

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Geografie a kartografie



Marek Duspiva

Mikrostruktura krajiny a její odlišnosti mezi typy krajín České republiky

Landscape structure and its differences among landscapes in the Czech
Republic

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Praha, 2019

Zadání bakalářské práce

Název práce: Mikrostruktura krajiny a její odlišnosti mezi typy krajín České republiky

Cíle práce:

- Rešerše literatury na téma struktura krajiny a její hodnocení.
- Analýza mikrostruktury krajiny pomocí metrik v krajinných typech ČR a zhodnocení rozdílů.

Metody:

Těžiště práce bude spočívat v rešerši literatury na téma hodnocení mikrostruktury krajiny. Na základě rešerše literatury budou vybrány vhodné indikátory krajinné struktury a ty pak budou vypočítány pro typy krajiny České republiky vymezené pomocí klastrové analýzy dle Chuman, Romportl (2010). Následně bude vyhodnoceno, zda se typy krajiny v mikrostruktuře liší.

Datum zadání: 24. 12. 2018

Jméno studenta: Marek Duspiva

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 30. 7. 2019

.....
Marek Duspiva

Abstrakt

Mikrostruktura krajiny má zásadní vliv na fungování a procesy v krajině. Její podoba také velmi závisí na přírodních podmínkách a hospodářském využití krajiny. Tato práce se věnuje obecným teoretickým otázkám krajinné ekologie, zejména pak struktuře krajiny a jejímu hodnocení. Cílem práce byla analýza mikrostruktury v typech krajiny České republiky a zhodnocení, zda se tyto typy v mikrostruktuře liší. Analýza krajinné struktury byla provedena pomocí výpočtů krajinných metrik na základě dat CORINE Land Cover. Mikrostrukturu lze charakterizovat velkým počtem krajinných metrik, vzhledem k použitým datům byly k popisu mikrostruktury vybrány následující: hustota plošek (PD), průměrná velikost plošky (MPS), hustota hranic (ED), Shannonův index diverzity (SHDI) a Shannonův index vyrovnanosti (SHEI). Výpočty metrik byly provedeny pro celé území všech krajinných typů a posléze i pro všechny čtverce 2 km x 2 km pokrývající celé území ČR. Přestože použitá data mají relativně nízké rozlišení, výpočty a provedená analýza variance prokázaly odlišnost charakteru mikrostruktury krajiny mezi jednotlivými krajinnými typy.

Klíčová slova: krajinná ekologie, krajinná struktura, hodnocení krajinné struktury, krajinné metriky, typologie krajiny

Abstract

Landscape structure has a major influence on functioning and processes in a landscape. The landscape structure is highly dependent on the natural conditions and economic use of the landscape. This thesis devotes to general theoretical issues of landscape ecology, especially landscape structure and its evaluation. The main aim of the thesis was to analyze the landscape structure in landscape types of the Czech Republic and to evaluate whether these types differ in the structure. Landscape structure analysis was performed using landscape metrics calculations based on CORINE Land Cover data. Landscape structure can be characterized by a large number of metrics. The following metrics were selected for the analysis and description of landscape types: Patch density (PD), Mean patch size (MPS), Edge density (ED), Shannon's Diversity Index (SHDI) and Shannon's Evenness Index (SHEI). The metrics were calculated for the whole area of each landscape type and also for all squares 2 km x 2 km covering the whole area of the Czech Republic. Although used data have a relatively low resolution, the calculations and the analysis of variance have shown that the character of the landscape structure differs between the individual landscape types.

Keywords: landscape ecology, landscape structure, landscape structure evaluation, landscape metrics, landscape typology

P o d ě k o v á n í

Děkuji RNDr. Tomáši Chumanovi, Ph.D. za vstřícný přístup, asistenci a cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

Obsah

1 Úvod	8
2 Krajina a její struktura	9
2.1 Definice krajiny.....	9
2.2 Struktura krajiny.....	10
2.3 Skladebné části struktury krajiny	10
2.3.1 Krajinné plošky (enklávy).....	11
2.3.2 Krajinné koridory.....	11
2.3.3 Krajinná matrice	12
2.3.4 Ekotony.....	12
2.4 Celková struktura krajiny.....	13
2.4.1 Další charakteristiky krajinné struktury.....	15
2.3.2 Problémy spojené se změnou krajinné struktury	16
3 Vývoj české kulturní krajiny.....	17
3.1 Krajina a člověk	17
3.2 Moderní historie.....	18
3.2.1 Změny heterogenity a struktury krajiny.....	20
4 Hodnocení krajiny	22
4.1 Typologie krajiny	22
4.1.1 Klasifikace krajiny na území České republiky	23
4.2 Hodnocení struktury krajiny.....	24
4.3 Krajinné metriky	24
4.4 Typy metrik.....	25
4.4.1 Plošné metriky a metriky počtu, velikosti a hustoty plošek.....	25
4.4.2 Metriky hranic a jejich kontrastu	26
4.4.3 Metriky tvaru.....	26
4.4.4 Metriky diverzity a skladby krajinných složek.....	27
4.5 Využití metrik ve výzkumu krajiny.....	27
4.6 Potenciální rizika použití krajinných metrik	29
5 Metody a data	31
6 Výsledky.....	34
6.1 Charakteristika krajinných typů a jejich mikrostruktury	34
6.1.1 Shrnutí výsledků	41
6.2 Vyhodnocení odlišnosti mikrostruktury v krajinných typech.....	43
7 Diskuse	46
8 Závěr.....	48
Literatura.....	49

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Schéma provázanosti struktury, funkce a dynamiky (změny) krajiny	9
Obrázek 2: Základní klasifikační skupiny krajin založené na zastoupení krajinných složek podle Formana a Godrona (1993)	13
Obrázek 3: Vybrané typy krajinného uspořádání podle Küchlera a Zonnevelda (1988).....	14
Obrázek 4: Tvary okrajů z hlediska expanzivnosti plošek podle Forman a Godrona (1993), a) konkávní hranice reliktní složky; b) konvexní hranice expanzivní plošky	15
Obrázek 5: Porovnání krajinné struktury (velikosti zrna) v zemědělské krajině v okolí Třebeska na Příbramsku na základě leteckých snímků zaznamenávající stav krajiny v roce 1952 (nahore) a dole stav aktuální (2017)	19
Obrázek 6: Zemědělská krajina s rozsáhlými lány orné půdy na jižní Moravě.....	20
Obrázek 7: Ukázky rozdílné struktury české krajiny (snímkování bylo prováděno v letech 2017 – 2018), zemědělsky intenzivně obhospodařovaná krajina na Nymbursku (vlevo nahore); rybníční krajina na Třeboňsku (vpravo nahore); vysokohorská lesní krajina v okolí Luční hory v Krkonoších (vlevo dole); extenzivně obhospodařovaná krajina v okolí Jestřabí v Krkonoších (vpravo dole)	21
Obrázek 8: Závislost krajinných složek utvářející krajinný typ podle Múchera a kol. (2003).....	23
Obrázek 9: Mapa krajinných typů	35
Obrázek 10: Mapy zobrazující hodnoty krajinných metrik v jednotlivých krajinných typech, a) Shannonův index diverzity (SHDI); b) průměrná velikost plošky (MPS); c) hustota hranic (ED); d) hustota plošek (PD)	42

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Podíl vybraných kategorií využití půdy na území ČR v letech 1845 až 1999 (v %)	18
Tabulka 2: Vzorce vypočítaných metrik	32
Tabulka 3: Zastoupení krajinného pokryvu v krajinných typech podle dat CORINE Land Cover (v %) .	37
Tabulka 4: Hodnoty vybraných krajinných metrik	37
Tabulka 5: Statistické vyhodnocení hodnot SHDI a NP vypočítaných pro náhodný výběr 30 % čtverců	44
Tabulka 6: Vzájemná odlišnost krajinných typů v NP a SHDI	45

Seznam grafů:

Graf 1: Zastoupení krajinného pokryvu v krajinných typech podle dat CORINE Land Cover.....	36
Graf 2: Relativní hodnoty vybraných metrik vztažené vždy k maximální dosažené hodnotě	38
Graf 3: Rozložení hodnot NP pro náhodný výběr 30 % čtverců	43
Graf 4: Rozložení hodnot SHDI pro náhodný výběr 30 % čtverců	44
Graf 5: Relativní hodnoty metrik SHDI a NP vztažené vždy k maximální dosažené hodnotě	45

Seznam příloh:

Příloha 1: Rozšířený výběr krajinných metrik a jejich hodnot za krajinné typy a třídy	52
Příloha 2: Legenda k třídám krajinného pokryvu databáze CORINE Land Cover	57

1 Úvod

V současné době doznává krajina u nás i jinde ve světě výrazných změn. Člověk svou činností mění krajinu po tisíce let, v posledních staletích se však stal jednoznačně hlavním činitelem jejích změn. Různé historické etapy se na rázu krajiny podepsaly specifickým způsobem. Od poloviny 20. století pozorujeme na území České republiky výrazné změny ve způsobu využití půdy. Zejména intenzivní zemědělství, ale také lesní a vodní hospodaření se výrazně podepsaly na podobě naší současné krajiny. Od počátku 90. let pozorujeme velký nárůst obytné i komerční zástavby v zázemí větších sídel, tzv. (sub)urbanizaci, dochází tak k záboru stále nové, často úrodné půdy a tudíž k její nevratné ztrátě.

Velký tlak, který je vyvíjen na krajinu a vůbec na životní prostředí má své důsledky. Mimo jiné dochází ke změně krajinné struktury, což má mnohé negativní dopady. Krajinná struktura totiž úzce souvisí s funkčními vlastnostmi krajiny a s její heterogenitou, která je klíčová pro podporu druhové rozmanitosti. V současné době jsme svědky dlouhodobého poklesu biodiverzity, značná část zemědělské půdy je ohrožena vodní erozí a také se potýkáme se znečištěním povrchových a podzemních vod. Zástavba způsobená dopravní infrastrukturou a rozrůstajícími se sídly způsobuje stále větší fragmentaci krajiny, která významně ohrožuje ekologickou stabilitu.

Neustále sílící tlak člověka na přírodní prostředí, změny v krajině a nutnost chránit krajinu způsobily v minulém století zájem o její komplexní studium. V současné době hrají ve studiu krajiny klíčovou roli data pořízená prostřednictvím dálkového průzkumu Země a možnost jejich zpracování a analýzy pomocí geoinformačních systémů. K hodnocení různých vlastností krajiny se také běžně využívají krajinné indikátory či krajinné metriky, o jejichž využití bude část práce pojednávat.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. Cílem teoretické části je představit problematiku struktury krajiny na základě české i zahraniční literatury. V této části jsou definovány stěžejní pojmy spojené s touto tematikou, snahou je také popsat, jak krajinná struktura ovlivňuje procesy v krajině a jaká jsou hlavní rizika spojená se změnou struktury krajiny. Tato část také nabídne stručný přehled vývoje české krajiny a změn ve využívání půdy. Dále je nastíněna problematika typologie a klasifikace krajiny. Velký prostor je též věnován otázce kvantifikace krajinné struktury a možnostem využití kvantitativních přístupů v aplikovaném výzkumu, jsou uvedeny a charakterizovány vybrané krajinné indikátory a také některé problémy a úskalí spojené jejich používáním.

Empirická část navazuje na část teoretickou a jejím cílem je analýza mikrostruktury krajiny na území České republiky. Na základě rešerše literatury byly vybrány vhodné indikátory krajinné struktury, ty pak byly vypočítány pro jedenáct krajinných typů České republiky, vymezených podle typologie Chuman, Romportl (2010), která byla provedena na základě analýzy přírodních sfér. Výzkumnou otázkou pak je, zda se uvedené krajinné typy budou lišit také v mikrostruktuře či nikoli, případně zda by mikrostruktura krajiny mohla být použita jako odlišující atribut při tvorbě krajinných typologií.

2 Krajina a její struktura

2.1 Definice krajiny

Pojem krajina nabývá odlišného významu z pozice různých oborů lidské činnosti. Velké množství definic je dokladem její složité podstaty, ale i řady pohledů na ni, ovlivněných zejména specializací jednotlivých autorů (Sklenička 2003).

V geografickém pojetí se jedná o územní celek zemské souše s určitou geografickou polohou, svými vlastnostmi a vzhledem odlišný od celků okolních. Působí v něm zákonité přírodní i člověkem podmíněné krajinné procesy (Matějček a kol. 2007). Jednou z neznámějších definic v ekologickém pojetí, je ta od Formana a Godrona (1993), kteří chápou krajinu jako heterogenní část zemského povrchu, skládající se ze souboru vzájemně se ovlivňujících ekosystémů, který se v dané části povrchu Země v podobných formách opakuje.

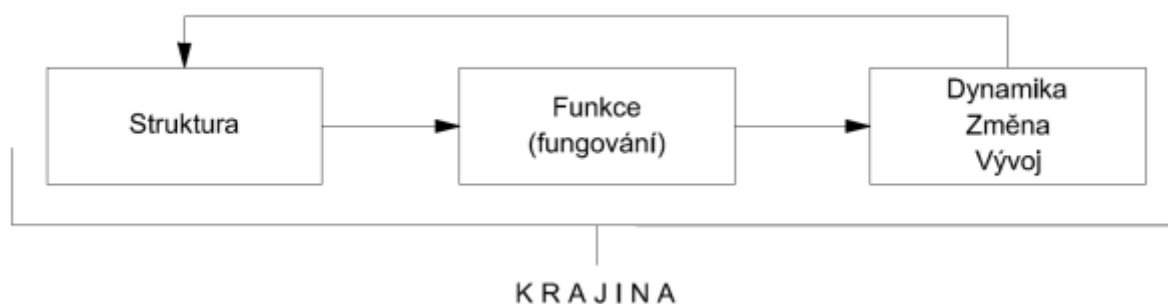
V mnoha definicích se objevují odkazy na holistický přístup, přičemž za unifikovanou (homogenní) jednotku je většinou považován ekosystém, řada definic také nějakou formou poukazuje na krajinnou strukturu (Měkotová 2007). Krajina je složitý systém formovaný abiotickými, biotickými i antropogenními faktory, který nelze pochopit analýzou jeho jednotlivých částí, ale pouze systémovým a celostním přístupem. Lipský (1998) také uvádí, že pro pochopení podstaty krajiny je klíčová znalost její heterogenity, skladebných prvků a charakteru vazeb a toků mezi těmito prvky. Předmětem studia v krajinné ekologii bývá struktura, funkce a dynamika (změna) krajiny (obrázek 1), Forman a Godron (1993) je charakterizují takto:

Struktura krajiny je vyjádřena zastoupenými ekosystémy (složkami) a jejich prostorovými vztahy, jejich tvarem, velikostí, uspořádáním, spojitostí a kvalitou.

Funkce krajiny vyjadřuje interakce mezi prostorovými složkami, tj. toky energie, látek a druhů organismů mezi skladebnými ekosystémy (složkami krajiny). Fungování krajiny je závislé na její struktuře. Každá změna krajinné struktury mění průběh toků energie, materiálu a informací v krajině.

Dynamika (změna) krajiny tj. přestavba struktury a funkce krajinné mozaiky v čase, má různé časové a prostorové dimenze. Každá krajina se vyvíjí a mění, časové dimenze a charakter těchto změn jsou však velmi rozdílné.

Obrázek 1: Schéma provázanosti struktury, funkce a dynamiky (změny) krajiny



Zdroj: Lipský (2000)

Krajina může být také chápána v různých měřítkách. Sklenička (2003) uvádí, že většina autorů však o krajině uvažuje v rádech km² až stovek km², které jsou dány schopností lidského vizuálního vnímání.

V základním členění můžeme krajinu rozlišit na dva typy, na krajinu přírodní a kulturní. **Krajina přírodní** je utvářena výhradně přírodními krajinotvornými procesy bez ovlivnění antropogenními faktory a v dnešní době se vyskytuje už jen v nejdlehlších částech světa. Naproti tomu **kulturní krajina** je kromě přírodních procesů výrazně ovlivněna také těmi hospodářskými a sociálními. Do značné míry je pak odrazem stavu společnosti, její ekonomické, technologické, sociální a duchovní úrovně (Lipský 1998).

2.2 Struktura krajiny

Na začátku této kapitoly je třeba vymezit některé pojmy. Strukturou krajiny je v této práci myšlena tzv. horizontální struktura, tu lze vysvětlit jako prostorové uspořádání jednotlivých krajinných složek, které vytvářejí tzv. mozaiku krajiny (celkovou strukturu). Forman a Godron (1993) definují strukturu krajiny jako rozložení energie, látek a druhů ve vztahu k tvarům, velikostem, počtům a k uspořádání krajinných složek a ekosystémů. Jednoduše a výstižně pak definuje strukturu krajiny Zonneveld (1995), když ji označuje jako to, co za letu z krajiny vidí pták, když se podívá ve směru kolmém či šikmém k povrchu Země. V těchto souvislostech lze použít též pojem **mikrostruktura** (pojem **makrostruktura** označuje celkový plošný podíl jednotlivých typů krajinných složek na daném území). Naproti tomu vertikální strukturou krajiny je myšleno uspořádání a vztahy mezi jednotlivými geosférami (litosféra, pedosféra, atmosféra, hydrosféra atd.) na daném stanovišti, jež jsou propojeny vertikálním tokem energie a materiálu.

Struktura má zásadní vliv na funkční vlastnosti krajiny. Změny ve struktuře a hospodářském využívání krajiny vedou ke značnému ovlivnění většiny složek životního prostředí – mění průběh energomateriálových toků v krajině a mají vliv na její prostupnost a obyvatelnost (Lipský 1998). Struktura krajiny je také jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících biodiverzitu, jako základní ukazatel ekologické hodnoty krajiny (Sklenička 2003).

Pro doplnění lze ještě zmínit slovenskou krajino ekologickou školu, která dále definuje strukturu primární (původní biotické a abiotické komponenty); sekundární (hmotné prvky, které člověk ovlivnil, částečně nebo úplně pozměnil, či vytvořil zcela nové) a terciární (nehmotné prvky a síly, limity a požadavky, které se váží na prvky primární nebo sekundární struktury a mají prostorový charakter) (Balej 2011).

2.3 Skladebné části struktury krajiny

Jak již bylo uvedeno, krajinná struktura má charakter mozaiky uspořádané ze složek, které se pravidelně střídají. Jednotlivé krajinné složky lze považovat za ekosystémy, jejich rozměry se pohybují nejčastěji řádově od metrů po kilometry a mohou mít přírodní nebo antropogenní původ. Krajinné složky jsou nejčastěji vymezeny na základě krajinného pokryvu, který ji odlišuje od sousedního prostoru. Příkladem takových složek tedy může být: pole, lesní porost, louka, vodní plocha či sídlo. Krajinná struktura odráží rozdílnost toků energie, hmoty a informací. Heterogenita krajiny je vyústěním přírodních i antropogenních disturbancí (narušení), ty mohou vyústit až do změn systému, které se pak projeví zpětně na podobě krajinné struktury (Forman, Godron 1993).

Forman a Godron (1993) rozlišují tři skladebné součásti krajiny: krajinnou plošku, krajinný koridor a krajinnou matici. Jednotlivé složky lze dělit na základě jejich velikosti, tvaru, počtu a vzájemného uspořádání, typu, dynamiky či způsobu vzniku. Tyto atributy mají výrazný vliv na ekologické procesy jak uvnitř, tak vně plošek, jako jsou pohyb, predace, reprodukce, migrace a další (Měkotová 2007).

2.3.1 Krajinné plošky (enklávy)

Plošku lze vymezit jako nelineární plošnou část zemského povrchu, která se vzhledem nápadně liší od svého okolí. Základními charakteristikami krajinných plošek jsou původ, velikost, tvar a také jejich počet a uspořádání v krajinné mozaice (Forman, Godron 1993).

Velikost a tvar plošek

Velikost je jednoduchá, avšak velice důležitá charakteristika. Je na ni závislá řada podstatných ekologických vlastností, jako např. mikroklima, velikost populací, množství produkované biomasy nebo vliv na okolní prostředí. Ploška musí mít také určitou minimální velikost, aby se v ní mohlo vytvořit charakteristické vnitřní prostředí, na které jsou vázány určité druhy organismů tzv. druhy vnitřku („interior species“). Pokud je velikost plošky pod touto minimální hranicí, nevytvoří se u ní ono vnitřní prostředí vůbec. Takové plošky mohou sloužit jako úkryt či zdroj potravy, avšak nikoli pro trvalou existenci a rozmnožování. Rozlohou malé plošky však mohou představovat útočiště pro tzv. ekotonové druhy, které jsou vázány na okrajové prostředí. V prostředí okraje a vnitřku panují odlišné poměry vyvolané ekologickými faktory, které se pak odrážejí i v biotě. Tyto poznatky jsou mj. uplatněny v metodice ÚSES při navrhování biocenter a biokoridorů. Tato metodika stanovuje minimální plošné parametry enkláv a minimální šířky koridorů, tak aby se zachovala velká druhová rozmanitost.

Co se týká tvaru, ten opět velice ovlivňuje plochu vnitřního a okrajového prostředí. Na tvaru závisí míra interakce plošky s maticí a také určuje délku rozhraní a intenzitu energomateriálových toků mezi ploškou a maticí. Tvar enklávy se určuje výpočtem, který dává do poměru délku rozhraní enklávy a obvod kruhu, který má stejnou plošnou výměru jako sledovaná plocha. Jako základní tvarové kategorie se rozlišují enklávy izodiametrické (stejných rozměrů – čtverec, kruh) s vysokým podílem vnitřního prostředí, protáhlé a úzké.

2.3.2 Krajinné koridory

Koridory jsou plošné prvky zemského povrchu, mívají protáhlý až liniový charakter a v krajině zajišťují specifické funkce.

