

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Jan Purkyt

ČESKÉ BUDĚJOVICE

2021

Autoreferát disertační práce

Doktorand: **Ing. Jan Purkyt**

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Aplikovaná a krajinná ekologie

Název práce: Produkční a evapotranspirační funkce jednotlivých kategorií využití krajiny v
měnících se klimatických podmínkách

Školitel: doc. RNDr. Pavel Cudlín, CSc.

Oponenti: prof. RNDr. Hana Čížková, CSc.

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.

RNDr. Jan Květ, CSc.

Obhajoba disertační práce se koná dne 29. 9. 2021 v 10 hod. v místnosti vědecké rady ZF JU v Českých Budějovicích.

S disertační prací se lze seznámit na studijním oddělení ZF JU v Českých Budějovicích.

doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.

předseda oborové rady AKE

ZF JU v Českých Budějovicích

1. Úvod

Produkční funkce je jednou ze základních funkcí ekosystémů, která nám umožňuje získávat přírodní zdroje, a to ať je využíváme jako potravu, krmivo pro zvířata, materiál pro stavby, nebo na energetické či jiné využití. S touto funkcí, vzhledem k fungování krajiny, je spojena funkce evapotranspirační, která je zásadní pro disipaci sluneční energie, tedy přeměny sluneční energie na skupenské teplo páry, čímž se zabraňuje přehřívání zemského povrchu. Změna produkční a evapotranspirační funkce, především směrem k jejich nižšímu plnění, vzhledem k probíhající změně klimatu, je evidentní a zdá se, že bude do budoucna narůstat. Plnění těchto funkcí lze zjišťovat z mnoha hledisek, například v různých měřítkách, místech, nebo časových obdobích.

Pod pojmem ekosystémové procesy rozumíme jakékoliv fyzikální, chemické a biologické změny, anebo reakce vyskytující se v ekosystémech, které zahrnují rozklad, produkci, cyklus a toky živin a energie (MA, 2005a). Ekosystémové funkce lze chápat jako veškeré projevy ekosystému, vztahů a procesů, které v něm probíhají, až po jeho schopnosti samoregulace a poskytování ekosystémových služeb (Seják et al., 2010). Pokud projevy ekosystémových funkcí mají přímý vliv na lidské zdraví nebo kvalitu života, jsou nazývány službami ekosystému (Lyons et al., 2005). Původně byly popsány jako užitky, které lidská populace přímo či nepřímo získává z ekosystémových funkcí (Costanza et al., 1997), nebo jednoduše jako užitky, které lidé získávají z ekosystémů (MA, 2005). Příkladem ekosystémových služeb je produkce dřeva a potravin, regulace kvality ovzduší, zásobování vodou, regulace kvality vody, regulace záplav. Byly rozděleny do čtyř základních skupin: zásobovací (poskytující lidem zásoby potravy, materiálů, energie či vody), regulační (regulující či zmírňující negativní jevy – např. regulace záplav, klimatu, ovzduší, eroze atd.), kulturní (přinášející prospěch v kulturní, duševní či informační rovině) a podpůrné, které tvořily samostatnou kategorii a představovaly základní procesy a struktury, které podmiňují vznik všech ostatních služeb (MA, 2005).

Ovlivňování ekosystémů ekonomickými aktivitami lidstva je již takové, že dochází k zpětnému působení na ekonomiku, a to v lokálním i globálním měřítku (O'Neill et Kahn, 2000). Seják et al. (2010) uvádějí, že ekonomické funkce přírody, jako jsou například ceny základních druhů přírodních zdrojů nebo platby za odpady, jsou peněžně oceňovány, ale ekologické nikoliv. Pak logicky při rychlém růstu lidské populace dochází k trvalému úbytku přírodních území, a s nimi i podmínek pro život (Seják et al., 2010). Ekosystémové funkce, představující potenciál ekosystémů pro plnění ekosystémových služeb, se hodnotí v tzv. biofyzikálních jednotkách, pomocí zvolených indikátorů, které přímo souvisí se schopností ekosystému poskytovat vybrané ekosystémové služby.

Komplexní přístup k hodnocení ekosystémových funkcí a služeb prostřednictvím zavedení integrovaného rámce navrhli například De Groot et al. (2002). V České republice se hodnocením ekosystémových funkcí a služeb a biologického základu jejich poskytování – biodiverzity začal zabývat kolektiv autorů vedený doc. Sejákem již kolem roku 2000 s výstupy v publikacích např. Seják et al. (2003) a Seják et al. (2010). V posledních letech bylo hodnocení ekosystémových služeb řešeno týmem dr. Vačkáře v rámci projektu „Integrované hodnocení ekosystémových služeb v České republice“ (Vačkář et al., 2014), a to včetně finančního hodnocení ekosystémových služeb (Frélichová et al., 2014).

Krajinné využití a krajinný pokryv jsou hlavními determinanty struktury, funkce a dynamiky ve většině krajin světa (Wu et Hobbs, 2002), a proto je změna využití krajiny považovaná za klíčový aspekt ovlivňující ekosystémy (Turner et al., 1997) a následně také jejich kapacitu pro poskytování ekosystémových služeb (Reid et al., 2005). V Evropě byly v posledních dvou dekádách pozorovány dva hlavní trendy změn land use: opouštění méně úrodně zemědělské půdy a naopak intenzifikace úrodné zemědělské půdy v nížinách. Česká republika je z hlediska Evropy třetí co do množství změn v krajinném pokryvu v období 1990 – 2000, s více jak 6% změněné plochy z rozlohy celého státu a prošla v tomto období z evropských zemí největší extenzifikací, která proběhla na více jak 3,5% rozlohy státu (Feranec et al., 2010). Jedním z hlavních důvodů bylo jedno z největších procent zornění zemědělské půdy v Evropě. Další významnou změnou je nárůst urbánních ploch, vedoucí ke změnám hydrologického cyklu, zvýšenému odtoku, erozi a kontaminaci (Ceccarelli et al., 2014).

Ekosystémové služby, změny land use a vztahy mezi nimi jsou stále častěji považovány za zásadní faktory, ovlivňující ekosystémy, jejich management a ochranu (Palmer et al., 2004). Změny využívání půdy ovlivňují základní ekologické procesy, jako je výměna energie, půdní eroze, cyklus vody a biogeochemické cykly (Felipe-Lucia et al., 2014).

