

**Univerzita Palackého v Olomouci**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra geoinformatiky**

**STANOVENÍ ESAI INDEXU PRO  
ČESKOU REPUBLIKU**

**Diplomová práce**

**Bc. Jan Procházka**

**Vedoucí práce doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.**

**Olomouc 2020**  
**Geoinformatika**

## **ANOTACE**

Tato diplomová práce se zabývá výpočtem ESAI indexu (Environmental Sensitive Area Index) a jeho aplikováním na podmínky a území České republiky. Cílem práce je příprava vstupních dat pro Českou republiku, nalezení vhodných datových alternativ a provedení prostorových analýz, kterými jsou získány jednotlivé hodnoty ESAI indexu pro 4 dílčí tematické celky a také celkový ESAI index. V práci jsou popsány metody a postup aplikace ESAI indexu a popsány jednotlivé vstupní vrstvy. U některých vrstev jsou nalezeny vhodnější datové alternativy tak, že bylo dosaženo co možná nejpřesnějších hodnot. Výsledný ESAI index je nakonec vyhodnocen a publikován pomocí webové mapové aplikace.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

ESAI index, degradace půdy, Česká republika

Počet stran práce: 56

Počet příloh: 2 (z toho 2 volné)

## **ANOTATION**

This diploma thesis deals with the calculation of the ESAI Index (Environmental Sensitive Area Index) and its application to the conditions and territory of the Czech Republic. The aim is to prepare input data for the Czech Republic, to find suitable data alternatives and perform spatial analyses which are used to obtain individual values of the ESAI index for 4 sub-thematic units and also the total ESAI index. The work describes the methods and procedure of applying the ESAI index and also describes the individual input layers. For some layers, more suitable data alternatives are found so that the most accurate values have been achieved. The resulting ESAI index have been finally evaluated and published using a web map application.

## **KEYWORDS**

ESAI Index, land degradation, Czech Republic

Number of pages: 56

Number of appendixes: 2

**Prohlašuji, že**

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. (*Např. Ve své programové aplikaci jsem použil modul pro transformaci vektorových dat mezi prostorovými referenčními systémy, vytvořený .....*)

- jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk diplomové práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Jan Procházka

podpis autora

Děkuji za ochotu a trpělivost při tvorbě práce vedoucímu práce Vilému Pechancovi.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan PROCHÁZKA**  
Osobní číslo: **R18866**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Geoinformatika**  
Název tématu: **Stanovení ESAI indexu pro Českou republiku**  
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je spočítat v lokálním měřítku (1 : 10 000) Environmental sensitive area index (ESAI index; cf. L.Salvati et al.) pro území celé ČR. Student připraví vstupní prostorová data, provede sled prostorových analýz a následně provede vyhodnocení indexu. Finální vrstvy pro čtyři tematické celky a pro celkový výsledný index budou zpřístupněny pomocí webové aplikace. V práci bude kladen důraz na kvalitu geoinformatického zpracování s využitím garantovaných dat a možných alternativ na základě materiálů DPZ.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně vytvoří zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

Symeonakis Elias, Karathanasis Nicholaos, Koukoulas Sotirios and Panagopoulos Georgios: MONITORING SENSITIVITY TO LAND DEGRADATION AND DESERTIFICATION WITH THE ESAI METHODOLOGY: THE CASE OF LESVOS ISLAND

Matteo Jucker Riva, Ioannis N. Daliakopoulos, Sandra Eckert, Elias Hodel, Hanspeter Liniger (2017): Assessment of land degradation in Mediterranean forests and grazing lands using a landscape unit approach and the normalized difference vegetation index

Luca Salvati, Margherita Carlucci (2014) Distance matters: Land consumption and the mono-centric model in two southern European cities  
práce skupiny Dr. L. Salvatiho (Basso 2001, Salvati, Bajocco 2011)  
indexované databáze

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.  
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: 1. listopadu 2018  
Termín odevzdání diplomové práce: 5. května 2020

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.  
děkan

L.S.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUČI  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA GEONFORMATIKY  
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc

prof. RNDr. Vít Voženilek, CSc.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 10. prosince 2018

# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>11</b>
<b>2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ .....</b>	<b>12</b>
2.1 Zájmové území.....	12
2.2 Použité metody .....	13
2.3 Použitá data.....	14
2.4 Použité programy.....	15
2.5 Postup zpracování .....	15
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>17</b>
3.1 Hodnocení degradace půdy.....	17
3.1.1 Environmental Sensitive Areas (ESAs).....	18
<b>4 PŘÍPRAVA DATOVÝCH VRSTEV PRO ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>21</b>
4.1 Soil quality.....	22
4.2 Climate quality.....	27
4.3 Vegetation quality.....	29
4.4 Land management quality .....	32
<b>5 STANOVENÍ ESAI INDEXU.....</b>	<b>35</b>
5.1 Hledání alternativ k datovým zdrojům .....	35
5.2 Výpočet celkového ESAI indexu .....	37
<b>6 VÝSLEDKY .....</b>	<b>38</b>
6.1 Vyhodnocení výsledného indexu.....	38
6.2 Výsledné vrstvy ESAI indexu .....	41
6.3 Publikace výsledných vrstev .....	46
<b>7 DISKUZE.....</b>	<b>49</b>
<b>8 ZÁVĚR .....</b>	<b>50</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
<b>PŘÍLOHY</b>	



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
ESAI	Environmental Sensitivity Area Index
ESA	Environmental Sensitive Area
MEDALUS	MEditerranean Desertification And Land Use
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ESA	European Space Agency (Evropská vesmírná agentura)
UPOL	Univerzita Palackého v Olomouci
ČSÚ	Český statistický úřad
CLC	CORINE Land Cover
SLT	Soubor lesních typů
PA	Půdní asociace
DKV	Detailní kombinovaná vrstva
MSA	Mean Species Abundance
ORP	Obce s rozšířenou působností

## ÚVOD

Život na Zemi je závislý na krajině spolu se všemi jejími součástmi. Jednou z nedílných součástí je i půda. Dle statistik je více než polovina světové půdy ve světě středně až silně degradovaná. Od začátku 21. století již kvalita půd přestává být dlouhodobě udržitelná díky zvyšujícím se problémům se špatným využíváním, což vede k rozšiřujícím se globálním problémům s degradací půdy. Pokud nebude toto zlepšeno, může to znamenat pro budoucí generace velké problémy s naplněním základních životních potřeb (ELD Initiative, 2015).

Degradace půdy jsou procesy, které jsou způsobeny lidskými aktivitami, zhoršované přírodními procesy a často umocněné dopady klimatických změn a poklesem biodiverzity (UNCCD, 1994). Globální změny klimatu jsou v současné době velmi diskutovaným problémem a také proto je velmi aktuálním tématem řešit i problémy týkající degradace půdy. Díky vysokých teplot a nízkých srážek v roce 2018 se problém degradace půdy dostal více do povědomí i v České republice (Evropský účetní dvůr, 2018).

Jednou z nejrozšířenějších metod, jak problém degradace půdy kvantifikovat je metoda využívající ESAs (Environmental Sensitive Areas). Tato metoda byla široce využívána a aplikována ve Středomoří a v poslední době i ve studiích na ostatních místech po celém světě, ale v České republice se jí prozatím nikdo více nezabýval. Tato práce aplikuje metodu Environmental Sensitive Areas, kvantifikovanou pomocí ESAI indexu na území České republiky a přináší informace v podrobnosti lokálního měřítka o náchylnosti území k degradaci půdy.

# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je spočítat ESAI index (Environmental Sensitive Area Index) pro území České republiky v lokálním měřítku 1 : 10 000. Student připraví vstupní prostorová data, provede sled prostorových analýz a následně provede vyhodnocení indexu. Finální vrstvy pro čtyři tematické celky a pro celkový výsledný index budou zpřístupněny pomocí webové aplikace. V práci bude kladen důraz na kvalitu geoinformatického zpracování s využitím garantovaných dat a možných alternativ na základě materiálů DPZ.

První část práce zahrnuje přípravu vstupních dat a vytvoření všech vrstev pro celou Českou republiku a výpočet indexů v rámci jednotlivých témat. Další část práce poté zahrnuje hledání alternativ k datovým zdrojům a jejich vzájemné zpřesňování ve snaze o nalezení co nejpřesnějších datových zdrojů. Poté je vypočítán konečný ESAI index pro jednotlivá témata i celkový syntetický ESAI index. V poslední části práce jsou výsledné vrstvy vyhodnoceny a zanalyzovány, a nakonec, výsledky publikovány pomocí webové mapové aplikace.

## 2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

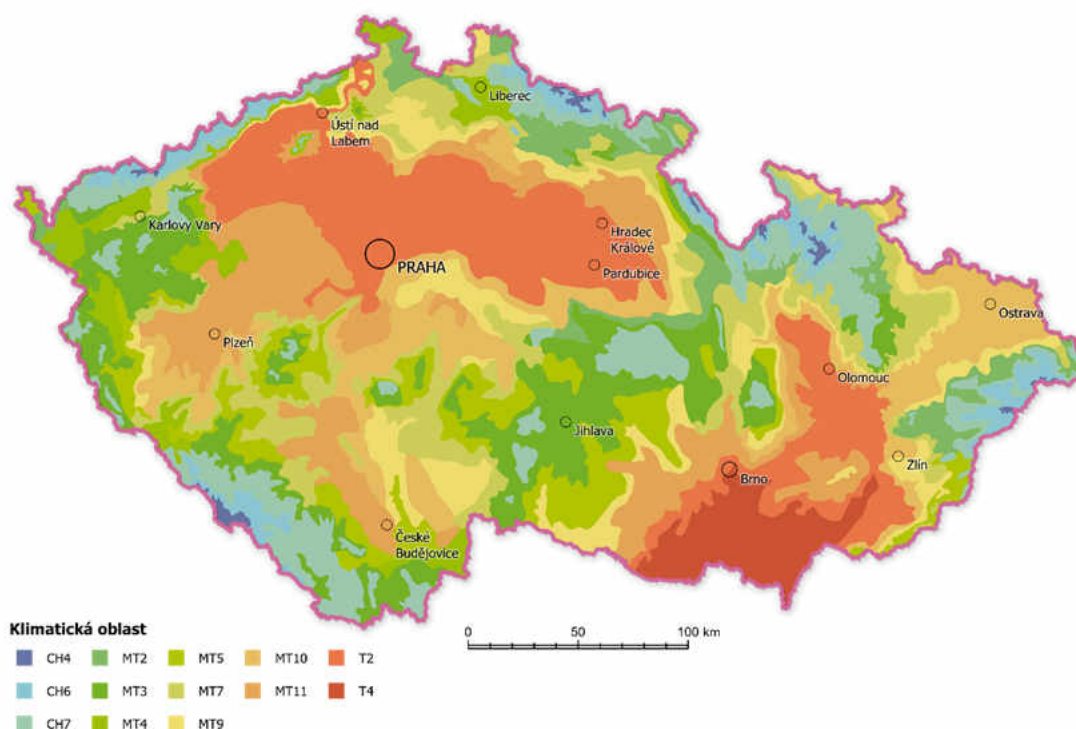
### 2.1 Zájmové území

Zájmové území, na které byly všechny výpočty prováděny je celá Česká republika. Nejvyšším místem je vrchol Sněžky (1603 m n. m.) a nejnižším místem hladina Labe na hranici s Německem u Hřenska (115 m n. m.). Střední nadmořská výška je 430 m n. m. Z celkové rozlohy 78 866 km<sup>2</sup> leží 67 % území v nadmořské výšce do 500 m n. m., 32 % území ve výšce od 500 do 1000 m n. m. a 1 % území ve výšce nad 1000 m n. m.

Z hlediska relativní výškové členitosti se nejrozsáhlejší roviny nacházejí podél řek Labe a Morava (Polabská nížina a Hornomoravský a Dolnomoravský úval), nejvyšší pohoří se nachází podél státní hranice. Jsou to Krkonoše, Hrubý Jeseník, Beskydy, Šumava, Krušné hory, Jizerské hory. Na zbytku území jsou převažující pahorkatiny a vrchoviny. Z hlediska geologického členění se Česká republika dělí na dvě odlišné jednotky, Jsou to Český masiv a na východním okraji karpatskou soustavu (geology.cz).

