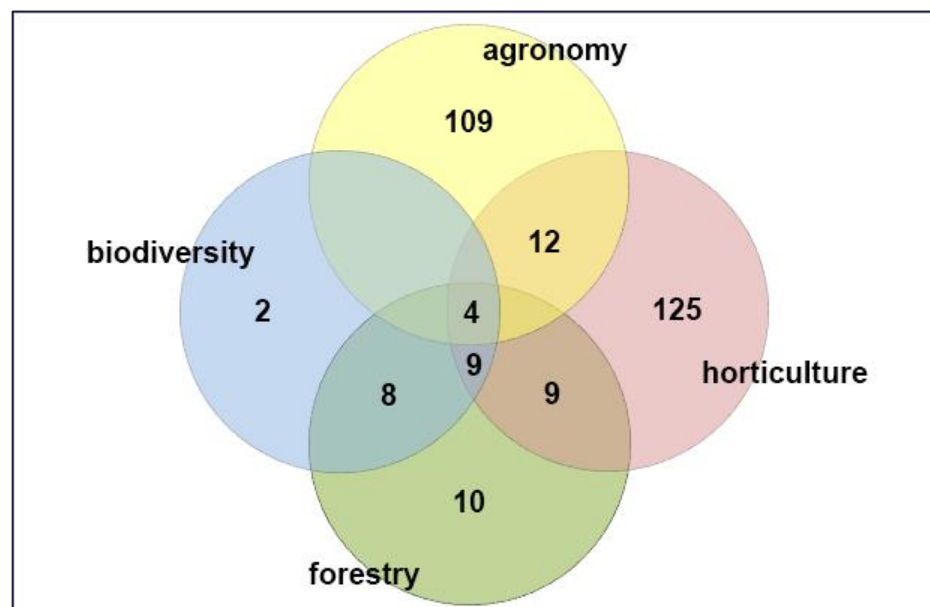
Obr. 25 Původ zavlečených hub a oomycetů v ČR

Nejpočetnějšími skupinami hub jsou (sestupně) Oomycetes (22 %), Dothideomycetes (19 %), Leotiomyces (15 %), Urediniomycetes, Sordariomycetes a Agaricomycetes (obr. 26), přičemž pro některé skupiny jsou charakteristické určité časové periody jejich zavlékání.



Obr. 26 Přehled zastoupení nepůvodních hub a oomycetů na úrovni tříd

Co se týče životní strategie, významně převažují parazitické rostliny (85 %), podstatně méně je saprotrofů (11 %), dále je přítomno několik druhů parazitů živočichů a mykorrhizních hub. U parazitů živočichů a rostlin lze předpokládat potenciální významný dopad v různých oblastech od zemědělství až po ohrožení biodiverzity. Vennův diagram (obr. 27) ukazuje, že hlavní oblasti možného dopadu (nikoliv výskytu) jsou zemědělství a zahradnictví, počet druhů, které mohou výrazněji ovlivnit lesnictví či biodiverzitu, je relativně malý – 32 (9 %).



Obr. 27 Vennův diagram struktury potenciální impaktu nepůvodních parazitických hub a oomycetů

Dále byla hodnocena diverzita recentně invadujících patogenů. Odběry proběhly v letech 2021 a 2022, v roce 2023 byly získané kmeny dále určovány a popisovány. Molekulárně bylo charakterizováno zbylých cca 80 izolátů a zařazeno do cca 20 taxonů oomycetů, z r. *Phytophthora* např. byly detekovány *P. cinnamomi*, *P. niederhauseri*, *P. occultans*, *P. pini* či jako zajímavost *P. cf. tropicalis* (teplomilný patogen okrasných rostlin a zemědělských plodin popsán v roce 2000). Bylo zjištěno, že 77 % odebraných vzorků bylo pozitivních na výskyt oomycetů, celkem bylo určeno 42 druhů, z toho 25 druhů r. *Phytophthora*, z nichž je drtivá většina v ČR nepůvodních. Podrobnější studie byly prováděny zejména na *P. pini*, *P. occultans*, *P. niederhauseri* a *P. multibullata*.

V dalším okruhu prací probíhá vývoj metodiky křížení (obr. 28) a uchování genofondu rezistentních hostitelů (*Alnus glutinosa* a *Phytophthora alni*). Rostliny jsou systematicky (2 x ročně) inokulovány izoláty *P. xalni* (genotyp Pxa-1) ze sbírky ČSFO do pěstebního substrátu případně kmínku. Z celkového počtu 5 611 inokulovaných rostlin zůstává v hodnocení 1 317 rostlin (viz tab. 3), které budou v příštím roce opětovně infikovány. Z inokulací z let 2019–2022 zůstává v procesu celkem 233 rostlin. Rostliny z předchozích let výsevu byly v letošním roce inokulovány dvakrát inokulací do krčku. Rozdíly v počtu přeživších rostlin mezi jednotlivými kombinacemi jsou statisticky významné.

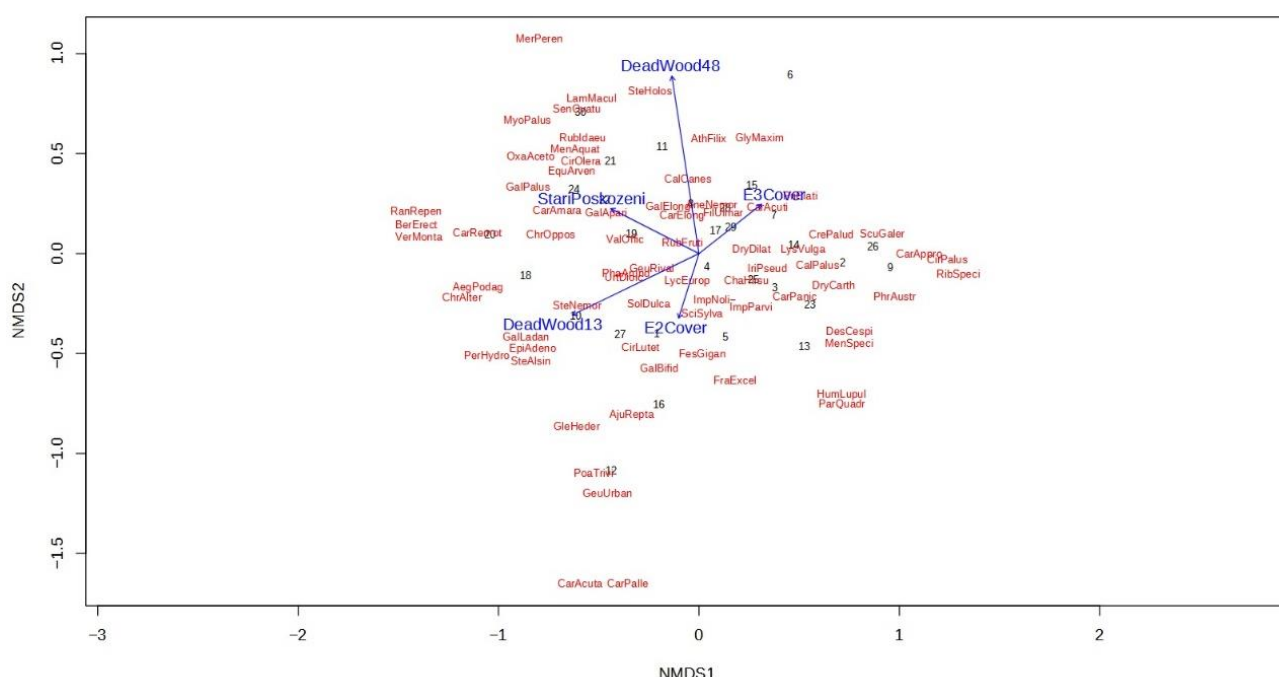


Obr. 28 Kontrolované opylení

Rok výsevu	Počet kombinací		Počet inokulací do X/2023	Počet rostlin na počátku	% přeživších inokulovaných rostlin od počátku do X/2023
	kontrolované opylení	volné sprášení			
2019	2	6	8	272	0,7
2020	7	10	7	1102	2,9
2021	8	9	4	1375	3,9
2022	20	8	3	1077	13,5
2023	6	9	1	1785	61,4
celkem				5611	