Dle Lipského (1998) mezi jejich nejdůležitější funkce patří:

- Umožnění a usměrnění pohybu ekologických objektů v krajině
- Bariérový, případně selektivně bariérový (filtrační) účinek ekologických toků
- Propojení různých míst v krajině
- Působení na okolní matici, od níž se koridor výrazně odlišuje
- Poskytnutí útočiště, případně i trvalých existenčních podmínek některým druhům organismů

Koridory mohou být přírodního původu (vodní tok, zbylý pruh původní vegetace apod.), ale také umělé jako komunikace, kanály či ploty, které často působí jako bariéra. Koridory tedy mohou krajinu na jedné straně spojit, na straně druhé ji rozdělují (Sklenička 2003).

Tvar a struktura koridoru

Šířka koridoru, zúžení či přerušení mají významný vliv na pohyb, šíření a soustředování organismů. Biotické koridory se vyznačují bohatým druhovým složením a příznivým stabilizačním působením na okolní mnohdy intenzivně využívanou zemědělskou nebo industriální krajinu. Snižují rychlost větru, mají protierozní účinek, působí jako protihluková bariéra a zadržují vlhkost. Mezi nejpropojenější v krajině patří koridory podél vodních toků, jako břehové porosty, lužní lesy nebo luční porosty údolních niv (Lipský 1998). Naopak závažným problémem jsou antropogenní bariéry v krajině. Velmi negativně se projevují na pohybu organismů napříč krajinou. Pokud je takových bariér v krajině více nebo dokonce mnoho, dochází k tzv. fragmentaci krajiny (Měkotová 2007).

Koridory se v krajině spojují a vytvářejí tzv. **sítě**, ty hrají důležitou úlohu při ovlivňování toků v krajině a jsou místy vyšší druhové rozmanitosti. V současné fragmentované kulturní krajině hrají sítě důležitou roli, ovlivňují toky energie a materiálu v krajině, umožňují pohyb organismů a výměnu genetické informace. V současné krajině ekologii představují ekologické sítě velmi frekventované téma.

2.3.3 Krajinná matrice

Matrice bývá plošně převládající a zároveň nejspojitější typ krajinné složky, vzhledem k tomu hraje také dominantní roli ve fungování krajiny (v tocích energie, materiálu a pohybu organismů). Určení matrice v krajině není v určitých případech zcela jednoznačné, k její identifikaci Forman a Godron (1993) uvádějí tyto tři kritéria:

- 1. Relativní plocha** – Jedná se o plošně nejrozsáhlejší typ krajinné složky, a tudíž má rozhodující vliv na průběh procesů v krajině.
- 2. Spojitost** – Dle tohoto kritéria by matrice měla být nejspojitějším typem krajinné složky.
- 3. Vliv na dynamiku krajiny** – Matrice ovlivňuje dynamiku krajiny více než ostatní složky. Všechna tři kritéria však jdou „ruku v ruce“ – plošně nejrozsáhlejší typ krajinné složky bývá často i nejpropojenější a tudíž má i rozhodující vliv na průběh krajinných procesů.

V přírodní krajině je matrice tvořena klimaxovým společenstvem. Na našem území se před příchodem člověka jednalo o klimaxové lesní porosty. V současné době je krajinná matrice na území České republiky tvořena spíše labilnějšími ekosystémy (intenzivně využívané zemědělské plochy, městské a příměstské krajiny s dominantním vlivem člověka), zatímco úlohu nositele ekologické stability plní mnohdy enklávy a koridory (Sklenička 2003).

2.3.4 Ekotony

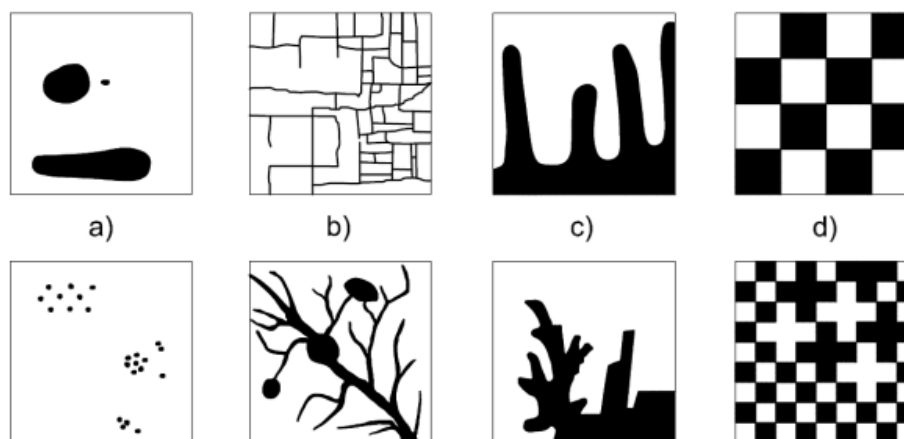
Ekoton je okrajové společenstvo, které se nachází na styku dvou či více různých ekosystémů (např. lesa a louky). Vyznačují se často vyšší biodiverzitou, neboť se v nich vyskytují druhy z obou přilehlých ekosystémů a navíc ekotonové druhy, jejichž existence se váže právě na podmínky rozhraní. Přítomnost ekotonů pozitivně ovlivňuje také jejich okolí, jelikož se jedná o relativně stabilní části krajiny. Je to specifický ekosystém, který ovlivňuje mikroklima, působí jako koridor, nárazníková zóna či půdoochranný element. Pozitivně též ovlivňuje hydrologické vlastnosti krajiny, neboť zvyšuje její retenční potenciál (Sklenička 2003). Důležitým atributem ekotonů je jejich šířka, ta souvisí s kontrastem přilehlých ekosystémů a determinuje jejich ekologickou hodnotu. Často je ekoton charakterizován jako pozvolný přechod jednoho ekosystému v druhý, mnohdy je však tento přechod

velmi zřetelný a úzký, a to zejména v případech, kdy jsou přilehlé ekosystémy výrazně ovlivněny člověkem. Příkladem může být rozhraní pole a lesa, nebo rozhraní pole a urbanizovaných ploch.

2.4 Celková struktura krajiny

Celková struktura krajiny představuje způsob rozmístění jednotlivých krajinných složek (matrice, plošek a koridorů). V anglicky psané literatuře se setkáváme s výrazem „landscape pattern“. Z hlediska jednotlivých skladebných částí a celkové kompozice jednotlivých složek lze uvést příklady typů krajinné struktury (obrázky 2 a 3):

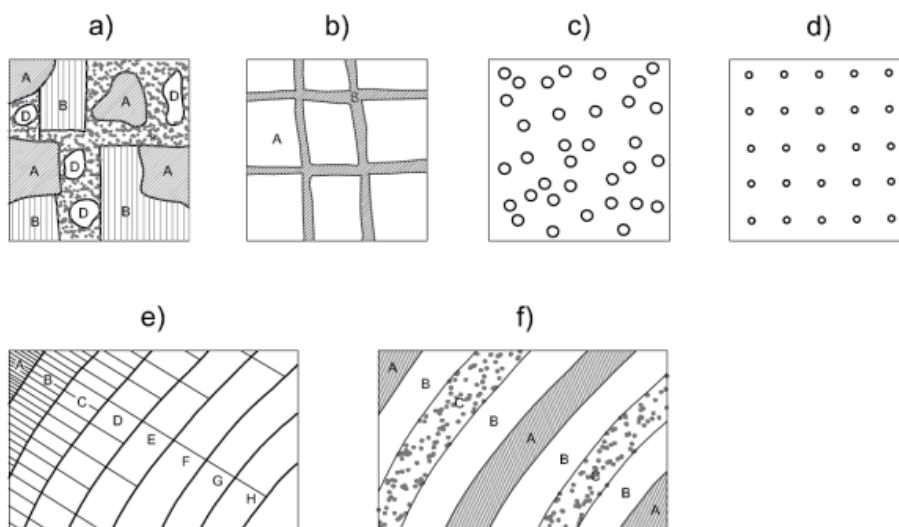
Obrázek 2: Základní klasifikační skupiny krajin založené na zastoupení krajinných složek podle Formana a Godrona (1993)



Zdroj: Forman a Godron (1993), převzato ze Sklenička (2003)

- a) **krajiny s roztroušenými ploškami** – v dominantní matrici se objevuje pouze několik málo plošek
- b) **krajiny sítí** – jsou určeny rozhodujícím zastoupením linií v krajině, mohou tvořit i pravidelnou mřížku
- c) **krajiny s prolínajícími se krajinnými složkami** – složky krajinné struktury vykazují velmi nepravidelný tvar a vzájemně se prolínají jedna do druhé
- d) **krajiny s šachovnicovým uspořádáním plošek** – nejpravidelnější tvar mozaiky sestávající pouze ze dvou typů plošek absolutně stejného a pravidelného tvaru, jež se pravidelně střídají

Obrázek 3: Vybrané typy krajinného uspořádání podle Küchlera a Zonnevelda (1988)



Zdroj: Küchler, Zonneveld (1988), převzato z Měkotová (2007)

- a) mozaika** – je charakterizována více či méně pravidelnou strukturou, obsahuje více plošek různého původu, velikosti a tvaru
- b) mřížka** – typ krajinné struktury tvořen liniovými elementy, které mohou být uspořádány nahodile či pravidelně
- c) izolované enklávy** – struktura je tvořena navzájem izolovanými elementy, jsou-li tyto elementy relativně malé, lze strukturu označit za bodovou
- d) bodová mřížka** – pravidelné uspořádání malých plošek do mřížky
- e) zonace (pásmovitost)** – struktura s podélnými paralelně uspořádanými krajinnými složkami
- f) alternace (střídání)** – je zonace, ve které dochází k pravidelnému střídání krajinných složek

S krajinnou strukturou úzce souvisí heterogenita krajiny. Ta může být způsobena heterogenitou abiotického prostředí (geologické podloží, reliéf, nadmořské výška atd.) a také disturbancemi přírodního či antropogenního původu. Šíření disturbancí je pak zpětně významně ovlivněno krajinnou strukturou, kdy heterogenita působí spíše proti šíření disturbancí, zatímco homogenita šíření disturbancí podporuje. Krajinná heterogenita má také pozitivní vliv na druhovou rozmanitost bioty, naopak homogenní krajina, a to zejména ta ovlivněná člověkem, bývá méně stabilní a druhově chudší (Haines-Young 2009; Walz, Syrbe 2013). Při charakteristice celkového uspořádání složek v krajině se můžeme setkat s pojmy mikroheterogenita a makroheterogenita:

Mikroheterogenita znamená, že soubor jednotlivých typů krajinných složek je podobný v celém sledovaném území a více či méně často se jednotlivé složky střídají (Forman, Godron 1993).

Makroheterogenita znamená, že soubor krajinných složek se v jednotlivých částech krajiny výrazně odlišuje. Příkladem může být horská krajina, kde se krajinné složky v údolích odlišují od krajinných složek na svazích, hřbetech a vrcholech (Forman, Godron 1993).

Stabilita krajiny vyjadřuje odolnost krajiny vůči narušení a její schopnost vrátit se do stavu rovnováhy po doznění dočasných poruch pomocí autoregulačních mechanismů. Opakem je ekologická nestabilita, čili neschopnost ekosystému odolávat působení rušivých vlivů či neschopnost vrátit se po případném narušení do původního stavu (Forman, Godron 1993). Sukcesně starší ekosystémy bývají stabilnější a vykazují zpravidla také vyšší druhovou diverzitu, než ekosystémy mladší či ekosystémy

vystavené pravidelným, zejména antropogenním disturbancím (Sklenička 2003). Každá krajinná složka jako ekosystém má svůj stupeň stability. Pokusy o kvantifikaci vedly k formulování tzv. koeficientu ekologické stability (K_{es}). Tento koeficient je ve své nejjednodušší verzi konstruován jako poměr ploch relativně ekologicky stabilních k plochám relativně nestabilním (za plochy relativně stabilní se považují lesy, vodní plochy a trvalé travní porosty, do kategorie ploch nestabilních patří zejména zastavěné plochy a orná půda).

2.4.1 Další charakteristiky krajinné struktury

Dále existuje celá řada charakteristik krajinné struktury, které se významně podílejí na ovlivnění krajinných procesů. Cílem následující části je uvést některé z nich a vysvětlit jejich význam.

Mozaikovitost vyjadřuje míru hustoty plošek všech typů v krajině, čím větší počet drobnějších plošek, tím je mozaikovitost větší.

Poréznost je charakteristika vyjadřující hustotu plošek určitého typu v krajině. Pokud jsou hodnoty poréznosti nízké, značí to velkou vzdálenost mezi těmito enklávami, nebo jejich malý počet. Taková krajina může být z důvodu izolovanosti špatně prostupná pro určité druhy živočichů.

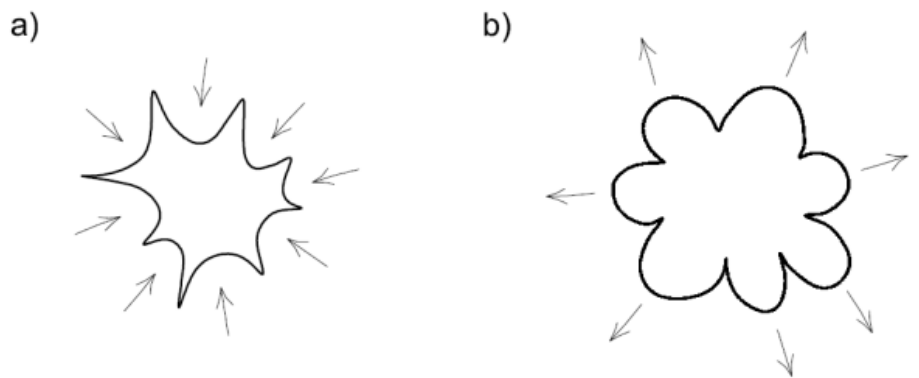
Kontrast je v krajině dán mírou odlišnosti či ostrotí přechodu sousedních krajinných složek. Obvykle jsou přírodní krajiny méně kontrastní než krajiny kulturní, jelikož antropogenní aktivity kontrast často zvyšují (ostré přechody mezi ornou půdou a loukami/lesními porosty, urbanizované plochy atd.). Kontrast v krajině jednoznačně ovlivňuje pohyb druhů mezi krajinnými elementy.

Konektivita vyjadřuje propojenost jednotlivých krajinných složek v krajině. Propojenost je v krajině nezbytná pro migraci organismů a genetickou výměnu informací.

Zrnitost je dána velikostí krajinných složek, které se v krajině nacházejí. Zrnitost krajiny se mění lidskou činností. V dobách osidlování a vzniku kulturní krajiny se zrnitost krajiny zjemnila, naopak zejména intenzifikací zemědělské výroby se velikost zrna v krajině zvětšuje.

Tvar hranic mezi složkami v krajině – v přírodní krajině bývají hranice různě zakřivené a nepravidelné. Naopak přímé linie jsou charakteristickým znakem kulturní obhospodařované krajiny. V literatuře jsou také rozlišovány dva základní typy tvaru hranic z hlediska expanzivnosti složek (obrázek 4). Expanzivní (rozpínavé) krajinné složky se vyznačují konvexními tvary hranic, naopak reliktní krajinné složky mívají hranice konkávní (Měkotová 2007).

Obrázek 4: Tvary okrajů z hlediska expanzivnosti plošek podle Forman a Godrona (1993), a) konkávní hranice reliktní složky; b) konvexní hranice expanzivní plošky



Zdroj: Forman, Godron (1993), převzato z Měkotová (2007), upraveno

2.3.2 Problémy spojené se změnou krajinné struktury

Nevhodné pozemkové úpravy mohou vést k řadě negativních dopadů. V tomto ohledu je stále aktuálním a velmi diskutovaným tématem v ekologických disciplínách **fragmentace krajiny**. Je to proces významně ovlivňující charakter krajiny a podmínky pro existenci organismů. Současná kulturní krajina se vyznačuje vysokou fragmentací, kdy je rozčleněna na řadu menších částí. Jednotlivé plochy jsou navíc často izolované v důsledku existence mnoha antropogenních bariér, jako jsou dálnice, železnice, ploty či kanály. Tyto bariéry jsou pro některé druhy nepřekročitelnou překážkou, dochází tak k izolaci populací a celkovému **snižování druhové a genetické rozmanitosti**. Fragmentace krajiny se tak zařadila mezi procesy, které v současné době nejzávažnějším způsobem ohrožují světovou biodiverzitu (Měkotová 2007). Další významnou příčinou poklesu biologické rozmanitosti jsou probíhající změny ve využívání půdy (Haines-Young 2009) a s tím související změny struktury krajiny (Walz, Syrbe 2013). Způsob využití půdy totiž ovlivňuje důležité vlastnosti, procesy a funkce krajiny.

Dalším závažným problémem je **eroze půdy**. Jedná se o degradační proces, který způsobuje omezení až ztrátu produkční schopnosti půdy. Je přirozeným jevem, avšak vlivem člověka se výrazně rozšířil a zintenzívněl. Hlavními faktory podmiňující zrychlení eroze je způsob využívání půdy (intenzivní zemědělství, odlesňování atd.), záleží též na klimatických, morfologických, geologických a půdních poměrech. O erozi půdy se hovoří zejména v souvislosti se zemědělskou půdou a za hlavní příčinu je považována intenzifikace zemědělské výroby.

3 Vývoj české kulturní krajiny

3.1 Krajina a člověk

Pro pochopení současného stavu přírody a krajiny má zásadní význam období čtvrtohor (kvartér). Kvartér dal základní podobu dnešnímu reliéfu a také se zde vyvinula současná společenstva rostlin a živočichů. Vývojem přírody ve čtvrtohorách se zabýval např. Ložek (1973). Charakteristickým rysem kvartéru bylo střídání bezlesé krajiny v glaciálech a zalesněné krajiny v interglaciálech (Sklenička 2003). S koncem poslední doby ledové nastává období zvané holocén, který u nás trvá asi 10 300 let (Lipský 1998). V důsledku výrazných změn podnebí dochází k opětovné migraci. Chladné stepi jsou postupně osidlovány borovicí a břízou, ty jsou po dalším oteplení vytlačeny bukem, smrkem a později také bukem (Ložek 1973). Do této doby člověk zůstával součástí volné krajiny, která byla ovlivňována výhradně přírodními faktory. Teprve mladší doba kamenná – neolit (5300 – 4300 př. Kr.) znamená zásadní skok v tomto vývoji. V této době totiž dospělo lidstvo do stádia zemědělství, což pravděpodobně znamenalo největší revoluci v jeho historii (Hadač 1982). Postupně byly přírodní krajiny změněny na kulturní, ve kterých se prolíná přírodní základ s antropogenními prvky, při jejichž vzniku hrají významnou úlohu socioekonomické krajinotvorné pochody (Demek 1999).

Jak již bylo zmíněno, lidská činnost poprvé podstatně zasáhla do přírodního prostředí v neolitu, kdy se začíná rozvíjet zemědělství. Člověk začíná domestikovat divoká zvířata a pěstovat zemědělské plodiny. Tvořily se osady a počet lidí rychle narůstal, čímž vzrůstal také rozsah přetvořené krajiny. Od pozdní doby kamenné (eneolit) do doby železné dále pokračoval trend rozšiřování zemědělské půdy na úkor lesa. Spotřeba palivového dřeva dále vzrostla kvůli potřebě výroby železa (Ložek 1973).

S nástupem středověku je také spojen počátek intenzivního obhospodařování. Od 6. století nastává slovanská kolonizace, zejména v nížinách pokračuje další ústup lesa a zemědělská činnost se dále rozšiřuje. Avšak rozsah lesních porostů byl i tak výrazně vyšší než v dnešní době, ještě kolem roku 1000 lesy pokrývaly přibližně 70 % našeho území. Kolem roku 850 zabírala rozloha zemědělské půdy přibližně 10 % území (Lipský 1998), v období vrcholného středověku (13. – 15. století) to bylo již kolem 30 % (Sklenička 2003). Odlesňování, rozšíření zemědělské půdy a rozorávání svažitéch poloh bylo v této době příčinou velkého rozmachu vodní eroze a odnosu půdy.

V nastoleném vývoji kulturní krajiny přichází výrazný zvrat v období husitských válek a také během třicetileté války, kdy dochází k úpadku kolonizace. Výrazný pokles populace a zánik mnoha sídel zastavily ústup lesa a rozšiřování zemědělské půdy, mnohé dříve obdělávané plochy byly opět zalesněny. V 16. století dochází k likvidaci mokřin a zakládány jsou rozsáhlé rybníční soustavy (Sklenička 2003; Lipský 1998).

Od 18. století se setkáváme s tzv. českou barokní krajinou. Ta je charakterizována sakrální architekturou (kostely, kaple, kříže, boží muka atd.) na venkově i ve volné krajině, podél cest jsou vysazovány aleje a stromořadí. V průběhu 18. století již výrazně převládá zemědělská půda nad ostatními krajinnými složkami. Vzrůstá také úloha melioračních opatření a rušeny jsou četné rybníky i rozsáhlé rybníční soustavy (Poděbradsko, Čáslavsko, Pardubicko). Ve 2. polovině 19. století se růst celkové výměry zemědělské půdy zastavil, rozsah lesa dosáhl historického minima a v méně úrodných oblastech se začíná zalesňování. Masivně byly zaváděny monokultury smrku a borovice. Mimo jiné dochází k velkoplošným melioracím a napřimování vodních toků, koncem 19. století se taktéž začíná s

výstavbou prvních přehrad. Toto období je také počátkem rozsáhlé těžby nerostných surovin. Ve 20. století se začala výměra orné půdy již pomalu snižovat, naopak rozloha lesních ploch se mírně zvyšovala (viz tabulka 1). Změny ve využívání půdy a jejich socioekonomické příčiny na území České republiky v 19. a 20. století jsou podrobně popsány v Bičík a kol. (2001).