Pro vizualizaci vlivu změn land use na ekosystémové služby se používají mapy ekosystémových služeb (Goldstein et al., 2012). Pro tyto studie jsou velmi důležité mapy krajinného pokryvu na lokální, regionální a globální úrovni (Fritz et al., 2011). Land use se na globální úrovni hodnotí pomocí GLC-2000 (Global Land Cover, 2000) nebo MODIS (MODerate resolution Imaging Spectrometer). Environmentální a ekologické následky změn krajiny jsou ovšem lépe viditelné na přírodních ekosystémech, neboť je ohrožena jejich trvalá udržitelnost, multifunkčnost a hodnota (Schulz et al., 2010). Biotopy (habitaty) byly v Evropě monitorovány díky Evropské směrnici o stanovištích 92/43/EEC, která definovala potřebu ochrany habitatů a druhů pomocí přijetí vhodných opatření. V rámci ekologické sítě ploch k ochraně Natura 2000 byly přírodní biotopy v období 2001-2004 vymapovány a od té doby se provádí zhruba po 10 letech revize jejich stavu. V České republice byly podklady Natura 2000 použity pro Metodu hodnocení biotopů (BVM – Biotope Valuation Method), která zahrnuje celkem 193 biotopů, ze kterých je 53 více antropicky ovlivněných a zbytek tvoří přírodní a přírodě blízké biotopy, které jsou převzaté z Katalogu biotopů ČR (Chytrý et al., 2001). Pechanec et al. (2012) využili pro hodnocení ekosystémových služeb v České republice tzv. Detailní kombinovanou vrstvu (DKV), což je vrstva pro podrobné mapování v měřítku 1:10 000, která byla vypracována na Ústavu výzkumu globální změny AV ČR.

Změna klimatu je již řadu let v popředí společenského zájmu. Změnu klimatu lze dle rámcové úmluvy OSN definovat jako takovou změnu, která je vázána přímo nebo nepřímo na lidskou činnost měnící složení globální atmosféry a která je vedle přirozené variability klimatu pozorovatelná za srovnatelný časový úsek (UNFCCC, 1992). Stěžejní význam na biodiverzitu terestrických ekosystémů v průběhu 21. století bude mít v celosvětovém měřítku změna způsobů využívání krajiny, následovaná antropogenní depozicí dusíku, záměnou druhů a zvyšující se koncentrací CO₂ v ovzduší (Sala et al., 2000). Pátá hodnotící zpráva IPCC (Hartmann et al., 2013) uvádí nárůst globální průměrné teploty (nad povrchy země a oceánů) o

0,85 °C mezi lety 1880–2012. Pro území ČR Zahradníček et al. (2021) uvádějí, že ve srovnání tří dekád následujících po roce 1990 se starým klimatickým normálem 1961–1990 je každá dekáda obecně teplejší než předchozí, se zvláště výrazným oteplováním v posledním období 2011–2019.

Klimatická změna je jedním z výrazných příčin ztráty biodiverzity na globální i regionální úrovni. Zvyšující se průměrná teplota posunuje agro-klimatické zóny (Trnka et al., 2009) a významně tak ovlivní zemědělství a produkci potravin (Sala et al., 2010). Navíc stoupající vláhový deficit ohrozí přirozené zavlažování zemědělských ploch pomocí dešťových srážek ve střední Evropě (Potopová et al., 2015). Změny ve využívání půdy v kombinaci se změnou klimatu a suchem mohou ovlivnit dostupnost vodních zdrojů a vést k poklesu regenerační schopnosti vegetace, šíření škůdců v zemědělství (Williams a Liebhold, 1995), snížení průtokového režimu (Lepinas et al., 2010) a rozšíření lesních chorob (Doblas–Miranda, 2017). Degradace půdy je úzce spojena se zvýšeným rizikem sucha. Degradované půdy mají sníženou míru vsakování vody a mnohem nižší retenční kapacitu. Neudržitelné zemědělské postupy a měnící se klima by mohly vést k nevratnému poklesu produktivity s ničivými dopady na ekosystémové služby v rozsáhlých oblastech (Trnka et al., 2016). Roli důsledků změny klimatu v procesu probíhající degradace půdy na území ČR zhodnotili v poslední době Pechanec et al. (2021) v rámci stanovení indexu ESAI (Environmental Sensitivity Area Index).

Mitigační opatření lze obecně chápat jako předcházení dopadům zmírněním daného jevu (Klimatická změna ČR, 2016). Konkrétně je mitigace antropogenní zásah ke snížení zdrojů (úspora energie, výroba zelené energie) nebo posílení propadů skleníkových plynů (IPCC, 2001). Mezi zásadní skleníkové plyny se značným nárůstem a podílem na globálním oteplování patří především oxid uhličitý CO₂, metan CH₄ a oxid dusný N₂O (Brázdil et al., 2015). Nátr (2011) upozorňuje, že je třeba nejprve antropogenní emise CO₂ udržet na konstantní úrovni, a pak se snažit o dosažení jejich poklesu.

V zjednodušeném pojetí jsou adaptace na změnu klimatu opatřeními, která směřují k řešení dopadů změny klimatu (Klimatická změna v ČR, 2016) a přizpůsobení se novým podmínkám vzhledem ke změně klimatu (Moldan, 2009). Konkrétní adaptační opatření, která uvádí Mezivládní panel pro změny klimatu (IPCC, 2007), jsou například: přizpůsobení doby sadby a variability plodin, zlepšení hospodaření s půdou (protierozní ochrana), rozšířené využívání dešťové vody, opětovné používání vody, rozmanitost turistických atrakcí, přesouvání lyžařských sjezdovek do vyšších nadmořských výšek a další. Odhad sekvestrace uhlíku související s využíváním půdy je zvláště důležitý na regionální úrovni, kde dochází k zásadním rozhodnutím, jak lépe vyhodnotit dopady změn ve využívání půdy. Vhodným managementem pro zachování a zvýšení půdního uhlíku je omezení zpracování půdy a používání zemědělských technik podporující jeho ukládání (Janssens et al., 2003), aplikace různých forem dřevěného uhlí do půdy, zlepšení hospodaření s vodou, obnova rašeliníšť a degradované půdy (Smith et al., 2014).

2. Cíl práce a hypotéza

Cílem disertační práce je zjistit míru plnění produkční a evapotranspirační funkce v zájmových územích, jak se budou měnit vlivem změny klimatu a navrhnout vhodná území k udržitelnému plnění ekosystémových funkcí pro přírodě bližší způsob obhospodařování.