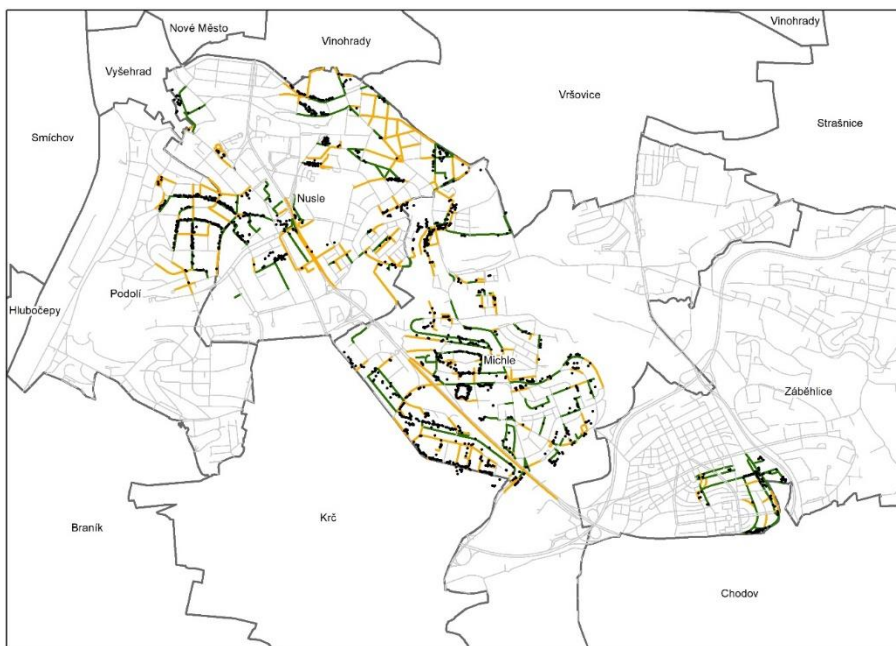
Tab. 3 Počty rostlin z jednotlivých let výsevu a procento přeživších rostlin po inokulaci *P. xalni* (křížení probíhá rok před vlastním výsevem)

V roce 2023 dále probíhalo hodnocení vlivu patogenů na změny v diverzitě a struktuře vegetace. Na 30 náhodně vybraných plochách (plocha snímku je 100 m², poloměr 5,64 m) v nivě Robečského potoka (NPP Peklo u České Lípy) bylo provedeno fytocenologické snímkování ve společenstvech svazů *Alnion incanae* a *A. glutinosae*. Dále byl zaznamenán rozsah poškození stromového patra patogeny *P. alni* a *H. fraxineus*, provedeno hemisférické snímkování, zastoupení mrtvého dřeva a počet mrtvých kmenů v kategoriích podle stádia rozkladu (DeadWood13 – stádium rozkladu 1–3 a DeadWood48 – stádium rozkladu 4–8). Výzkum je založen na porovnání různě zasažených míst („Space-for-time substitution“). V roce 2023 byl dokončen fytocenologický průzkum, data digitalizována a vyhodnocena. Ve variabilitě bylinného patra se výrazně projevují vlhkostní poměry stanovišť (gradient od mokřadních olšin k potočním luhům) ale také otevřenost stromového patra a dominance křovin. Oba tyto faktory interagují. Naopak v biotopech s trvale vysokou hladinou vody (při povrchu půdy) k rozvoji křovin nedochází a tam, kde je nízká pokryvnost stromového najdeme řadu mokřadních druhů. Zůstávají zbytky mokřadních olšin, vznikají otevřené druhově relativně bohaté mokřady, sušší místa však zarůstají křovinami (zejména *Prunus padus*) potlačujícími bylinné patro a jsou druhově velmi chudá. Výsledky nelze interpretovat jednoznačně jako přímý vliv *Phytophthora alni* nebo *Hymenoscyphus fraxineus*, ale mozaika stanovišť odpovídá diversifikaci v důsledku rozpadu stromového patra.

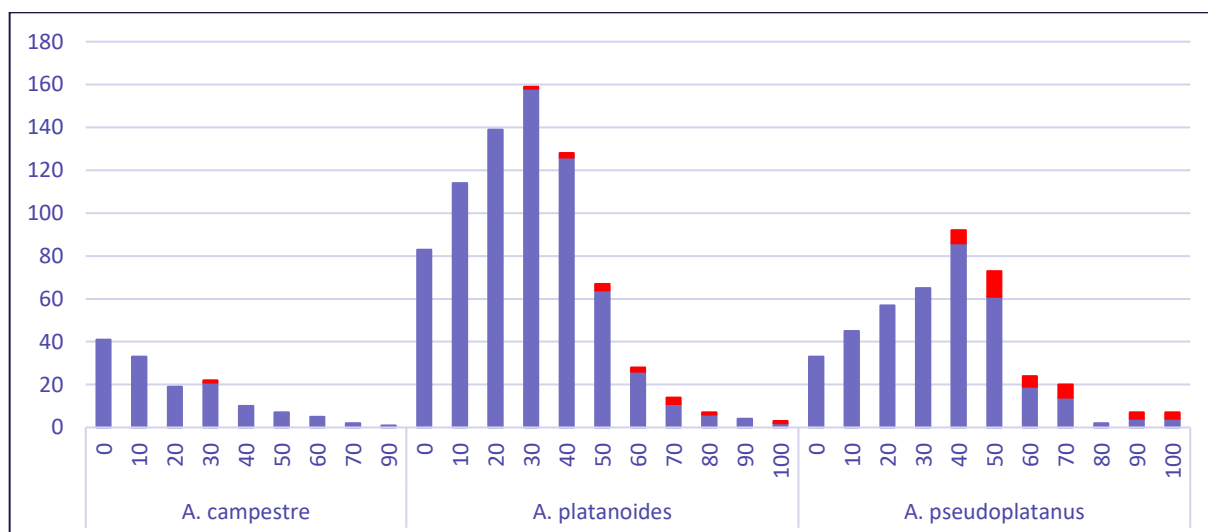


Obr. 29 Mnohorozměrná analýza výsledků

V oblasti hodnocení invazí v městském prostředí (na příkladu *C. corticale* způsobující saznou nemoc javorů v Praze 4) byla průběžně sbírána terénní data (v r. 2023 dalších cca 800 položek; obr. 29) a proběhlo vstupní statistické hodnocení některých dat. V rámci vyhodnocení bylo potvrzen vliv druhové příslušnosti a stáří konkrétní dřeviny na přítomnost patogenu a rozvoj poškození (obr. 31).