Tabulka 1: Podíl vybraných kategorií využití půdy na území ČR v letech 1845 až 1999 (v %)

rok	orná půda	trvalé kultury	trvalé travní porosty	zemědělská půda	lesní půda	ostatní plochy*
1845	48,2	1,1	17,6	66,9	28,8	4,3
1897	51,6	1,5	14,2	67,3	28,9	3,8
1929	50,6	1,5	13,4	65,5	30,0	4,5
1948	49,9	1,9	12,9	64,7	30,2	5,1
1961	42,7	2,6	12,6	57,9	32,7	9,4
1970	42,1	2,7	11,8	56,6	33,0	10,4
1990	41,0	2,9	10,5	54,4	33,3	12,3
1999	39,3	3,0	12,0	54,3	33,4	12,3

*Ostatní plochy zahrnují: vodní plochy, zastavěné plochy, zbylé plochy (silnice, železnice, další pozemky využívané v průmyslu a zemědělství).

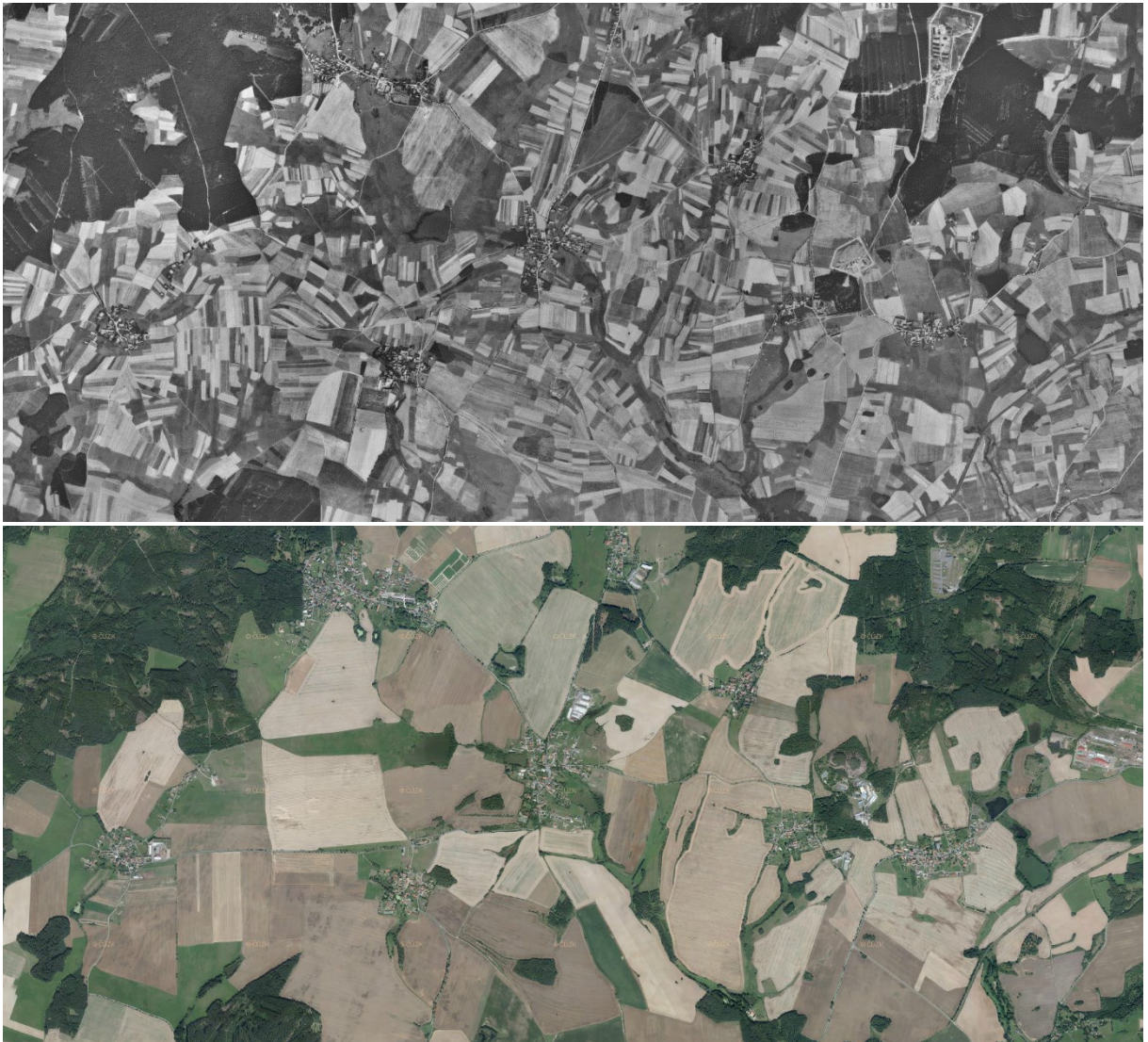
Zdroj: Bičík a kol (2001)

3.2 Moderní historie

Česká krajina prošla od poloviny 20. století radikálními změnami, které v minulosti neměly obdoby. Až do poloviny minulého století se naše krajina vyznačovala jemnou mozaikou drobných polí a hustou sítí polních cest lemovaných alejemi.

Nejradikálnější změny ve vývoji krajiny nastaly po roce 1948. V rámci rozsáhlých pozemkových úprav docházelo mj. k rušení různých krajinných prvků (likvidovány byly meze, remízy, polní cesty, roztroušená zeleň apod.), které měly v krajině funkci stabilizačních prvků a účinně bránily zrychlené erozi. Vyvlastnění půdy, scelování pozemků do rozlehlých lánů a zarovnávání členitých okrajů usnadnilo obhospodařování mechanizací, avšak půda se stala vůči erozi náchylnější. Na obrázku 5 je zachycen rozdíl v mozaikovitosti krajiny před rozsáhlým scelováním pozemků a po něm. K negativnímu vývoji došlo také vlivem dalšího odvodňování půdy, napřimování vodních toků ve volné krajině a vysoušením cenných mokřadů. Tyto zásadní změny v krajině struktuře měly rozhodující vliv na funkce krajiny, biotu a celkově stabilitu krajiny (Lipský 1995).

Obrázek 5: Porovnání krajinné struktury (velikosti zrna) v zemědělské krajině v okolí Třebeska na Příbramsku na základě leteckých snímků zaznamenávající stav krajiny v roce 1952 (nahore) a dole stav aktuální (2017)



Zdroj: CENIA a ČÚZK

Společenské změny po roce 1989 znamenaly v oblasti zemědělství obrat k pozitivním tendencím. Bylo omezeno používání některých hnojiv a pesticidů, došlo také k zalesňování a zatravňování zejména v horských a vrchovinných oblastech. Hrubozrnná struktura zemědělské krajiny se však téměř nezměnila. Již nedošlo k obnovení původního stavu, kdy se jednotliví zemědělci starali o vlastní půdu. Po restituci řada majitelů pozemky prodala či pronajala velkým zemědělským družstvům či společnostem.

Obrázek 6: Zemědělská krajina s rozsáhlými lány orné půdy na jižní Moravě



Zdroj: Ochrana přírody (2017), foto: Bořivoj Šarapatka

Česká republika má největší půdní bloky (obrázek 6) v Evropě (Novotný 2014). V současné době představuje zemědělská půda přibližně 54 % rozlohy našeho území. Uvádí se, že v České republice je vodní erozí ohrožena více než polovina rozlohy orné půdy. Erozi půdy podporuje celá řada dalších faktorů, příkladem jsou špatné orební postupy, utužení půdy či pěstování erozně rizikových plodin (např. kukuřice, brambory, řepa, slunečnice,...) na nevhodných lokalitách (Vopravil 2009). Ministerstvo zemědělství vyčíslilo úbytek půdy na přibližně 21 mil. tun ornice za rok (Kuras a kol. 2017). Příčinou dále sílícího tlaku na krajinu je v současné době také masivní zástavba příměstských zón a rozvoj dopravní infrastruktury.

3.2.1 Změny heterogenity a struktury krajiny

Změnami heterogenity a struktury krajiny na území ČR po roce 1990 se podrobně věnovali Romportl, Chuman a Lipský (2010). Pro kvantifikaci těchto změn využili několik jednoduchých ukazatelů krajinné struktury. Na základě analýzy autoři uvádějí, že k největším změnám ve skladbě a uspořádání krajinného pokryvu v letech 1990 až 2006 došlo zejména extenzifikací zemědělské produkce, významné též byly změny spojené se (sub)urbanizací probíhající v bezprostřední zóně větších měst, přičemž nejvýrazněji se tento trend projevil v okolí Prahy.

Především v horských příhraničních oblastech docházelo k zatravňování dřívější orné půdy a také k zalesňování mezer a průseků. V ekonomicky nerentabilních podmínkách z hlediska obhospodařování půdy docházelo ke snížení heterogenity krajiny, snížil se počet typů krajinného pokryvu a také počet plošek, čímž se zvýšila jejich průměrná velikost. Opačný trend, čili nárůst heterogenity (zvýšení počtu tříd a počtu plošek) bylo pak možné sledovat v centrálních oblastech, zejména v zónách velkých aglomerací a také např. v podhůří některých našich pohoří, a to zejména při severní hranici. Příčinou byl často rozvoj komerční a rezidenční zástavby a také dopravní infrastruktury. Úrodné nížinné oblasti

(Polabí, moravské úvaly,...) zůstaly téměř nezměněny. Nelze však jednoznačně říci, že nárůst heterogenity krajiny je pozitivním či negativním jevem, vždy je nutné posoudit proces, který k tomuto výsledku vedl.

Přírodní podmínky determinují lidskou činnost, která vytváří krajinnou strukturu. Na našem území můžeme pozorovat výrazné rozdíly v krajinné struktuře (obrázek 7).

Obrázek 7: Ukázky rozdílné struktury české krajiny (snímkování bylo prováděno v letech 2017 – 2018), zemědělsky intenzivně obhospodařovaná krajina na Nymbursku (vlevo nahoře); rybníční krajina na Třeboňsku (vpravo nahoře); vysokohorská lesní krajina v okolí Luční hory v Krkonoších (vlevo dole); extenzivně obhospodařovaná krajina v okolí Jestřabí v Krkonoších (vpravo dole)



Zdroj: ČÚZK

4 Hodnocení krajiny

4.1 Typologie krajiny

Hodnocení krajiny předchází všem formám krajinného plánování a je často rozhodujícím faktorem pro zvolení nejvhodnějšího přístupu k rozvoji a ochraně určitého území. Před provedením hodnocení krajiny je také nutné znát, za jakým účelem se provádí a jaké bude jeho další využití, s ohledem na to je pak třeba stanovit vhodnou podrobnost zpracování. Úroveň či měřítko hodnocení krajiny rozhodují rovněž o reprezentativnosti získaných výsledků (Sklenička 2003).

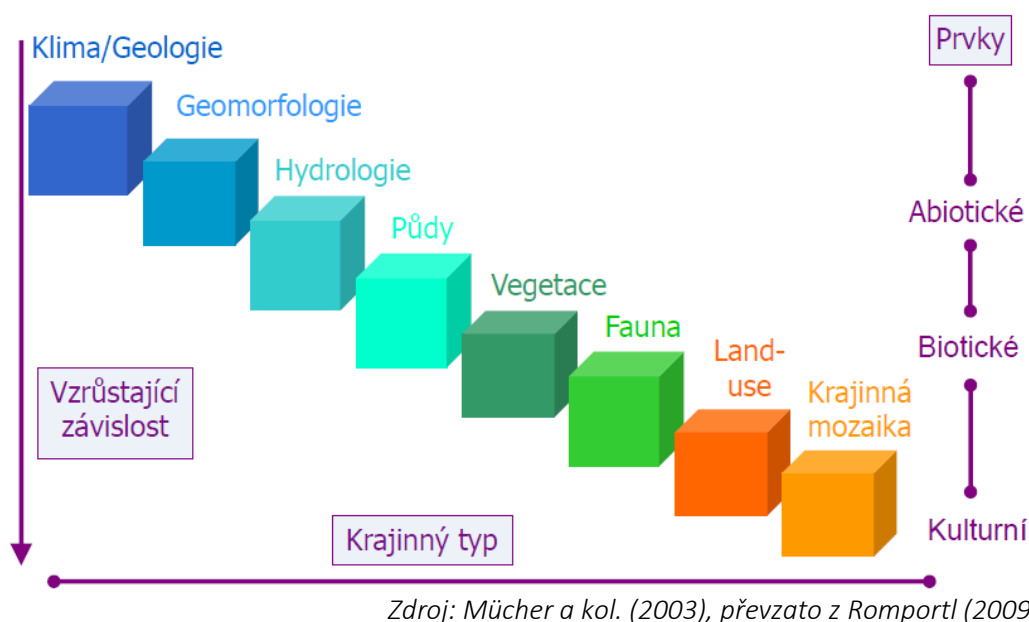
Měkotová (2007) uvádí, že krajinu lze charakterizovat dvojitým způsobem: buď ji rozlišujeme na základě jejích jedinečných vlastností, jimiž se daná krajina odlišuje od ostatních, v takovém případě vymezujeme individuální a neopakovatelné krajinné jednotky. Druhý způsob spočívá v hledání vlastností, které danou krajinu odlišují od ostatních, ale spojují ji s krajinami podobných vlastností, které mohou odděleně existovat jinde. V tomto případě provádíme tzv. typizaci krajiny. Proces typizace obvykle vyžaduje rozčlenění řešeného území na dílčí části (krajinné jednotky). Účelem je vymezit jednotkové plochy, v rámci nichž jsou zřetelně definované charakteristiky, ve zvoleném měřítku, relativně homogenní. Typologie krajiny může být sestupná nebo vzestupná. Sestupná typologie se používá častěji a spočívá v diferenciaci směrem od širě pojatých heterogenních území k homogennějším úzce definovaným jednotkám. Vzestupná typologie postupuje opačně, tedy od jednotlivostí ke stále obecnějšímu celku (Sklenička 2003; Měkotová 2007).

Některé typologie se zaměřují na klasifikaci přírodní krajiny, analyzují přírodní charakteristiky, tj. vlastnosti krajiny, které vznikly bez přičinění člověka. Jelikož v dnešní době u nás takové krajiny téměř neexistují, zobrazují tyto výstupy tzv. potenciální přírodní krajiny. Nezobrazují tedy krajinu reálnou, nýbrž takovou, která by na daném území existovala bez vlivu člověka (Měkotová 2007). Antropogenní změny krajiny jsou však dnes natolik zásadní, že pokud chceme popsat charakter současné krajiny, je nutné do typologie vedle přírodních charakteristik zahrnout i ty kulturní. Problémem je však dostupnost takových informací ve formě prostorových databází, a tak jsou kulturní vlastnosti krajiny často vyjádřeny pouze informací o krajinném pokryvu (Chuman, Romportl 2010).

Mikrostrukturu krajiny jako atribut použili ve své typologii krajiny Belgie Van Eetvelde a Antrop (2009). Pro vyjádření mikrostruktury autoři využili výpočtů vybraných krajinných metrik. Nicméně tato charakteristika, spíše než jako důležitý faktor při vymezení krajinných typů, sloužila jako doplňující atribut k podání dalších rozšiřujících informací a popisu.

Mezi specifika krajiny, které ji odlišují od krajin ostatních, patří např. klimatické, geologické a geomorfologické poměry, z těchto faktorů vychází řada dalších – půdní charakteristiky, podoba flóry, fauny a v neposlední řadě využití krajiny a struktura krajiny. Pro stanovení podstatných rozlišovacích znaků krajinných typů je tedy třeba si také uvědomit vzájemnou závislost jednotlivých složek krajiny (Romportl 2009). Grafického znázornění vzájemné závislosti složek krajiny postihuje obrázek 8.

Obrázek 8: Závislost krajinných složek utvářející krajinný typ podle Müchera a kol. (2003)



4.1.1 Klasifikace krajiny na území České republiky

Přehled klasifikací krajinné sféry našeho území uvedli ve své práci např. Romportl (2009) či Romportl, Chuman a Lipský (2013), zde jsou příklady některých z nich:

První zásadní výstupy pocházejí ze 70. let 20. století. V letech 1971-75 vznikl soubor map fyzickogeografické regionalizace zpracované Geografickým ústavem ČSAV. Vytvořené mapy představovaly dílčí klasifikace přírodního prostředí podle různých faktorů jako je příslušnost ke klimatické oblasti, výškové vegetační stupně, typ reliéfu podle výškové členitosti a další. Za zmínku dále stojí klasifikace krajiny E. Hadače (1982), která vychází především z geobotanických a fytogeografických principů a rozlišuje pět základních krajinných typů podle výškových vegetačních stupňů. V popisu krajin vedle přírodních faktorů autor zdůrazňuje také podíl člověka na utváření krajiny.

Významným mapovým dílem z počátku 90. let je Atlas životního prostředí a zdraví obyvatelstva ČSFR, součástí kterého byla také mapa přírodních krajinných typů (Kolejka 1992), kde je na základě syntézy složek přírodního prostředí (reliéf, klima, geologický substrát) vymezeno 71 typů přírodních krajin.

Z novějších prací lze zmínit „Typologii české krajiny“ (Lów a kol. 2005), jejíž cílem bylo vymežit a popsat krajinné typy z hlediska jejich přírodních, socioekonomických a kulturněhistorických vlastností. Významnou publikací je dále Atlas krajiny České republiky, součástí kterého jsou mimo jiné mapy „Typy přírodní krajiny“ (Kolejka 2009), která znázorňuje rozmístění jednotlivých typů přírodních krajinných jednotek a „Typy současné krajiny“ (Kolejka, Romportl, Lipský 2009), která integruje hlavní přírodní charakteristiky se současným využitím krajiny.

Řada typologií je založena na subjektivním odborném posouzení autorů, výsledkem jsou unikátní a téměř neopakovatelná díla, jejichž hlavním nedostatkem je nemožnost kritického přezkoumání jiným odborníkem či začlenění nových údajů získaných později ve studii (Romportl 2009). V aktuálních pracích jsou proto využívány zejména méně subjektivní kvantitativní metody. Tyto přístupy ke klasifikaci minimalizují subjektivní aspekty a nejsou plně závislé na odborném úsudku, autoři zároveň

pro jejich zpracování využívají široké dostupnosti různých tematických datových souborů. Je třeba si však uvědomit, že i tyto metody jsou do jisté míry zatíženy subjektem autora, protože závisí na výběru vstupních dat a také na nastavení řady parametrů klasifikace (Romportl 2009).

Příkladem takové typologie je práce Chuman, Romportl (2010), která využívá divizní klastrové analýzy. Cílem této práce bylo vytvořit krajinnou klasifikaci, která by plnila požadavky Evropské úmluvy o krajině a byla založena na veřejně dostupných datech. Konkrétně byla pro klasifikaci krajiny využita data o klimatu, reliéfu, půdních poměrech, potenciální přirozené vegetaci a krajinném pokryvu. Klastrová analýza vstupních dat bývá prováděna v polích pravidelné sítě, pokrývající celé zájmové území, v tomto případě bylo území ČR rozděleno na síť čtverců 2 km x 2 km, přičemž každý čtverec nesl informace o výše uvedených charakteristikách. Klastrové analýzy obecně pracují na principu třídění množiny objektů do co nejvíce homogenních shluků – klastrů. Divizní metoda (sestupná) dělí datový soubor na základě určitých kritérií na systém podmnožin (Romportl 2009).

4.2 Hodnocení struktury krajiny

Měkotová (2007) uvádí, že strukturu krajiny lze sledovat z pozice makrostruktury, tzn. zastoupení celých kategorií využití území (např. procentuální zastoupení kategorií: les, orná půda, zastavěné plochy atd.) a z hlediska mikrostruktury, která vypovídá o proměnách jednotlivých kategorií, o jejich vnitřní organizaci – čili členění na pozemky. A právě mikrostrukturní změny mají často zásadní vliv na ekologické vztahy v krajině. Příkladem jsou nevhodně provedené pozemkové úpravy sjednocující ornou půdu do velkých pozemkových bloků. Při takové úpravě nedochází k plošné změně samotné kategorie využití půdy, dojde pouze ke snížení počtu pozemků a tudíž i okrajů. Takový zásah se může negativně projevit v celkové ekologické stabilitě krajiny, může dojít k poklesu biodiverzity, snížení prostupnosti krajiny a také zvýšení rizika vodní i větrné eroze.

Cílem měření a hodnocení změn struktury krajiny bývá často analýza a následné srovnání dat ze dvou či více časových období. K zaznamenání takových změn na našem území slouží řada starých map či leteckých snímků. Tyto podklady podávají detailní informace o krajině a její struktuře a lze je využít k zaznamenání změn, které během určitého období v krajině proběhly. V posledních desetiletích došlo k výraznému rozvoji moderních metod GIS a také ke zpřístupnění mnoha datových sad, což umožnilo provádět složitější analýzy.

4.3 Krajinné metriky

Jak již bylo naznačeno, analýza struktury krajiny umožňuje určit její charakteristické prostorové vlastnosti, které předurčují její fungování a zároveň odrážejí její vývoj. Významným tématem v krajinné ekologii je hodnocení krajinné struktury pomocí výpočtů krajinných indikátorů neboli krajinných metrik. O jejich zavedení se přičinili zejména severoameričtí vědci v 90. letech, následně je však začali využívat ve svých studiích autoři po celém světě.

V současné době existuje velké množství metrik, které vyjadřují různé charakteristiky krajinných složek, jako je velikost, tvar, četnost, hustota, izolovanost, diverzita (rozdílnost krajinných složek), konektivita (propojenost krajiny) a další. Za krajinné složky (prvky) bývají označovány jednotlivé biotopy, ekosystémy či typově různé areály dílčích přírodních komponent. Nejčastěji však jednotlivé krajinné složky představují plochy využití krajiny (land use) či krajinného pokryvu (land cover). Krajinné metriky lze vypočítat na úrovních plošky, třídy (skupina prvků stejného typu, např. krajinného pokryvu) nebo

celé krajiny (soubor všech krajinných prvků v zájmovém území) (Botequilha-Leitão a kol. 2006). Úroveň plošek mnohdy slouží jako základ pro výpočet dalších dvou úrovní, většinu indexů lze tedy vypočítat ve třech variantách pro různé úrovně (Miklín 2015).