Míra udržitelného plnění vybraných ekosystémových funkcí v zájmových územích závisí na přirozenosti biotopů; přírodní a přírodě blízké biotopy se efektivněji podílejí na koloběhu látek a energií a mají vyšší rezilienci vůči očekávané environmentální změně. Konkrétně bude testována hypotéza, že dynamika změn využití krajiny/krajinného pokryvu, fragmentace a sekvestrace uhlíku se odvíjí od krajinných typů dle Löwa, kdy krajinné typy přírodnějšího charakteru, jako například lesní krajiny, vykazují menší změny oproti více antropicky pozměněným či vytvořeným krajinám, jako jsou zemědělské nebo urbanizované krajiny.

3. Metodika

Terénní průzkum spočíval ve zjištění změn v zastoupení kategorií využití krajiny a krajinného pokryvu v zájmovém území povodí Všeminky, které je součástí povodí Dřevnice. Toto mapování krajiny bylo provedeno metodou biotopového hodnocení (Biotope Valuation Method – BVM, Seják et al., 2003). V zájmovém území horní části povodí Stropnice proběhla revize a upřesnění biotopů pro Detailní kombinovanou vrstvu (DKV). Obě mapování byla prováděna s podklady v měřítku 1:10 000.

Vlastní zpracování mapových podkladů získaných z terénního průzkumu zájmového území Všeminky proběhlo v programu ArcGIS 10. X., a to vektorizací podkladů a vytvořením mapového výstupu. Ve všech zájmových územích byly z mapových podkladů DKV a CORINE LC vytvořeny mapové výstupy pomocí programu ArcGIS 10. X.

Jako nejhrubší vrstva mapování bylo využito mapování krajinného pokryvu CORINE Land Cover (CORINE LC), úroveň 3 v měřítku zhruba 1 : 100 000 (CENIA, 2017). Byla využita data CORINE LC pro roky 1990, 2000, 2006 a 2012.

Pro podrobné mapování biotopů v měřítku 1:10 000 byla použita Detailní kombinovaná vrstva (DKV), která byla vypracována na Ústavu výzkumu globální změny AV ČR ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR. DKV je vytvořena z Konsolidované vrstvy ekosystémů (KVES) a Vrstvy mapování biotopů (AOPK ČR, 2014) a dalších datových zdrojů dostupných na úrovni území České republiky, jako ZABAGED (Základní báze geografických dat), DIBAVOD (Digitální báze vodohospodářských dat), UrbanAtlas (města od 100 tis obyvatel), CORINE Land Cover, HEIS (Hydroekologický informační systém) a LPIS (Land Parcel Identification System – systém pro identifikaci zemědělských pozemků).

Stanovení produkční funkce proběhlo třemi způsoby: i) stanovením zásoby uhlíku kvůli možnosti predikce těchto zásob (zjištění sekvestrace v čase) ve všech zájmových územích, ii) odhadem čisté primární produkce všech biotopů přiřazením tabulkových hodnot k jednotlivým

biotopům ve vrstvě DKV a iii) stanovením čisté primární produkce pro lesní porosty v povodí Stropnice.

Data pro produkční i evapotranspirační funkci biotopů v krajině byla získána z experimentálních měření a z databáze Oddělení ukládání uhlíku v krajině ÚVGZ. Pro 22 funkčních skupin typů biotopů pro všechna zájmová území byly odhady hodnot produkce a evapotranspirace převzaty z publikace Seják et al. (2010). Pro každou třídu CORINE LC 2012 bylo stanoveno zastoupení přírodních biotopů pomocí vrstvy mapování biotopů (AOPK ČR, 2014) a zastoupení nepřirodních biotopů, provedené analýzou využití krajiny nad leteckými snímky pro každou třídu CORINE LC, s využitím dat IFER (Šimová et al., 2009). Ty byly doplněné o vlastní analýzu pomocí náhodně rozmístěných bodů v rámci jednotlivých tříd CORINE LC. Stanovení zastoupení biotopů v jednotlivých kategoriích krajinného pokryvu CORINE LC je uvedeno v publikaci Pechanec et al. (2017).

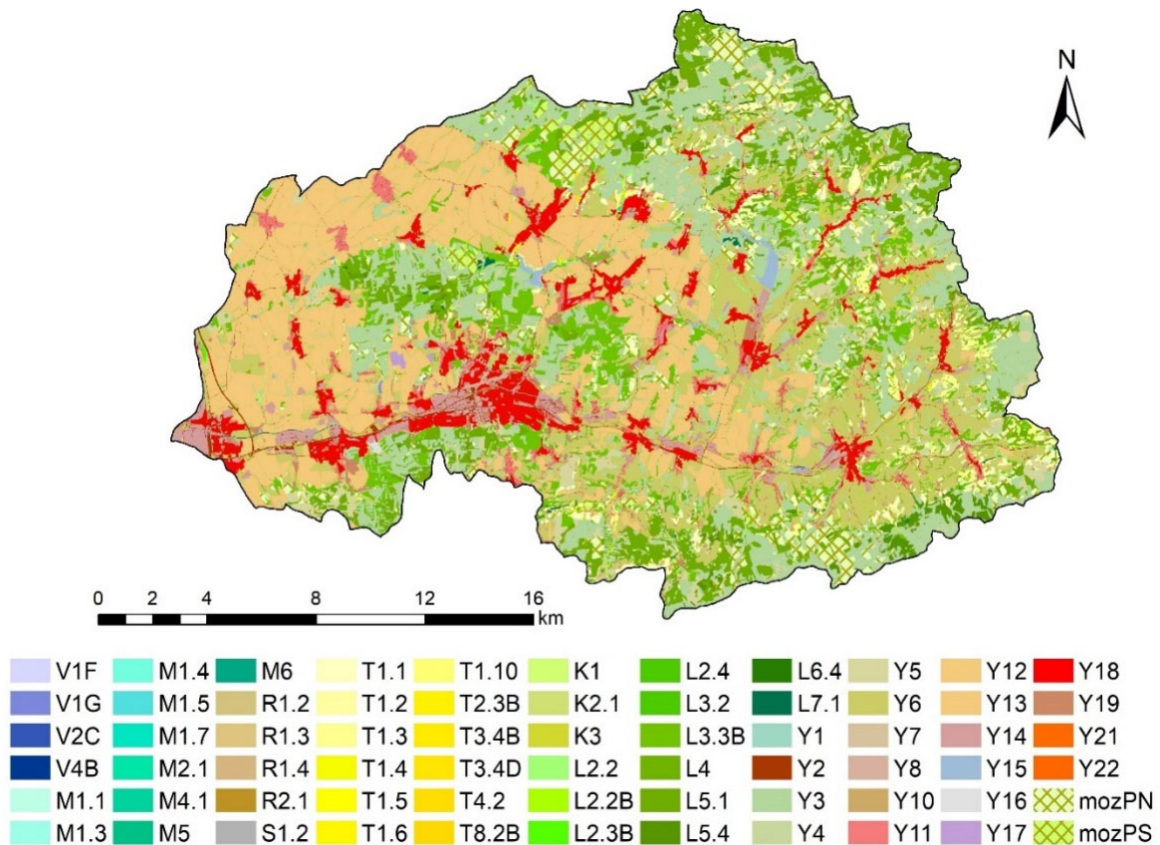
Hypotéza, že dynamika změn využití krajiny/krajinného pokryvu, fragmentace a sekvestrace uhlíku se odvíjí od krajinných typů dle Löwa, kdy krajinné typy přírodnějšího charakteru, jako například lesní krajiny, vykazují menší změny oproti více antropicky pozměněným či vytvořeným krajinám, jako jsou zemědělské nebo urbanizované krajiny, byla testována v obou povodích na základě dat CORINE LC. Pro výpočet indexů krajinných metrik byl využit software ArcGIS 10.X s pomocí extenze Patch Analyst. Pro zjištění uhlíkových zásob byla využita filozofie modelu InVEST se třemi uhlíkovými zásobníky (nadzemní, podzemní a mrtvá biomasa).