Obr. 30 Zájmové území v Praze 4



Obr. 31 Přítomnost patogenu dle druhové příslušnosti a prosychání dřeviny (červeně: přítomnost stromat *C. corticale*; x: prosychání, y: n dřevin)

V rámci studie impaktu v přírodním prostředí (*P. alni* na Šumavě) byl v r. 2023 vytvořena geodatabáze v rámci níž byla soustředěna data o lesních porostech (NPŠ), polygonech L2.1 a L2.2 (AOPK), krajinném pokryvu a abiotických podmínkách prostředí (vodní toky, tvary reliéfu, nadmořská výška; DMR, DIBAVOD). Byly vytvořeny vstupní vizualizace vrstev, probíhají jednání s NPŠ o poskytnutí dalších lesnických managementových dat.

Dosavadní výstupy

V rámci pracovní skupiny byl vypracován plánovaný výstup SS02030018-V66 Seznam nepůvodních hub a houbových organismů ČR (ke stažení na www.invaznipatogeny.cz). Dále byly publikovány dva mezinárodní výsledky:

- SS02030018-V66: Seznam nepůvodních hub a houbových organismů ČR (ke stažení na www.invaznipatogeny.cz).

- Franić, I., Allan, E., Prospero, S., Adamson, K., Attorre, F., Auger-Rozenberg, M.-A., Augustin, S., Avtzis, D., Baert, W., Barta, M., Bauters, K., Bellahirech, A., Boroń, P., Bragança, H., **Brestovanská, T.**, Brurberg, M. B., Burgess, T., Burokienė, D., Cleary, M., Corley, J., Coyle, D. R., Csóka, G., **Černý, K.**, Davydenko, K., de Groot, M., Diez, J. J., Doğmuş Lehtijärvi, H. T., Drenkhan, R., Edwards, J., Elsafy, M., Eötvös, C. B., Falko, R., Fan, J., Feddern, N., Fürjes-Mikó, A., Gossner, M.M., Grad, B., Hartmann M., **Havrdova, L.**, Kádasi Horáková, M., **Hrabětová, M.**, Justesen, M. J., Kacprzyk, M., Kenis, M., Kirichenko, N., Kovač, M., Kramarets, V., Lacković, N., Lantschner, M. V., Lazarević, J., Leskiv, M., Li, H., Madsen, C. L., Malumphy, C., Matošević, D., Matsiakh, I., May T. W., Meffert, J., Migliorini, D., Nikolov, C., O'Hanlon, R., Oskay, F., Paap, T., Parpan, T., Piškur, B., Ravn, H. P., Richard, J., Ronse, A., Roques, A., Ruffner, B., Santini, A., Sivickis, K., Soliani, K., Talgø, V., Tomoshevich, M., Uimari, A., Ulyshen, M., Vetraino, A. M., Villari, C., Wang, Y., Witzell, J., Zlatković, M., Eschen, R. (2023): Climate, host and geography shape insect and fungal communities of trees. *Scientific Reports* (2023) 13: 11570, doi.org/10.1038/s41598-023-36795-w.
- Hrabětová, M., Mrázková, M., Černý, K. (2023): First Report of *Phytophthora occultans* Causing Dieback of *Buxus sempervirens* in the Czech Republic. *Plant Dis.* 107: 1246, doi.org/10.1094/PDIS-07-22-1537-PDN.

Dále bylo zveřejněno několik popularizačních příspěvků, byly aktualizovány webové stránky www.invaznipatogeny.cz a připraveno a prezentováno několik výstupů na národních tematických workshopech a konferencích a na mezinárodní konferenci.

Plán dalšího postupu

Na rok 2024 je naplánováno další doplňování dat na seznamu nepůvodních hub a houbových organismů a převedení současných výsledků do publikační časopisecké formy. Ve výzkumu recentního zavlékání budou prováděny další molekulární práce a determinace, příprava některých nálezů k publikování (*P. pinii*) a zejména proběhne statistické vyhodnocení výsledků a jejich prezentace na 26th IUFRO World Congress 2024. V rámci výzkumu impaktu v městském prostředí (*C. corticale*) proběhne další sběr terénních dat, začne být připravována geodatabáze a bude provedeno hlubší statistické vyhodnocení. Co se týče výzkumu impaktu v přírodním prostředí, budou finálně vyhodnocena fytoocenologická data a začne být připravována publikace. V rámci modelování šíření *P. alni* na Šumavě bude doplněna geodatabáze, proběhnou vstupní terénní práce a první modelování. V rámci vývoje metodiky šlechtění olše lepkavé na odolnost vůči *P. alni* proběhne další kolo výsevů a opylení a dva cykly infekčních testů.

SHRNUTÍ ŘEŠENÍ WG D INVAZE

Byly dokončeny výstupy metodika hodnocení impaktu spolu s návrhem indikátorů, ověření/výpočty pro cost-benefit metodiku a seznam nepůvodních hub a houbových organismů ČR. Metodika cost-benefit je na základě výpočtů před dokončením. Odklad dokončení metodiky byl způsoben nepředpokládanou náročností výpočtů pro zahrnuté druhy (jak hospodářsky významné druhy, tak druhy plevelné). V rámci invazní pracovní skupiny bylo rovněž publikováno několik impaktových publikací a probíhá příprava dalších materiálů pro MŽP.

WG E FUNKČNÍ BIODIVERZITA

Úvod

V rámci činností pracovní skupiny **WG E Funkční biodiverzita** se rozvíjí řada inovativních i tradičních metod: analýzy dat dálkového průzkumu Země i existujících databází výskytu druhů i přírodních stanovišť, existující data jsou mnohostranně analyzována, vč. prediktivního modelování biodiverzity. Vyvíjeny jsou nástroje pro vyhodnocování spektrálních charakteristik ve vztahu k výskytu druhů, jak pro vizualizaci prostředí druhu nad daty DPZ, tak i analýzy distribuce nálezových dat. Vytvářeny jsou databáze environmentálních prediktorů (BIOMOD-CZ; pro modelování potenciální biodiverzity), Konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES; pro hodnocení kvality a prostorové distribuce biotopů, resp. detailního krajinného pokryvu). Probíhají analýzy druhů jednotlivých taxonomických skupin jako indikátorů přírodních biotopů podle Katalogu biotopů ČR, jak na úrovni teoretické s využitím originálních dat, tak i na úrovni praktické aplikace pro metodiku hodnocení chráněných území. Hlavními cíli pracovní skupiny **WG E Funkční biodiverzita** jsou zavedení komplexního hodnocení stavu biodiverzity a identifikace významných faktorů ohrožení biodiverzity a nástrojů a opatření k zajištění její podpory. V rámci **WP E1** se zpracovávají analýzy výskytu indikačních druhů ve vztahu k biotopům, včetně revize z terénních šetření. V případě **WP E2** se připravují prediktory biodiverzity a stavu habitatů odvozené z dat dálkového průzkumu Země. Vedle toho bylo dále řešeno ošetření kvality vstupních dat o biodiverzitě (redukce tzv. sampling bias). Poslední pracovní balíček **WP E4** se zaměřuje na identifikaci faktorů ohrožujících biodiverzitu. Zde se naplňuje cíl aktualizace klíčových strategických koncepcí. V březnu 2023 byla schválena Koncepce aktivních nástrojů druhové ochrany v České republice 2023–2032 a začala se připravovat koncepce záchranných programů pro biotopy.