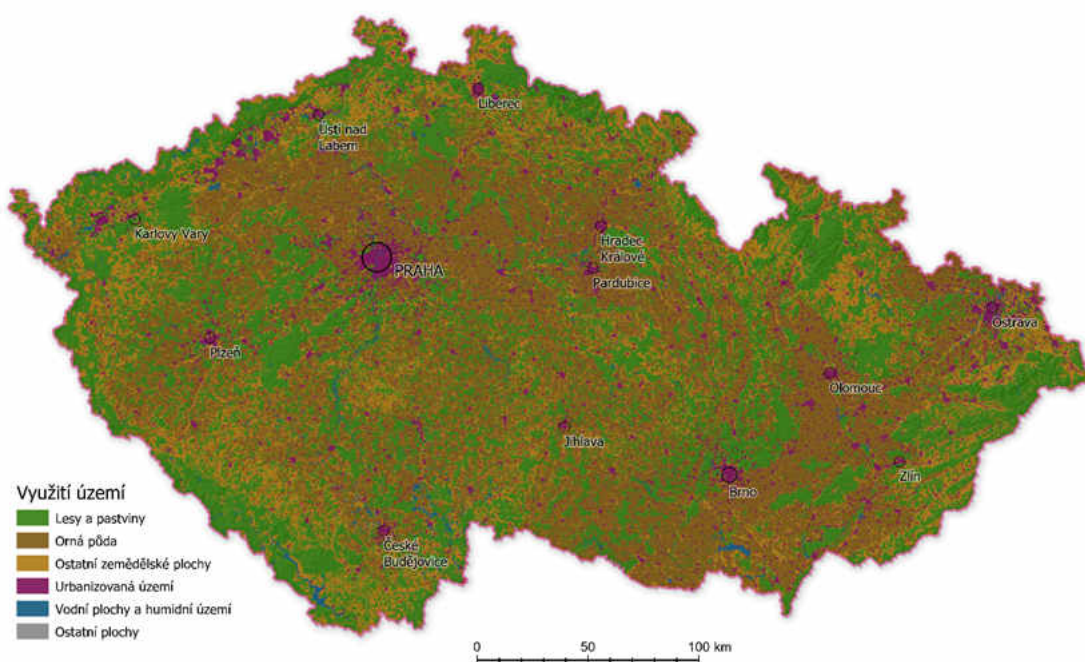
Rozšíření sídel je charakterizováno zejména větším počtem převážně malých obcí a relativně rovnoměrnou hustotou osídlení. Největším městem a jediným, které překračuje milion obyvatel je Hlavní město Praha, hranici 100 tisíc obyvatel překračuje dalších 5 měst (EUROPEAN COMMISSION, 2019).

Dle Quittovy klasifikace klimatických oblastí se v České republice nachází 66,9 % rozlohy území v oblastech s mírně teplým klimatem (kategorie MT11, MT3, MT10, MT7, MT9, MT5, MT2, MT4), 19,5 % v oblastech s teplým klimatem (kategorie T2 a T4) a 13,6 % v oblastech s chladným klimatem (CH7, CH6, CH4) Viz obrázek 1 (Quitt, 1971).



Obrázek 1 Rozdělení České republiky na klimatické oblasti dle Quitta (zdroj: mapová služba Klima - <https://gis.nature.cz/arcgis/rest/services/PrirodniPomery/Klima/MapServer>)

Z celkové rozlohy území zaujímá 36,40 % orná půda, 35,64 % lesy a pastviny, 20,42 % ostatní zemědělské plochy, 6,66 % urbanizovaná území, 0,87 % vodní plochy a humidní území 0,01 % ostatní plochy (viz Obrázek 2).



Obrázek 2 Využití území České republiky (zdroj: CORINE Landcover 2018)

## 2.2 Použité metody

Pro zpracování této práce byly použity metody předzpracování dat, převodu dat z rastrové podoby na vektorovou, syntéza, analýza a vizualizace dat. Mezi hlavní použité metody celé práce patří především operace geoprocessingu jako jsou nástroje Identity, Merge, Dissolve, Zonal Statistics, Clip apod. a dílčí postupy vedoucí k finálnímu výpočtu ESAI indexu.

## 2.3 Použitá data

Všechna data, která byla použita pro výpočty jsou uvedena v tabulce (Tabulka 1) dle jednotlivých indikátorů. Konkrétní hodnoty sensitivity pro jednotlivé vrstvy indikátorů nejsou veřejné a proto nejsou v práci uváděny.

Tabulka 1 Všechna použitá data pro jednotlivé indikátory

Indikátor (orig.)	Indikátor (CZ)	Zdroj dat	Vlastník dat	Poslední aktualizace	Měřítko
<b>Soil texture (TEX)</b>	půdní struktura	mapy půdní asociace (zemědělské plochy zpřesněny BPEJ)	VÚMOP	2018	1 : 10 000
<b>Soil depth (DEP)</b>	hloubka půdy	mapy půdní asociace (zemědělské plochy zpřesněny BPEJ)	VÚMOP	2018	1 : 10 000
<b>Rock fragments (FRA)</b>	skeletovitost půdy	mapy půdní asociace (zemědělské plochy zpřesněny BPEJ)	VÚMOP	2018	1 : 10 000
<b>Parent material (PAR)</b>	matečná hornina	Geologická mapa ČR	Česká geologická služba	2019	1 : 100 000
<b>Drainage (DRA)</b>	míra infiltrace	kombinace dat infiltračních schopností půdy, souboru lesních typů a map půdní asociace	VÚMOP, ÚHUL	2018	1 : 10 000
<b>Slope (SLO)</b>	sklon svahů	DMR 5G	ČÚZK	2016	50 m/pixel
<b>Annual mean rainfall (RAI)</b>	průměrné roční srážky	klimatická data vzniklá z dat ČHMÚ a Czechglobe, mapovány na kombinace přírodní lesní oblasti a lesní vegetační stupeň - data za nový klimatický normál (1970-2010)	CzechGlobe	2019	1 : 10 000
<b>Aridity index (ARI)</b>	index aridity	klimatická data vzniklá z dat ČHMÚ a Czechglobe, mapovány na kombinace přírodní lesní oblasti a lesní vegetační stupeň	CzechGlobe	2019	1 : 10 000
<b>Aspect (ASP)</b>	orientace svahů	DMR 5G	ČÚZK	2016	50 m/pixel
<b>Erosion protection (ERO)</b>	ochrana před erozí	Kombinovaná vrstva biotopů	CzechGlobe	2019	1 : 10 000
<b>Drought resistance (DRO)</b>	odolnost proti vysušování	Kombinovaná vrstva biotopů	CzechGlobe	2019	1 : 10 000
<b>Plant cover (PLA)</b>	pokryvnost	Tree cover density, Dominant leaf type; geometrie z Kombinované vrstvy biotopů	CzechGlobe, ESA, UPOL	2019 (Tree cover density 2015)	1 : 10 000 (Tree cover density 20 m/pixel)
<b>Population density (DEN)</b>	hustota zalidnění	Základní sídelní jednotky	ArcData Praha, ČSÚ	2016	1 : 10 000
<b>Population growth rate (GRW)</b>	populační nárůst	Základní sídelní jednotky	ArcData Praha, ČSÚ	geometrie 2016, atributy 2001 a 2016	1 : 10 000
<b>Agricultural intensity (INT)</b>	intenzita lidské činnosti	Výstup z modelu CZ GLOBIO - podklad Kombinovaná vrstva biotopů - přírodní biotopy z mapování biotopů v rámci Natura2000 (1:10000) a nepřirodní biotopy CLC 2012 (1: 100 000)	CzechGlobe, UPOL	2018	1 : 10 000

Pro prvotní výpočty byla použita data, která byla dále po nalezení alternativ zpřesněna, v tabulce jsou již uvedena data, která byla použita pro konečné výpočty.

Pro indikátory sklonu a orientace svahů byl původně použit digitální model reliéfu z datové sady ArcČR. Ten je nyní nahrazen digitálním modelem reliéfu DMR 5G. U indikátoru odolnosti proti vysušování byla původně použita datová sada CORINE Landcover 2018, nyní je použita Kombinovaná vrstva biotopů. Podobně u indikátoru pokryvnosti byla původně použita vrstva Tree cover density z projektu Copernicus, která je finálně zpřesněna geometrií z Kombinované vrstvy biotopů. Více o zpřesňování datových zdrojů je uvedeno v kapitole 5.1. Všechna data byla dodána vedoucím práce.

## **2.4 Použité programy**

Pro zpracování dat a jejich interpretaci a veškeré výpočty byl použit program firmy ESRI ArcGIS Pro 2.4.2. Pro tvorbu některých grafů byl použit nástroj R-Studio jako nadstavba programovacího jazyka R. Pro tvorbu ostatních grafů, tabulek a přípravu některých dat byl použit Microsoft Excel 2019. Pro textovou část práce byl použit Microsoft Word 2019. Webová mapová aplikace pro publikaci finálních dat byla vytvořena v online rozhraní ArcGIS Enterprise firmy ESRI. Grafické úpravy a poster byly provedeny v programu Inkscape 1.0.

## **2.5 Postup zpracování**

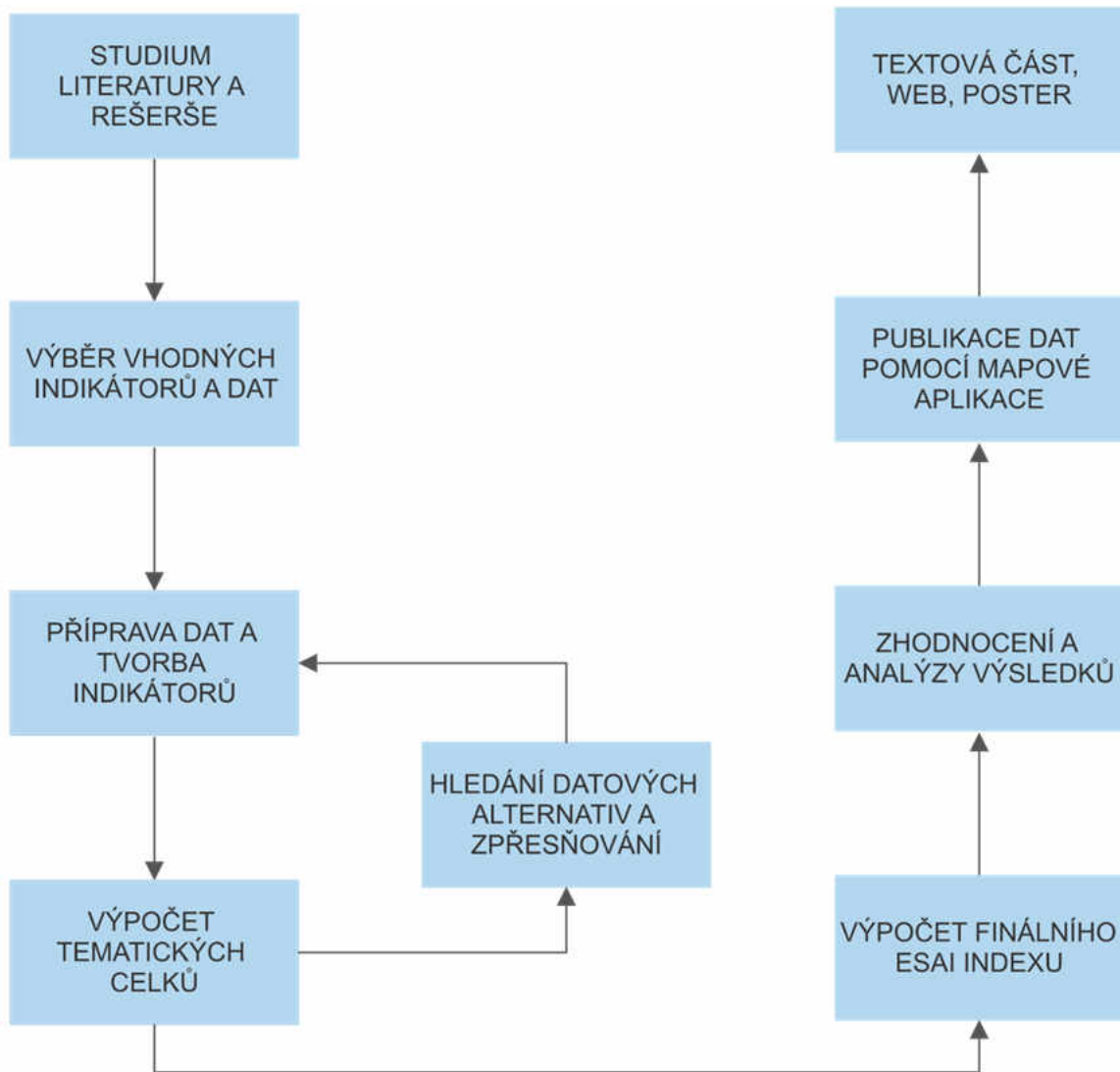
Na začátku bylo nutné nastudování literatury a zorientování se v tématu pro další možný postup v práci. Bylo nutné zjistit co nejvíce informací o tématu a metodice výpočtu ESAI.