Na základě dostupných podkladů a terénního průzkumu byla zpřesněna a verifikována tabulková data produkční funkce jednotlivých typů biotopů v lokálním (zájmové území Všeminky) a regionálním měřítku (zájmová území horní části povodí Stropnice a Dřevnice) a na základě klimatických modelů a modelů změn využití území byly odhadnuty jejich změny do roku 2030 a 2050. Získané výsledky byly použity pro naplnění a částečnou verifikaci a zjištění míry nejistoty scénářových modelů změn využití území, ukládání uhlíku a biodiverzity InVEST (sada modelů pro hodnocení úrovně ekosystémových služeb a jejich porovnání), Land Change Modeller (LCM) (dynamického prediktivního modelu využití krajiny), MARXAN (model, který pomáhá při rozhodování v ochranném plánování). Výsledky modelů InVEST, MARXAN a LCM byly získány ve spolupráci s Katedrou geoinformatiky UPOL v rámci společně řešených projektů v zájmových územích.

4. Výsledky a diskuze

Výše popsané metody a postupy byly v rámci předložené práce aplikovány na trojici zájmových území – dvě povodí středně velkých vodních toků (Dřevnice na Zlínsku a Stropnice v jižních Čechách) a dále také povodí drobného vodního toku Všeminka, jakožto levostranného přítoku řeky Dřevnice.

Pro potřeby autoreferátu byly vybrány výsledky modelování pouze pro povodí řeky Dřevnice. Základní přehled o vegetačních poměrech, charakterizovaných prostřednictvím metody hodnocení biotopů DKV („detailní kombinovaná vrstva“) v povodí Dřevnice, podává obr. 1. Obecně lze shrnout, že v povodí převládají zejména antropogenně ovlivněné biotopy (kód „Y“); jedná se převážně o leso-zemědělskou až zemědělskou krajinu, v nejvyšších partiích povodí kolem pramenné oblasti Dřevnice potom také krajinu lesní.

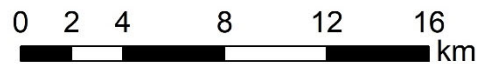
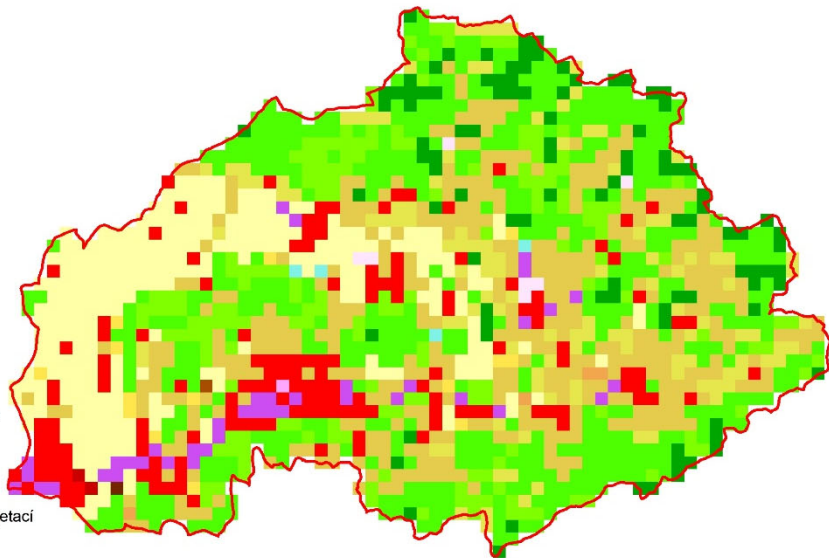


Obr. 1. Biotopy mapované metodou DKV v povodí Dřevnice v roce 2016 (vysvětlivky ke kódům biotopů jsou v disertační práci).

Pro predikování krajinného pokryvu do budoucna byly pomocí modelu Land Change Modeller (LCM) vytvořeny mapy všech zájmových území pro roky 2030 a 2050. Obr. 2 níže zobrazuje modelovaný krajinný pokryv povodí Dřevnice k roku 2050. Detailní informace o algoritmech modelu LCM, jejich nastavení a vstupních datech, použitých pro potřeby modelování, jsou uvedeny v disertační práci. Celkově lze konstatovat, že v tomto povodí by dle výsledků modelu mělo do roku 2050 dojít k mírnému nárůstu rozlohy luk a pastvin.