WP E1 MONITORING BIODIVERZITY

V rámci aktivity **WA E1.1 Indikační druhy biotopů** v průběhu roku 2023 probíhal sběr dat na vybraných lokalitách zvolených typů přírodních stanovišť za účelem: a) doplnění dat o výskytu druhů příslušné taxonomické skupiny na daném typu stanoviště potenciálně významného z hlediska výskytu vzácných druhů příslušné taxonomické skupiny pro účely doplnění či vytvoření indikačního seznamu pro danou taxonomickou skupinu a daný typ stanoviště; b) ověření spolehlivosti stávajících seznamů indikačních druhů jako podklad pro případnou úpravu/zvýšení spolehlivosti hodnocení. Typy stanovišť a počet lokalit sledovaných v roce 2023 je uveden v následujícím přehledu:

taxonomická skupina	biotopy / lokality	počet stanovišť biotopů	typů / počet lokalit
brouci (nosatcovití)	1340, 2330, 6260, 3150, 3130, 3160, 7140, 4030, 6240	9	> 10
brouci (střevlíkovití)	M1.8, R2.1	2	5
makromycety	K1, L1, L7.1, L7.3, L7.4, L8.3, R1.1 (nové seznamy), L6.1, L6.4, L6.5, L8.2, R2.1 (doplnění seznamů)	12	> 20
měkkýši	T1.7, T1.9	2	4
motýli	L1, L2.2, L3.1, L9.2AB, L10.1, M1.1, M1.7, R3.1, R3.3, R3.4, T1.5, T1.6, T1.9, T3.1, T3.2, T3.3D	22	15
obratlovci	revize + komentář a analýza seznamů		
ptáci	K1, K2.1, K3, L1, L2.2, L4, L5.1, L5.4, L8.1, L9.2, M1.1, M1.3, M1.7, M2.1, R1.2, R1.4, R2.2, R2.3, S1.1, S1.2, T1.1, T1.5, T1.6, T2.3, T5.5, T8.3, V1, V2, V3, V4, V5	22	> 30
pavouci	L1, L3.1, L4, L5.1, L5.4, L6.4, L7.1, M1.7, S1.1, T3.1, T3.3D, T3.4D, T5.2	13	10

V rámci aktivity **WA E1.2 Systémy monitoringu** bylo dokončeno zkompletování dat z ČR pro pilotní testování standardizované metodiky pro monitoring opylovačů v EU. Testování bylo zahájeno na dvou lokalitách (Praha-Vinoř a Velké Hoštěřádky). Pokračovaly experimentální práce na metodice monitoringu hmyzu v otevřených biotopech: a) zpracování dat pro metodologický experiment testující vliv expozice barevných misek na zaznamenaná data o opylovačích, b) výměna informací se zahraničními experty z EU a c) pokračování sběru dat a informací o ekologických nárocích rovnokřídlého hmyzu (s cílem kompletace dat o středoevropských druzích). Pro MŽP byly v rámci řešení projektu připraveny podklady pro Národní strategii ochrany opylovačů, jejíž součástí bude i monitoring opylovačů.

Dosavadní výstupy

- Juříčková L., 2023. Suchozemští plži kontinentálních zaplavovaných luk u řeky Labe mezi Lysou nad Labem a Mělníkem. *Malacologica Bohemoslovaca* 22, 54–55.
- Dvořák, T., Knapp, M. (2023). Conserved temperature requirements but contrasting responses to humidity across oviposition preferences in temperate grasshoppers. *Scientific Reports* 13, 21131.
- Knapp, M., Teder, T., Lukas, V., Štrobl, M., Knappová, J., Landis, D.A., González, E. (2023). Ecologically-Informed Precision Conservation: A framework for increasing biodiversity in intensively managed agricultural landscapes with minimal sacrifice in crop production. *Biological Conservation* 288, 110343.
- Boetzel, F. et al including Knapp, M., González, E. (in press). Distance functions of carabids in crop fields depend on functional traits, crop type and adjacent habitat: a synthesis. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*.

Plán dalšího postupu

Nadále budou pokračovat úpravy vstupních dat a provedení analýz pro zvýšení výpovědní hodnoty výsledků. Ve spolupráci s dalšími pracovními skupinami budou hledány možnosti využití dalších datových souborů o vlastnostech přírodního prostředí, které by mohly přinést relevantní informaci o kvalitě přírodních biotopů odrážející se v druhovém složení společenstev druhů jednotlivých taxonomických skupin. Očekávána je i revize indikačních seznamů druhů. Budou pokračovat rešeršní práce pro metodiku a konzultace s odborníky na jednotlivé taxony či se zkušenostmi s monitorovacími programy ze zahraničí. Plánujeme analyzovat další terénní data a publikovat výstupy jejich analýz.

WP E2 MODELOVÁNÍ BIODIVERZITY, DPZ A DATA SCIENCE

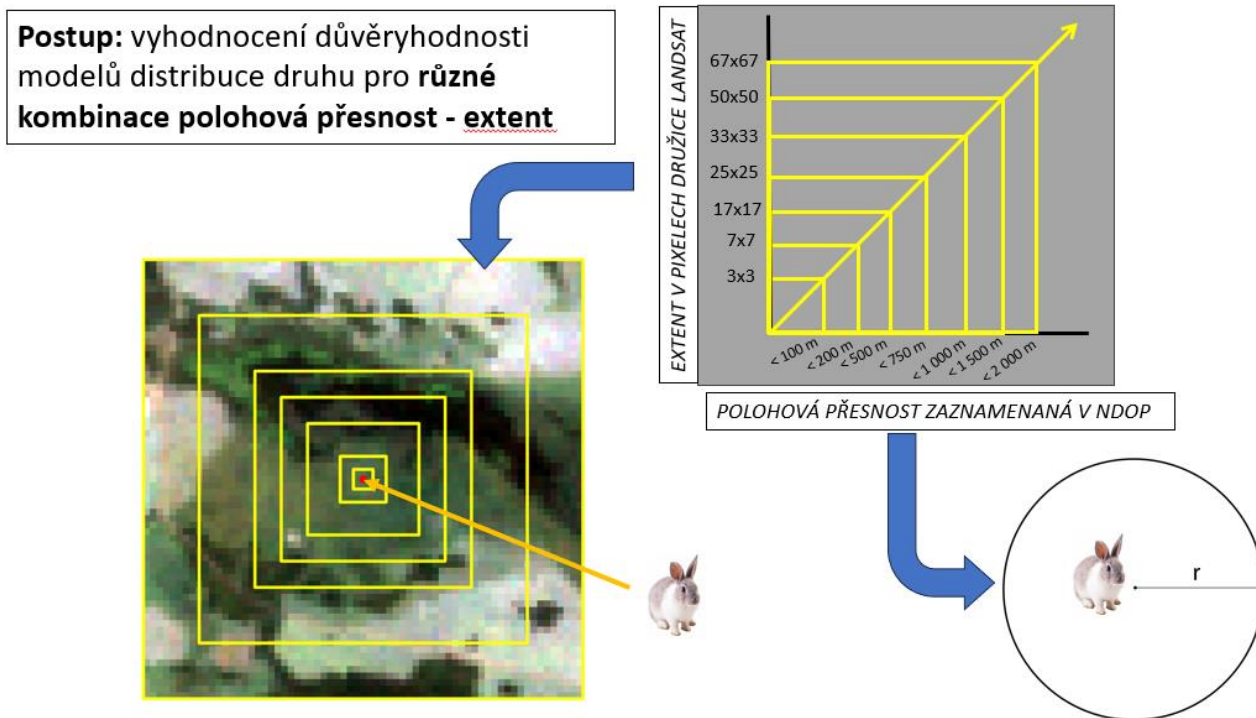
Práce v rámci balíčku jsou zaměřeny na hodnocení kvality a využitelnosti dat náleзовých databází (**WA E2.1**), identifikovatelnost biotopů nad daty DPZ (**WA E2.2**), indikátory biodiverzity dle DPZ (**WA E2.3**) a prediktivní modelování diverzity (**WA E2.4**). Průběžně jsou řešeny dílčí aktivity ze všech tematických okruhů. V roce 2023 byla pozornost věnována: (i) dalším metodám zpřesňování modelů distribuce druhů nad daty NDOP (**WA E2.1** a **WA E2.4**), (ii) rozvíjení konceptu spektrální niky (**WA E2.1**, **WA E2.3** a **WA E2.4**), (iii) využitelnosti neklasifikovaných družicových dat jako prediktorů druhové diverzity a testování platnosti Spectral Variability Hypothesis v různých typech krajin (**WA E2.3** a **WA E2.4**), (iv) výzkumu vlivu fenologie na spektrální odezvu v datech Sentinel-2 (**WA E2.1**, **WA E2.3** a **WA E2.4**) a (v) sběru dat a jejich přípravě pro modelování/mapování druhové bohatosti vegetace (včetně zahájení analýzy vegetačních snímků z roku 2022, **WA E2.4**).