V dalším kroku bylo nutné provést výběr vhodných indikátorů a datových zdrojů pro Českou republiku. Toto překračovalo rámec odborných znalostí autora a bylo provedeno vedoucím práce, ve spolupráci s dalšími odborníky z Ústavu výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i. Vedoucí práce konzultoval kroky s Luca Salvatim (CREA – Council for Agricultural Research and Agricultural Economy Analysis, Rome), který se tématu věnuje v Itálii.

Poté bylo nutné připravit data jednotlivých indikátorů pro další zpracování tak, aby bylo možné s těmito indikátory dále pracovat a provést výpočty jednotlivých tematických celků, ze kterých je následně počítán celkový ESAI index. Následně byla z indikátorů vypočítána první verze jednotlivých témat ESAI indexu. Již v průběhu výpočtů a tvorby dat byly nalezeny možné datové alternativy pro zpřesnění výpočtů a některá data nahrazena vhodnějšími. Po tomto kroku již mohla být dopočítána finální verze jednotlivých témat a také celkový ESAI index pro Českou republiku. Z důvodu velkého objemu dat a náročnosti na výpočetní výkon byly některé výpočty provedeny na počítači vedoucího práce. Celkový ESAI index a všechny vrstvy indikátorů byly zobrazeny s jednotnou legendou a stejnými barevnými stupnicemi.

Výsledné vrstvy byly následně vyhodnoceny a zanalyzovány a následně publikovány. Data výsledného ESAI indexu byla publikována prostřednictvím ArcGIS Serveru. Pro publikaci dat byla vytvořena mapová aplikace pomocí nástroje WebApp Builder v prostředí ArcGIS Online a poté přesunuta do prostředí ArcGIS Enterprise tak, aby byla umístěna na školním serveru.

Na závěr byla dokončena finální textová část práce, vytvořeny webové stránky a poster o diplomové práci a práce odevzdána.



Obrázek 3 Postup zpracování práce



### 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Degradace půdy patří mezi nejvýznamnější environmentální problémy globálního, regionálního i lokálního měřítka (Kosmas a kol., 2014). Degradace půdy úzce souvisí s procesem desertifikace. Degradace půdy je proces, který je definován jako „redukce nebo ztráta biologické nebo ekonomické produktivní kapacity půdy, která je způsobena lidskými aktivitami, zhoršovaná přírodními procesy a často umocněná dopady klimatických změn a poklesem biodiverzity“ (vlastní překlad, UNCCD, 1994). Desertifikace je poté jednou z forem degradace půdy, vyskytující se převážně, ale ne výhradně v suchých oblastech (Baartman a kol., 2007). Proces desertifikace lze definovat jako „degradace půdy v suchých, polosuchých a suchých subhumidních oblastech, vyplývající z různých faktorů, jako jsou změny klimatu a lidská činnost“ (vlastní překlad, UNCCD, 1994). Na proces desertifikace lze nahlížet pomocí více definic zahrnujících různé aspekty, ale všechny mají společné to, že zahrnují fenomén degradace půdy (Lee Eun Jung a kol., 2019), který je ovlivněný různými antropogenními i přírodními faktory. Důležité je také vymezit pojem „půda“ ve smyslu degradace půdy. Baartman a kol. (2007) popisuje půdu v tomto kontextu dle Middleton a kol. (1997) jako půdu zahrnující lokální vodní zdroje, zemský povrch a vegetaci včetně zemědělských plodin.

#### 3.1 Hodnocení degradace půdy

Sensitivitu životního prostředí je možné v kontextu této práce definovat jako reakci životního prostředí nebo jeho části na změnu v jednom nebo více vnějších faktorů. Degradace prostředí se objeví, když je reakce prostředí na změnu považována za škodlivou pro „zdraví“ daného prostředí. U různých součástí životního prostředí mohou být jednotlivé části měřeny a hodnoceny rozdílně buď jako škodlivé nebo prospěšné. Co je pro dané prostředí škodlivé je velmi komplexní problém a záleží na více faktorech, jako je například zkoumané měřítko. Důležitost a relevance změn v každé komponentě životního prostředí může také záležet na rozsahu nebo zájmu daného pozorovatele. Existuje mnoho environmentálních komponent, které mohou být měřeny a jaké změny u každé z nich mohou být hodnoceny jako škodlivé anebo prospěšné (Basso a kol. 2000).

Přístupů k hodnocení sensitivity k degradaci půdy je více, ale nejpoužívanějším nejen v rámci Evropy je přístup, který je výsledkem projektu MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use). Výsledkem je metodický přístup, který byl původně popsán a široce aplikován ve Středomoří. Zaměřuje se na identifikaci míry sensitivity oblastí k degradaci půdy nebo desertifikaci. Metodický přístup vycházející z tohoto projektu byl dále rozšířen a ověřen Basso a kol. (2000).

Metodologie byla nejprve v rámci poslední fáze projektu ověřena a využita v oblastech v Itálii, Řecku a Portugalsku (Kosmas a kol., 1999) a poté použita i jinde ve Středomoří v různých oblastech v Itálii (Basso a kol., 2000, Salvati a Bajocco, 2011, Canora a kol. 2014, Imbrenda a kol. 2014), ve Španělsku (Contador a kol. 2009, Martinez-Sanchez a kol., 2015) a v Řecku (Symeonakis, 2014). Tento přístup byl poté použit i mimo Středomoří, například v Brazílii (Vieira a kol., 2015), na Kapverdech (Tavares a kol., 2015), v Rumunsku (Pravalie, 2017), Srbsku (Momirović a kol., 2019), Mongolsku (Lee Eun Jung, 2019) a ve Vietnamu (Le Thi Thu Hien, 2019).

V České republice se tématu výpočtů Environmental Sensitive Areas nevěnoval prozatím nikdo. Tématu degradace krajiny se ve více studiích (Šarapatka a Bednář, 2015, Bednář a Šarapatka, 2018) věnovali Šarapatka a Bednář z Katedry ekologie a životního prostředí Univerzity Palackého v Olomouci. Tito vytvořili agregovaný index celkové

degradace, který bral v potaz vlivy několika klíčových faktorů degradace, podobně jako ESAI (Šarapatka a Bednář, 2015).

Na Katedře geoinformatiky se problematice eroze půdy a vlivům na krajinu věnuje Vilém Pechanec, ze studentských prací lze zmínit diplomovou práci Filipa Stržíňka, který se věnoval aplikaci modelu CZ-GLOBIO pro území České republiky, sloužícího pro posouzení degradace biodiverzity v krajině (Stržínek, 2018).

### 3.1.1 Environmental Sensitive Areas (ESAs)

Výsledkem projektu MEDALUS byla metodologie pro výpočet náchylnosti krajiny k degradaci pomocí ESAs a kvantifikovaná pomocí ESAI indexu. Tento projekt, který probíhal mezi lety 1991-1999 a byl financován Evropskou komisí, měl za cíl pochopení, identifikaci a zmírnění problémů desertifikace ve Středomoří (MEDALUS, 1999). Metodický přístup se nezaměřuje pouze na konkrétní proces degradace půdy (jako je například eroze půdy, vysušování, zhutňování apod.), ale kvantifikuje vzájemné vlivy různých faktorů vedoucích potenciálně k degradaci půdy (Salvati, Bajocco, 2011). Výsledná metodologie je s úspěchem využívána celosvětově jako nástroj pro hodnocení sensitivity a mapování oblastí náchylných k degradaci půdy nebo desertifikaci, zejména díky její jednoduchosti a flexibilitě (Momirović a kol., 2019). Sensitivitu k degradaci území lze brát také jako výsledek interakcí mezi základními faktory vstupních vrstev, které jsou vzájemně rozdílně přímo nebo nepřímo propojeny s procesem degradace nebo desertifikace (Basso a kol. 2000).

Díky tomu, že tato metodologie byla použita v relativně velkém počtu studií v různých klimatických podmínkách, a bylo také ověřeno, že jednotlivé indikátory správně identifikují oblasti zasažené degradací půdy, je možné ESAI index považovat za již zavedený ukazatel náchylnosti oblastí k degradaci půdy a jejich změnám v čase (Salvati, Bajocco, 2011).

Za oblasti citlivé k degradaci (ESAs) mohou být považovány oblasti, kde environmentální a socioekonomické faktory nejsou vyvážené nebo udržitelné pro danou oblast (Basso a kol. 2000). Míru sensitivity lze kvantifikovat pomocí ESAI indexu, pomocí kterého je možné určit schopnost dané oblasti odolat degradaci půdy nebo určit vhodnost půdy k určitému druhu využití území. ESAI index nabývá vždy hodnot mezi 1 a 2 a skládá se z jednotlivých indikátorů.

Klíčové indikátory lze rozdělit do 4 tematických skupin definujících kvalitu půdy (*Soil quality*), klimatu (*Climate quality*), vegetace (*Vegetation quality*) a socioekonomických vlivů (*Land management quality*). Každý tematický celek je počítán jako geometrický průměr jednotlivých indikátorů pomocí rovnice (Kosmas a kol., 1999):

$$Téma = (\text{indikátor } 1 \times \text{indikátor } 2 \times \text{indikátor } 3 \dots \text{indikátor } n)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

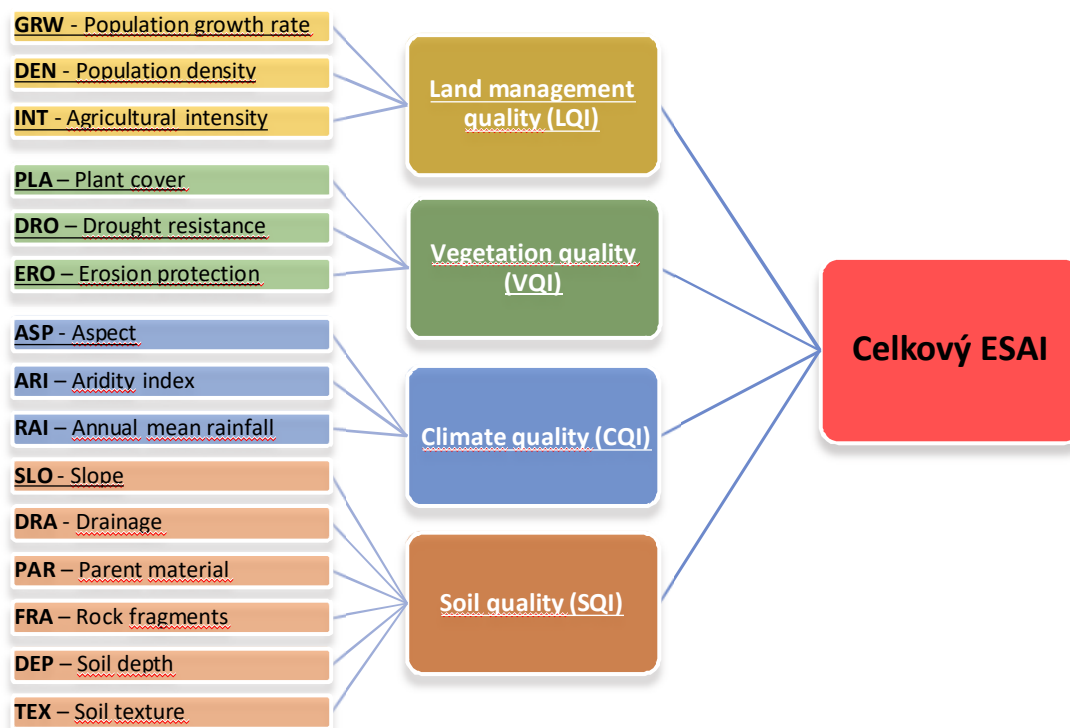
Celkový ESAI index, který ukazuje náchylnost k degradaci půdy, se pak vypočítá stejným způsobem z jednotlivých témat pomocí rovnice (Kosmas a kol., 1999):

$$\text{Celkový ESAI} = (\text{SQI} \times \text{CQI} \times \text{VQI} \times \text{LQI})^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

kde: SQI je výsledné téma *Soil quality*,  
 CQI téma *Climate quality*,  
 VQI téma *Vegetation quality*,  
 LQI téma *Land management quality*.

Vše je spočítáno pomocí GIS a nástrojů geoprocessingu buď pro jednotlivé pixely, které mají stejné prostorové rozlišení, shodné umístění u všech vrstev a přesně shodný extant v případě rastrových dat. U vektorových dat je vše spočítáno pro jednotlivé vektorové plošky všech daných vrstev indikátorů a tematických celků, které mají opět přesně stejný extant.

Způsob výpočtu je správně funkční bez ohledu na počet a typ zvolených vrstev jednotlivých indikátorů. Toho je dosaženo díky víceúrovňovému přístupu, kdy v první fázi je z jednotlivých indikátorů jako vypočítána hodnota sensitivity pro dané téma (*Land management quality*, *Climate quality*, *Vegetation quality*, *Soil quality*) a z těchto 4 témat je poté v druhé fázi vypočítán celkový ESAI index (Basso a kol., 2000).