Některé metriky jsou jednoduché a snadno interpretovatelné. Existují však metriky značně složitější, ty často vycházejí z několika jednodušších indexů, následná interpretace je ale také obtížnější. Hodnoty některých metrik, např. velikost plošek, lze vypočítat jako prostý aritmetický průměr, takový výpočet nám ovšem nic neříká o variabilitě souboru, proto je někdy vhodné využít míru variability jako je např. směrodatná odchylka či variační koeficient. Dalším příkladem jsou metriky jako např. index tvaru plošky nebo index kontrastu hranic plošek. I je můžeme počítat jako prostý aritmetický průměr nebo jako průměr vážený plochou jednotlivých plošek. Druhý přístup může být v některých případech více vypovídající.

Mezi často používané metriky patří např.: počet plošek (Number of Patches, NP), hustota plošek (Patch Density, PD), počet tříd krajinného pokryvu, průměrná velikost plošky (Mean Patch Size, MPS), index průměrného tvaru plošky (Mean Shape Index, MSI), procentuální zastoupení jednotlivých tříd krajinného pokryvu (Proportion of Landscape, PLAND), hustota hranic (Edge Density, ED), celková délka hranic (Total Edge, TE), průměrný poměr obvodu plošky k její rozloze (Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR), průměrná vzdálenost k nejbližší sousední plošce stejného typu (Mean Nearest Neighbour či Shannonův index diverzity (Shannon's Diversity Index, SHDI).

Pro zefektivnění výpočtů krajinných metrik bylo vyvinuto mnoho softwarových aplikací. Mezi takové aplikace patří např. FRAGSTATS, Patch Analyst či V-LATE.

4.4 Typy metrik

Metriky lze rozčlenit do několika skupin na základě předmětu jejich zaměření, toto rozdělení není jednotné a různé práce nabízejí různá rozdělení. Detailní popisy mnoha metrik včetně vzorců výpočtu jsou uvedeny např. v publikacích McGarigal a Marks (1995) či Botequilha-Leitão a kol. (2006).

Krajinných metrik existuje velké množství a v této práci není možné všechny obsáhnout, proto je zde uveden pouze výběr základních a často využívaných metrik. Pro popis většiny z nich byla použita práce McGarigal a Marks (1995), neoficiální české názvy a popisy některých indexů byly též převzaty z práce Miklín (2015).

Tyto metriky lze použít na úrovni třídy či krajiny, případně na obou úrovních, lze je také vypočítat nad vektorovými i rastrovými daty, pro přehlednost jsou rozděleny do čtyř kategorií:

4.4.1 Plošné metriky a metriky počtu, velikosti a hustoty plošek

Class Area (CA) – Rozloha třídy

Proportion of Landscape (PLAND) – Podíl třídy v krajině, procentuální zastoupení jednotlivých tříd krajiny

Largest Patch Index (LPI) – Index největší plošky, vyjadřuje procentuální podíl největší plošky na celkové rozloze krajiny

Total Landscape Area (TLA) – Celková rozloha krajiny

Number of Patches (NP) – Počet plošek

Patch Density (PD) – Hustota plošek, počet plošek na jednotku plochy

Mean Patch Size (MPS) – Průměrná velikost plošky

Median Patch Size (MedPS) – Medián velikosti plošky

Patch Size Standard Deviation (PSSD) – Směrodatná odchylka velikosti plošky (míra variability, průměrná odchylka od průměru)

Patch Size Coefficient of Variance (PSCV) – Variační koeficient velikosti plošky, průměrná odchylka od průměru v %

4.4.2 Metriky hranic a jejich kontrastu

Total Edge (TE) – Celková délka hranic

Edge Density (ED) – Hustota hranic, délka hranic na jednotku plochy

Mean Patch Edge (MPE) – Průměrná délka hranice, průměr na jednu plošku

Total Edge Contrast Index (TECI) – Index kontrastu hranic, je počítán na úrovni tříd a krajiny, je nutné určit vlastní váhy kontrastu každých dvou typů prostředí, což může být z velké části subjektivní a zároveň rozhodující pro získané výsledky. Udává se v % maximálního možného kontrastu (0 % odpovídá žádnému kontrastu, 100 % pak maximálnímu kontrastu).

Contrast Weighted Edge Density (CWED) – Kontrastem vážená hustota hranic, kombinace kontrastu hranic a jejich hustoty, funguje na principu krácení uvažované délky hranice podle jejího kontrastu. Hodnota indexu se rovná součtu délek každého okrajového segmentu v krajině vynásobeného odpovídající kontrastní vahou děleno celkovou plochou krajiny.

4.4.3 Metriky tvaru

Mean Shape Index (MSI) – Průměrný index tvaru plošky, indikuje složitost tvaru plošky pomocí poměru skutečného obvodu plošky k nejmenšímu možnému obvodu plošky, přičemž nejmenší možný obvod je vypočítán jako obvod kruhu se stejnou rozlohou jako daná ploška (platí pro vektorová data, v případě rastrových dat je tímto obrazcem čtverec). Pokud se výsledek této metriky rovná jedné, ploška má nejjednodušší možný tvar, čím je hodnota vyšší, tím je tvar nepravidelnější.

Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI) – Plochou vážený průměrný index tvaru plošky, hodnoty jednotlivých plošek jsou váženy jejich rozlohou

Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR) – Průměrný poměr obvodu plošek k jejich rozloze, taktéž udává složitost tvaru plošek vypočtenou pomocí poměru obvodu k rozloze. Výsledná hodnota klesá s rostoucí komplexností plošky (jednodušším tvarem) nebo se zvětšující se rozlohou plošky, popřípadě obojím.

Mean Patch Fractal Dimension (MPFD) – Průměrná fraktální dimenze plošky, je vyjádření tvarové složitosti. Stejně jako index MPAR vychází z obvodu a rozlohy plošek. Výsledné hodnoty se pohybují v uzavřeném intervalu od 1 do 2, přičemž hodnoty přibližující se 1 indikují jednoduché tvary euklidovské geometrie, naopak s rostoucím číslem vzrůstá komplikovanost tvaru.

Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension (AWMPFD) – Plochou vážená průměrná fraktální dimenze plošky, princip metriky je stejný jako u MPFD, hodnoty jednotlivých plošek jsou však váženy jejich rozlohou. Vzhledem k tomu, že větší plošky mají tendenci být složitější než ty menší, má to za následek určení složitosti plošky nezávisle na její velikosti.

4.4.4 Metriky diverzity a skladby krajinných složek

Patch Richness (PR) – Bohatost plošek, počet různých typů plošek přítomných v rámci krajiny

Patch Richness Density (PRD) – Hustota bohatosti plošek, hodnota se rovná podílu počtu různých typů plošek přítomných v rámci krajiny k celkové ploše krajiny

Shannon's Diversity Index (SHDI) – Shannonův index diverzity, indikuje míru diverzity jednotlivých tříd v krajině, index nabývá hodnot od 0 výše, přičemž hodnota 0 vyjadřuje krajinu pouze s jedním typem krajinného pokryvu. Výsledná hodnota pak stoupá se vzrůstajícím počtem tříd a také s jejich proporcionálně rovnoměrnějším zastoupením v rámci daného území.

Shannon's Evenness Index (SHEI) - Shannonův index vyrovnanosti, je mírou vyrovnanosti proporčního zastoupení tříd v krajině. Vyjadřuje vztah mezi SHDI a maximální hodnotou SHDI, které by bylo dosaženo při rovnoměrném zastoupení tříd krajinného pokryvu. Čím jsou tedy v krajině třídy zastoupeny rovnoměrněji, tím je hodnota SHEI vyšší, přičemž nezáleží na jejich počtu jako v případě SHDI. Hodnoty výpočtů se pohybují v uzavřeném intervalu od 0 do 1. Nula značí, že se v krajině vykytuje jen jeden typ krajinného pokryvu. Hodnota přibližující se 0 indikuje rostoucí nerovnoměrnost zastoupení tříd, naopak směrem k hodnotě 1 se pravidelnost proporčního rozdělení zvyšuje. Hodnota 1 vypovídá o maximálně rovnoměrném proporčním zastoupení jednotlivých tříd.

Simpson's Diversity Index (SIDI) - Simpsonův index diverzity, je obdobou indexu SHDI, je však méně citlivý na počet kategorií, vyjadřuje pravděpodobnost, že dvě náhodně vybrané plošky budou odlišných kategorií. Pokud je hodnota indexu rovna 0, krajina je tvořena pouze jednou kategorií plošek. Hodnotě 1 se blíží, pokud se zvyšuje počet tříd a pokud je jejich proporcionální zastoupení vyrovnanější.

Simpson's Evenness Index (SIEI) - Simpsonův index vyrovnanosti, vyjadřuje totéž co index SHEI, hodnoty indexu se taktéž pohybují v rozmezí 0 až 1. Pokud je SIEI = 0, sledované území tvoří pouze jedna třída krajinného pokryvu, naopak hodnota 1 vyjadřuje maximální proporční vyrovnanost jednotlivých tříd v krajině, přičemž stejně jako v případě SHEI se zde neprojevuje počet tříd.

4.5 Využití metrik ve výzkumu krajiny

Otázkou porozumění struktury krajiny a její správné kvantifikace se zabývali např. Lausch a kol. (2015), autoři identifikovali kritéria pro výběr vhodných dat a postupů v analýzách krajiny. Ve své práci vysvětlují rozdíly mezi dvěma základními datovými modely. Jako první uvádějí „patch matrix model“ (PMM), ten byl vytvořen již v 80. letech a zásadně se podílel na rozvoji kvantitativních metod v krajinné ekologii. Struktura krajiny je zde charakterizována mozaikou diskrétně vymezených homogenních oblastí. Pomocí tohoto modelu lze jednoduše a srozumitelně popsat strukturu krajiny a vychází z něj také většina dostupných metrik. Nevýhodou však je značné zjednodušení reálné krajiny vyplývající z nezbytného diskrétního vymezení plošek ostrými hranicemi. Dalším zjednodušením je dvourozměrné vyjádření krajiny, v analýzách tak není brán v úvahu její reliéf. Při výpočtech metrik se tak počítá pouze s planimetrickými plochami a vzdálenostmi, což může vést zejména v oblastech s extrémním reliéfem

k určitému zkreslení reality (Walz 2011). Tyto rozdíly jsou často zanedbávány, ale mohou být důvodem omezených poznatků Lausch a kol. (2015).

Alternativou je „gradient model“ – GM, který představili v roce 2005 McGarigal a Cushman (McGarigal a kol. 2009). Tento model popisuje povrch třemi rozměry a umožňuje realističtější reprezentaci skutečných krajín. Je založen spíše na spojitě než diskrétní prostorové heterogenitě. Studium krajiny probíhá na základě kontinuálních rastrových dat, kde se každý pixel stává nejmenší prostorovou jednotkou umožňující zdánlivě kontinuální změnu charakteristik v krajině. Podle autorů je tento model vhodné využít pro vyjádření krajín nebo oblastí s vysokým stupněm přirozenosti, jelikož takové krajiny bývají souvislejší a neobjevují se v nich ostré přechody krajinných prvků. Naproti tomu v městských či zemědělských oblastech je často krajina rozdělena do homogenních celků s ostrými hranicemi, což může dobře postihnout model PMM.

Uuemaa a kol. (2013) se ve své studii věnovali trendům ve využívání krajinných metrik. Cílem jejich výzkumu bylo analyzovat vědecké práce mezi lety 2000 – 2010 a uvést rozsah využití kvantitativních přístupů ve výzkumu krajiny. Jejich analýza ukázala, že hlavní oblastí využití metrik je vyhodnocování změn krajiny a využití půdy, a to zejména na lesních plochách a v urbanizovaných oblastech. Neméně důležitou výzkumnou oblastí bylo zhodnocení funkcí krajiny a habitatů živočichů, a to zejména se zaměřením na savce a ptáky, v menší míře i na hmyz, ryby a obojživelníky. Struktura krajiny může ovlivnit různé aspekty chování organismů jako je populační dynamika, pohyb zvířat, hnízdění ptáků či výskyt hmyzu (Lausch a kol. 2015). Prováděné studie mají pak často podobu analýzy vhodnosti lokalit v souvislosti s určitými druhy. Objevují se i studie zkoumající např. vliv různého využití půdy na kvalitu vody, v menší míře byl pak také zkoumán vliv na mikroklima, povodně a půdní erozi.

Velmi reflektovaným tématem v publikovaných studiích nadále zůstává otázka vlivu struktury a složení krajiny na druhovou a genetickou rozmanitost organismů. Vztahy mezi strukturou krajiny a jejími funkcemi se zabývali také např. Waltz a Syrbe (2013). Ti zmiňují, že druhová rozmanitost je determinována krajinnou strukturou jako výrazem přírodních podmínek a využívání půdy, krajinné metriky pak částečně umožňují zachytit a přezkoumat biologickou rozmanitost na nejvyšší úrovni (ekosystémy nebo krajiny). O předložení konkrétních metrik, které by přinášely relevantní informace při hodnocení a monitorování biodiverzity se snažil Walz (2011).

Trvalý pokles biodiverzity je dále výrazně podpořen fragmentací krajiny související s antropogenní činností. Krajinným metrikám pro vyjádření fragmentace krajiny se věnoval např. Jaeger (2000), který ve své práci mimo jiné představil a popsal nová kvantitativní měřítka pro její charakterizaci. Fragmentace krajiny představuje vážný celosvětový problém. Krajinné metriky mohou představovat způsob pro rychlé a rozsáhlé zjišťování takových změn v krajině.

Některé studie se zaměřily na využití metrik pro plánování ochrany krajiny. Sundell-Turner a Rodewald (2008) ve své práci zkoumali, do jaké míry by se běžně používané krajinné metriky mohly podílet na procesu plánování ochrany. Autoři uvádějí, že k identifikaci cenných lokalit za účelem jejich ochrany je možné použití dvou metrik, v nichž jedna popisuje podíl lesních ploch a druhá narušující faktory jako je zemědělská činnost, zástavba nebo silnice. Avšak zmíněné metriky byly sestaveny pro specifika lesních lokalit v centrálním Ohio, a tudíž nemusí být použitelné pro jiné regiony.

Cílem výzkum v této oblasti obecně, je pochopit vztahy mezi strukturou krajiny a ekologickými procesy (Uuemaa a kol. 2009). Vedle toho, že se jednotlivé práce většinou zabývají analýzou struktury krajiny, případně jejími změnami v konkrétních oblastech, často autoři řeší také metodické otázky. Pro vývoj a

testování metodik analýzy krajiny jsou mnohdy užitečné případové studie oblastí, které prošly výraznými změnami. Takovým příkladem jsou např. výzkumy probíhající v oblastech extrémních změn krajiny způsobených povrchovou těžbou (Herzog a Lausch 2001; Lausch a Herzog 2002). Aplikace jsou však potřebné i pro regiony, kde se změny ve využívání půdy projevují méně zajímavým, avšak stále významným způsobem, jako jsou např. suburbanizační procesy či fragmentace lesních oblastí.

Důležitým tématem je také výběr vhodných metrik, které by charakterizovaly daný problém co nejlépe. Pro analýzu struktury krajiny lze uvažovat o velkém počtu metrik, avšak téměř všechny vycházejí z relativně malého počtu vlastností plošek a jejich uspořádání. Mnoho z nich navzájem vysoce koreluje, tudíž je možné charakterizovat strukturu krajiny za použití relativně malého počtu nezávislých ukazatelů (Riitters a kol. 1995). Například v práci Uuemaa a kol. (2011) bylo pro nalezení základního souboru krajinných metrik pro analýzu struktury estonské krajiny využito faktorové analýzy. Metriky, které vzájemně silně korelovaly, byly seskupeny a z těchto skupin byla pak vždy vybrána pouze jedna reprezentativní metrika. Byly definovány čtyři hlavní atributy struktury krajiny, kterými byly: hranice, kontrast, tvarová složitost a bohatost (složení). Autoři identifikovali tyto aspekty struktury jako nejdůležitější a uvedli, že je možné je vyhodnotit pouze čtyřmi metrikami, a to: hustotou hranic (ED), indexem kontrastu hranic (TECI), průměrným indexem tvaru plošky (MSI) a hustotou bohatosti plošek (PRD).

I další autoři uvádějí, že krajinná struktura může být popsána několika málo nezávislými ukazateli, ve výběru konkrétních metrik se však jednotlivé studie lišily (Uuemaa a kol. 2011). Výběr metrik závisí na zaměření studie, na použitých datech a jejich prostorovém rozlišení, nelze tedy jednoduše určit sadu metrik, které by byly obecně nejužitečnější (Walz 2011). Při volbě konkrétních metrik je pak také důležité splnění vysoké vypovídající schopnosti při zachování srozumitelné interpretace výsledků.

4.6 Potenciální rizika použití krajinných metrik

Možnými riziky hodnocení krajiny pomocí krajinných metrik se zabýval např. Balej (2011) a uvádí, že může docházet k chybným výkladům. Kupříkladu, řada metrik se nemění, přestože dojde k zásadní proměně prostorové krajinné struktury. To může nastat v případě, že rozmístění krajinných prvků zůstane stejné, ale změní se jejich kvalita, čili typ jednotlivých prvků. Interpretace změn krajinné struktury bez vnímání kvalitativního aspektu může vést k mylnému závěru, že struktura krajiny je stabilní.

Krajinné metriky vycházejí z použitých prostorových dat, které nesou určitou informaci. Tato informace je závislá na měřítku, míře generalizace, účelu a funkci dat. Otázkou také zůstává, do jaké míry lze porovnávat krajinné metriky území v různých časových horizontech. V takových analýzách se totiž využívá různý typ dat s různou vypovídací schopností a v různých měřítcích, jejich porovnávání může být tedy zavádějící. Autor také zmiňuje, že krajinné metriky se aplikují bez ohledu na analýzu přírodních i socioekonomických procesů, které v krajině probíhají. Odráží tudíž jen určitý stav prostorové struktury, ovšem nikoliv fungování a dynamiku krajiny.

Vlivem změn tematického rozlišení dat na hodnoty krajinných metrik se věnovali Buyantuyev a Wu (2007). Ti uvádějí, že hodnoty většiny analyzovaných metrik se zásadně změnily s rostoucím tematickým rozlišením reprezentovaným počtem tříd. Je tedy velmi důležité identifikovat vhodnou úroveň podrobnosti, tak aby byla pro studované jevy relevantní.

Krajinné metriky mohou být jistě velmi užitečným nástrojem při studiu krajiny, je však třeba mít na paměti i jejich nevýhody jako je značná závislost na kvalitě dat a interpretaci. Pro vypovídající kvantifikaci je tedy stěžejní správný výběr dat a krajinných indikátorů s ohledem na zaměření studie (Uuemaa a kol. 2011).

5 Metody a data

Jak již bylo uvedeno, v minulosti došlo na našem území k zásadním změnám krajinné struktury. Následující část této práce se však nebude zabývat změnami mikrostruktury v čase, ale bude analyzovat současnou strukturu v typech krajiny České republiky. Naše krajina je různorodá a rozhodně zde existují území s výrazně odlišnou mikrostrukturou. Pokud chceme analyzovat celé území ČR, je nutné stanovit územní jednotky, za které tuto charakteristiku budeme porovnávat. Otázkou však je, v jakých územních jednotkách mikrostrukturu krajiny analyzovat tak, aby následné porovnávání dávalo smysl.

Asi nejvhodnější možností se jeví srovnávání mikrostruktury za vymezené krajinné typy. Takové krajinné typy mohou představovat území s určitými přírodními podmínkami jako je např. klima, nadmořská výška, charakter reliéfu či půdní charakteristiky. Také lze vymežit krajiny na základě převládajícího způsobu jejího využívání (např. krajiny zemědělské, lesní, rybníční, městské, těžební atd.). Ideální je nejspíše zkombinovat tyto faktory, jelikož současná krajina a tím pádem i její struktura jsou determinovány jak přírodními podmínkami a procesy, tak lidskou činností.

Cílem této části práce bylo vypočítat vybrané metriky krajinné struktury pro různé typy krajiny na našem území a poté zhodnotit, zda se tyto typy v mikrostruktuře liší. Analyzované typy krajiny vycházejí z práce Chumana a Romportla (2010). Pro vytvoření této typologie byla využita především data popisující přírodní poměry, a to nadmořskou výšku, sklonitost a orientaci svahů, půdní poměry, potenciální přirozenou vegetaci, průměrnou roční teplotu a průměrné roční srážky. Kulturní faktor pak zastupují data krajinného pokryvu CORINE Land Cover. Typologie byla vytvořena pomocí klastrové analýzy. Celé území ČR bylo rozděleno sítí čtverců 2 km × 2 km a každý čtverec byl spojen s výše uvedenými proměnnými. Výsledkem bylo 11 krajinných typů (blíže viz Chuman a Romportl (2010)).

Samotné výpočty krajinných metrik byly provedeny nad vektorovými daty krajinného pokryvu CORINE Land Cover 2006 (dále také CLC). Důvodem použití této starší databáze byl fakt, že ji autoři použili i ve zmíněné typologii. Na území České republiky byl krajinný pokryv klasifikován celkem do 29 tříd. Prostorové rozlišení dat odpovídá měřítku 1 : 100 000, přičemž nejmenší mapovací jednotka je 25 ha.

Krajinné indikátory byly vypočítány ve dvou krocích. V prvním kroku byla vrstva CLC protnuta s vrstvou krajinných typů. Vybrané metriky pak byly vypočítány na úrovni celých krajinných typů (úroveň krajiny) a také pro všechny třídy krajinného pokryvu v každém krajinném typu zvlášť (úroveň třídy).