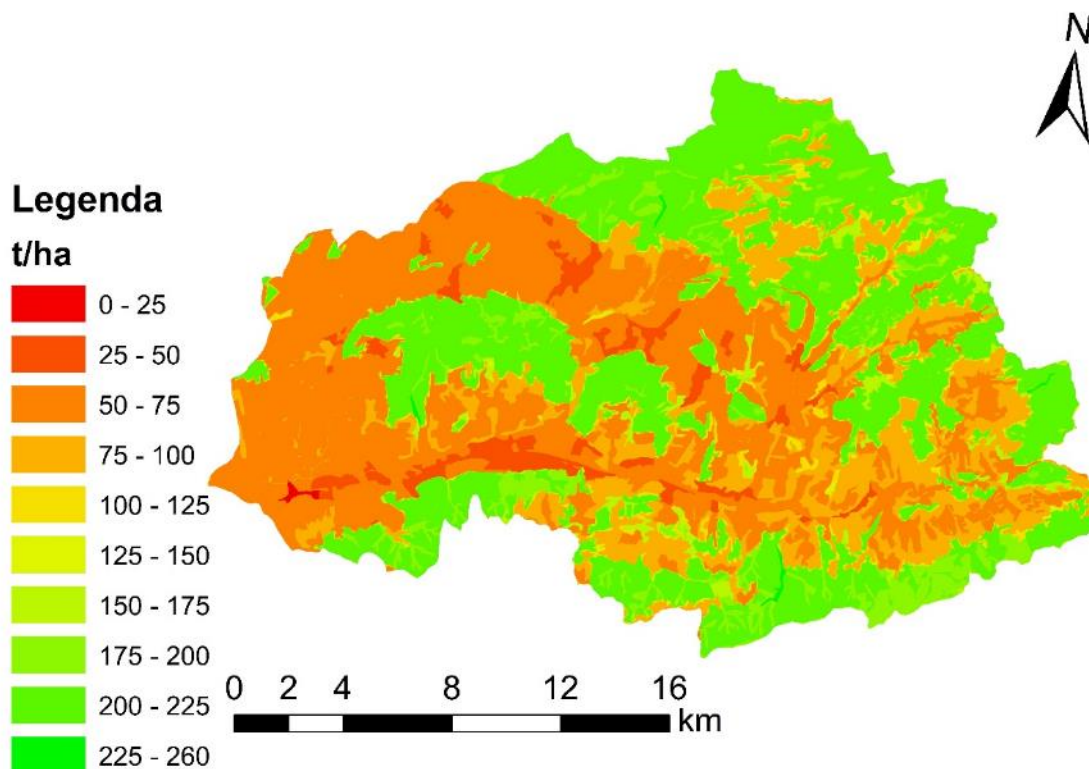
Legenda

- drevnice_povodi_cele
- 1.1.1. Souvislá městská zástavba
- 1.1.2. Nesouvislá městská zástavba
- 1.2.1 Průmyslové a obchodní areály
- 1.2.2. Silniční a železniční síť s okolím
- 1.3.2. Haldy a skládky
- 1.4.1. Městské zelené plochy
- 1.4.2. Sportovní a rekreační areály
- 2.1.1. Nezavlažovaná orná půda
- 2.2.2. Sady, chmelnice a zahradní plantáže
- 2.3.1. Louky a pastviny
- 2.4.2. Směsice polí, luk a trvalých plodin
- 2.4.3. Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací
- 3.1.1. Listnaté lesy
- 3.1.2. Jehličnaté lesy
- 3.1.3. Smišené lesy
- 3.2.1. Přírodní louky
- 3.2.2. Stepi a křoviny
- 3.2.4. Nízký porost v lese
- 5.1.2. Vodní plochy
- 9.9.8. Železnice
- 9.9.9. Silnice



Obr. 2. Krajinný pokryv CORINE Land Cover predikovaný pro rok 2050 modelem LCM na povodí Dřevnice (rastr 500 m).

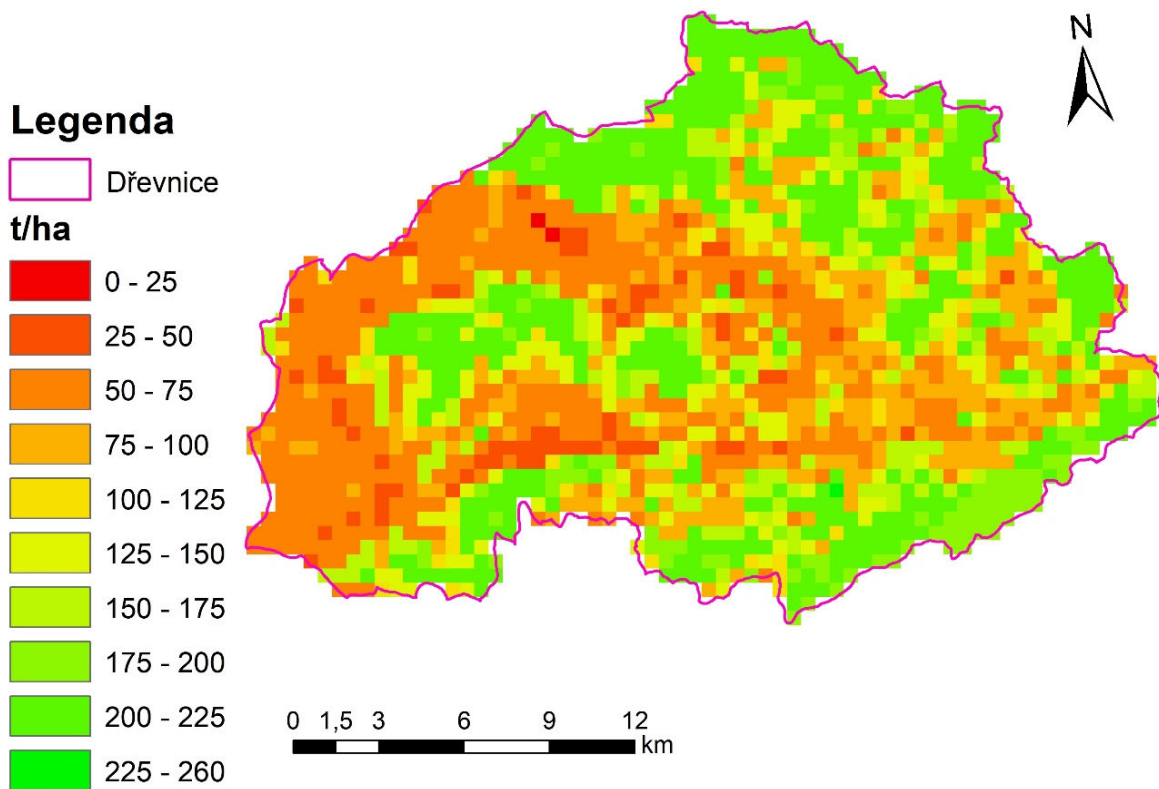
Uhlíkové zásobníky pro povodí Dřevnice, vypočtené na základě vrstvy CORINE Land Cover 2012, a obsahující nadzemní biomasu, podzemní biomasu, mrtvou biomasu a půdní uhlík, jsou zobrazeny na obr. 3. Zejména v případě lesních biotopů z uvedeného výstupu vyplývá někdy až stoprocentní navýšení celkového uhlíku po započtení půdního uhlíku. Hodnoty uhlíku (C) jsou logicky nejvyšší v lesní krajině a nejnižší v zemědělské krajině, kdy urbanizovaná krajina zahrnuje často i nezanedbatelné množství městské zeleně, a to jak přímo ve městech, tak příměstské zeleně na města bezprostředně navazující. Také zemědělská půda je častěji opouštěna v okolí měst a dochází zde k ukládání uhlíku (Lipský et Kukla, 2012).