Modelování distribuce druhů a redukce sampling bias

V rámci činností zaměřených na modelování distribuce živočichů pokračovalo testování a vyvíjení metod redukce sampling bias v náleзовých datech. Nově byl zařazen výpočet, který umožňuje upravit parametry modelu založeného na maximální entropii na základě (jednoduše řečeno) známosti a oblíbenosti daného druhu mezi mapovateli. Z výsledků lze konstatovat, že pro většinu ptačích druhů přináší nová metoda věrohodnější výsledky než doposud testované způsoby redukce sampling bias. Celý postup bude podroben kritice vědecké veřejnosti v podobě vědeckého článku, jehož rukopis je v přípravě.

Koncept spektrální niky

Koncept spektrální niky je dále rozvíjen na příkladu ptáků a savců ČR. V rámci dokončené diplomové práce zaměřené na spektrální niku savců byla provedena explorativní analýza dat o savcích v NDOP a byly testovány další možnosti analýz a vizualizace spektrální niky. Dříve naprogramované postupy tak byly rozšířeny o další možnosti, např. o zahrnutí bufferu okolo míst pozorování druhu a hodnocení vlivu polohové přesnosti záznamů. Postupy dříve zahrnuté v softwaru NSNA (představen ve zprávě 2022) jsou tak dle plánu průběžně rozšiřovány a programovány v (popř. přepisovány do) prostředí R s cílem vytvořit a poskytnout otevřený R package.

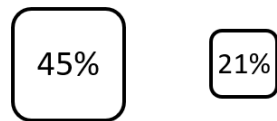


Obr. 32 Možnosti prostorového škálování pro zkoumání vlastností spektrální niky druhu jakožto kombinace velikosti hodnocené plochy (extent) a polohové přesnosti záznamu.

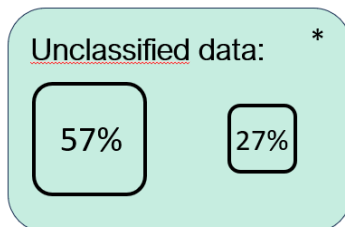
Neklasifikovaná data Landsat jako prediktory druhové diversity ptáků

Byla dokončena studie porovnávající, s jakým úspěchem lze neklasifikovaná data Landsat využít k vysvětlení diversity ptáků na území ČR ve srovnání s klasifikovanými produkty, jako je Corine Land Cover, a zároveň zkoumající, zda lze říci, že pro ptáky platí Spectral Variability Hypothesis (tedy že vyšší diversity ptáků je odpovídá vyšší heterogenitě ve spektrální informaci). Obojí bylo testováno ve dvou prostorových škálách tvořených základními čtverci Atlasu hnízdního rozšíření ptáků a malými čtverci vzniklými dělením základního na 16 dílů. Výsledky ukázaly, že neklasifikovaná data mohou vysvětlit větší část prostorové variability diversity ptáků než prediktory odvozené z Corine. Je však potřeba zdůraznit, že výsledky se liší v závislosti na prostorové škále a typu prostředí (krajiny), je tedy třeba tyto parametry do modelování diversity s daty DPZ zahrnout. Celá studie je popsána v článku, který je v druhé revizi v Jimp.

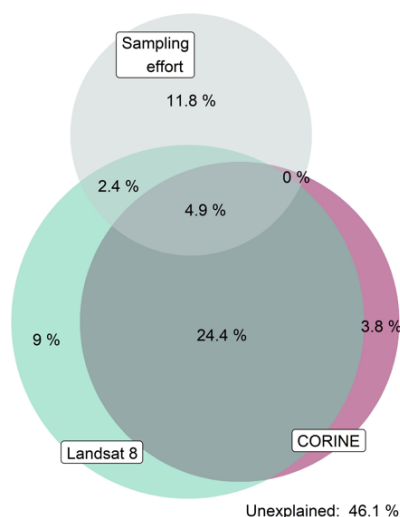
Classified data:



Unclassified data: *



* variability explained



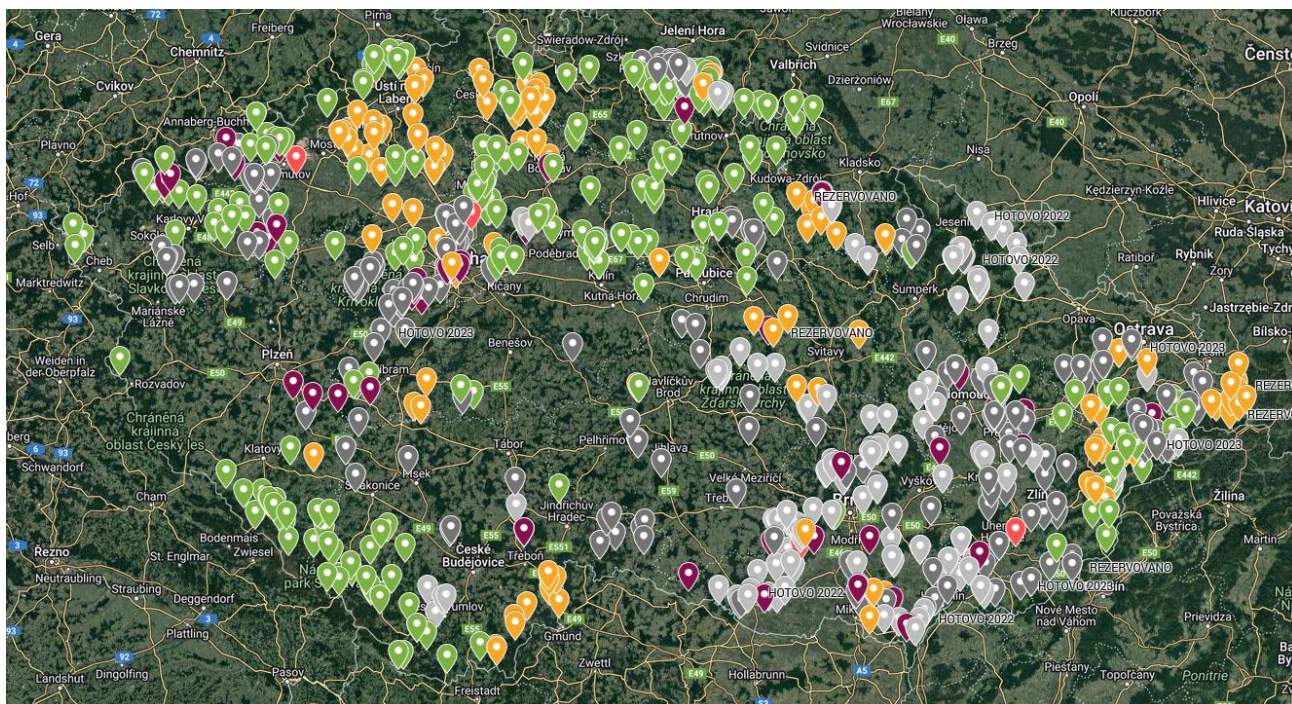
Obr. 33 Výsledek modelu ve škále základních a malých atlasových čtverců. Vlevo: Celkový podíl vysvětlené deviance v zobecněném lineárním modelu (GLM) ve velkých a malých čtvercích. Vpravo: Rozložení (variation partitioning) na složky vysvětlené jednotlivými skupinami prediktorů na příkladu základních čtverců. Lze vidět že (i) prediktory založené na neklasifikovaných Landsat datech byly úspěšnější než prediktory založené na Corine, (ii) modely byly výrazně méně úspěšné pro malé čtverce, (iii) překryv účinků Landsat a Corine prediktorů, tedy zařazení obou skupin prediktorů do modelu by přineslo jen částečné zlepšení a (iv) nezanedbatelný vliv intenzity mapování (sampling effort) na výsledek.