Ve druhém kroku byla vrstva CLC protnuta se čtvercovou sítí 2 km x 2 km. V tomto kroku byly metriky vypočítány celkem pro 20 278 čtverců. Následně byly na náhodném výběru 30 % čtverců z každého krajinného typu statisticky porovnány výsledky dvou metrik (SHDI a NP), jejichž hodnoty se ukázaly jako méně zkreslené. Výběr čtverců byl prováděn se snahou, aby pokud možno nesousedily svými stranami, ale maximálně úhlopříčně (vrcholem). Vzhledem k množství vybraných čtverců toho však u některých typů nebylo zcela dosaženo, nicméně počet sousedících čtverců byl velmi nízký. Na takto vybraných čtvercích byla pro index SHDI a NP provedena analýza variance (ANOVA), pomocí které byl testován rozdíl v těchto metrikách mezi jednotlivými krajinnými typy. Pomocí Tukey-Kramer testu pro mnohonásobná porovnávání byly dále testovány rozdíly mezi jednotlivými dvojicemi krajinných typů.

K přípravě a zpracování dat byl použit program ArcMap 10.4.1, pro samotné výpočty byla pak využita extenze tohoto programu Patch Analyst 5, která pro vektorová data nabízí výpočet 20 krajinných metrik.

Tabulka 2: Vzorce vypočítaných metrik

Název indexu (zkratka) - Český název	
Úroveň krajiny	Úroveň třídy
Total Landscape Area (TLA) - Celková rozloha krajiny	
$TLA = A$	
Class Area (CA) - Rozloha třídy	
	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ <p>a_{ij} - rozloha plošky třídy i n - počet plošek</p>
Number of Patches (NP) - Počet plošek	
$NP = N$	$NP = n_i$ n_i - počet plošek třídy i
Patch Density (PD) - Hustota plošek	
$PD = \frac{N}{A}$	$PD = \frac{n_i}{A}$
Mean Patch Size (MPS) - Průměrná velikost plošky	
$MPS = \frac{A}{N}$	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}$
Median Patch Size (MedPS) - Medián velikosti plošky	
Medián je prostřední hodnota statistického souboru, který je seřazen podle velikosti statistických hodnot, je to též 50. percentil.	
Patch Size Standard Deviation (PSSD) - Směrodatná odchylka velikosti plošky	
$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{A}{N} \right) \right]^2}{N}}$ <p>m - počet tříd ve zkoumané krajině</p>	$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}}$
Patch Size Coefficient of Variance (PSCV) - Variační koeficient velikosti plošky	
$PSCV = \frac{PSSD}{MPS}$	
Total Edge (TE) - Celková délka hranic	
$TE = E$	$TE = \sum_{k=1}^{m'} e_{ik}$ <p>e_{ik} - délka úseku okraje plošky odpovídající třídě i</p>
Edge Density (ED) - Hustota hranic	
$ED = \frac{E}{A}$	$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}}{A}$
Mean Patch Edge (MPE) - Průměrná délka hranice	
$MPE = \frac{E}{N}$	$MPE = \frac{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}}{n_i}$

Mean Shape Index (MSI) - Průměrný index tvaru plošky	
$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi * a_{ij}}} \right)}{N}$ <i>p_{ij} - obvod plošky třídy i</i>	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi * a_{ij}}} \right)}{n_i}$
Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI) - Plochou vážený průměrný index tvaru plošky	
$AWMSI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi * a_{ij}}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$	$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi * a_{ij}}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$
Mean Perimeter-Area Ratio (MPAR) - Průměrný poměr obvodu plošky k její rozloze	
$MPAR = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{a_{ij}} \right)}{N}$	$MPAR = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{a_{ij}} \right)}{n_i}$
Mean Patch Fractal Dimension (MPFD) - Průměrná fraktální dimenze plošky	
$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{N}$	$MPFD = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{n_i}$
Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension (AWMPFD) - Plochou vážená průměrná fraktální dimenze plošky	
$AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$	$AWMPFD = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$
Shannon's Diversity Index (SHDI) - Shannonův index diverzity	
$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i * \ln P_i)$ <i>P_i - podíl třídy i ve zkoumané krajině</i>	
Shannon's Evenness Index (SHEI) - Shannonův index vyrovnanosti	
$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (P_i * \ln P_i)}{\ln m}$	

Zdroj: McGarigal a Marks (1995)

Celkem byl proveden výpočet 17 metrik pomocí SW Patch Analyst, pro celé krajinné typy byla dále ještě dopočítána hustota plošek (PD) na km² (vzorce počítaných metrik jsou uvedeny v tabulce 2). Pro samotný popis výsledů bylo, kromě celkových rozloh krajinných typů a tříd, vybráno 5 metrik (SHDI, SHEI, ED, MPS a PD). Tyto metriky byly vybrány na základě rešerše literatury (podrobněji v kapitole 4) a také s ohledem na jejich vypovídající schopnost. Ostatní vypočítané metriky se vzhledem k rozlišení vstupních dat a výraznému zkreslení ukázaly být pro popis nevhodné. Příkladem je index MPAR, jehož hodnota je extrémně ovlivněna i třeba jednou malou ploškou, podobně je tomu i u indexů tvaru plošek (MSI, AWMSI, MPFD, AWMPFD). Toto platí i pro další krajinné metriky počítající s prostým aritmetickým průměrem jako jsou MPE či MPS, i u nich dochází k velkému ovlivnění ploškami extrémně malých či velkých rozměrů, nicméně pro alespoň rámcový přehled byla metrika MPS v popisu použita.

6 Výsledky

6.1 Charakteristika krajinných typů a jejich mikrostruktury

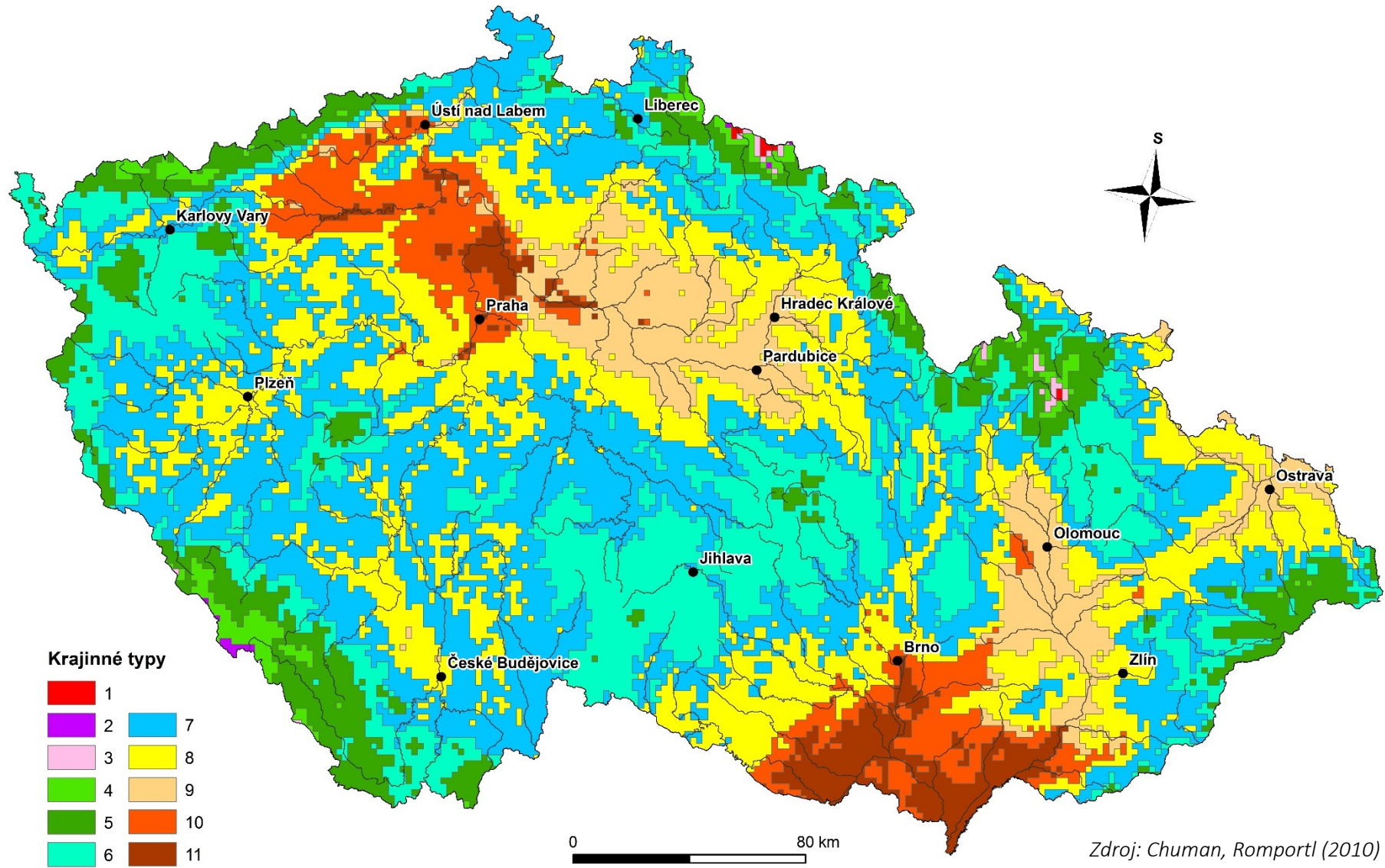
Popis krajinných typů vychází z použité typologie, analýzy krajinného pokryvu v jednotlivých typech a také z výpočtů krajinných metrik za celé krajinné typy. Rozmístění krajinných typů je přehledně zobrazeno na obrázku 9. Třídy krajinného pokryvu vycházející z dat CORINE Land Cover byly pro lepší přehlednost seskupeny do devíti kategorií, jejich procentuální zastoupení je uvedeno v tabulce 3, podíly jednotlivých kategorií přehledně zobrazuje také graf 1. Metriky vybrané pro popis struktury krajiny jsou uvedeny za krajinné typy v přehledové tabulce 4. Přehledné srovnání relativních hodnot vybraných krajinných metrik v jednotlivých krajinných typech pak nabízí graf 2. Rozšířený výběr krajinných metrik a jejich vypočítaných hodnot za jednotlivé krajinné typy a třídy je uveden v příloze 1, součástí přílohy je také legenda k číselným kódům databáze CORINE Land Cover (příloha 2). Z mapy krajinných typů jsou patrné velké rozdíly v rozlohách mezi jednotlivými 11 krajinnými typy. Nejmenší z nich pokrývá přibližně 41 km², zatímco ten nejrozsáhlejší téměř 24 tis. km².

Jako zásadní odlišující faktor se při klasifikaci krajinných typů ukázala být nadmořská výška (typ 1 – nejvyšší nadmořské výšky, typ 11 - nejnižší) a charakter reliéfu. Nejvyšší nadmořské výšky silně korelují se strmými svahy, vysokými průměrnými srážkami, nízkými průměrnými teplotami a přirozenou vegetací skládající se z horského smrkového lesa, alpinské a sub-alpinské vegetace. Nejnižší nadmořské výšky pak silně korelují s vysokými průměrnými teplotami, relativně nízkým přísunem srážek a přírodním porostem sestávajícího z dubového lesa a skalní stepní vegetace (Chuman, Romportl 2010). Jak již bylo naznačeno, plošně menší krajinné typy se vyskytují v nejvyšších částech českých pohoří a vyznačují se přírodě blízkým charakterem a často velmi specifickými podmínkami. Naopak nejrozsáhlejší typy krajiny zaujímají různé oblasti středních nadmořských výšek a vyznačují se vysokou mírou hospodářského využití.

Typ 1: Rozlohou nejmenší a nejzácnější krajinný typ na našem území. Vyskytuje se pouze v nejvyšších partiích Krkonoš a Hrubého Jeseníku a vyznačuje se velmi chladným, vlhkým a větrným podnebím s více než 1200 mm srážek za rok (Chuman, Romportl 2010). Vzácnost tohoto ekosystému spočívá zejména v zachovalosti přírodního charakteru. Největší plochu pokrývá alpinská a sub-alpinská křovinná a bylinná vegetace. Zdejší klimatické podmínky již nedovolují souvislý porost dřevin, průkopníkem lesa ve vysokohorských oblastech je borovice kleč, která vytváří křovité pásmo přirozeně v Krkonoších nad lesní hranicí (1200 – 1550 m n. m.). V menší míře se vyskytuje v i dalších českých pohořích, roste též na rašeliništích a je dřevinou bránící vzniku lavin a půdní eroze. Na borovici kleč navazují porosty smrku, které se u nás též vyskytují téměř až po vysokohorskou hranici (Pokorný 1963).

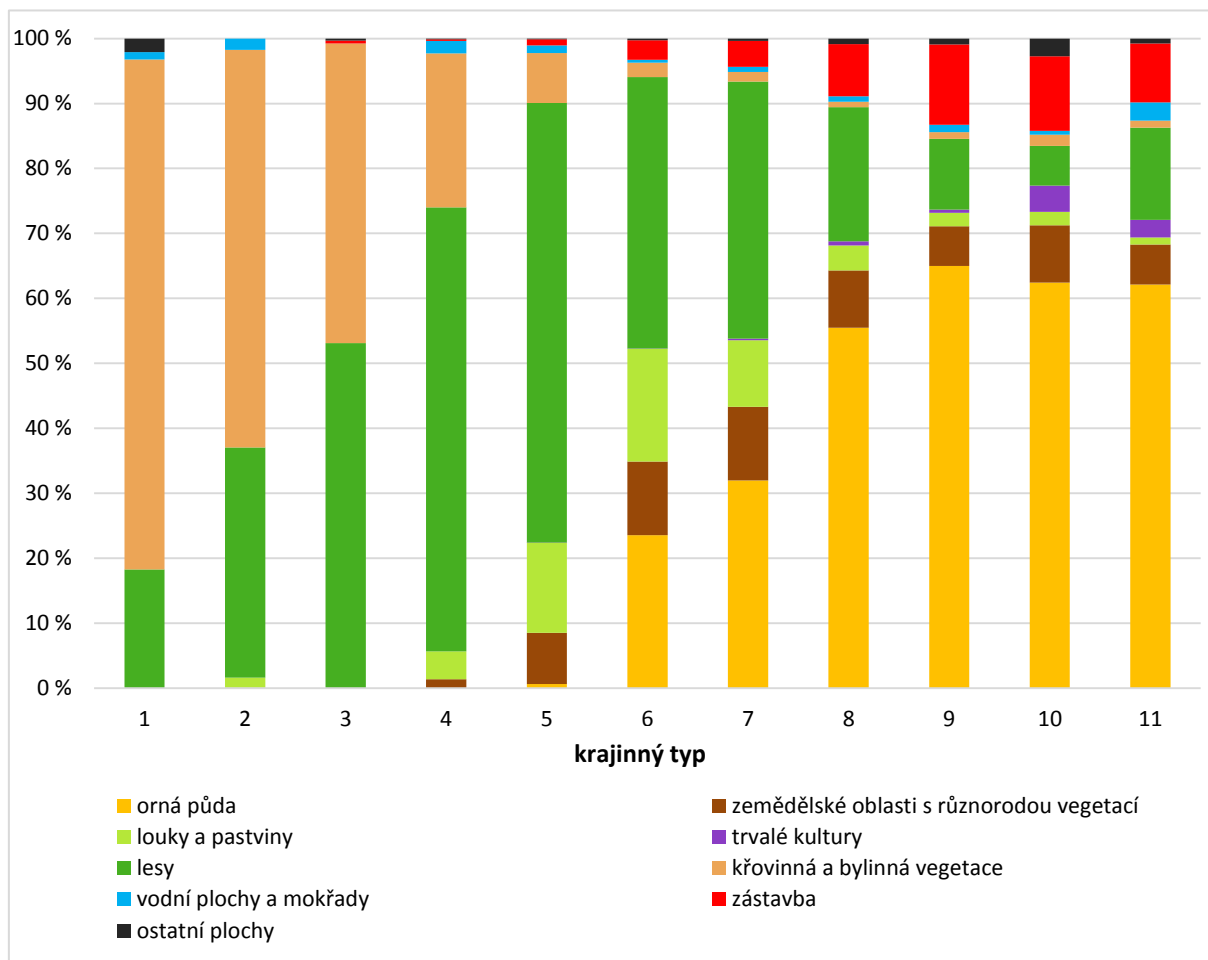
Jedná se o biotop přírodě blízký bez výrazné antropogenní fragmentace. Struktura krajiny vykazuje relativně vysokou diverzitu s nejvyšší vyrovnaností tříd a nejvyšší hustotou hranic, nejmenší průměrnou velikostí plošek, a tudíž jejich nejvyšší hustotou. Spolu s krajinným typem 2 vykazuje nejnižší počet tříd (9) ze všech krajinných typů. Nejvíce zastoupené třídy přírodních luk a křovin (přibližně 60 % celkové rozlohy) vykazují nejvyšší průměrné velikosti plošek a nejvyšší hustoty hranic. Co do počtu plošek však převažují jehličnaté lesy spolu s přechodnými lesními porosty, které zaujímají dohromady kolem 35 % celkové rozlohy. Zbytek rozlohy zaujímají jednotlivé izolované plochy rašelinišť, skalních útvarů a řídké vegetace. Podrobněji viz příloha 1.

Obrázek 9: Mapa krajinných typů



Zdroj: Chuman, Romportl (2010)

Graf 1: Zastoupení krajinného pokryvu v krajinných typech podle dat CORINE Land Cover



Typ 2: Tento typ se nachází zejména v nejvyšších polohách Šumavy a je plošně druhý nejmenší. Zdejší podnebí je též velmi chladné a vlhké, průměrné roční srážky přesahují 1200 mm (Chuman, Romportl 2010). Dominantním krajinným pokryvem je křovinná a bylinná vegetace a také lesní porosty smrku. Ploché sníženiny na hřebenech, náhorní roviny a pláně, kde je zadržována dešťová voda, vytvořily ideální podmínky pro vznik rozsáhlých rašelinišť s četnými jezírky (Šumavské slatě).

Stejně jako typ 1, i tyto oblasti se vyznačují vysokou mírou propojenosti jednotlivých krajinných složek. Výsledky ukazují na nejnižší diverzitu a vyrovnanost tříd. Většinu rozlohy tvoří dvě třídy. Přechodné lesní porosty tvoří kolem 60 % celkové rozlohy, mají nejvyšší průměrnou velikost plošek a nejvyšší hustotu hranic. Co do počtu plošek jsou druhou nejpočetnější třídou za jehličnatými lesy, které zauímají 35 % celkové rozlohy, ty vykazují poměrně vysokou hustotu hranic a poloviční průměrnou velikost plošek oproti nejvíce zastoupené třídě. Ostatních sedm tříd je zastoupeno ojedinele.

Tabulka 3: Zastoupení krajinného pokryvu v krajinných typech podle dat CORINE Land Cover (v %)

krajinný pokryv	krajinný typ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
orná půda	0	0	0	0	0,64	23,53	31,97	55,48	64,99	62,42	62,15
zemědělské oblasti s různorodou vegetací	0	0,01	0	1,34	7,88	11,34	11,31	8,84	6,10	8,82	6,14
louky a pastviny	0	1,57	0	4,32	13,88	17,35	10,30	3,80	2,08	2,06	1,11
trvalé kultury	0	0	0	0	0,01	0,04	0,20	0,66	0,50	4,04	2,71
lesy	18,24	35,46	53,09	68,34	67,66	41,82	39,61	20,68	10,89	6,11	14,16
křovinná a bylinná vegetace	78,52	61,19	46,14	23,70	7,68	2,20	1,49	0,81	1,05	1,73	1,09
vodní plochy a mokřady	1,17	1,76	0	1,91	1,19	0,44	0,75	0,84	1,13	0,63	2,83
zástavba	0	0	0,45	0,26	0,97	3,03	3,99	8,04	12,34	11,46	9,04
ostatní plochy	2,07	0	0,31	0,13	0,09	0,25	0,38	0,85	0,91	2,73	0,77

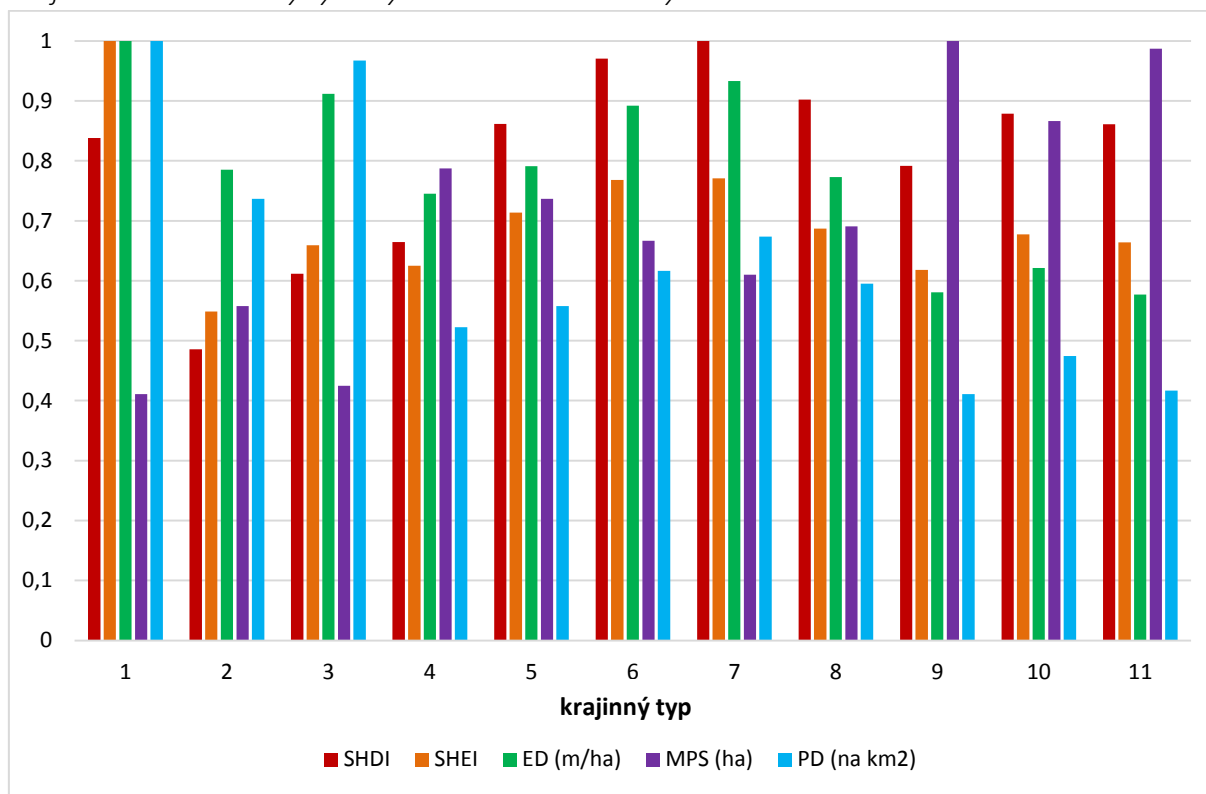
Poznámka: Informace o sloučení tříd krajinného pokryvu CORINE Land Cover je uvedena v příloze 2.