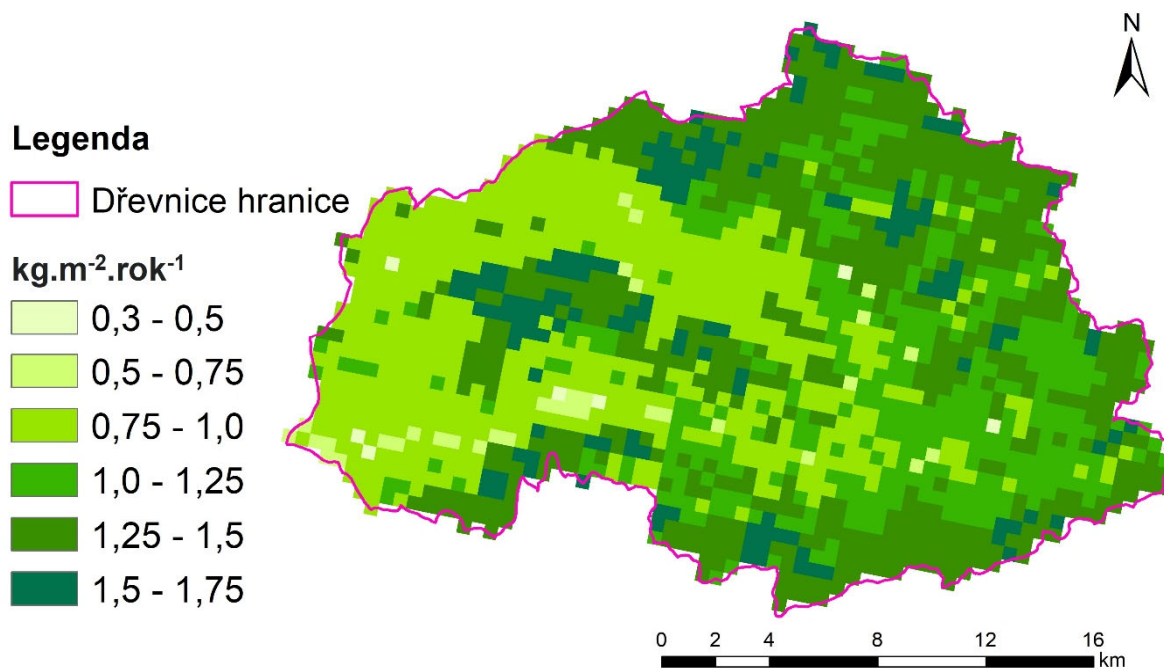
Obr. 3. Celkový uhlík (nadzemní biomasa, podzemní biomasa, mrtvá biomasa a půdní uhlík) v povodí Dřevnice vypočtený na základě vrstvy CORINE Land Cover 2012.

Další krok představovalo modelování uhlíkových zásobníků pro roky 2030 a 2050, rovněž na základě modelu LCM. Pro predikci byl zvolen rastr 500 m, který je v povodí Dřevnice a Stropnice vhodný vzhledem k velikosti území. Ve všech analyzovaných povodích se zásobníky celkového uhlíku mírně zvyšují, protože podle modelu Land Change Modeller, bude až do roku 2050 docházet k mírnému nárůstu zatravnění a zalesňování zemědělské půdy. Výsledné hodnoty pro rok 2050 v povodí Dřevnice zobrazuje obr. 4.

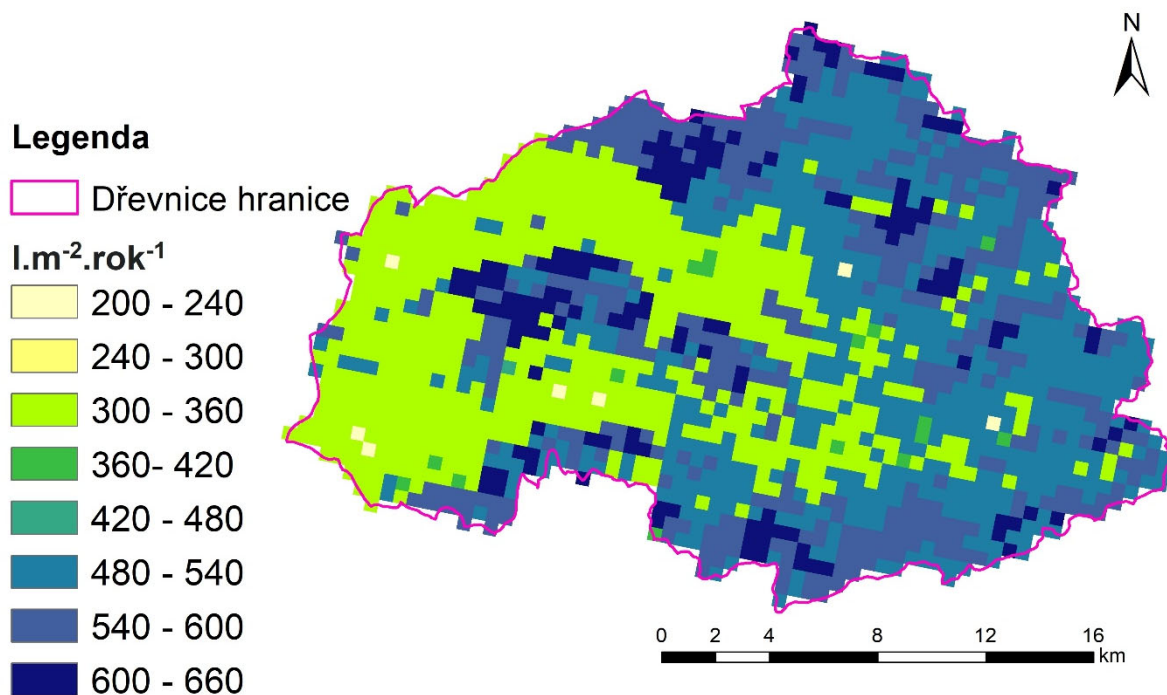
Obr. 5 zachycuje čistou roční primární produkci nadzemní a podzemní biomasy, vyjádřenou na základě dat z experimentálních měření a databáze Oddělení ukládání uhlíku v krajině ÚVGZ. V datech je zřejmá silná korelace s prostorovou distribucí lesních porostů v povodí Dřevnice. Z totožných datových zdrojů byla vyjádřena rovněž roční hodnota evapotranspirace biotopů, zobrazená na obr. 6.