Vliv fenologie na spektrální odezvu v datech DPZ

Při použití dat Landsat v modelech distribuce a diversity druhů lze pracovat, vzhledem k časovému rozlišení družic a oblačnosti ČR, pouze s kompozity za celé vegetační období, tedy s jednou datovou sadou za každý rok. Stejně biotopy či typy prostředí mají nicméně v různých částech vegetační sezóny různou spektrální odezvu. Otázkou tedy je, do jaké míry by modelům byla přínosná data z různých částí vegetačního období, popřípadě, zda existuje optimální část vegetační sezóny pro modelování všech druhů či určitých skupin. Pro nalezení odpovědi bylo zahájeno modelování distribuce ptačích druhů s využitím prediktorů založených na datech družic Sentinel-2 z dubna, června a srpna. Dosavadní výsledky naznačují, že kvalita výsledného modelu může být použitým obdobím významně ovlivněna. Z praktického hlediska tedy může stát za to investovat do náročnější přípravy dat a výpočetního času (což provází použití dat Sentinel-2 oproti Landsatu), a tím získat důvěryhodnější modely distribuce. Podrobnějšímu zkoumání se bude řešitelský tým věnovat v roce 2024, a to nejen v souvislosti s modelováním distribuce a diversity druhů, ale i identifikovatelnosti biotopů.

Mapování a analýza druhové bohatosti vegetace

V roce 2023 se pozornost zaměřila na prvotní analýzu vegetačních snímků zapsaných minulou sezónu roku 2022, pokračoval i sběr dat a jejich příprava pro modelování/mapování druhové bohatosti vegetace. Vegetační snímky ze sezóny 2022 byly porovnány se snímky z České národní fytoecologické databáze (ČNFD). Bylo zjištěno, že data sebraná stratifikovaným náhodným výběrem lokalit obsahují zpravidla více druhů cévnatých rostlin než snímky stejného vegetačního typu uložené v ČNFD. Podíl specialistů daného vegetačního typu je ale většinou menší. Během terénního sběru dat bylo dále zjištěno, že řada navštívených biotopů degradovala a neodpovídá typu biotopu ve Vrstvě mapování biotopů. Během vegetační sezóny roku 2023 pokračoval sběr dat – bylo zapsáno více než 220 vegetačních snímků travinné vegetace napříč celou ČR (obr. 34). Aktuálně jsou data zpracovávána, probíhá určování herbářových položek, měření pH vzorků půdy, přepis fytoecologických zápisů do databáze atp. Dále během roku 2023 probíhaly analýzy druhové bohatosti a invadovanosti ČR pomocí dat ze sítě floristického mapování v databázi Pladias.



Obr. 34 Vybrané lokality, kde jsou zapisovány fytocenologické snímky. Světle šedá = snímky zapsané v r. 2022. Tmavě šedá = snímky zapsané v r. 2023. Oranžová = snímky rezervované jednotlivými členy týmu nebo externími spolupracovníky pro další sezónu. Zelená = volné snímky. Purpurová = problematické snímky, které nelze zapsat, nebo snímky přesunuté na další sezónu kvůli kosení.

Dosavadní výstupy

- Gábor, L., W. Jetz, A. Zarzo-Arias, K. Winner, S. Yanco, S. Pinkert, C. J. Marsh, M. S. Rogan, J. Mäkinen, D. Rocchini, V. Barták, M. Malavasi, P. Balej, and V. Moudrý. 2023. Species distribution models affected by positional uncertainty in species occurrences can still be ecologically interpretable. *Ecography* 2023:1–16.
- Prajzlerová et al.: (under review) The relationship between remotely-sensed spectral heterogeneity and bird diversity is modulated by landscape type. (Článek popsáný v části *Neklasifikovaná data Landsat jako prediktory druhové diverzity ptáků*).
- Moudrý V. et al.: *Accuracy of high-resolution global canopy height maps and their applicability to biodiversity modelling*. Článek pojednává o validaci přesnosti existujících globálních modelů výšky vegetace odvozených z dat satelitní laserové altimetrie a ukazuje limity použití těchto globálních modelů pro modelování biodiverzity.