Zdroj: EEA

Tabulka 4: Hodnoty vybraných krajinných metrik

krajinný typ	TLA (ha)	SHDI	SHEI	ED (m/ha)	MPS (ha)	PD (na km ²)
1	4 089	1,533	0,737	72,0	58,41	1,71
2	4 995	0,888	0,404	56,6	79,28	1,26
3	12 135	1,119	0,486	65,7	60,37	1,66
4	114 406	1,216	0,461	53,7	111,83	0,89
5	626 353	1,576	0,526	57,0	104,67	0,96
6	1 537 150	1,776	0,566	64,3	94,73	1,06
7	2 390 050	1,829	0,568	67,2	86,68	1,15
8	1 846 850	1,651	0,507	55,7	98,15	1,02
9	632 356	1,448	0,456	41,8	142,07	0,70
10	467 809	1,607	0,499	44,8	123,11	0,81
11	246 516	1,576	0,489	41,6	140,23	0,71

Graf 2: Relativní hodnoty vybraných metrik vztažené vždy k maximální dosažené hodnotě



Typ 3: Stále velmi chladný typ krajiny s ročními srážkami v průměru mezi 1000 – 1200 mm. Jedná se o horskou přírodu blízkou krajinu, vyskytuje se v pohořích Krkonoš, Hrubého Jeseníku, Králického Sněžníku a na několika lokalitách Šumavy (Chuman, Romportl 2010). Krajinný pokryv je tvořen především horským smrkovým lesem a lesními křovinami, vřesovišti a přírodními loukami.

Tento typ obsahuje 10 tříd, vyznačuje relativně nižší diverzitou a vyšší nevyrovnaností tříd, relativně vysokou hustotou hranic a nižší průměrnou velikostí plošek. Jehličnaté lesy a přechodné lesní porosty tvoří 51 % resp. 37 % celkové rozlohy. Plošky těchto tříd mají největší průměrné velikosti a nejvyšší hodnoty hustoty hranic. Relativně vysokou četnost plošek vykazují třídy přírodních luk a křovin (s podílem 5 % resp. 4 %), avšak mají výrazně nižší průměrné velikosti plošek.

Typ 4: Chladné horské oblasti s více než 800 mm srážek za rok. Tento krajinný typ se vyskytuje ve většině českých pohoří nad 1000 m n. m., zejména pak na Šumavě, v Jeseníkách, Krkonoších, Jizerských a Krušných horách (Chuman, Romportl 2010). Krajinný pokryv je z větší části tvořen zejména souvislými smrkovými porosty, nižšími lesními a keřovými porosty a přírodními loukami. Začínají se zde také objeovat louky a pastviny využívané zejména k extenzivnímu chovu hospodářských zvířat.

Typ 4 obsahuje 14 tříd. Hodnoty SHDI a SHEI jsou podobné jako u typu 3, avšak plošky mají v průměru téměř dvojnásobnou velikost, tudíž je jejich hustota výrazně nižší. Opět převládají jehličnaté lesy (61 %), které vykazují vysokou hodnotu hustoty hranic a jednu z nejvyšších hodnot průměrné velikosti plošek, což ukazuje na vyšší četnost větších souvislých ploch. Druhou nejvíce zastoupenou třídou jsou přechodné lesní porosty zaujímající 22 % celkové rozlohy, vykazují přibližně stejný počet plošek jako jehličnaté lesy, a tudíž je jejich průměrná velikost přibližně třetinová. Z dalších tříd jsou podstatněji

zastoupeny smíšené lesy, louky a pastviny, které zaujímají 6 % resp. 4 % celkové rozlohy a četnost jejich plošek je též relativně vysoká. Listnaté lesy, mokřady a rašeliniště zaujímají dohromady necelé 3 %.

Typ 5: Jedná se o mírně chladné horské, podhorské a vrchovinné oblasti s průměrným ročním úhrnem srážek až 1000 mm. Tento typ pokrývá většinu českých příhraničních pohoří a jejich podhůří. Dále se objevuje také ve vrchovinných oblastech českého vnitrozemí (Českomoravská vrchovina, Brdy, Doupovské hory a Slavkovský les) (Chuman, Romportl 2010). Krajinný pokryv tvoří z většiny hospodářské jehličnaté lesy, v menší míře pak lesy smíšené a listnaté. Jedná se o oblasti se stále řídkým osídlením a minimem orné půdy. Nezanedbatelnou část území tvoří louky, pastviny a další různorodé zemědělské plochy využívané zejména k extenzivnímu chovu hospodářských zvířat.

Tento typ obsahuje 20 tříd, vyznačuje se vyšší diverzitou a relativně vyšší průměrnou velikostí plošek. Třídám dominují jehličnaté lesy (52 %), které tvoří souvislé porosty, jejich plošky dosahují trojnásobku průměrné velikosti. Obdobný charakter co do průměrné velikosti a hustoty hranic vykazují plošky tříd smíšených lesů, luk a pastvin, které jsou zastoupeny 12 % resp. 14 % celkové rozlohy. Louky a pastviny jsou pak třídou s absolutně nevyšším počtem plošek v rámci tohoto typu. Významný počet plošek též zaujímají zemědělské pozemky s přirozenou vegetací (druhý největší počet) a přechodné lesní porosty, ty jsou zastoupeny 8 % resp. 6 % celkové rozlohy.

Typ 6: Kopcovitá krajina vrchovin do 750 m n. m. s průměrnými ročními srážkami okolo 800 mm. Jedná se o třetí nejrozsáhlejší krajinný typ (okolo 15 300 km²), pokrývá rozsáhlé oblasti Českomoravské vrchoviny, Nízkého Jeseníku a severozápadních Čech. Dále se nachází v Brdech, Drahanské vrchovině a v nižších polohách podhůří většiny příhraničních hor (Chuman, Romportl 2010). Krajinný pokryv je tvořen mozaikou relativně menších a různorodých plošek. Významné lesní plochy jsou tvořeny zejména jehličnatými, v menší míře pak i smíšenými a listnatými porosty. Klimatické a půdní podmínky již dovolují intenzivní obhospodařování orné půdy (zejména v Českomoravské vrchovině), která pokrývá přibližně čtvrtinu rozlohy tohoto krajinného typu. Výrazně jsou zastoupeny louky, pastviny a jiné zemědělsky využívané plochy s přirozenou vegetací. Vyrůstá také hustota osídlení a výskyt všech prvků lidské činnosti.

Typ 6 obsahuje 23 tříd, vyznačuje se relativně velmi vysokou diverzitou a vyšší hustotou hranic. Největší plochu zaujímají jehličnaté lesy (33 %) a orná půda (23,5 %), v rámci tohoto typu mají tyto třídy největší průměrné velikosti plošek. Absolutně nejvyšší počet plošek mají louky a pastviny a zemědělsky využívané pozemky s významnými plochami přirozené vegetace (17,4 % resp. 11,2 %), které mají též obdobnou hustotu hranic. Plošky smíšených a listnatých lesů zaujímají 6,5 % resp. 1,9 % a mají podobné průměrné velikosti plošek a hustou hranic, jejich plošky jsou v průměru třikrát menší než plošky jehličnatých lesů.

Typ 7: Krajina mírně teplých pahorkatin v nadmořských výškách mezi 250 a 750 m s ročním průměrem srážek až 800 mm. Tento typ pokrývá téměř třetinu území ČR a je nejběžnějším zaznamenaným typem (Chuman, Romportl 2010). Jsou do něj zahrnuta rozličná území České republiky (viz. Mapa krajinných typů – obrázek 9). Tato krajina se vyznačuje poměrně vysokou mozaikovitostí a různorodostí plošek krajinného pokryvu. Podíl lesů je stále relativně vysoký (jehličnaté porosty, ale také smíšené a listnaté), podíl orné půdy se blíží jedné třetině celkové rozlohy. Významné jsou také louky, pastviny a četné zemědělské pozemky s plochami přirozené vegetace.

Tento typ obsahuje 25 tříd, vykazuje nejvyšší hodnotu indexu SHDI, relativně velmi vysokou hustotu hranic a nižší průměrnou velikost plošek. Nejvíce zastoupenými třídami je orná půda a jehličnaté lesy,

kteřé zaujímají 32 % resp. 27 % celkové rozlohy. Orná půda má největší četnost plošek, jehličnaté lesy mají nejvyšší průměrnou velikost plošek. Druhý nejvyšší počet plošek mají zemědělské pozemky s přirozenou vegetací (11 %), které mají přibližně třetinovou velikost oproti ploškám jehličnatých lesů. Velké množství plošek vykazují také smíšené lesy (9,7 %), louky a pastviny (10,3 %). Relativně vysoký počet plošek lze zaznamenat také u zástavby.

Typ 8: Mírně teplé až teplé nižší polohy do 500 m n. m. s ročním úhrnem srážek v průměru až 650 mm. Tento typ se též nachází v rozličných oblastech ČR a s téměř 18 500 km² se jedná o druhý nejrozšířenější krajinný typ (Chuman, Romportl 2010). Dominantním pokryvem je již orná půda, s její rostoucí rozlohou klesá podíl luk, pastvin a jiných zemědělských ploch s přirozenou vegetací. Charakteristický je také relativně vysoký podíl roztroušených zastavěných ploch a trvalých kultur. Lesní porosty s vysokým podílem listnatých a smíšených lesů tvoří přibližně pětinu celkové rozlohy.

Typ 8 má nejvyšší počet tříd (26) a relativně vysoký index diverzity. Plochy orné půdy zaujímají 55,5 % celkové rozlohy a největší mírou se podílejí na průměrné velikosti plošek celého krajinného typu. Podíl žádné z dalších tříd nepřesahuje 10 %. Souhrn všech lesních porostů (listnaté, jehličnaté a smíšené) se podílí na rozloze 20,7 % a dohromady mají nejvyšší počet plošek. Co do počtu plošek za jednotlivé třídy je však nejvíce zastoupena třída zemědělských pozemků s přirozenou vegetací, která zaujímá jen 8 % celkového pokryvu. Výrazný počet plošek lze zaznamenat také u zástavby s podílem také 8 % na celkové rozloze.

Typ 9: Teplé nížiny, jejichž roční úhrn srážek činí až 650 mm. Tento krajinný typ je charakteristický pro střední Polabí (mezi městy Hradec Králové – Pardubice a Mělník), oblasti Hornomoravského a částečně Dolnomoravského úvalu a dále také pro oblast Moravské brány (Chuman, Romportl 2010). Příhodné klima, rovinný reliéf a úrodné půdy s výskytem černozemí jsou ideálními podmínkami pro intenzivní zemědělskou činnost. Podíl orné půdy je velmi vysoký, zaujímá téměř 65 % celkové rozlohy. Charakteristickým prvkem je mozaika tvořená rozlehlými bloky orné půdy a také relativně vysoká hustota osídlení, což dokládá významný podíl městské zástavby. Naopak lesní porosty tvoří pouze desetinu celkové rozlohy a jsou tvořeny zejména listnatými a smíšenými porosty. Nízký je též podíl luk, pastvin a dalších zemědělských ploch přírodnějšího charakteru, naopak podíl trvalých kultur patří v porovnání s ostatními krajinnými typy mezi vyšší.

Tento typ obsahuje 24 tříd, vykazuje nejnižší hodnotu hustoty hranic a největší průměrnou velikost plošek. Zcela dominuje orná půda, která vykazuje absolutně největší průměrnou velikost plošek napříč všemi třídami, a tudíž největší mírou ovlivňuje hodnotu průměrné velikosti plošek v celém krajinném typu. Nejvyšší počet plošek pak vykazuje zástavba (12,3 %) a také lesní porosty.

Typ 10: Teplé až velmi teplé, mírně svažité nížiny do 500 m n. m. s průměrným srážkovým úhrnem až 550 mm za rok. Tento krajinný typ byl identifikován v teplých a suchých nížinách v oblastech Džbánů, Dolnooharské tabule a v pražské oblasti, dále v Poohří – v okolí měst Louny a Žatec, a také na Chomutovsku, Mostecku a Teplicku. Dále byl nalezen na několika lokalitách jižní Moravy (Chuman, Romportl 2010). Jedná se o oblasti s neúrodnějšími černozeměmi, což dokládá i fakt, že půdní kryt je tvořen zejména rozsáhlými bloky orné půdy, výrazný je též podíl městské zástavby. Vysoký podíl zaujímají také trvalé kultury (vinice, chmelnice, ovocné sady a zahradní plantáže). Naopak nízký podíl tvoří louky, pastviny, a také lesy, které pokrývají pouhých 6 % celkové rozlohy a jsou povětšinou tvořeny listnatými a smíšenými porosty. Zajímavým prvkem jsou též rozsáhlé oblasti povrchové těžby na Chomutovsku a Mostecku.

Typ 10 obsahuje 25 tříd. Vykazuje jednu z nejnižších průměrných hustot hranic. Dominantním prvkem je orná půda (62,4 %) s velmi vysokou průměrnou hodnotou velikosti plošek. Co do počtu plošek opět dominuje zástavba s podílem 11,5 % na celkové rozloze. Větší počet plošek také vykazují zemědělské pozemky s různorodou vegetací (8,8 %) a lesní porosty (6,1 %).

Typ 11: Jedná se o velmi teplé a suché ploché nížiny do 250 m n. n. s průměrnými ročními srážkami mezi 450 až 550 mm. Tento krajinný typ se nachází v nejsušších a nejteplejších oblastech České republiky, konkrétně se jedná o západní část České tabule (okolí soutoku Vltavy a Labe) a jižní Moravy (oblast Dyjsko-svrateckého a Dolnomoravského úvalu) (Chuman, Romportl 2010). Jedná se o velmi úrodné oblasti s vysokým podílem černozemí. Typická je též mozaika rozsáhlých ploch orné půdy, která dominuje půdnímu krytu (zaujímá přes 60 %), významně jsou zastoupeny také zastavěné plochy a trvalé kultury (zejména vinice a ovocné sady), relativně nízký je podíl luk a pastvin. Podíl lesních ploch je vyšší než u typů 9 a 10 s převahou listnatých lesů. Při soutoku Dyje a Moravy se nachází náš další velmi vzácný biotop, tzv. lužní les.

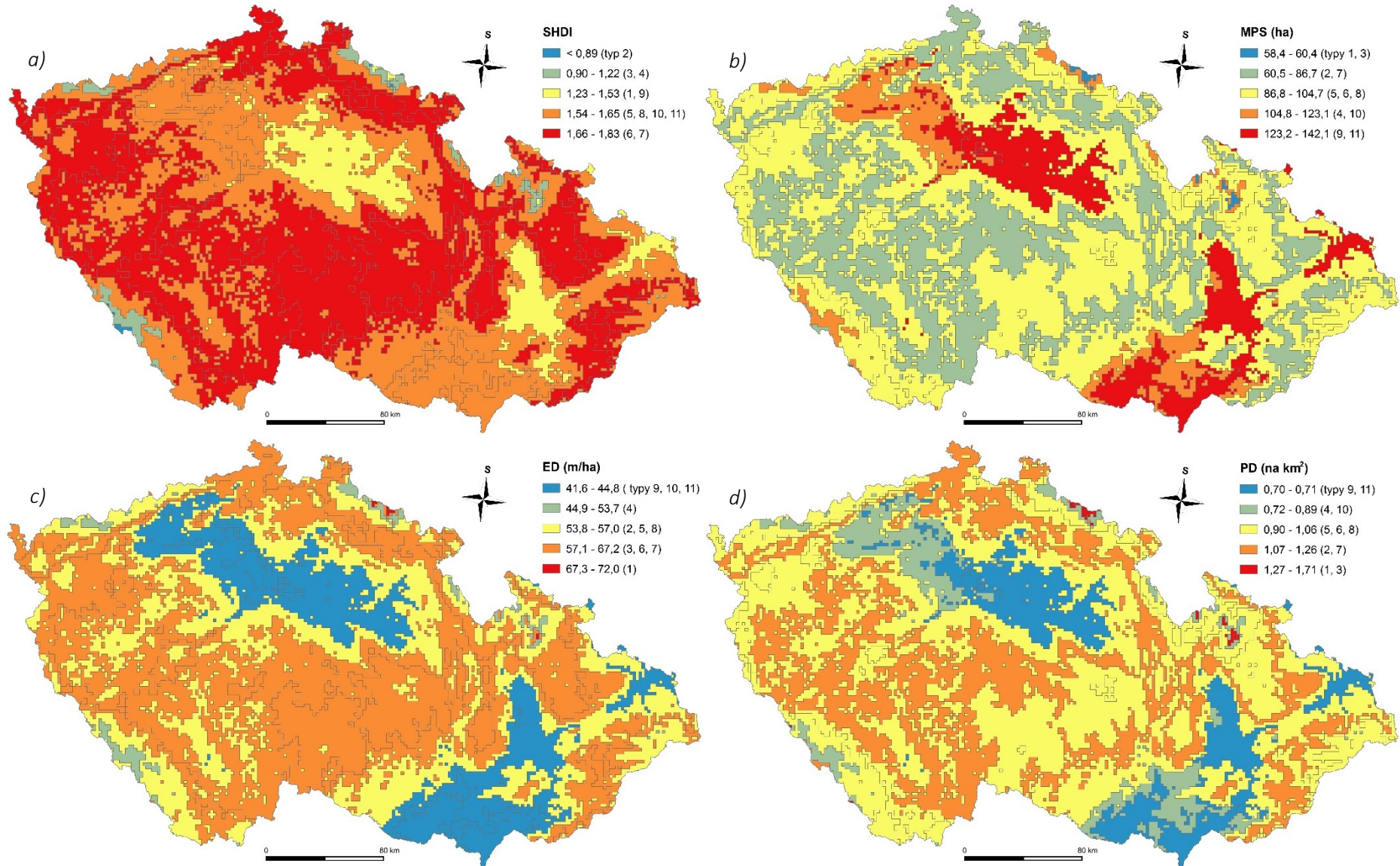
Tento typ obsahuje 25 tříd. Má podobné rysy jako typy 9 a 10. Opět dominuje orná půda s největší průměrnou hodnotou velikosti plošek. V počtu plošek dominuje zástavba a zemědělské plochy s různorodou vegetací.

6.1.1 Shrnutí výsledků

Vypočítané hodnoty krajinných indexů jsou u některých typů podobné, což by mohlo ukazovat i na podobný charakter mikrostruktury (mapy zobrazující hodnoty vybraných krajinných metrik v jednotlivých typech nabízí obrázek 10).

Například, krajinné typy 1, 2 a 3 vykazují nejnižší průměrnou velikost plošek, ta koreluje s nejvyšší hustotou plošek a s vyšší hustotou okrajů. Tyto typy jsou také charakteristické nejnižším počtem identifikovaných tříd (výrazně převažuje křovinná, bylinná vegetace a lesní porosty). Z tohoto hlediska jsou na opačném pólu krajinné typy 9, 10 a 11. Tyto krajiny jsou utvářeny rozsáhlými lány orné půdy, která tvoří většinu rozlohy těchto typů. Výpočty ukazují nejnižší hustotu plošek, a tudíž vysoké hodnoty jejich průměrných velikostí a naopak nízké hodnoty hustoty okrajů. Právě velké plošky orné půdy mají významný vliv na hodnoty vypočítaných metrik. Krajinné typy 4 a 5 vykazují také relativně vysoké hodnoty průměrných velikostí plošek a tudíž nižší hodnoty jejich hustoty. Dominantním krajinným prvkem zde není orná půda, ale velké plochy lesních porostů. Krajinné typy 6, 7 a 8 pak vykazují relativně vyšší hodnoty hustoty plošek, tedy vyšší mozaikovitost, která by mohla ukazovat na poměrně různorodou krajinou vyskytující se v těchto typech. Hodnoty indexu SHDI za krajinné typy vykazují určitou rozdílnost, zatímco index SHEI vykazuje poměrně nízkou vyrovnanost tříd krajinného pokryvu u všech krajinných typů, vyjma krajinného typu 1, u kterého je vypočítaná hodnota výrazně vyšší.