Obrázek 4 Schéma vztahů mezi tématy, indikátory a celkovým ESAI indexem

Způsob výpočtu ESAI indexu by bylo možné rozdělit do třech úrovní (viz Obrázek č. 4). První úroveň, do které patří základní indikátory, izoluje detaily v datech od zbytku systému. Jednotlivé tematické vrstvy, vzniklé výpočtem z vrstev první úrovně jsou tedy odděleny od detailů ve vrstvách indikátorů a fungují na jedné straně jako rozhraní mezi vrstvami v první úrovni a na druhé mezi třetí úrovní, tedy celkovým ESAI indexem.

Díky tomu má každá tematická vrstva stejnou váhu pro další výpočet a jednotlivé tematické vrstvy jsou mezi sebou na stejné úrovni bez ohledu na to, kolik indikátorů bylo pro výpočet tématu použito. To znamená, že výpočty na vyšší úrovni nejsou negativně ovlivněny tím, když některý tematický celek má menší počet vstupních indikátorů než ostatní. Tento přístup tedy umožňuje, aby byly jednotlivé skupiny indikátorů použity a zvoleny pro danou oblast individuálně, dle dostupných dat, beze změny struktury výpočtu a celkové metodologie (Basso a kol., 2000).

## 4 PŘÍPRAVA DATOVÝCH VRSTEV PRO ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Příprava datových vrstev a nalezení vhodných datových zdrojů byly podstatnou částí této práce. Z důvodu práce s daty pro území celé Česko republiky byly výpočty s vrstvami velmi výpočetně náročné a bylo nutné se zamýšlet i nad možnostmi provedení potřebných operací a jejich optimalizací.

Jednotlivé datové vrstvy bylo nutné připravit samostatně, výsledné vrstvy indikátorů jsou ve většině případů výsledkem kombinací několika původních vrstev z datových sad dostupných pro dané téma, v co nejlepším možném prostorovém rozlišení a pokrývající celé území České republiky. Z důvodu odlišného původu dat vznikly, zejména kolem hranice České republiky místa, kde nebyly některé z datových zdrojů dostupné a výsledný index tedy nepokrývá celých 100 % rozsahu území. Z celkové rozlohy České republiky se jedná 0,9 % rozlohy území.

Aby bylo možné pracovat s jednotlivými vrstvami indikátorů a vypočítat z nich hodnoty pro tematické celky a nakonec celkový ESAI index, bylo nutné aby všechny vrstvy byly vytvořené pro stejnou oblast a ve stejném souřadnicovém systému. Všechny vrstvy musí být také buď v podobě rastru ve shodném prostorovém rozlišení a nebo všechny v podobě vektoru. Z důvodu zachování detailů byly všechny vrstvy převedeny do vektorové podoby a souřadnicového systému S-JTSK Krovak East North (EPSG: 5514).

U některých indikátorů bylo možné vrstvu vytvořit přímo reklasifikací z původní datové sady (například indikátor pro sklony svahů), u většiny případů bylo ale nutné provést posloupnost geoprocessingových operací a vrstvu výsledného indikátoru „poskládat“ z rozdílných datových zdrojů. U některých indikátorů také nebylo možné získat data pro celé území České republiky, proto byly použity různé datové zdroje pro rozdílné typy využití území. Toto se týká například indikátorů pro téma *Soil quality*, kde bylo nutné nalézt rozdílné datové zdroje pro území orné půdy, lesů a pro ostatní typy využití území.

Jelikož cílem bylo vypočítat výsledný ESAI index v prostorovém rozlišení odpovídajícím měřítku 1 : 10 000, bylo nutné se vypořádat s problémem toho, že některé datové sady není možné získat v takto podrobném měřítku. Jedná se zejména o data týkající se půdy a klimatu. Pokud to bylo možné, byly použity různé metody zpřesnění geometrie. Dalším problémem, kterým se bylo nutné vypořádat, byl také velký objem dat. V některých případech se jednalo o vrstvy s několika miliony segmentů. Počet segmentů v jednotlivých vrstvách indikátorů viz tabulka č. 2.

Všechny zvolené datové zdroje jsou popsány v kapitole 2.3 v tabulce č. 1 a přesné postupy jsou popsány v následujících kapitolách.

Tabulka 2 Počet segmentů ve vrstvách indikátorů

<b>Indikátor</b>	<b>Počet segmentů (zaokrouhleno)</b>
Soil texture (TEX)	443 000
Soil depth (DEP)	443 000
Rock fragments (FRA)	443 000
Parent material (PAR)	3 400
Drainage (DRA)	861 000
Slope (SLO)	812 000
Annual mean rainfall (RAI)	140
Aridity index (ARI)	160
Aspect (ASP)	1 062 000
Erosion protection (ERO)	3 398 000
Drought resistance (DRO)	3 398 000
Plant cover (PLA)	3 398 000
Population density (DEN)	22 000
Population growth rate (GRW)	23 000
Agricultural intensity (INT)	2 051 000

## 4.1 Soil quality

Mezi indikátory patřící do tématu kvality půdy (*Soil quality*) patří sklon svahů (SLO), míra infiltrace (DRA), matečná hornina (PAR), skeletovitost půdy (FRA), hloubka půdy (DEP) a půdní struktura (TEX).

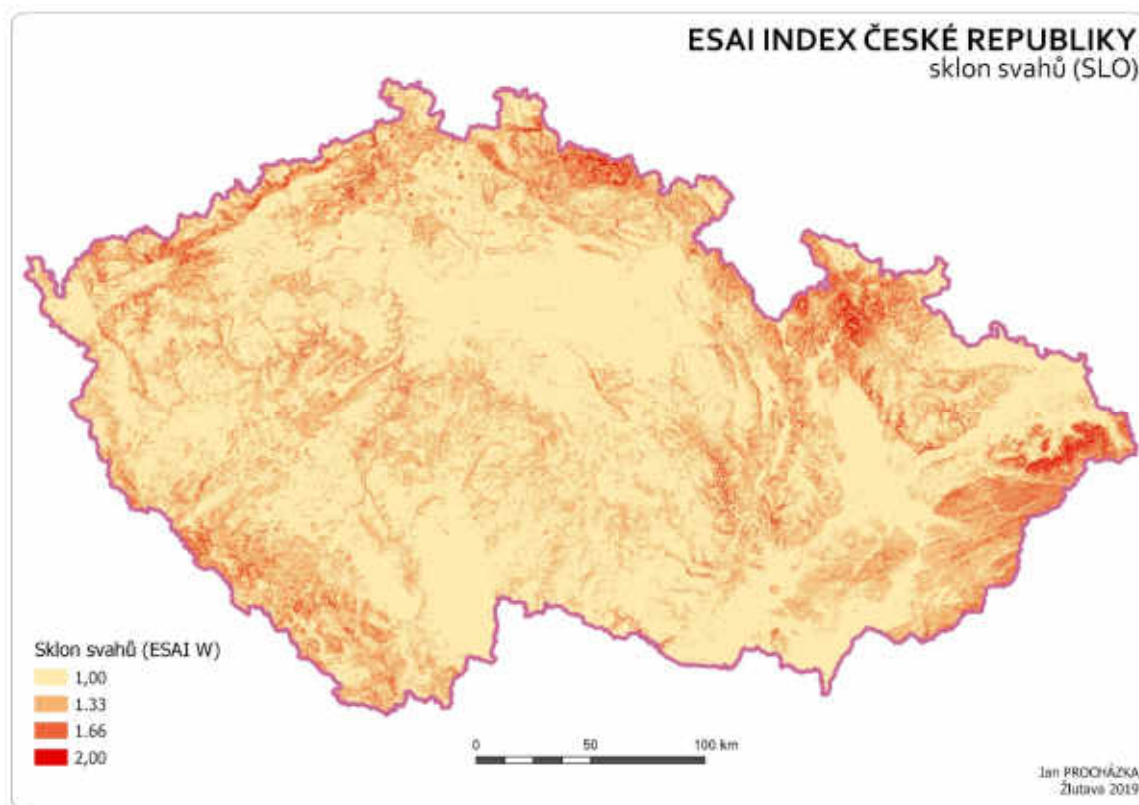
### **Sklon svahů (SLO)**

Pro výpočet sklonu svahů byl potřeba pouze digitální model reliéfu (dále DMR). V první verzi bylo pracováno s DMR z datové sady ArcČR® 500. Tento model ale vykazoval velké nepřesnosti a byl proto nahrazen modelem DMR 5G, se kterým bylo pracováno v rastrové podobě webové Image služby. DMR byl převzorkován z původního prostorového rozlišení 2 m/pixel na méně podrobné, ale stále dostačující rozlišení 50 m/pixel. Poté byla provedena operace *Slope* a vypočítána vrstva sklonu svahů a z této vrstvy již provedena reklasifikace do potřebných kategorií sensitivity. Nakonec bylo vše převedeno do vektorové podoby tak, aby nedošlo k simplifikaci jednotlivých polygonů.

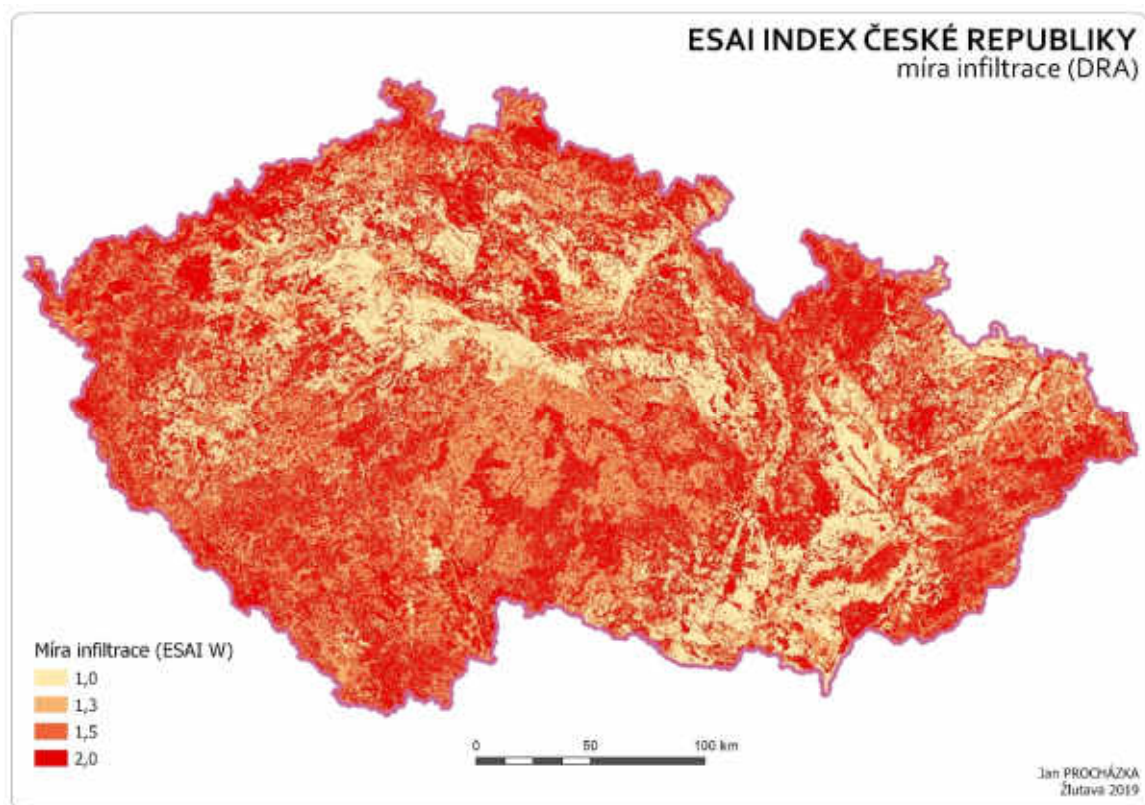
### **Míra infiltrace (DRA)**

Indikátor míry infiltrace již bylo nutné vytvořit z kombinace více různých datových zdrojů. Základ tvořily lesnické mapy souboru lesních typů (SLT) a území zemědělských ploch z vrstvy Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Pro zbytek území byly hodnoty doplněny z rastrové vrstvy infiltračních schopností půd s rozlišením 100 m. Pro jednotlivé polygony mimo SLT a BPEJ byla pomocí nástroje Zonal Statistics přiřazena majoritní hodnota z rastru infiltračních schopností půd, odpovídající tomuto území. Hodnoty původních dat byly na hodnoty sensitivity reklasifikovány samostatně pro území

s hodnotami infiltračních schopností půd, území kde byla použita data SLT a pro území vzniklé z BPEJ.