Obr. 4. Predikce uhlíkových zásobníků v povodí Dřevnice pro rok 2050 vytvořená modelem LCM.

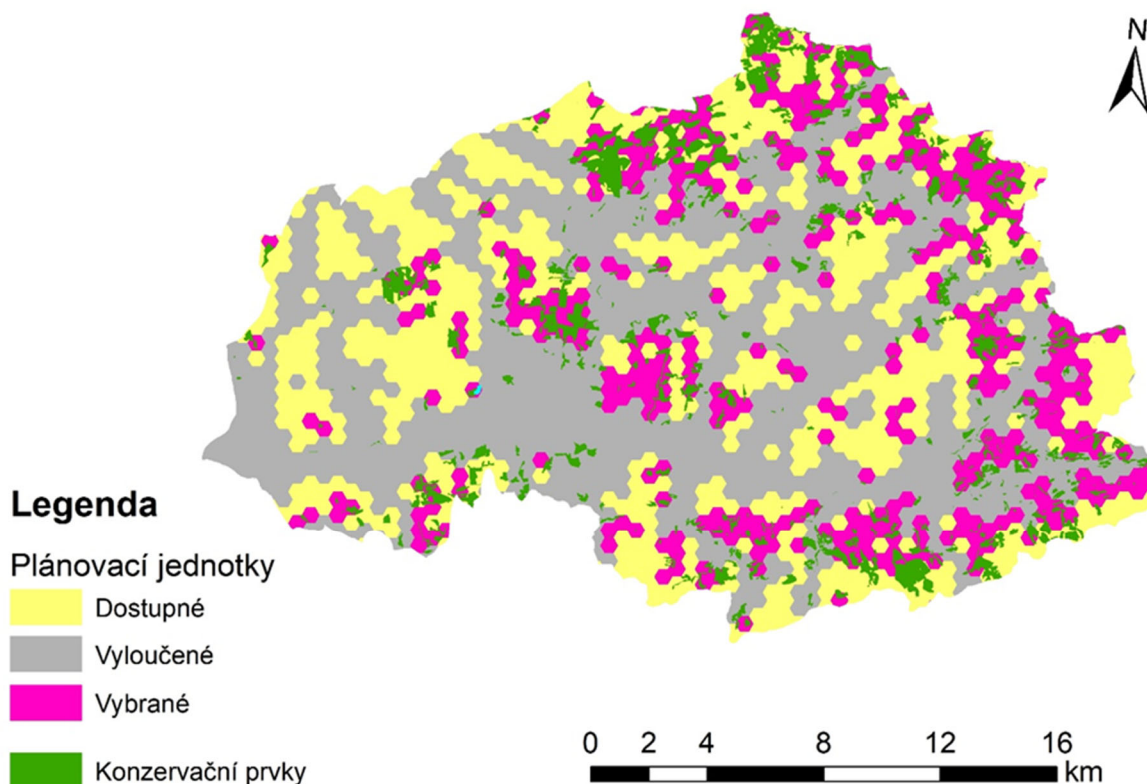


Obr. 5. Čistá roční primární produkce nadzemní a podzemní biomasy v povodí Dřevnice



Obr. 6. Roční hodnoty evapotranspirace biotopů v povodí Dřevnice.

Finální fáze řešení práce spočívala v identifikaci lokalit vhodných k udržitelnému plnění ekosystémových funkcí, s využitím modelu MARXAN. Za konzervační prvky byly považovány nadprůměrně cenné přírodní a přírodě blízké biotopy z databáze Mapování biotopů AOPK ČR, přesahující minimální rozlohu, potřebnou k jejich udržení v krajině. Výstupem z modelu je mapa s návrhem území vhodných pro stanovení speciálního managementu pro udržení a zvyšování produkční a evapotranspirační funkce krajiny. Výstup modelu MARXAN pro povodí Dřevnice je uveden na obr. 7.



Obr. 7. Vybraná území v povodí Dřevnice k udržitelnému plnění ekosystémových funkcí pomocí modelu MARXAN.

5. Výstupy a závěr

Výstupy práce ukazují, že intenzivně využívané typy krajiny jako jsou krajina zemědělská nebo urbanizovaná vzhledem k jejich perzistenci méně podléhají změnám land use/land cover. Krajiny přírodnějšího charakteru jako je lesní krajina nebo lesozemědělská krajina vykazuje větší změny land use/land cover a ukládají více uhlíku oproti více antropicky pozměněným či vytvořeným krajinám, jako je zemědělská nebo urbanizovaná krajina. V případě fragmentace to již neplatí a záleží zde na homogenitě krajiny, ne na její přírodnosti, kdy nejvíce homogenní krajiny jsou nejméně fragmentované, jako je lesní krajina a zemědělská krajina.

6. Použitá literatura

- [1] MA (2005). Millennium ecosystem assessment. Washington, DC: New Island, 13, 520.
- [2] SEJÁK, J. a kol.: Hodnocení funkcí a služeb ekosystémů České republiky. Ústí nad Labem: FŽP UJEP, 2010
- [3] LYONS, A. C. (2005). Financial education and program evaluation: Challenges and potentials for financial professionals. *Journal of Personal Finance*, 4(4), 56-68.
- [4] COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., ... & VAN DEN BELT, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- [5] O'NEILL, R. V., & KAHN, J. R. (2000). Homo economus as a keystone species. *BioScience*, 50(4), 333-337.
- [6] PECHANEC, V., MACHAR, I., KILIANOVA, H., VICKOVA, V., BUCEK, A., & PLASEK, V. (2017). Prediction of climate change impacts on sustainable agricultural management in the Czech republic. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12), 7580-7586.
- [7] DE GROOT, R. S., WILSON, M. A., & BOUMANS, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.
- [8] SEJÁK, J., & DEJMAL, I. (2003). Hodnocení a oceňování biotopů České republiky. Český ekologický ústav.
- [9] FRÉLICOVÁ, J., VAČKÁŘ, D., PÁRTL, A., LOUČKOVÁ, B., HARMÁČKOVÁ, Z. V., & LORENCOVÁ, E. (2014). Integrated assessment of ecosystem services in the Czech Republic. *Ecosystem Services*, 8, 110-117.
- [10] WU, J., & HOBBS, R. (2002). Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape ecology*, 17(4), 355-365.
- [11] TURNER, M. G., DALE, V. H., & EVERHAM, E. H. (1997). Fires, hurricanes, and volcanoes: comparing large disturbances. *BioScience*, 47(11), 758-768.
- [12] REID, W. V., MOONEY, H. A., CROPPER, A., CAPISTRANO, D., CARPENTER, S. R., CHOPRA, K., ... & ZUREK, M. B. (2005). Ecosystems and human well-being-Synthesis: A report of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press.
- [13] FERANEC, J., JAFFRAIN, G., SOUKUP, T., & HAZEU, G. (2010). Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data. *Applied geography*, 30(1), 19-35.