Obrázek 10: Mapy zobrazující hodnoty krajinných metrik v jednotlivých krajinných typech, a) Shannonův index diverzity (SHDI); b) průměrná velikost plošky (MPS); c) hustota hranic (ED); d) hustota plošek (PD)



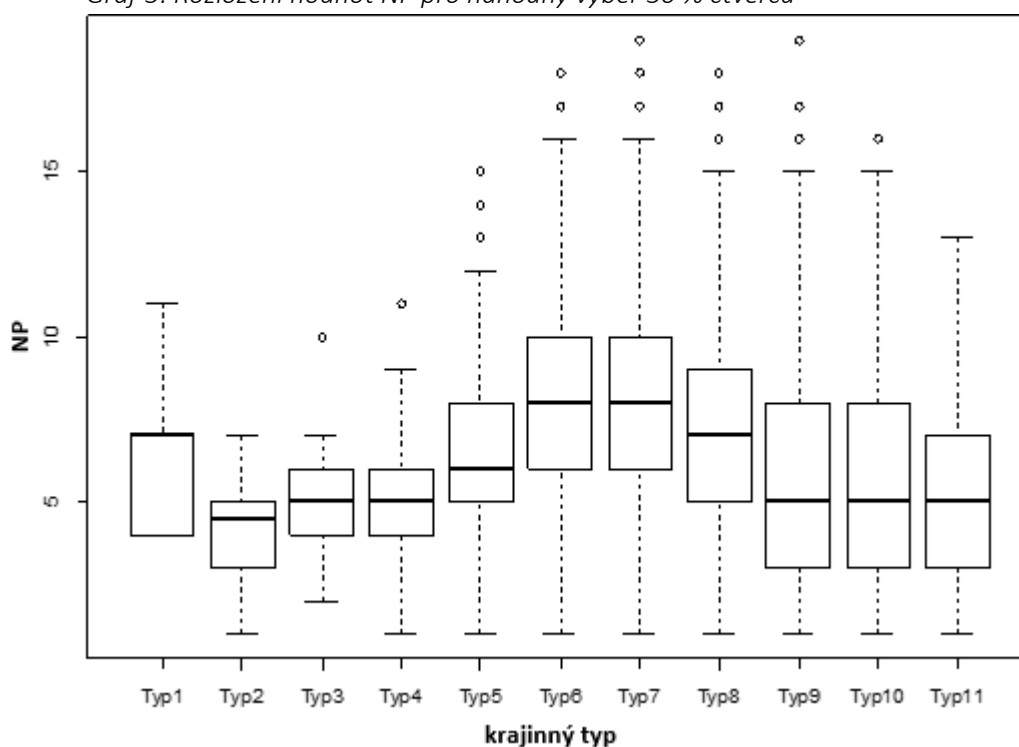
Při porovnání hodnot metrik pro jednotlivé třídy napříč krajinnými typy lze vysledovat výrazné rozdíly. V každém z krajinných typů dominuje 1 až 2 třídy, což se odráží v nízkých hodnotách indexu SHEI. U typů 1 - 5, které jsou relativně méně dotčeny lidskou činností a mají více přírodní ráz, se výrazně uplatňují pokrivy bylinné a křovinaté vegetace. Naopak u typů 6 – 11 tento vliv přebírá orná půda (viz graf 1), přičemž v typech 9, 10 a 11 pak dosahuje nejvyšších hodnot MPS. Jediným pokryvem, který významně prostupuje napříč všemi krajinnými typy a ovlivňuje jejich strukturu, jsou lesní porosty. Do krajinného typu 5 jsou to převážně jehličnaté lesy, které dále přecházejí v lesy smíšené a poté listnaté. V průměru největší plošky lesů se nacházejí v typech 4 a 5, kde vytvářejí souvislé plochy. V jednotlivých typech krajiny, kde jeden z těchto tří zmíněných pokryvů dominuje, dosahují jejich plošky absolutních velikostí a zásadně tak ovlivňují i celkovou průměrnou velikost plošek v celém typu. Tyto plošky jsou tak dominantní, že téměř naprostá většina plošek ostatních tříd leží pod celkovým průměrem a nezřídka je i několika násobně menší. Co do absolutního počtu plošek se pak povětšinou uplatňují druhotně zastoupené pokrivy.

6.2 Vyhodnocení odlišnosti mikrostruktury v krajinných typech

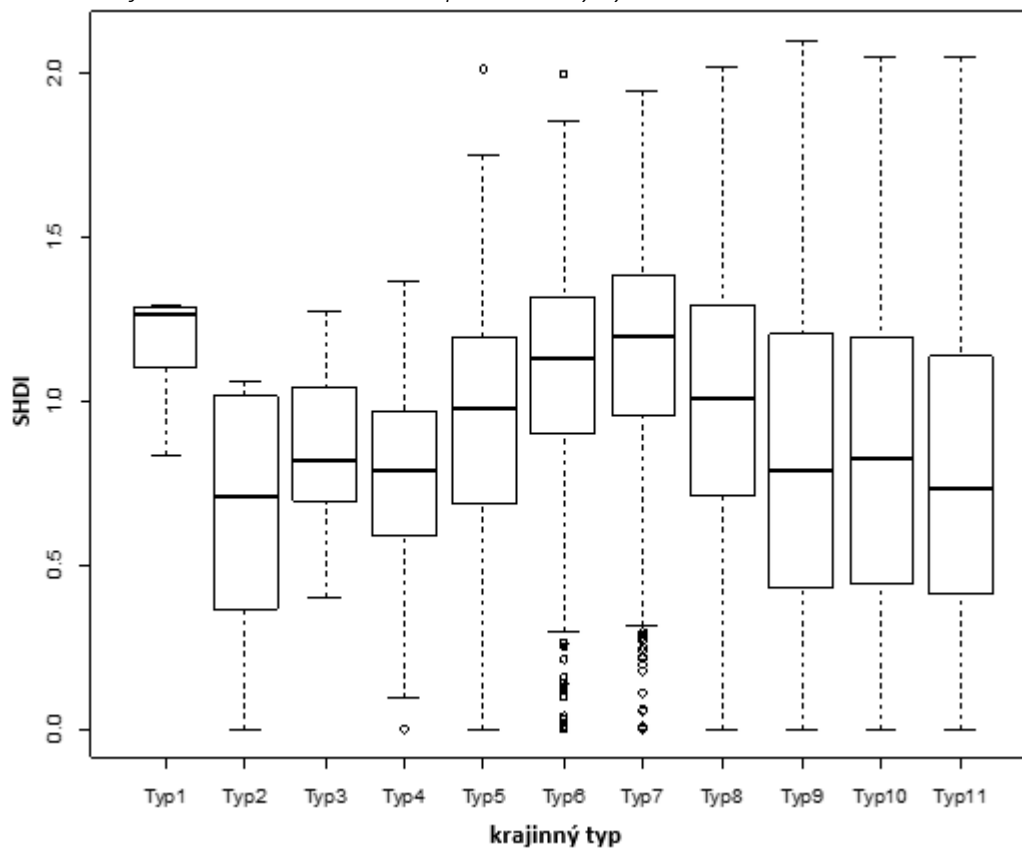
V tomto kroku bylo provedeno statistické vyhodnocení výpočtů Shannonova indexu diverzity (SHDI) a počtu plošek (NP) pro náhodný výběr 30 % čtverců. Následně byla také provedena analýza variance (ANOVA) s testem Tukey-Kramer pro mnohonásobné porovnání rozdílnosti těchto dvou parametrů mezi jednotlivými krajinnými typy. V krabicových grafech 3 a 4 je znázorněna variabilita hodnot vypočítaných metrik. Grafy zobrazují hodnoty minima a maxima, dolního a horního kvartilu, mediánu a případně výrazně odlehlé hodnoty.

V tabulce 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty parametrů a jejich směrodatné odchylky. V grafu 5 jsou pak pro názorné porovnání zobrazeny relativní hodnoty těchto metrik, které jsou vždy vztažené k maximální dosažené hodnotě.

Graf 3: Rozložení hodnot NP pro náhodný výběr 30 % čtverců



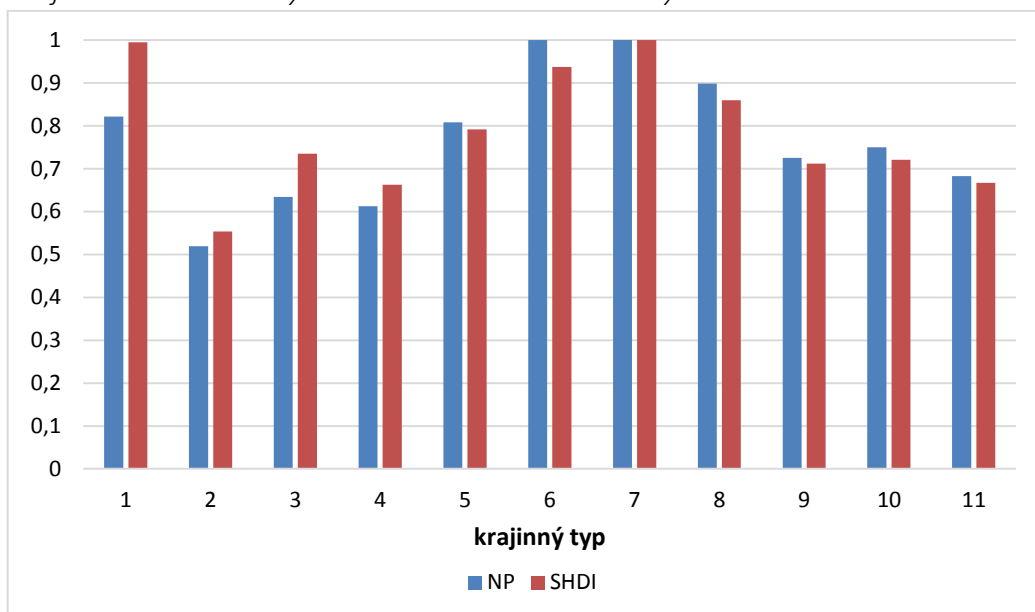
Graf 4: Rozložení hodnot SHDI pro náhodný výběr 30 % čtverců



Tabulka 5: Statistické vyhodnocení hodnot SHDI a NP vypočítaných pro náhodný výběr 30 % čtverců

krajinný typ	NP		SHDI		počet čtverců
	průměr	směrodatná odchylka	průměr	směrodatná odchylka	
1	6,600	2,881	1,156	0,196	5
2	4,167	2,041	0,643	0,403	6
3	5,091	2,300	0,854	0,270	11
4	4,918	1,754	0,770	0,275	97
5	6,491	2,751	0,920	0,375	513
6	8,029	2,876	1,089	0,330	1193
7	8,561	2,951	1,162	0,319	1819
8	7,216	2,959	0,999	0,396	1406
9	5,826	3,098	0,827	0,490	488
10	6,023	3,180	0,838	0,498	353
11	5,484	2,896	0,775	0,482	194

Graf 5: Relativní hodnoty metrik SHDI a NP vztážené vždy k maximální dosažené hodnotě



Tabulka 6 přehledně znázorňuje výsledky provedené analýzy. Tam kde jsou písmena shodná, není rozdíl mezi typy krajín průkazný.

Tabulka 6: Vzájemná odlišnost krajinných typů v NP a SHDI

parametr	krajinný typ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NP	abcdef	abc	abc	c	b	e	f	a	cd	bd	cd
SHDI	abcde	abcd	abcde	d	a	b	e	c	d	d	d

Na základě obsahu tabulky lze konstatovat, že například krajinný typ 1 se v počtu plošek průkazně neliší od žádného jiného typu, naopak krajinné typy 6 a 7 se od všech ostatních vyjma typu 1 průkazně liší.

Analýzou byla prokázána většinová vzájemná odlišnost krajinných typů, a pouze možná vzájemná podobnost u typů 9 a 11.

7 Diskuse

Analýza mikrostruktury krajiny pomocí výpočtů krajinných metrik byla a stále je využívanou metodou ve výzkumu krajiny. Většina publikovaných prací se zabývá analýzou krajinné struktury na menších územních jednotkách a konkrétními jevy, které jsou strukturou krajiny ovlivňovány, nebo naopak její strukturu ovlivňují. Studie se v této části oboru krajinné ekologie zabývají rozličnými tématy, např.: vztahy mezi strukturou krajiny a biodiverzitou (Waltz a Syrbe 2013; Walz 2011), kvantifikací fragmentace krajiny (Jaeger 2000) nebo výběrem indikátorů pro identifikaci cenných lokalit za účelem jejich ochrany (Sundell-Turner a Rodewald 2008).

V předložené práci byla struktura krajiny analyzována pomocí výpočtů krajinných metrik. Účelem bylo porovnání mikrostruktury jednotlivých typů krajiny dle typologie Chuman a Romportl (2010). Výběr metrik je velmi podstatný. Metrik existuje velké množství, avšak mezi mnohými z nich lze vysledovat značnou závislost (Riitters a kol. 1995). V řadě prací jsou popsány metody výběru metrik, které byly nakonec ve výzkumu použity (Sundell-Turner a Rodewald 2008; Uuemaa a kol. 2011). Vlastní výběr závisí zejména na zaměření studie, použitých datech a jejich prostorovém rozlišení (Walz 2011). V předložené práci byly pro popis mikrostruktury vybrány krajinné metriky s ohledem na použitá data a jejich rozlišení tak, aby vykazovaly co možná nejmenší zkreslení.

Popisem struktury krajiny v různých krajinných typech se zabývali také např. Uuemaa a kol. (2011). Na území Estonska autoři vybrali 35 studijních oblastí tak, aby reprezentovaly všechny různé typy krajiny Estonska. Celkem bylo identifikováno 35 typů krajiny, které byly následně seskupeny do 6 obecnějších skupin. V těchto šesti skupinách pak byla charakterizována struktura krajiny a byly popsány zjištěné odlišnosti. Pro výpočet krajinných metrik byla využita základní mapa Estonska (1: 10 000), jakožto nejpresnější a nejužitečnější mapové dílo v Estonsku. Velikost každé studijní oblasti byla 15 km × 15 km. Na základě využití mapy byl vytvořen rastrový formát s velikostí pixelu 10 m. S použitím dat takové přesnosti autoři mohli dojít k poměrně přesným výsledkům. Ve své práci uvádějí, že vypočítané hodnoty hustoty plošek se pohybovaly mezi 20 až 100 ploškami na 100 ha.

Předložená práce byla zaměřena na popis mikrostruktury v krajinných typech ČR a zhodnocení, zda se v mikrostruktuře liší. Pro analýzu byla využita data CORINE Land Cover, která byla i přes své relativně nízké rozlišení byla pro daný účel dostačující a mezi jednotlivými krajinnými typy byly odlišnosti v mikrostruktuře prokázány. Je možné, že při použití dat s vyšším rozlišením by byly rozdíly ještě výraznější.

Lze říci, že z použitých dat jsou patrné základní rysy krajinné struktury. Tyto rysy taktéž korespondují s dlouhodobějšími trendy ve vývoji a využívání české krajiny, které popisují např. Romportl, Chuman a Lipský (2010) a částečně také s tendencemi uvedenými např. v pracích Aunap a kol. (2006) či Mander kol. (2010). Poslední dvě uvedené práce byly také založeny na základní mapě Estonska a potvrzují, že lidský vliv činí krajinou strukturu ve vyšších polohách spíše homogennější, naopak v nížinách více heterogenní.

Příkladem využití krajinných metrik v typologii krajiny je práce Van Eetvelde a Antrop (2009). Tato typologie byla vytvořena na dvou měřítkových úrovních. Typologie na první úrovni byla provedena pomocí klastrové analýzy nad pravidelnou sítí buněk o rozloze 1 km² a byly v ní použity údaje o krajinném pokryvu, půdních poměrech, nadmořské výšce, výškové členitosti a heterogenitě krajiny vyjádřené mírou entropie odvozené ze snímků Landsat TM 1989–1990. Na základě vytvořených

proměnných byl ke každé buňce mřížky přiřazen typ krajiny. Celkem bylo definováno 48 krajinných typů. Pro definici typů krajiny na druhé úrovni byly vymezeny územní jednotky - agregací sousedních buněk určitých krajinných typů definovaných na první úrovni. Pro takto vymezené územní jednotky byly následně vypočítány krajinné metriky popisující strukturu krajiny daných oblastí. Výsledkem bylo vytvoření 54 krajinných typů, které byly následně uspořádány do 9 hlavních skupin. Výpočty krajinných metrik tedy sloužily zejména k popisu krajinných typů, které byly již definovány v první úrovni typologie a typy krajín z druhé úrovně z nich vycházejí. Nelze tedy říci, že by charakter mikrostruktury byl v tomto případě zásadním faktorem pro vymezení krajinných typů.

Stejně tak v předložené práci nebylo s použitým typem dat prokázáno, že by mikrostruktura byla výrazným odlišujícím faktorem mezi krajinnými typy. Je však opět možné, že s použitím podrobnějších dat by byl závěr odlišný.

Z výpočtů provedených v této práci je možné také odvodit, že pro podrobnější charakteristiku mikrostruktury je nutné využít data s vyšším prostorovým rozlišením a eliminovat vliv uměle vzniklých plošek na hranicích sledovaných územích, neboť těmito hranicemi je vytvořeno velké množství velmi malých plošek (i v jednotkách m²). Nízké rozlišení dat se též projevuje na vytvoření plošek extrémních velikostí. Tyto plošky se výrazně projevují v průměrných hodnotách velikostí a také v hodnotách metrik tvaru a hranic. Naopak reálně existující plošky do 25 ha jsou kvůli nízkému rozlišení dat CLC zanedbány, čímž může docházet k potlačení některých tříd.

8 Závěr

Tato práce se zabývala tématem mikrostruktury krajiny obecně i jejím charakterem a změnami na území České republiky. První část se věnovala teoretickými otázkami a představila záběr výzkumu v této části oboru krajinné ekologie. Velký prostor byl také věnován hodnocení krajinné struktury, zejména pak její kvantifikaci pomocí krajinných indikátorů.

Ve druhé části byla zkoumána odlišnost mikrostruktury krajiny v jednotlivých krajinných typech ČR pomocí výpočtů krajinných metrik. I když je krajina ve využití typologii rozdělena do 11 typů, získané výsledky vybraných metrik byly u některých typů podobné a mohou tedy ukazovat na podobný charakter mikrostruktury. Tato podobnost je dána zejména přírodními podmínkami, které následně ovlivňují hospodářské využití krajiny, které má na podobu mikrostruktury významný vliv. Obecně lze také říci, že zásadní mírou se na charakteru mikrostruktury podílejí převládající třídy krajinného pokryvu.

Podrobnou analýzou výpočtů a vstupních dat byly odhaleny určité nepřesnosti pramenící zejména z nízkého rozlišení dat CORINE Land Cover. Některé krajinné metriky vykazovaly velké zkreslení a nebylo vhodné je pro popis použít. Vybrány byly tedy takové metriky, u nichž k tak výraznému zkreslení nedošlo. Pro účel této práce byla použita data dostačující a provedená analýza ANOVA pro vybrané krajinné metriky prokázala odlišnost charakteru mikrostruktury krajiny mezi jednotlivými krajinnými typy.

Literatura

AUNAP, R., UUEMAA, E., ROOSAARE, J., MANDER, Ü. (2006): Spatial correlograms and landscape metrics as indicators of land use changes. In: Martín-Duque, J. F., Brebbia, C. A., Emmanouloudis, D. E., Mander, Ü. (eds.): *Geo-Environment and Landscape Evolution*. WIT Press, Southampton, 305–315.

BALEJ, M. (2011): *Landscape Ecology and Landscape Metrics – Potential and/or Risk for Landscape Assessment*. *Životné prostredie*, 45, 4, 171 – 175.

BIČÍK, I., JELEČEK, L., ŠTĚPÁNEK, V. (2001): Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land Use Policy*, 18, 65 – 73.

BOTEQUILHA-LEITÃO, A., MILLER, J., AHERN, J., MCGARIGAL, K. (2006): *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*. Island Press, Washington.

BUYANTUYEV, A., WU, J. (2007): Effects of thematic resolution on landscape pattern analysis. *Landscape Ecology*, 22, 7 – 13.

DEMEK, J. (1999): *Úvod do krajinné ekologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

FORMAN, R. T. T., GODRON, M. (1993): *Krajinná ekologie*. Academia, Praha.

HADAČ, E. (1982): *Krajina a lidé*. Academia, Praha.

HAINES-YOUNG, R. (2009): Land use and biodiversity relationships. *Land Use Policy*, 26, 178 – 186.

HERZOG, F., LAUSCH, A. (2001): Supplementing land-use statistics with landscape metrics: some methodological considerations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 72, 37 – 50.

CHUMAN, T., ROMPORTL, D. (2010): Multivariate classification analysis of cultural landscapes: An example from the Czech Republic. *Landscape and Urban Planning*, 98, 200 – 209.

JAEGER, J. A. G. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15, 115 – 130.

KOLEJKA, J. (2009): Typy přírodní krajiny. In: Hrnčiarová, T., Mackovčín, P. a kol. (eds.) *Atlas krajiny České republiky*. Ministerstvo životního prostředí ČR a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Praha – Průhonice, 154 – 156.

KOLEJKA, J. (1992): Přírodní krajinné typy. In: *Atlas životního prostředí a zdraví obyvatel ČSFR*, GgÚ ČSAV, Brno.

KOLEJKA, J., ROMPORTL, D., LIPSKÝ, Z. (2009): Typy současné krajiny. In: Hrnčiarová, T., Mackovčín, P. a kol. (eds.): *Atlas krajiny České republiky*. Ministerstvo životního prostředí ČR a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Praha – Průhonice, 194 – 195.

KÜCHLER, A. W., ZONNEVELD, I. S. (1988): *Vegetation mapping*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

LAUSCH, A., BLASCHKE, T., HAASE, D., HERZOG, F., SYRBEE, R. U., TISCHENDORF, L., WALZ, U. (2015): Understanding and quantifying landscape structure – A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. *Ecological Modelling*, 295, 31 – 41.