Obrázek 5 Sklon svahů (SLO)



Obrázek 6 Míra infiltrace (DRA)

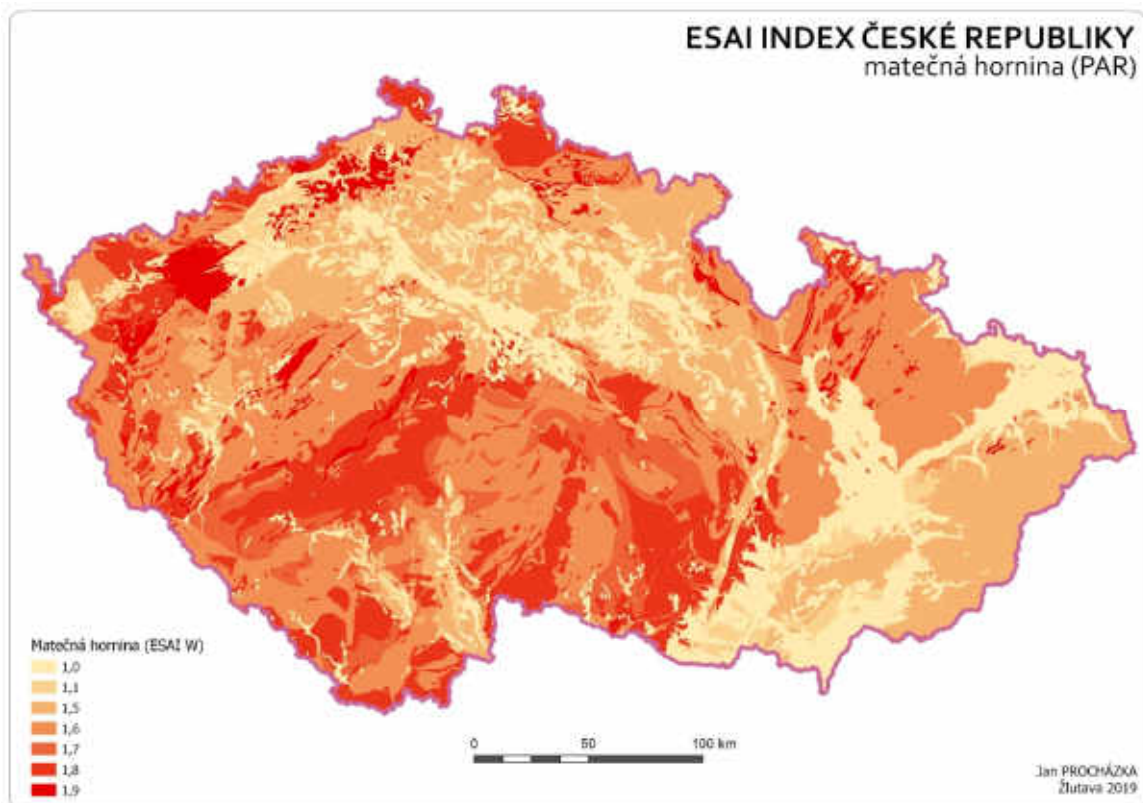
### **Matečná hornina (PAR)**

Data pro indikátor matečné horniny byla získána z vrstvy Geologické mapy ČR prostou reklasifikací na hodnoty sensitivity.

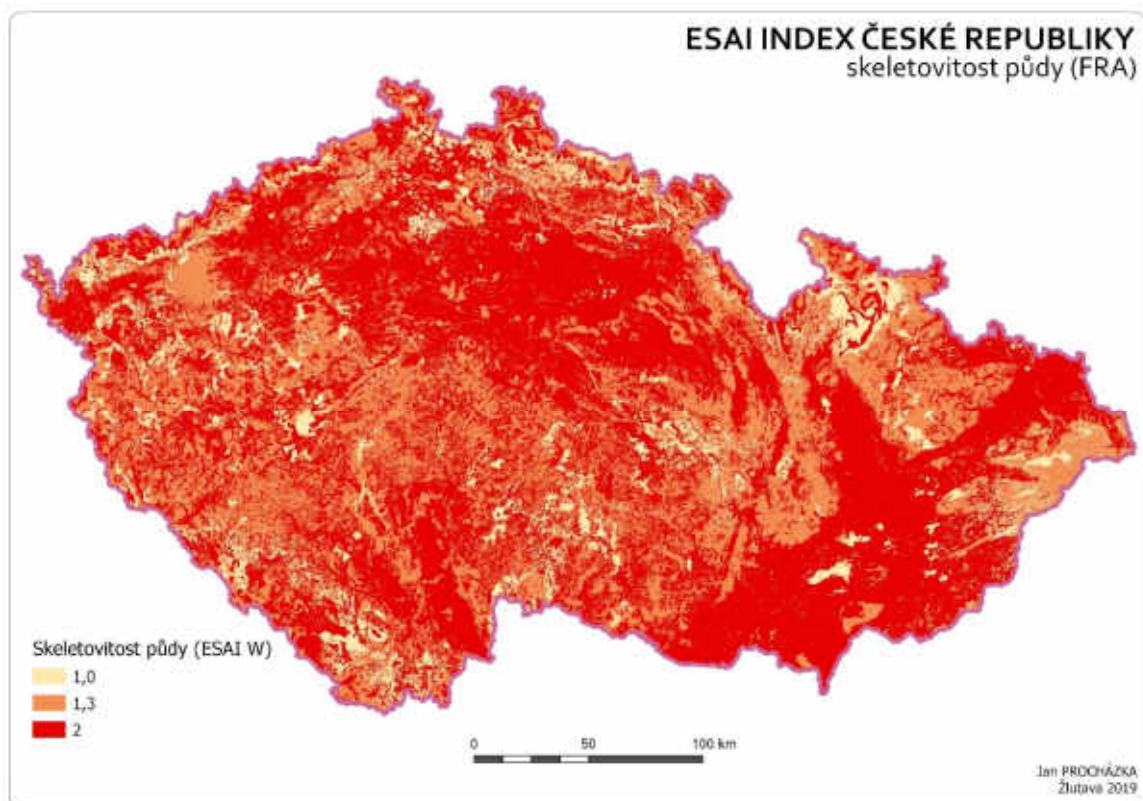
### **Skeletovitost půdy (FRA), Hloubka půdy (DEP), Půdní struktura (TEX)**

Geometrie u těchto indikátorů je stejná, liší se pouze způsobem reklasifikace na hodnoty sensitivity. Datovým základem byly mapy půdní asociace, které byly v místech zemědělské půdy zpřesněny BPEJ. Následně byla provedena reklasifikace, opět samostatně pro území vzniklé z BPEJ a pro území z map půdní asociace.

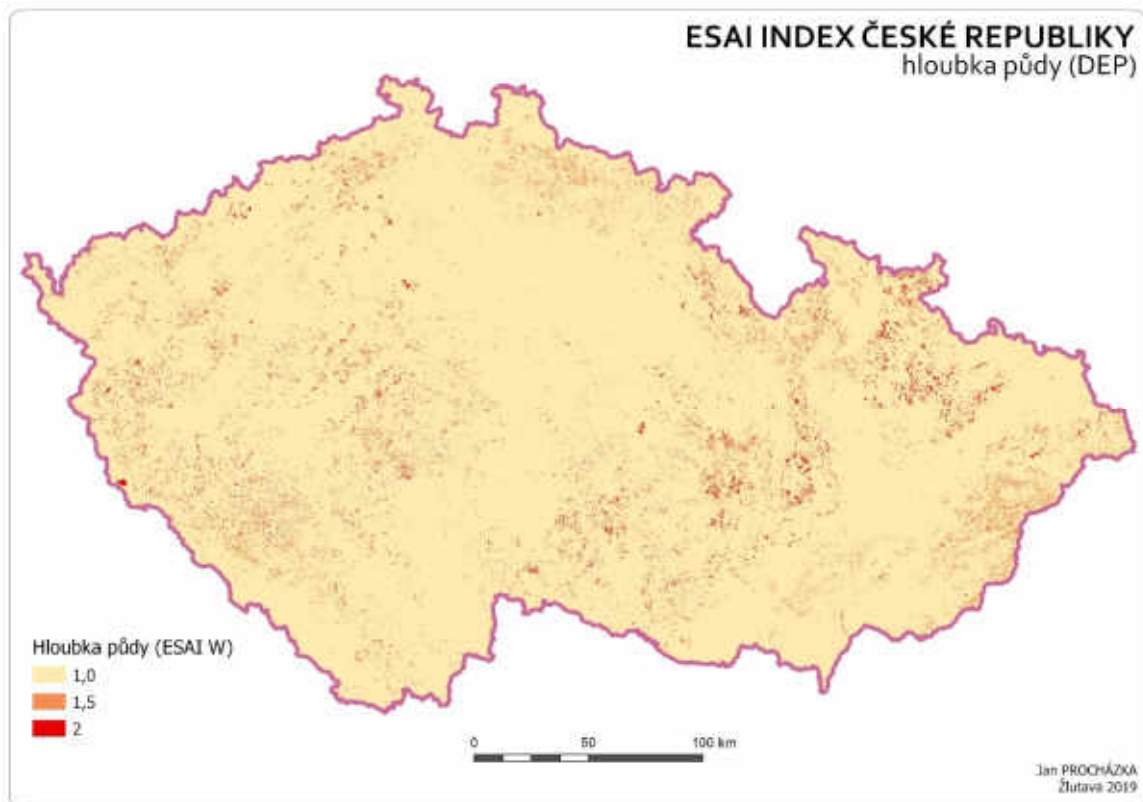




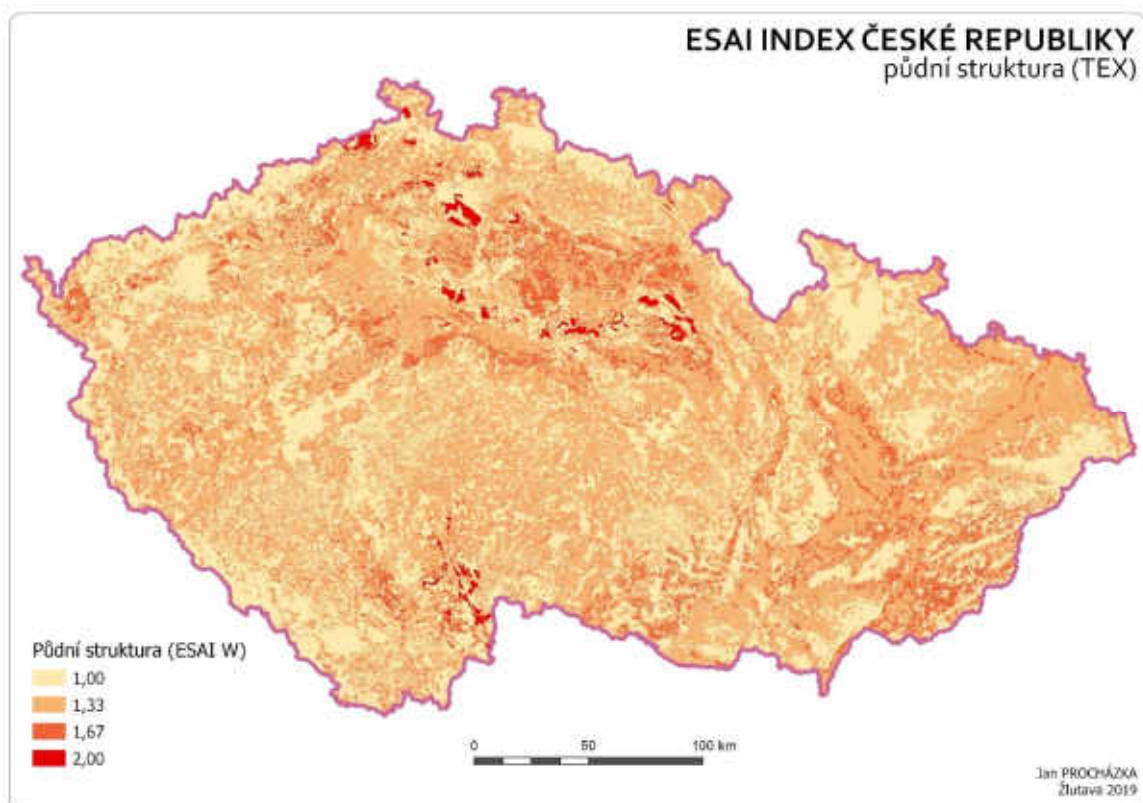
Obrázek 7 Matečná hornina (PAR)



Obrázek 8 Skeletovitost půdy (FRA)



Obrázek 9 Hloubka půdy (DEP)



Obrázek 10 Půdní struktura (TEX)

## 4.2 Climate quality

Indikátory spadající do tohoto tématu jsou orientace svahů (ASP), index aridity (ARI) a průměrné roční srážky (RAI).