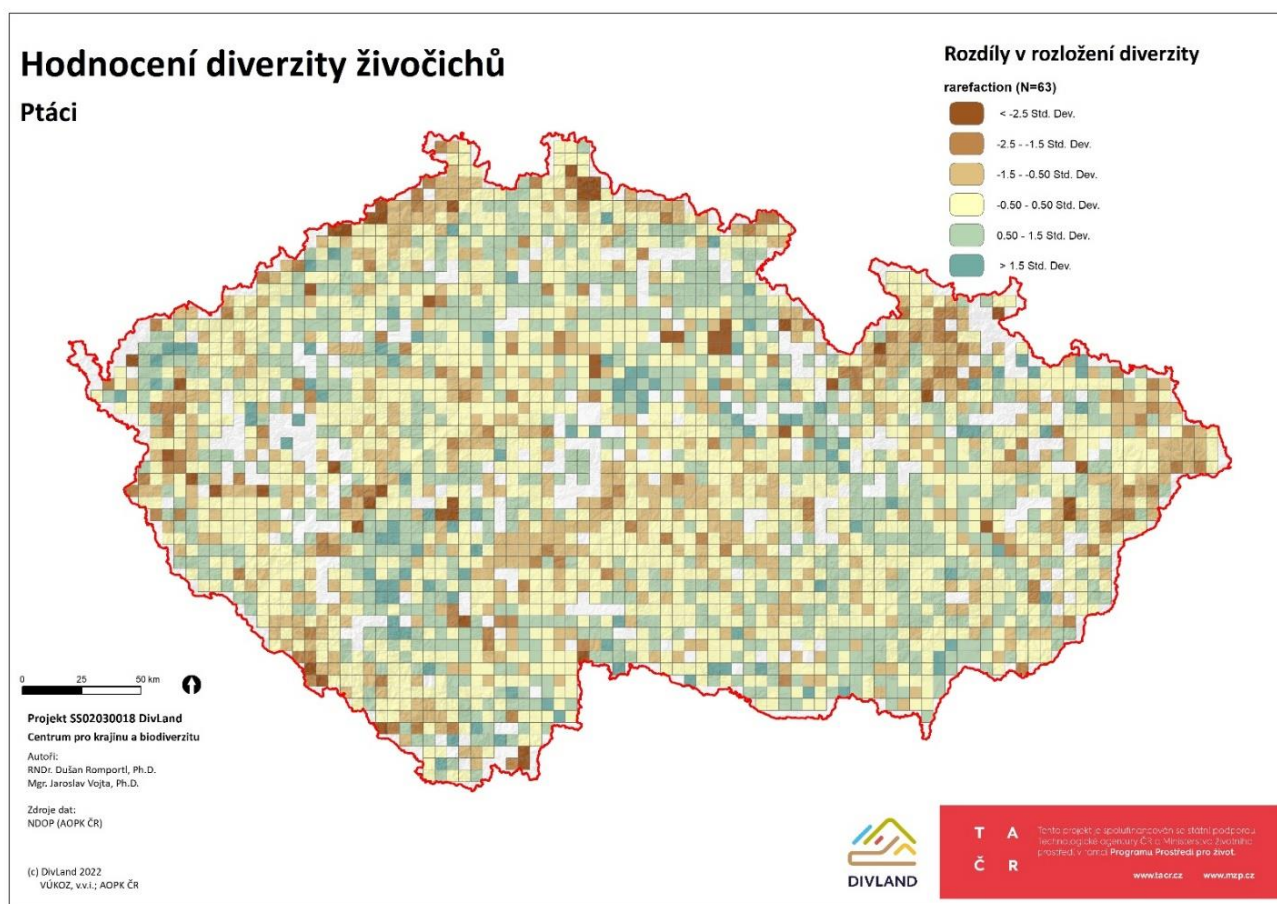
Plán dalšího postupu

V dalším období se řešitelský tým zaměří zejména na rozvíjení konceptu spektrální niky a jeho využitelnosti pro redukci sampling bias a modelování distribuce druhů, na výzkum vlivu fenologie na výsledky modelů a na výzkum odlišitelnosti biotopů na základě dat Sentinel-2. V roce 2024 bude dále probíhat zpracování a vyhodnocení vegetačních snímků zapsaných v minulých sezónách. Dále bude probíhat příprava podkladů pro zapisování snímků a intenzivní sběr dat. Plánuje se dokončení analýz druhové bohatosti a invadovanosti ČR pomocí dat z floristického mapování v databázi Pladias. Výsledky terénního výzkumu i další související analýzy budou prezentovány na mezinárodních konferencích (např. European Vegetation Survey).

WP E3 HODNOCENÍ BIODIVERZITY

V rámci **WP E3** byla v uplynulém roce jednak doplňována a aktualizována sada environmentálních prediktorů pro modelování biodiverzity BIOMOD-CZ. Ke stávajícím 85 prediktorům (+ 40 odvozených dle kategorií Konsolidované vrstvy ekosystémů) byla doplněna v komplementárním rozlišení sada 6 proměnných odvozených z dat DPZ (vybrané vegetační a vlhkostní indexy dle dat LANDSAT / Sentinel), které vhodně rozšiřují charakteristiky prostředí o aktuální vegetační projevy. Ve spolupráci s **WP E2** budou tato data dále kalibrována a bude vyhodnocen jejich vztah (míra korelace, resp. vzájemné zastupitelnosti) s ohledem na stávající prediktory (zejména vrstva mapování biotopů, resp. KVES).

Druhá významná aktivita se soustředí na vyhodnocování vzájemných vztahů predikované, tedy modelované biodiverzity, reálně zachycené druhové rozmanitosti a celkového počtu zaznamenaných druhů dané taxonomické, resp. funkční skupiny. Pomocí metody „rarefaction“ byly tyto vztahy posuzovány na vybraných taxonomických skupinách – vyšších rostlin, ptáků a motýlů. Výstupy ukazují netriviální rozdíly v zachycené diverzitě druhů v závislosti na počtech zachycených jedinců, resp. počtech pozorování. Aktuálně se analyzují tyto vztahy u dalších skupin, kde jejich hodnocení není tak jednoznačné vzhledem k nižšímu počtu druhů (savci, plazi, obojživelníci ad.).



Obr. 35 Hodnocení diversity ptáků metodou „rarefaction“

Plán dalšího postupu

V dalším období se pozornost zaměří na hlubší provázání s výstupy **WP E2 Modelování biodiverzity**, DP a data science, které přinese kvalitativní posun z hlediska komplexního hodnocení druhové i habitatové rozmanitosti. V případě posuzování habitatové diversity je plánováno zpracování Konsolidované vrstvy ekosystémů jako klíčového podkladu pro analýzu v několika hierarchických úrovních.

WP E4 OHROŽENÍ BIODIVERZITY

V části **WA E4.1 Hodnocení faktorů ohrožujících biodiverzitu** pokračovala aktualizace Konsolidované vrstvy ekosystémů (KVES). V nové aktualizaci pro rok 2023, která zatím nebyla vydána, proběhl návrh nového postupu tvorby některých kategorií s cílem zrychlit procesy. Došlo ke změně postupu tvorby dvou nejkomplicovanějších kategorií KVES – vrstvy vodních toků a dopravní sítě. Proces tvorby obou kategorií byl upraven a převeden do modelového prostředí, což umožní jednodušší a rychlejší zpracování kategorií v následujících letech. Také byla provedena drobná úprava metodiky zpracování jiných kategorií a celkového procesu. V úzké spolupráci s **WA A1.2** je rozvíjena sada indikátorů pro monitoring vývoje chráněné krajiny. Na konci roku 2022 proběhla rešerše plánů péče CHKO jako zdrojů specifikace nutných vlastností pro výpočet indikátorů a jejich vazeb na existující indikátory na úrovni krajiny. V roce 2023 proběhl vývoj metodiky výpočtu a samotný výpočet stanovené sady indikátorů pro monitoring vývoje chráněné krajiny. Byla navržena prezentace výsledků ve formě ESRI storymapy.

Významnou aktivitu v rámci balíčku **WP E4** představuje dokončení **WA E4.2 Koncepte záchranných programů**. Na začátku roku byl dokončen výběr kandidátních druhů pro záchranné programy a pro programy péče, byly aktualizovány a zjednodušeny Osnovy pro zpracování záchranného programu, programu péče a regionální akční plán. Rovněž byl doladěn zbytek textu Koncepte. Vzhledem k tomu, že vedle záchranných programů pro zvláště chráněné druhy se také zabývá regionálními akčními plány a programy péče pro druhy přicházející do konfliktu s lidskými zájmy, byl na návrh ze strany MŽP její název změněn a konečná verze byla schválena ministerstvem a publikována v březnu 2023 pod názvem Koncepte aktivních nástrojů druhové ochrany v České republice 2023–2032. Byla zpracována studie „Hnědásek osikový – studie zaměřená na zjištění genetické variability populace v záchranném chovu a zjištění původu nově objevené populace u Frýdku-Místku“. Bylo zjištěno, že genetická variabilita v záchranném chovu se vytrvale snižuje a že populace u Frýdku-Místku byla introdukována z Kováčovských kopců na jihu Slovenska. Byly zahájeny práce na přípravě koncepte záchranných programů pro přírodní stanoviště. Bylo dohodnuto, že to, co by se mělo zachraňovat, se bude na teoretické úrovni opírat o Katalog biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010) a o Červený seznam biotopů České republiky (Chytrý et al. 2020). Z toho důvodu bylo rozhodnuto změnit název koncepte na Koncepti záchranných programů pro biotopy. Byl diskutován a dohodnut prvotní návrh kritérií, podle kterých se budou vybírat kandidáti na záchranné programy, dále byl prodiskutován prvotní návrh rámcových cílů, kterých by tyto programy měly dosáhnout, a kritéria hodnocení úspěšnosti těchto programů. Byla probrána návaznost na projekt LIFE – Jedna příroda, na část Prioritizace aktivní péče.