- [14] CECCARELLI, T., BAJOCCHO, S., LUIGI, P. L., & SALVATI, L. (2014). Urbanisation and land take of high quality agricultural soils-exploring long-term land use changes and land capability in Northern Italy.
- [15] PALMER, J. D., SOLTIS, D. E., & CHASE, M. W. (2004). The plant tree of life: an overview and some points of view. *American journal of botany*, 91(10), 1437-1445.
- [16] FELIPE-LUCIA, M. R., COMÍN, F. A., & ESCALERA-REYES, J. (2015). A framework for the social valuation of ecosystem services. *Ambio*, 44(4), 308-318.
- [17] GOLDSTEIN, J. H., CALDARONE, G., DUARTE, T. K., ENNAANAY, D., HANNAHS, N., MENDOZA, G., ... & DAILY, G. C. (2012). Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), 7565-7570.
- [18] FRITZ, S., SEE, L., MCCALLUM, I., SCHILL, C., OBERSTEINER, M., VAN DER VELDE, M., ... & ACHARD, F. (2011). Highlighting continued uncertainty in global land cover maps for the user community. *Environmental Research Letters*, 6(4), 044005.
- [19] SCHULZ, J. J., CAYUELA, L., ECHEVERRIA, C., SALAS, J., & BENAYAS, J. M. R. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30(3), 436-447.
- [20] CHYTRÝ, M., KUČERA, T., & KOČÍ, M. (2001). *Katalog biotopů České republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- [21] PECHANEC, V., BURIAN, J., KILIANOVA, H., VOZANILEK, V., & SVOBODA, J. (2012). A Participatory Approach to Spatial and Environmental Planning in Different National Perspectives. *Studia Obszarów Wiejskich*, 27, 47-73.
- [22] SALA, O. E., CHAPIN, F. S., ARMESTO, J. J., BERLOW, E., BLOOMFIELD, J., DIRZO, R., ... & WALL, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *science*, 287(5459), 1770-1774.
- [23] HARTMANN, H., ZIEGLER, W., KOLLE, O., & TRUMBORE, S. (2013). Thirst beats hunger—declining hydration during drought prevents carbon starvation in Norway spruce saplings. *New Phytologist*, 200(2), 340-349.
- [24] ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P., & TRNKA, M. (2021). Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*, 41(2), 1211-1229.
- [25] TRNKA, M., KYSELÝ, J., MOŽNÝ, M., & DUBROVSKÝ, M. (2009). Changes in Central-European soil-moisture availability and circulation patterns in 1881–2005. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(5), 655-672.

- [26] POTOPOVÁ, V., ŠTĚPÁNEK, P., MOŽNÝ, M., TÜRKOTT, L., & SOUKUP, J. (2015). Performance of the standardised precipitation evapotranspiration index at various lags for agricultural drought risk assessment in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 202, 26-38.
- [27] WILLIAMS, D. W., & LIEBHOLD, A. M. (1995). Herbivorous insects and global change: potential changes in the spatial distribution of forest defoliator outbreaks. *Journal of Biogeography*, 665-671.
- [28] LESPINAS, F., LUDWIG, W., & HEUSSNER, S. (2010). Impact of recent climate change on the hydrology of coastal Mediterranean rivers in Southern France. *Climatic Change*, 99(3), 425-456.
- [29] DOBLAS-MIRANDA, E., ALONSO, R., ARNAN, X., BERMEJO, V., BROTONS, L., DE LAS HERAS, J., ... & RETANA, J. (2017). A review of the combination among global change factors in forests, shrublands and pastures of the Mediterranean Region: Beyond drought effects. *Global and Planetary Change*, 148, 42-54.
- [30] TRNKA, M., BALEK, J., ZAHRADNÍČEK, P., EITZINGER, J., FORMAYER, H., TURŇA, M., ... & BRÁZDIL, R. (2016). Drought trends over part of Central Europe between 1961 and 2014. *Climate Research*, 70(2-3), 143-160.
- [31] PECHANEC, V., PROKOPOVÁ, M., SALVATI, L., CUDLÍN, O., PROCHÁZKA, J., SAMEC, P., ... & CUDLÍN, P. (2021). Moving toward the north: A country-level classification of land sensitivity to degradation in Czech Republic. *CATENA*, 206, 105567.
- [32] IPCC, 2001: Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA, 2001. No. of pages: 881.
- [33] BRÁZDIL, R., TRNKA, M., MIKŠOVSKÝ, J., ŘEZNÍČKOVÁ, L., & DOBROVOLNÝ, P. (2015). Spring-summer droughts in the Czech Land in 1805–2012 and their forcings. *International Journal of Climatology*, 35(7), 1405-1421.
- [34] NÁTR, L. (2011). *Příroda, nebo člověk. Služby ekosystémů*. Nakladatelství Karolinum, Praha.
- [35] MOLDAN, F., COSBY, B. J., & WRIGHT, R. F. (2009). Modelling the role of nitrogen in acidification of Swedish lakes: future scenarios of acid deposition, climate change and forestry practices.
- [36] JANSSENS, I. A., FREIBAUER, A., CIAIS, P., SMITH, P., NABUURS, G. J., FOLBERTH, G., ... & DOLMAN, A. J. (2003). Europe's terrestrial biosphere absorbs 7 to 12% of European anthropogenic CO₂ emissions. *science*, 300(5625), 1538-1542.

- [37] SMITH, A. M., KOLDEN, C. A., TINKHAM, W. T., TALHELM, A. F., MARSHALL, J. D., HUDAK, A. T., ... & GOSZ, J. R. (2014). Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems. *Remote sensing of environment*, 154, 322-337.
- [38] ŠÍMOVÁ, P., ČERNÝ, M., CIENCIALA, E., APLTAUER, J., KUČEROVÁ, J., BERANOVÁ, J., & DRAHOŇOVSKÁ, E. (2009). A methodology for classifying aerial photographs within the CzechTerra landscape inventory system: a new approach to generating data for landscape analyses. *Journal of Landscape Studies*, 2, 43-55.