### Orientace svahů (ASP)

Tento indikátor, podobně jako indikátor sklonu svahů, vychází z jediné vrstvy, kterou je DMR. Stejně tak bylo provedeno zpřesnění z původně použitého DMR z datové sady Arc ČR® 500 na DMR 5G. Bylo opět pracováno s modelem v rastrové podobě, který byl převzorkován na rozlišení 50 m/pixel s kterým bylo možné již dále pracovat v rozashu území České republiky. Byla provedena operace *Aspect* a vypočítány orientace svahů. Následně byla vrstva dle orientace ke slunci a náchylnosti k vysušování reklasifikována na hodnoty sensitivity. Vrstva byla poté převedena do vektorové podoby tak, aby nedošlo k simplifikaci polygonů, což by vedlo k chybným výsledným polygonům.

### Průměrné roční srážky (RAI) a index aridity (ARI)

Pro tvorbu indikátoru průměrných ročních srážek i indexu aridity byla použita klimatická data, která byla vytvořena ČHMÚ ve spolupráci s Czechglobe, a obsahují potřebné informace o úhrnech srážek a průměrných ročních teplotách za poslední klimatický normál (1970–2010). Tato data jsou neveřejná a autor k těmto datům nemá přístup, z tohoto důvodu vrstvy indikátorů průměrných ročních srážek a indexu aridity pro potřeby práce připravil vedoucí práce.

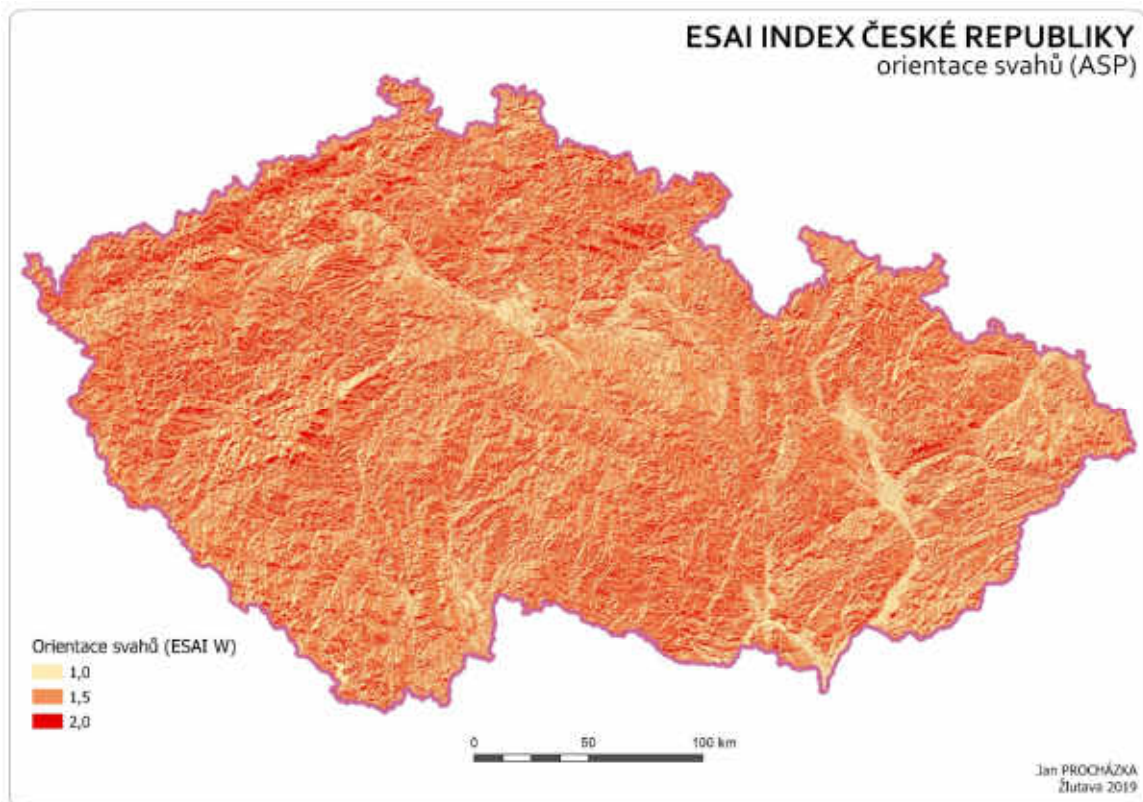
U indikátoru průměrných ročních srážek se jednalo o reklasifikaci hodnot úhrnů srážek na hodnoty sensitivity a převedení do vektorové podoby.

U indikátoru indexu aridity byl již proces výpočtu složitější, ale opět byla použita stejná klimatická data. Z průměrných ročních srážek a průměrné roční teploty byla vrstva vypočtena jako Minářova vláhová jistota dle vzorce (Sobíšek, 1993):

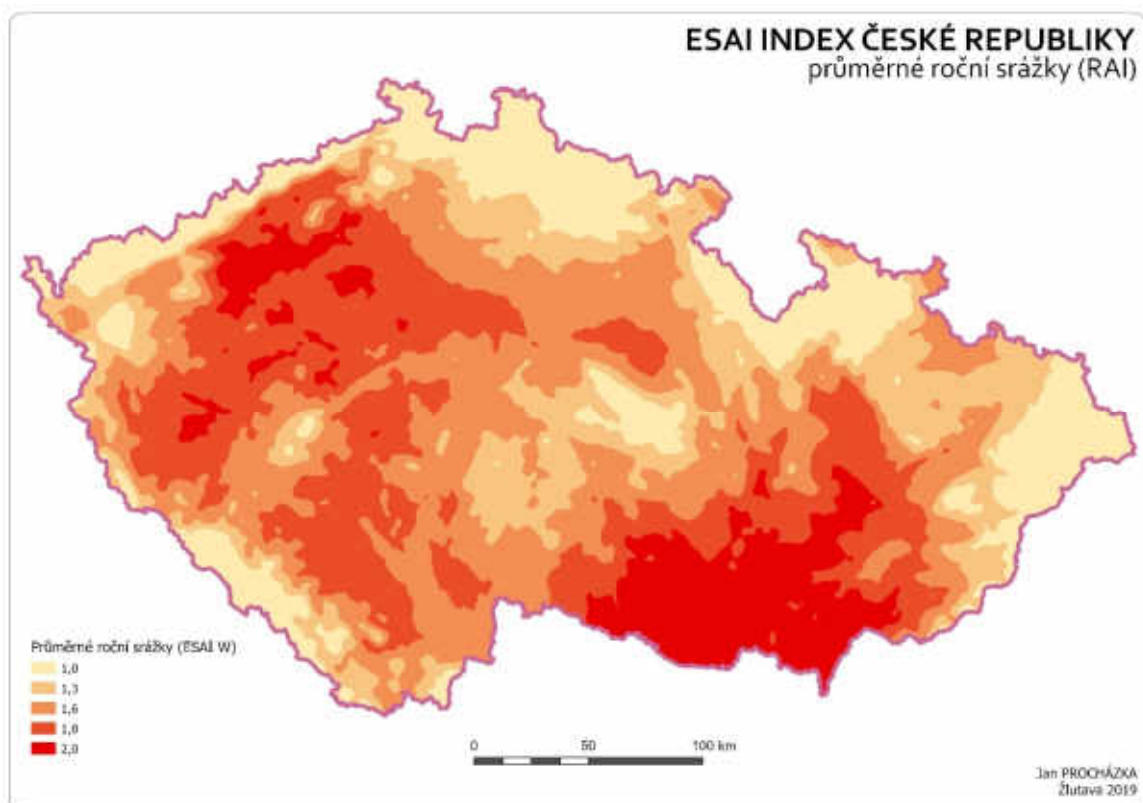
$$J = \frac{(R - 30(t + 7))}{t} \quad (3)$$

kde: J je Minářova vláhová jistota,  
R průměrný roční úhrn srážek v mm,  
t průměrná roční teplota vzduchu ve °C.

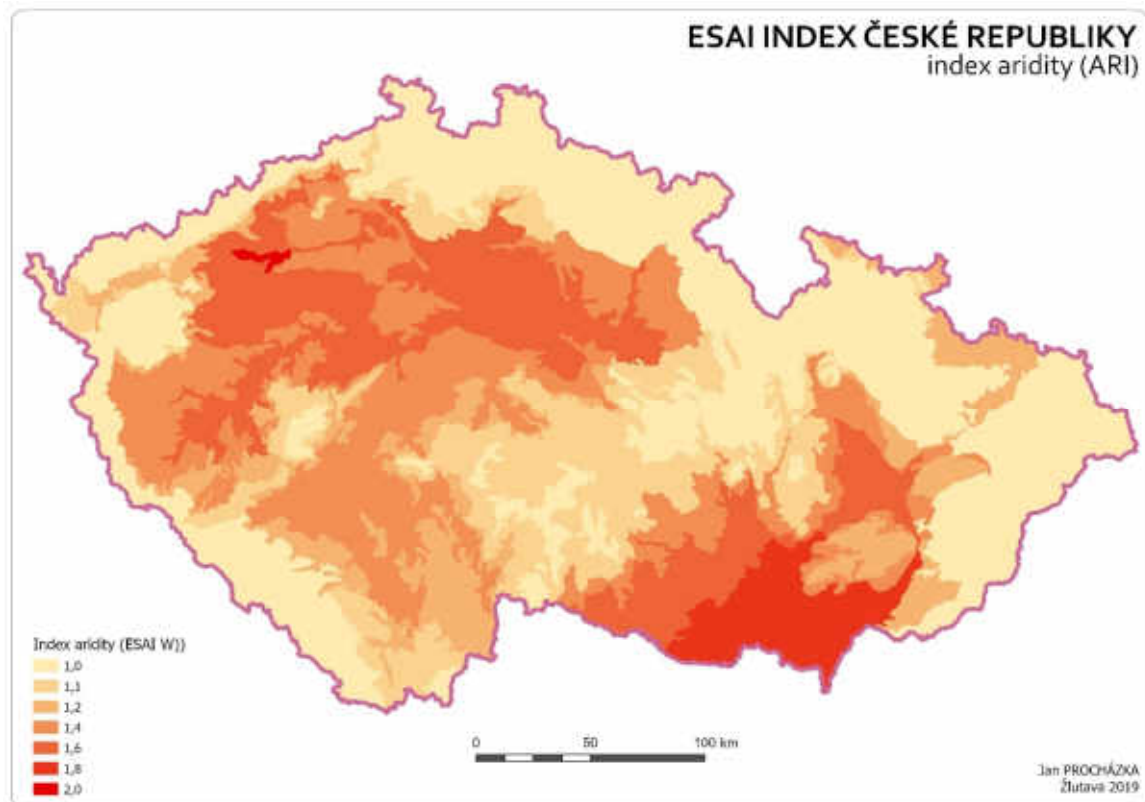
Nakonec dle výsledných hodnot bylo vše rozděleno do kategorií, kterým poté byly přiřazeny konkrétní hodnoty sensitivity a vše opět převedeno do podoby vektoru.



Obrázek 11 Orientace svahů (ASP)



Obrázek 12 Průměrné roční srážky (RAI)



Obrázek 13 Index aridity (ARI)

### 4.3 Vegetation quality

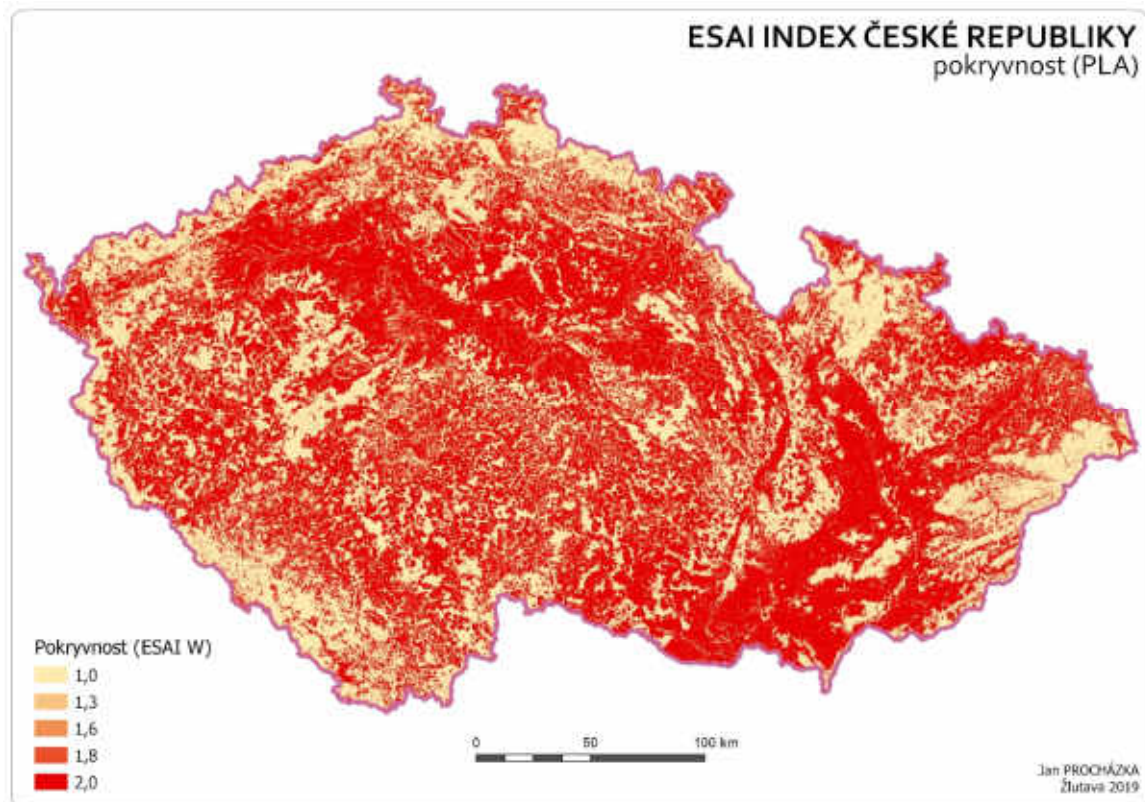
Do tohoto tématu spadají indikátory pokryvnosti (PLA), odolnosti proti vysušování (DRO) a ochrana před erozí (ERO).