V roce 2023 také pokračovaly práce na vytvoření principu hodnocení stavu předmětů ochrany (PřO) MZCHÚ. Z důvodu potřeby vytvoření sad indikátorů cílového stavu předmětů ochrany MZCHÚ na míru každému PřO probíhaly práce na tvorbě databáze PřO všech MZCHÚ, kde je orgánem ochrany přírody AOPK ČR (799 MZCHÚ). Databáze obsahuje výčet jednotlivých PřO s vazbou na dané MZCHÚ. Byl vytvořen číselník ekosystémů, který by měl vyřešit problém hodnocení biotopů dvojím způsobem. Doposud jsou totiž ekosystémové PřO v plánech péče o MZCHÚ uváděny pomocí biotopů dle Katalogu biotopů ČR a stanoviště, která jsou PřO EVL, jsou také tvořena biotopy. Hodnocení stavu PřO EVL se provádí dle metodiky hodnocení PřO EVL. Číselník ekosystémů pracuje z důvodu prostorového vymezení s biotopy, ale zároveň umožňuje hodnocení odlišným způsobem, tento číselník by měl také usnadnit a zpřehlednit hodnocení. Je tvořen třemi úrovněmi – vazba biotop:ekosystém: 1:1 (biotop = ekosystém), 1:n (ekosystém tvořen více biotopy) a 1:0 (ekosystém není tvořen žádným biotopem, např. Arboretum, Hrázové porosty). Databáze PřO a číselník ekosystémů bude součástí nového prostředí ISOP2 a vše bude tedy již brzy uvedeno do praxe. Nový princip hodnocení musí být zpracován také do Osnovy plánů péče, podle které jsou plány péče zpracovávány, proto probíhaly také práce na přípravě návrhu úprav této Osnovy. Byl vytvořen návrh kapitoly metodiky hodnocení k útvarům neživé přírody, které jsou jedním z 3 typů PřO MZCHÚ. Probíhaly také práce na vytvoření nového konceptu povinností správců MZCHÚ (doposud mají své správce jen NPP a NPR, nově by měli být jmenováni i správci PP a PR), mezi jejich povinnostmi by mohla patřit např. povinnost aktualizovat informace o MZCHÚ na kartě lokalit, kontrola správnosti po provedeném mapování biotopů před konečným předáním, monitoring některých indikátorů, validace provedeného hodnocení stavu PřO atd.

Dosavadní výstupy

- SS02030018-V79 Koncepte aktivních nástrojů druhové ochrany v České republice 2023–2032

Plán dalšího postupu

Do budoucna je v plánu pokračovat s automatizací procesu aktualizace Konsolidované vrstvy ekosystémů (KVES). Také probíhá hledání možných způsobů pro automatické odstranění nepřesností z vrstvy. Dosavadní návrhy krajinných indikátorů budou představeny potenciálním uživatelům (CHKO, krajinní ekologové) pro připomínkování. Bude dokončena databáze všech PŘO MZCHÚ, aktuálně proveden export PŘO všech NPP (126) a NPR (110), chybí tedy PP (269) a PR (266). Bude vytvořena finální podoba nového konceptu povinností správců MZCHÚ. Vhodnost navržených indikátorů bude testována na souboru lokalit. Je plánováno „Setkání k MZCHÚ“, v rámci kterého by měl být pracovníkům RP představen návrh principu hodnocení stavu PŘO MZCHÚ a také indikátorů, ze kterých si budou zpracovatelé plánů péče vybírat (ke každému PŘO budou na základě metodických doporučení přiřazeny indikátory, pro které proběhne monitoring a následně proběhne jejich vyhodnocení a zhodnocení stavu PŘO). Budou pokračovat práce na tvorbě jednotlivých kapitol textu Metodiky hodnocení stavu PŘO MZCHÚ. Bude vytvořena základní kostra Koncepte záchranných programů pro biotopy, začne se s výběrem vhodných kandidátů na záchranné programy s tím, že tyto by neměly duplikovat ani Plány péče MZCHÚ, ani aktivní péči, která vyplývá z projektu LIFE – Jedna příroda. Výběr kandidátů a jejich vhodnost bude diskutována jak s odborníky v rámci AOPK, tak i mimo tuto instituci.

SHRNUTÍ ŘEŠENÍ PROJEKTU ZA ROK 2023

Všechny aktivity projektu ve třetím roce jeho řešení zaznamenaly podstatný rozvoj v naplňování stanovených cílů, významně se také prohloubila míra provázání jednotlivých WP i WG, ale i spolupráce s dalšími odbornými institucemi a stakeholdery. Naplno se již dařilo využívat potenciál rozsáhlých databází získaných v předchozích letech řešení projektu v rámci pracovních skupin **WG B** a **WG C**. Šlo především o data týkající se lesních ekosystémů – provázání dat ÚHÚL (zejména NIL, Kůrovcová mapa ad.) s vlastními zkompilevanými datasey (letokruhové databáze, mikroklimatická data, biogeochemické datasey ad.) a dále data zaměřená na kvalitu agrosystémů a půdní vlastnosti (zejména data ÚKZÚZ – Bazální monitoring půd, data Agrochemického zkoušení zemědělských půd; pedologická data VÚMOP; scénáře vývoje klimatu ad.). Zatímco v prvních letech získání těchto dat se je podařilo pouze zpracovat a připravit pro další analýzy, teprve v roce 2023 je jednotlivé týmy řešitelského kolektivu začaly naplno vytěžovat. Podobně se pak v případě pracovních skupin **WG A** a **WG E** dařilo díky dokončení dílčích analytických činností (vyhodnocení změn krajiny nad databází TopoLandUse, aktualizace KVES, doplnění databáze environmentálních prediktorů BIOMOD-CZ ad.) hlouběji provázovat jednotlivé aktivity a dospívat ke komplexnějším, syntetizujícím výstupům.

Řada dílčích aktivit i komplexnějších společných činností v uplynulém roce již vyústila v závazné výstupy (jejich přehled je součástí průběžné zprávy), nad rámec pak vzniká velké množství odborných článků i dalších typů výstupů, často prakticky či osvětově zaměřených.

S narůstajícím počtem předběžných i závazných výstupů roste i potřeba jejich prezentace a diskuze s jejich potenciálními uživateli. Vedle představení jednotlivých téma projektu na specializovaných konferencích či seminářích byl projekt DivLand komplexně představen na světovém kongresu Mezinárodní asociace pro krajinnou ekologii (IALE) v červenci 2023 v Nairobi. Pro domácí odbornou obec proběhlo představení postupu řešení centra DivLand na tradiční konferenci Životní prostředí – prostředí pro život v listopadu 2023. Velmi přínosnou formou diskuze nad řešenými otázkami i jejich praktickým uchopením byly kontrolní dny rozšířené na otevřené pracovní semináře díky účasti pozvaných odborníků z různých institucí. Živá debata účastníků přinesla řadu zajímavých podnětů k dalšímu postupu řešení, proto bylo rozhodnuto, že se v tomto modelu bude pokračovat i v budoucnu (optimálně jednou ročně pro každou pracovní skupinu).