- LAUSCH, A., HERZOG, F. (2002): Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2, 3–15.
- LIPSKÝ, Z. (2000): Sledování změn v kulturní krajině. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy.
- LIPSKÝ, Z. (1998): *Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů*. Karolinum, Praha.
- LIPSKÝ, Z. (1995): The changing face of the Czech rural landscape. *Landscape and Urban Planning*, 31, 39 – 45.
- LÖW, J. a kol. (2005): *Typologie české krajiny*. In: Projekt VaV/640/01/03 Program biosféra. MS. LÖW & spol., Brno.
- LOŽEK, V. (1973): *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia, Praha.
- MANDER, Ü., UUEMAA, E., ROOSAARE, J., AUNAP, R., ANTROP, M. (2010): Coherence and fragmentation of landscape patterns as characterized by correlograms: a case study of Estonia. *Landscape and Urban Planning*, 94, 1, 31–37.
- MATĚJČEK, T. a kol. (2007): *Malý geografický a ekologický slovník*. Nakladatelství České geografické společnosti, Praha.
- MCGARIGAL, K., MARKS, B. J. (1995): FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. US Department of Agriculture Forest Service, Portland.
- MCGARIGAL, K., TAGIL, S., CUSHMAN, S. A. (2009): Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology*, 24, 433 – 450.
- MĚKOTOVÁ, J. (2007): *Principy v obecné a aplikované krajinné ekologii*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- MIKLÍN, J. (2015): *Změny struktury krajiny v oblasti soutoku Moravy a Dyje*. Disertační práce. Ostravská univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Ostrava.
- MÜCHER, C. A., BUNCE, R. H. G., JONGMAN, R. H. G., KLIJN, J. A., KOOMEN, A. J. M., METZGER, M. J., WASCHER, D. M. (2003): *Identification and characterisation of Environments and landscapes in Europe*. Alterra, Wageningen.
- NOVOTNÝ, I., MISTR, M., PAPAJ, V. a kol. (2014): *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- POKORNÝ, J. (1963): *Jehličnany lesů a parků*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- RIITERS, K. H., O'NEIL, R. V., HUNSAKER, C. T., WICKHAM, J. D., YANKEE, D. H., TIMMINS, S. P., JONES, K. B., JACKSON, B. L. (1995): A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10, 1, 23 – 39.
- ROMPORTL, D. (2009): *Typologie krajiny České republiky*. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha.
- ROMPORTL, D., CHUMAN, T., LIPSKÝ, Z. (2013): *Typologie současné krajiny Česka*. *Geografie*, 118, 1, 16 – 39.

ROMPORTL, D., CHUMAN, T., LIPSKÝ, Z. (2010): Landscape heterogeneity changes and their driving forces in the Czech Republic after 1990. In: Bičík, I., Himiyama, Y., Feranec, J. (eds.): Land Use/Cover Changes in Selected Regions in the World. IGU – LUCC Research Report, Univerzita Karlova v Praze, Praha, 5, 41 – 50.

SKLENIČKA, P. (2003): Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha.

SUNDELL-TURNER, N. M., RODEWALD, A. D. (2008): A comparison of landscape metrics for conservation planning. *Landscape and Urban Planning*, 86, 219 – 225.

UUEMAA, E., ANTROP, M., ROOSAARE, J., MARJA, R., MANDER, Ü. (2009): Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3, 1 – 28.

UUEMAA, E., MANDER, Ü., MARJA, R. (2013): Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review. *Ecological Indicators*, 28, 100 – 106.

UUEMAA, E., ROOSAARE, J., OJA, T., MANDER, Ü. (2011): Analysing the spatial structure of the Estonian landscapes: which landscape metrics are the most suitable for comparing different landscapes? *Estonian Journal of Ecology*, 60, 1, 70 – 80.

VAN EETVELDE, V., ANTROP, M. (2009): A stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium. *Landscape and Urban Planning*, 91, 160 – 170.

VOPRAVIL, J. (2009): Půda a její hodnocení v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

Walz, U. (2011): Landscape Structure, Landscape Metrics and Biodiversity. *Living Reviews in Landscape Research*. 5, 1 – 35.

WALZ, U., SYRBE, R. U. (2013): Linking landscape structure and biodiversity. *Ecological Indicators*, 31, 1 – 5.

ZONNEVELD, I. S. (1995): *Land Ecology*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

Další zdroje:

CENIA (2012): Ortofotomapa (50. léta), <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map/> (13. 5. 2019).

ČÚZK (2017, 2018): Ortofotomapy ČÚZK (aktuální), <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/> (cit. 13. 5. 2019).

EEA (2007): CORINE Land Cover 2006, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2006?tab=download/> (cit. 13. 5. 2019).

KURAS, T., ŠARAPATKA, B., MAZALOVÁ, M., TUF, H. I., BEDNÁŘ, M. (2017): Krajinná struktura: Klíč k ochraně biologické rozmanitosti, půdy a vody. *Ochrana přírody*, 73, 6, 18-23, <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/vyzkum-a-dokumentace/krajinna-struktura-cast-i-ochrana-biodiverzity/> (cit. 13. 5. 2019).

Příloha 1: Rozšířený výběr krajinných metrik a jejich hodnot za krajinné typy a třídy

krajinný typ	třída	TLA (ha)	CA (ha)	SDI	SEI	AWMSI	ED (m/ha)	MPE (m)	MPS (ha)	NP	PSCV (%)
1	vše	4 089		1,533	0,737	2,25	72,0	4 207	58,4	70	159,7
1	312		703			1,66	13,5	2 912	37,0	19	119,4
1	313		43			2,57	1,5	5 954	42,9	1	0,0
1	321		1 267			2,36	18,3	5 358	90,5	14	153,3
1	322		1 163			2,78	18,6	9 521	145,4	8	92,4
1	324		780			1,89	16,0	3 119	37,1	21	135,1
1	332		31			1,67	1,0	1 995	15,6	2	81,9
1	333		53			1,88	1,7	3 447	26,7	2	5,5
1	412		48			1,47	1,4	1 895	16,0	3	68,4
2	vše	4 995		0,888	0,404	3,43	56,6	4 485	79,3	63	375,5
2	231		79			2,11	1,6	2 621	26,2	3	129,5
2	243		1			1,12	0,1	312	0,6	1	0,0
2	312		1 766			3,33	24,3	4 497	65,4	27	268,3
2	313		6			2,22	0,6	791	1,4	4	74,5
2	321		8			1,28	0,3	843	4,1	2	72,7
2	322		51			2,25	1,1	5 723	51,4	1	0,0
2	324		2 996			3,59	26,4	5 726	130,3	23	344,4
2	411		57			2,41	1,3	6 440	56,8	1	0,0
2	412		31			2,14	0,8	4 238	31,2	1	0,0
3	vše	12 135		1,119	0,486	2,41	65,7	3 965	60,4	201	216,9
3	121		55			1,12	0,2	2 945	54,8	1	0,0
3	142		4			1,23	0,1	846	3,8	1	0,0
3	311		47			1,29	0,4	1 279	11,8	4	133,9
3	312		6 186			2,34	28,4	4 533	81,4	76	202,1
3	313		210			1,39	1,5	1 533	17,5	12	140,0
3	321		579			1,85	4,6	2 764	29,0	20	140,7
3	322		471			1,94	4,1	2 925	27,7	17	97,1
3	324		4 549			2,71	26,0	4 641	66,9	68	200,6
3	332		6			1,38	0,1	1 245	6,4	1	0,0
3	333		28			1,76	0,3	3 296	27,8	1	0,0
4	vše	114 406		1,216	0,461	4,70	53,7	6 002	111,8	1 023	610,7
4	112		293			2,33	0,4	2 464	17,2	17	126,3
4	121		1			1,56	0,0	538	0,9	1	0,0
4	142		143			1,76	0,1	3 116	28,7	5	66,5
4	231		4 939			2,26	3,1	4 123	56,8	87	172,3
4	243		1 538			2,27	1,3	3 024	30,1	51	162,7
4	311		1 053			1,81	0,8	2 001	23,4	45	216,6
4	312		70 064			5,58	24,8	9 835	242,4	289	498,3
4	313		7 071			2,09	4,9	3 705	46,8	151	138,5
4	321		1 301			1,98	0,9	3 731	44,9	29	110,7
4	322		127			1,57	0,1	2 391	25,3	5	110,3
4	324		25 688			4,15	15,4	5 766	83,9	306	463,4
4	411		837			2,46	0,7	5 357	52,3	16	100,9
4	412		1 323			2,32	0,9	5 229	66,1	20	107,1
4	512		28			1,49	0,0	2 786	27,6	1	0,0
5	vše	626 353		1,576	0,526	4,37	57,0	5 964	104,7	5 984	599,6
5	112		5 710			2,43	1,0	3 527	30,9	185	127,6
5	121		360			1,97	0,1	3 240	27,7	13	68,1

5	122		9			1,46	0,0	1 562	9,1	1	0,0
5	131		151			1,57	0,0	2 843	30,3	5	53,0
5	133		1			1,31	0,0	517	1,2	1	0,0
5	142		352			1,88	0,1	2 912	23,5	15	73,8
5	211		3 981			1,73	0,6	2 345	26,5	150	146,7
5	222		73			1,42	0,0	2 490	36,5	2	93,0
5	231		86 910			2,69	9,5	4 891	71,4	1 217	210,0
5	242		232			1,59	0,1	1 061	7,5	31	177,8
5	243		49 151			2,59	7,7	4 483	45,6	1 077	139,0
5	311		22 639			2,12	2,5	4 172	60,4	375	181,0
5	312		326 555			5,81	19,5	11 441	306,0	1 067	469,9
5	313		74 610			2,63	8,8	5 154	69,6	1 072	182,7
5	321		8 833			2,99	0,9	6 583	100,4	88	213,6
5	324		39 271			4,16	5,4	5 598	64,7	607	374,0
5	332		53			2,09	0,0	3 783	26,3	2	3,6
5	411		1 820			3,06	0,3	7 599	72,8	25	95,1
5	412		2 189			1,67	0,2	4 375	75,5	29	110,4
5	512		3 453			3,10	0,3	7 634	157,0	22	207,2
6	vše	1 537 150		1,776	0,566	3,24	64,3	6 089	94,7	16 227	319,4
6	112		42 134			2,19	2,7	3 849	38,5	1 095	125,8
6	121		4 184			2,09	0,3	4 079	43,1	97	97,7
6	122		191			1,52	0,0	2 508	23,9	8	46,8
6	124		131			1,85	0,0	5 307	65,7	2	20,7
6	131		643			1,69	0,0	2 661	29,2	22	118,9
6	132		1 030			1,50	0,0	4 667	128,8	8	179,3
6	133		113			1,87	0,0	3 507	28,2	4	10,9
6	141		75			2,06	0,0	4 439	37,7	2	23,8
6	142		1 991			1,84	0,1	3 616	37,6	53	69,9
6	211		361 638			3,68	12,1	8 052	155,9	2 319	279,5
6	222		564			1,76	0,0	3 503	47,0	12	110,2
6	231		266 747			2,93	12,4	5 821	81,4	3 275	232,0
6	242		1 800			1,83	0,1	1 834	14,9	121	127,9
6	243		172 533			2,88	11,3	5 457	54,3	3 179	132,5
6	311		28 816			2,13	1,4	4 218	58,6	492	163,6
6	312		513 741			3,61	16,0	8 390	174,8	2 939	305,5
6	313		100 313			2,38	5,3	4 492	55,2	1 816	162,6
6	321		8 794			2,38	0,4	5 625	86,2	102	141,1
6	324		24 964			2,46	1,7	4 354	42,2	591	148,2
6	332		42			1,95	0,0	4 469	41,9	1	0,0
6	411		297			2,38	0,0	4 585	42,4	7	124,5
6	412		94			1,31	0,0	2 314	31,3	3	86,6
6	512		6 311			2,39	0,3	5 297	79,9	79	277,3
7	vše	2 390 050		1,829	0,568	3,04	67,2	5 828	86,7	27 572	301,2
7	111		111			1,58	0,0	2 428	22,3	5	69,8
7	112		86 327			2,26	3,6	3 815	38,7	2 229	147,5
7	121		7 760			1,83	0,3	3 380	35,9	216	87,0
7	122		645			1,94	0,0	3 158	29,3	22	103,5
7	124		501			1,67	0,0	5 075	100,3	5	88,6
7	131		3 007			1,60	0,1	3 063	39,6	76	128,5
7	132		1 249			1,59	0,0	4 661	96,1	13	108,3
7	133		601			2,23	0,0	4 434	40,1	15	58,0
7	141		488			1,59	0,0	2 663	27,1	18	64,5

7	142		3 783			1,84	0,2	3 017	28,9	131	84,1
7	211		764 143			3,27	17,2	7 027	130,4	5 859	248,1
7	222		4 805			1,82	0,2	3 116	38,1	126	129,3
7	231		246 102			2,46	8,6	4 867	58,6	4 202	158,8
7	242		7 225			1,81	0,3	2 849	27,2	266	83,8
7	243		263 086			3,07	11,3	5 589	54,5	4 827	145,5
7	311		66 364			2,74	1,9	4 768	69,3	958	290,4
7	312		648 821			3,32	14,1	8 008	154,6	4 197	319,0
7	313		231 467			2,77	7,3	5 420	72,4	3 197	214,9
7	321		3 942			2,43	0,1	4 941	69,2	57	149,8
7	324		31 784			2,22	1,4	4 106	37,9	839	97,8
7	332		14			1,38	0,0	1 836	14,2	1	0,0
7	411		1 706			3,12	0,1	8 084	94,8	18	130,7
7	412		497			1,62	0,0	4 627	71,0	7	50,0
7	511		514			4,11	0,0	8 616	57,1	9	93,7
7	512		15 109			2,68	0,5	4 693	54,2	279	182,4
8	vše	1 846 850		1,651	0,507	4,13	55,7	5 463	98,1	18 817	678,7
8	111		241			1,73	0,0	3 126	40,2	6	135,0
8	112		126 886			2,12	5,8	3 976	46,8	2 710	150,3
8	121		18 406			1,86	0,8	3 739	46,5	396	116,5
8	122		1 485			2,25	0,1	3 910	34,5	43	86,7
8	124		1 418			1,72	0,0	5 009	88,6	16	122,3
8	131		5 127			1,60	0,1	3 865	77,7	66	244,1
8	132		2 488			1,39	0,1	3 538	69,1	36	139,1
8	133		388			1,79	0,0	2 777	24,2	16	72,7
8	141		1 536			1,95	0,1	3 070	31,4	49	120,0
8	142		6 075			1,85	0,3	3 551	38,0	160	89,8
8	211		1 024 570			5,51	19,4	11 008	315,0	3 253	495,5
8	221		746			1,76	0,0	2 890	31,1	24	93,7
8	222		11 450			1,80	0,5	3 684	48,3	237	106,4
8	231		70 249			2,02	3,3	3 564	40,6	1 730	133,7
8	242		15 215			1,84	0,8	3 231	31,7	480	78,0
8	243		148 054			2,80	8,6	4 738	44,0	3 368	139,3
8	311		84 563			2,59	2,7	5 290	88,9	951	362,7
8	312		128 441			2,33	4,6	3 951	59,3	2 165	266,6
8	313		168 935			2,65	6,7	5 270	72,3	2 337	194,0
8	321		655			1,50	0,0	2 374	25,2	26	78,7
8	324		14 336			2,01	0,8	3 209	30,7	467	110,5
8	333		34			1,78	0,0	3 675	33,9	1	0,0
8	411		415			2,18	0,0	2 864	25,9	16	149,7
8	412		41			1,41	0,0	1 245	10,2	4	109,9
8	511		725			4,11	0,1	7 745	51,8	14	115,4
8	512		14 371			2,26	0,6	4 432	58,4	246	178,4
9	vše	632 356		1,448	0,456	8,13	41,8	5 943	142,1	4 451	1672,2
9	111		178			1,48	0,0	3 230	44,6	4	64,3
9	112		59 334			2,20	7,2	4 203	55,0	1 078	188,4
9	121		14 931			1,88	1,6	4 530	65,8	227	118,6
9	122		1 561			2,48	0,3	5 060	43,3	36	69,6
9	124		2 052			1,86	0,1	7 499	171,0	12	74,1
9	131		568			1,71	0,1	3 641	43,7	13	69,8
9	132		2 076			1,71	0,2	3 884	59,3	35	96,5
9	133		521			2,14	0,1	3 996	32,6	16	50,6

9	141		1 434			1,86	0,2	4 039	47,8	30	90,3
9	142		1 165			1,51	0,1	3 248	41,6	28	76,4
9	211		410 956			11,30	15,2	14 840	634,2	648	977,3
9	221		265			1,57	0,0	2 525	33,1	8	115,8
9	222		2 915			1,57	0,3	2 978	42,9	68	126,1
9	231		13 175			2,05	1,6	4 144	52,5	251	124,2
9	242		4 314			1,80	0,8	2 668	24,0	180	88,5
9	243		34 240			2,78	5,5	4 993	49,5	692	145,6
9	311		33 247			2,16	2,8	5 231	99,2	335	223,0
9	312		14 540			2,31	1,4	5 039	85,0	171	180,2
9	313		21 099			2,32	2,4	4 337	59,4	355	177,6
9	321		1 056			1,78	0,1	6 081	132,0	8	93,1
9	324		5 588			2,24	0,9	4 125	41,7	134	108,8
9	411		465			2,41	0,1	5 317	51,7	9	77,5
9	511		868			4,33	0,2	7 396	48,2	18	115,0
9	512		5 809			1,69	0,6	4 196	61,1	95	87,7
10	vše	467 809		1,607	0,499	5,40	44,8	5 512	123,1	3 800	1086,7
10	111		472			1,69	0,1	2 212	24,8	19	121,3
10	112		40 010			2,27	6,3	3 993	54,4	735	234,8
10	121		9 620			1,78	1,5	3 786	52,0	185	125,8
10	122		2 015			2,29	0,4	4 888	48,0	42	80,6
10	123		35			1,51	0,0	3 148	34,7	1	0,0
10	124		1 469			1,81	0,1	7 944	183,6	8	62,3
10	131		6 091			1,80	0,4	5 977	217,5	28	203,3
10	132		2 245			1,50	0,2	4 323	102,0	22	143,2
10	133		159			1,77	0,0	3 878	39,9	4	28,1
10	141		2 814			1,95	0,5	4 370	55,2	51	103,9
10	142		1 473			1,55	0,3	3 054	37,8	39	115,1
10	211		291 989			7,34	15,6	13 767	549,9	531	643,8
10	221		10 769			1,92	1,5	4 516	70,4	153	123,1
10	222		8 136			1,75	1,2	3 812	54,2	150	128,1
10	231		9 658			2,08	1,4	4 020	58,2	166	157,9
10	242		13 957			1,95	2,6	3 799	43,2	323	101,4
10	243		27 293			2,53	6,0	4 623	45,3	603	129,1
10	311		18 793			2,34	2,9	4 548	63,9	294	214,2
10	312		2 152			1,75	0,3	2 895	39,8	54	153,4
10	313		7 648			2,20	1,5	3 661	39,8	192	123,1
10	321		490			1,68	0,1	3 790	44,6	11	78,2
10	324		7 594			2,55	1,3	4 627	59,3	128	180,6
10	411		52			2,17	0,0	3 851	26,1	2	15,0
10	511		1 377			3,46	0,4	9 014	72,5	19	68,1
10	512		1 498			1,59	0,2	2 760	37,5	40	146,1
11	vše	246 516		1,576	0,489	5,04	41,6	5 828	140,2	1 758	993,0
11	111		564			1,80	0,1	5 546	94,0	6	75,3
11	112		16 666			1,91	5,2	4 135	54,1	308	106,7
11	121		4 618			1,80	1,5	3 253	39,5	117	118,0
11	122		344			2,09	0,2	3 228	26,5	13	75,3
11	123		44			1,15	0,0	2 699	44,1	1	0,0
11	124		38			1,19	0,0	1 637	19,0	2	77,9
11	131		615			1,79	0,2	3 662	43,9	14	73,5
11	132		443			1,36	0,1	3 190	49,2	9	69,8
11	133		10			1,50	0,0	1 648	9,7	1	0,0

11	141		272			1,91	0,1	2 202	22,7	12	158,2
11	142		570			1,51	0,2	2 511	30,0	19	119,0
11	211		153 221			6,63	15,2	13 507	551,2	278	624,2
11	221		3 967			1,67	1,2	3 175	43,1	92	109,3
11	222		2 702			1,79	0,9	3 512	44,3	61	90,5
11	231		2 734			1,94	0,9	4 050	51,6	53	106,4
11	242		4 654			1,77	1,8	2 841	30,2	154	94,5
11	243		10 474			2,71	4,5	4 396	41,9	250	138,7
11	311		22 457			3,17	4,7	7 876	151,7	148	241,3
11	312		7 237			2,84	0,8	7 538	278,3	26	359,6
11	313		5 225			2,52	1,3	4 911	81,6	64	194,2
11	321		102			1,44	0,0	3 480	51,2	2	43,7
11	324		2 586			2,28	1,0	4 752	49,7	52	107,8
11	411		485			1,71	0,2	3 478	34,6	14	57,8
11	511		1 047			3,62	0,7	5 252	29,9	35	114,0
11	512		5 442			2,40	0,7	6 671	201,6	27	268,2

Příloha 2: Legenda k třídám krajinného pokryvu databáze CORINE Land Cover

kód	třída krajinného pokryvu
111	Souvislá městská zástavba
112	Nesouvislá městská zástavba
121	Průmyslové a obchodní areály
122	Silniční a železniční sítě s okolím
123	Přístavní oblasti
124	Letiště
131	Oblasti těžby nerostných surovin
132	Skládky
133	Staveniště
141	Městské zelené vegetace
142	Sportovní a rekreační zařízení
211	Orná půda
221	Vinice
222	Ovocné sady a plantáže
231	Louky a pastviny
242	Různorodé zemědělské oblasti (pole, louky, trvalé kultury)
243	Zemědělské pozemky s významnými plochami přírodní vegetace
311	Listnaté lesy
312	Jehličnaté lesy
313	Smíšené lesy
321	Přírodní travnaté porosty
322	Stepní vegetace a vřesoviště
324	Přechodný lesní porost
332	Skály
333	Oblasti řídké vegetace
411	Mokřady a močály
412	Rašeliniště
511	Vodní toky
512	Vodní plochy

Zdroj: EEA

Poznámka: Třídy krajinného pokryvu CORINE Land Cover jsou v tabulce 3 sloučeny takto: Orná půda zahrnuje třídu s kódovým označením 211; zemědělské oblasti s různorodou vegetací (242, 243); louky a pastviny (231); trvalé kultury (221, 222); lesní porosty (311, 312, 313); křovinná a bylinná vegetace (321, 322, 324); vodní plochy a mokřady (411, 412, 511, 512); zastavěné plochy (111, 112, 121, 122, 123, 124); ostatní plochy (131, 132, 133, 141, 142, 332, 333).