#### **Pokryvnost (PLA)**

Indikátor pokryvnosti znázorňuje procentuální podíl pokryvnosti krajiny vegetací. V první verzi bylo počítáno s daty CORINE Landcover 2018, ale postupně byla data zpřesněna a pro výpočet tohoto indikátoru byl nakonec použit produkt Tree Cover Density z projektu Copernicus. Datová sada je dostupná ve formě rastru a použita byla verze v prostorovém rozlišení 20 m/pixel. Zobrazuje úroveň pokryvnosti krajiny vegetací v daném čtverci (pixelu) jako procentuální hodnotu od 0 do 100. Použita byla nejnovější dostupná verze, tedy verze z roku 2015. Jelikož se jedná o data z projektu Copernicus, bylo nutné je pro další použití přeprojektovat do používaného souřadnicového systému (EPSG: 5514). Následně byly hodnoty pokryvnosti reklasifikovány na hodnoty sensitivity.

Pro tvorbu geometrie tohoto indikátoru byla použita „detailní kombinovaná vrstva“ (DKV), která bude popsána dále. Každému polygonu této geometrie byla pomocí nástroje *Zonal Statistics* přiřazena hodnota sensitivity z vrstvy pokryvnosti, která byla v daném území převažující (volba Majority).

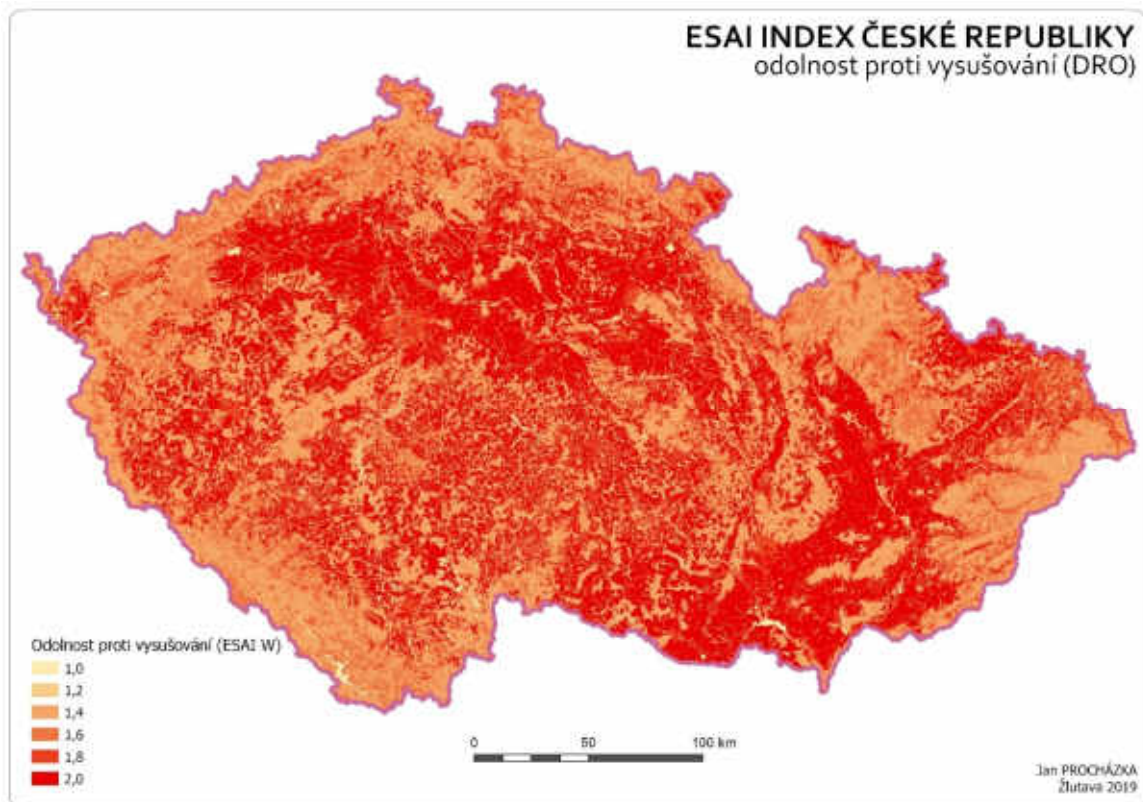
Zmiňovaná DKV je produkt CzechGlobe a vznikla kombinací vrstvy mapování biotopů (habitat mapping layer) a konsolidovanou vrstvou ekosystémů a rozlišuje 152 typů habitatů v České republice. Celá hotová vrstva byla dodána vedoucím práce. Tato vrstva byla dále použita i pro indikátory odolnosti proti vysušování a ochrany před erozí.



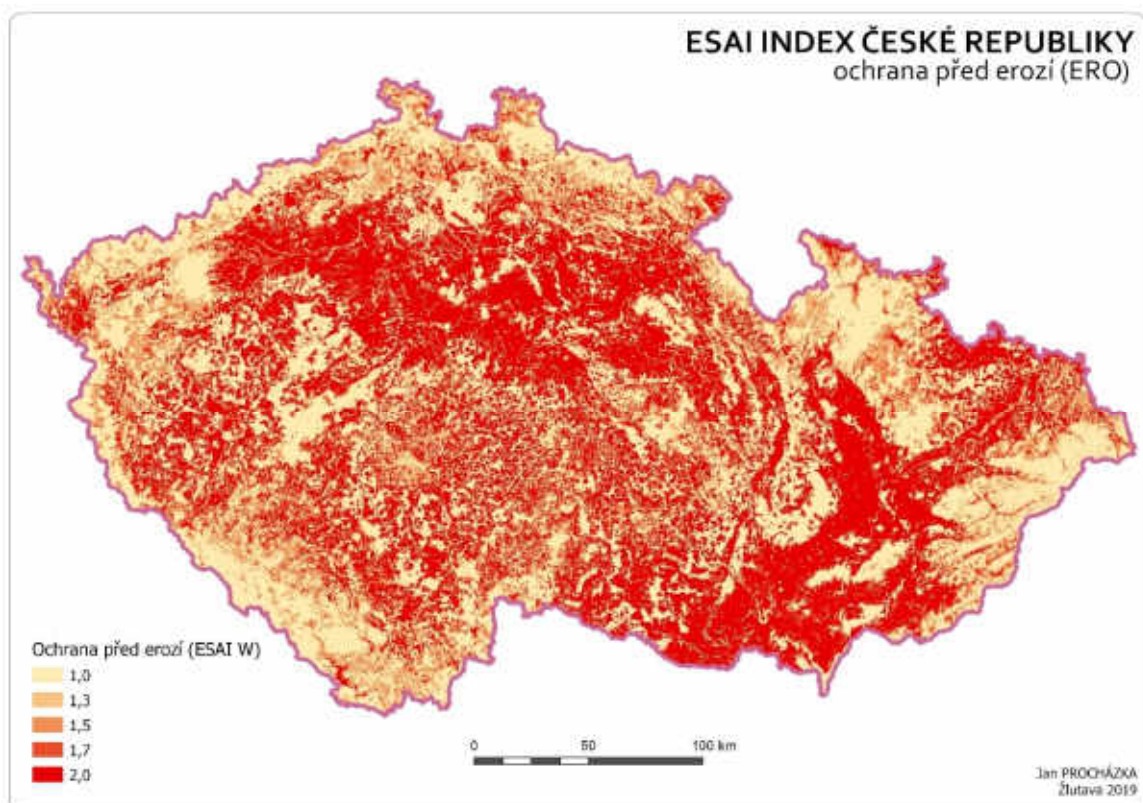
Obrázek 14 Pokryvnost (PLA)

### **Odolnost proti vysušování (DRO) a ochrana před erozí (ERO)**

U těchto indikátorů byla také zpočátku použita vrstva CORINE Landcover 2018, která byla následně nahrazena pro tyto dva indikátory vrstvou DKV popisovanou u předchozího indikátoru pokryvnosti. Pomocí Ellenbergových indikačních hodnot byly jednotlivé biotopy ohodnoceny z obou hledisek. Toto bylo nad rámec odbornosti autora práce a bylo provedeno vedoucím práce. Jednotlivým hodnotám byly poté pro každý indikátor individuálně přiřazeny konkrétní hodnoty sensitivity.



Obrázek 15 odolnost proti vysušování (DRO)



Obrázek 16 Ochrana před erozí (ERO)

## 4.4 Land management quality

Mezi indikátory potřebné pro toto téma patří indikátory intenzity lidské činnosti (INT), populační nárůst (GRW) a hustota zalidnění (DEN).

### **Intenzita lidské činnosti (INT)**

Indikátor intenzity lidské činnosti hodnotí krajinu dle stupně zachování přírodnosti daného krajinného segmentu. Podkladová vrstva byla dodána vedoucím práce – jedná se o výstup z modelu CZ GLOBIO, který zpracovával v rámci diplomové práce Stržínek (2018). Tato data popisují biodiverzitu pomocí indexu MSA (Mean species abundance). Podkladem pro vrstvu je Kombinovaná vrstva biotopů zahrnující přírodní i nepřírodní biotopy. Výsledné hodnoty MSA jsou reklasifikovány do kategorií a těm poté přiřazeny hodnoty sensitivity.

### **Populační nárůst (GRW)**

Datovým podkladem pro indikátor populačního nárůstu je vrstva základních sídelních jednotek (ZSJ) s atributy o počtech obyvatel v letech 2001 a 2011. Jedná se o data z pravidelného Sčítání lidu, bytů a domů. Pro každou ZSJ byl vypočten nárůst počtu obyvatel mezi lety 2001 a 2011 dle vzorce:

$$N = \frac{((OB11 - OB01) \times 100)}{OB01} \quad (4)$$

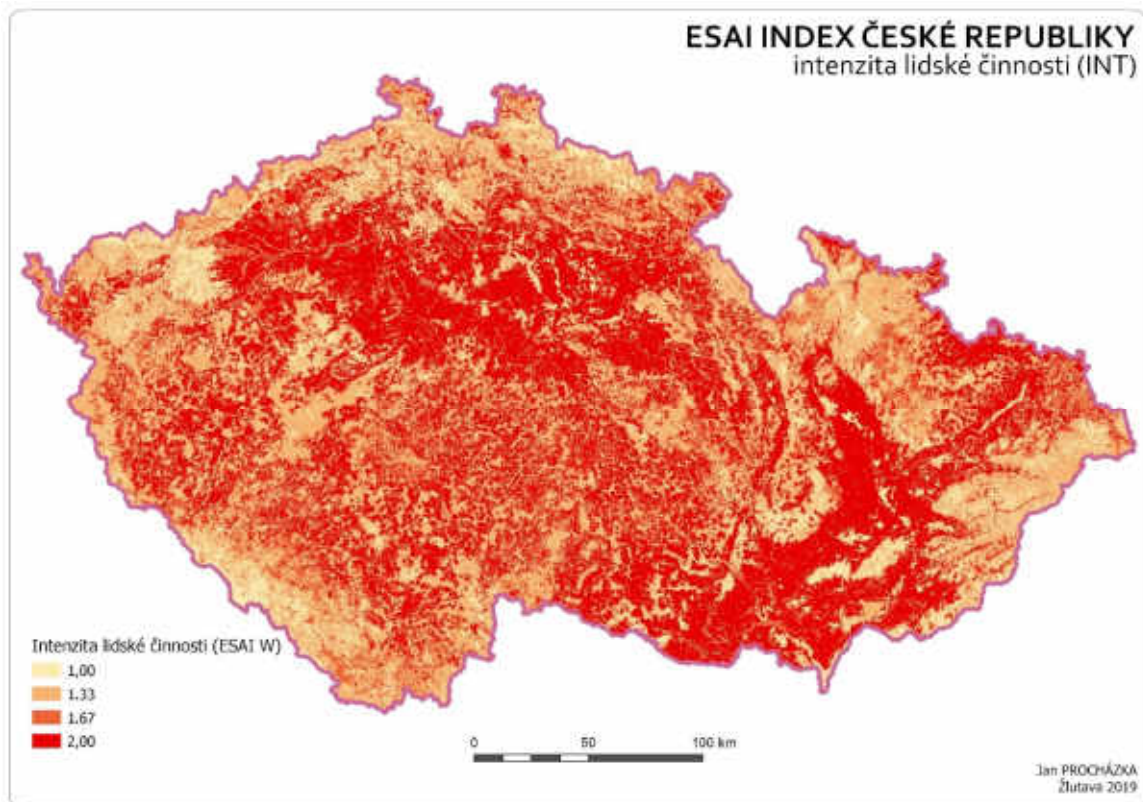
kde: N je populační nárůst,  
OB01 počet obyvatel v roce 2001,  
OB11 počet obyvatel v roce 2011.

Hodnoty byly následně rozděleny do kategorií a těmto přiřazeny hodnoty sensitivity.

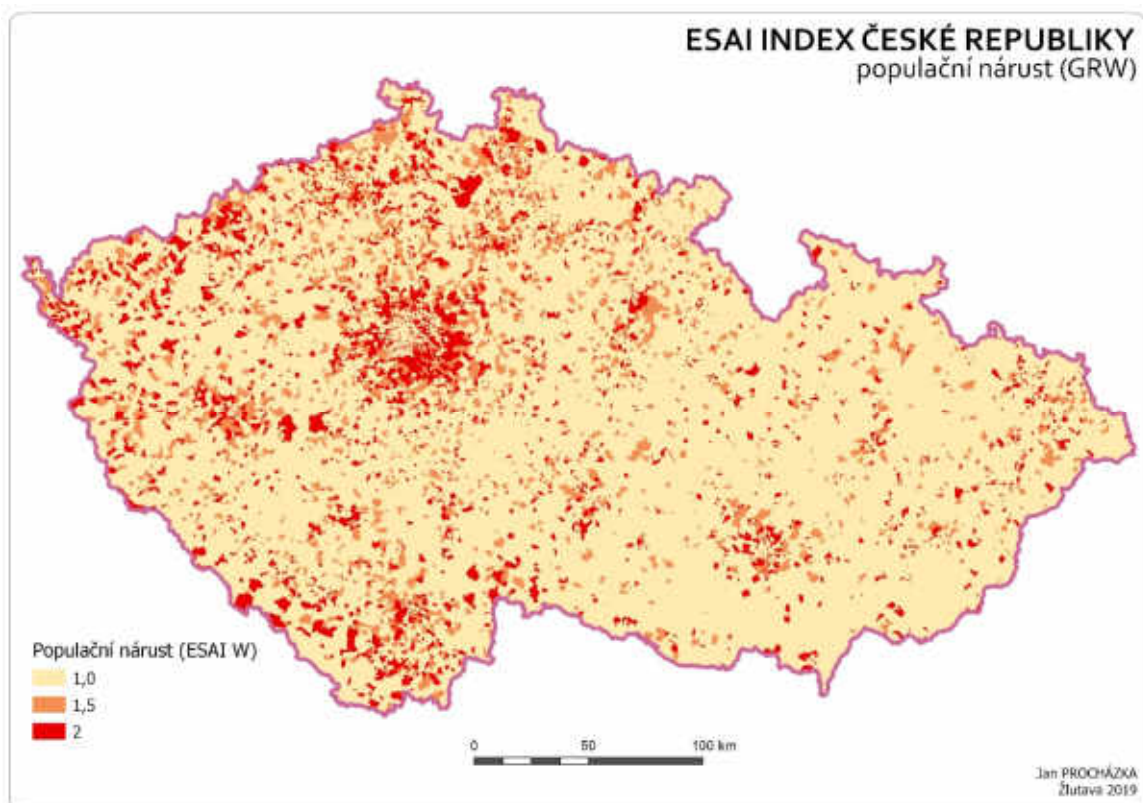
### **Hustota zalidnění (DEN)**

Indikátor hustoty zalidnění je také založen na datovém podkladu vrstvy ZSJ. Pro každé ZSJ je vypočítána relativní hodnota počtu obyvatel na km<sup>2</sup>. Výsledné hodnoty jsou následně reklasifikovány na hodnoty sensitivity.

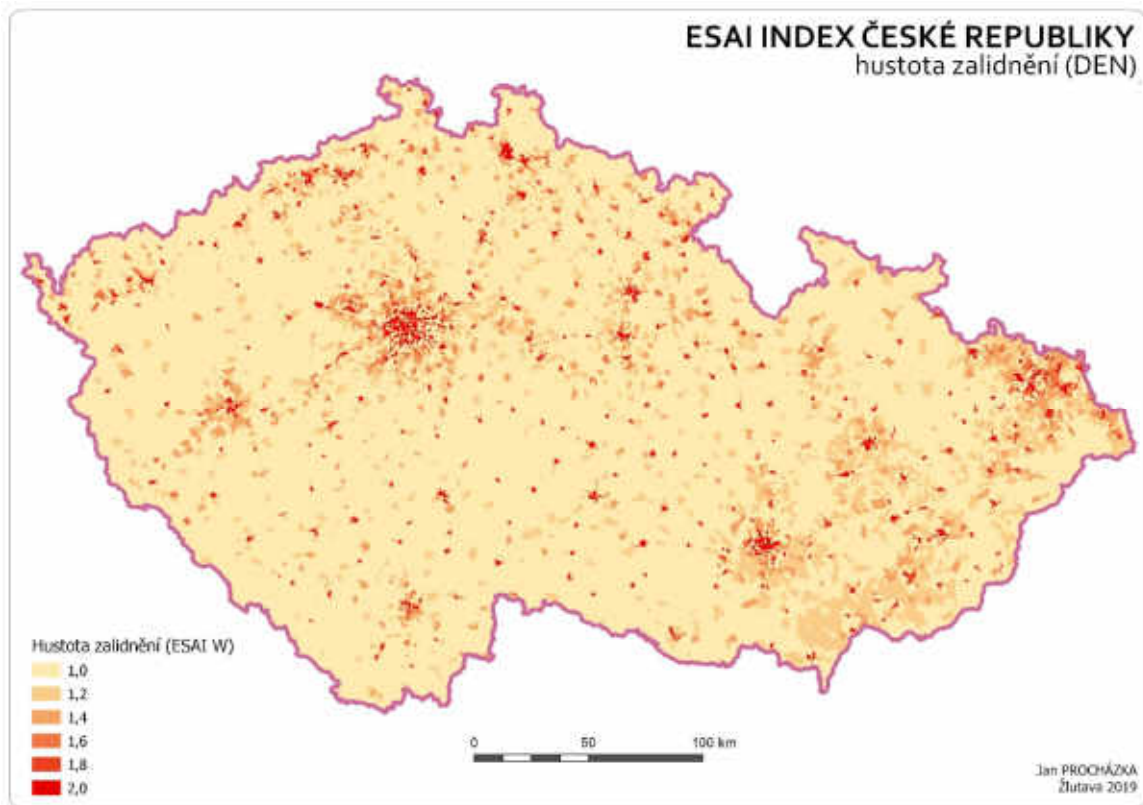




Obrázek 17 Intenzita lidské činnosti (INT)



Obrázek 18 Populační nárůst (GRW)



Obrázek 19 Hustota zalidnění (DEN)

## 5 STANOVENÍ ESAI INDEXU

Výpočet samotného ESAI indexu mohl být proveden postupně až po vytvoření všech vrstev indikátorů a vrstev jednotlivých tematických celků. Než bylo ale přistoupeno k finálnímu výpočtu tematických celků a celkového ESAI indexu, byly hledány možné alternativy zpřesnění pro některé indikátory. Podrobnosti o průběhu jsou uvedeny v následujících podkapitolách. Vztahy mezi jednotlivými indikátory, tematickými celky a celkovým ESAI indexem jsou znázorněny na obrázku č. 4.

### 5.1 Hledání alternativ k datovým zdrojům

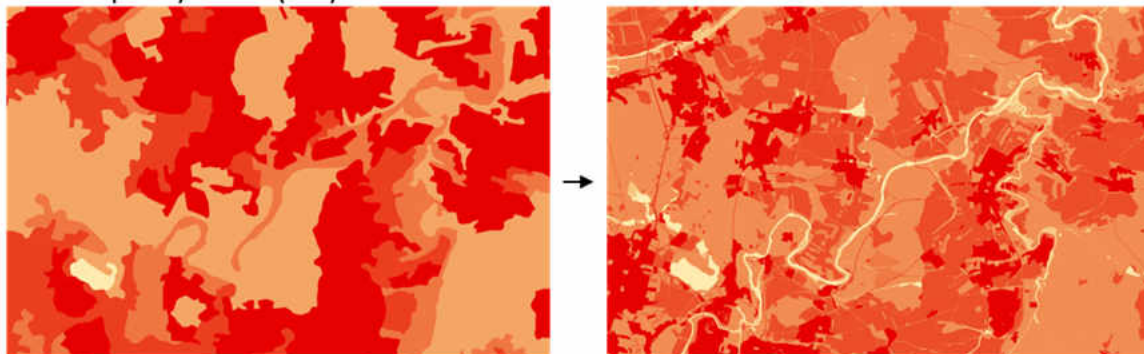
Již od počátku bylo jasné, že pro některé indikátory bude nutné nalézt vhodnější datový zdroj. Jednalo se především o vrstvy z tématu vegetace (tedy vrstvy PLA, DRO a ERO), které byly původně založené na datovém základu CORINE Landcover. Tato datová sada byla dobrým základem pro tvorbu indikátoru, kdy bylo možné relativně jednoduše získat potřebné informace prostým přiřazením hodnot sensitivity jednotlivým kategoriím, ale bohužel neodpovídala požadované přesnosti a podrobnosti lokálního měřítka.

Dalšími indikátory, které bylo možné zpřesnit byly vrstvy využívající digitální model reliéfu. DMR použitý v prvních verzích indikátorů obsahoval chyby a nepřesnosti, které opět neodpovídaly dané požadované prostorové přesnosti výsledných vrstev. Jednalo se o vrstvy SLO a ASP.

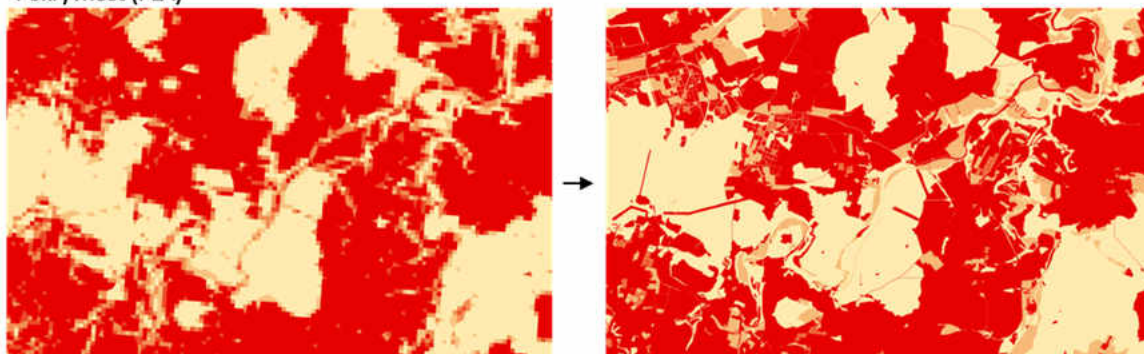
#### **Zpřesnění vrstev PLA, DRO a ERO**

U těchto vrstev bylo provedeno podstatné zpřesnění díky využití Detailní kombinované vrstvy a u vrstvy PLA použitím produktu Tree cover density z projektu Copernicus napojeného na geometrii DKV (viz kapitola č. 4.3). Rozdíly ve výsledné podrobnosti jsou velmi podstatné a viditelné na první pohled. Na obrázku č. 20 jsou zobrazené rozdíly v přesnosti pro jednotlivé vrstvy pro stejnou lokalitu v detailu lokálního měřítka.

Odolnost proti vysušování (DRO)



Pokryvnost (PLA)

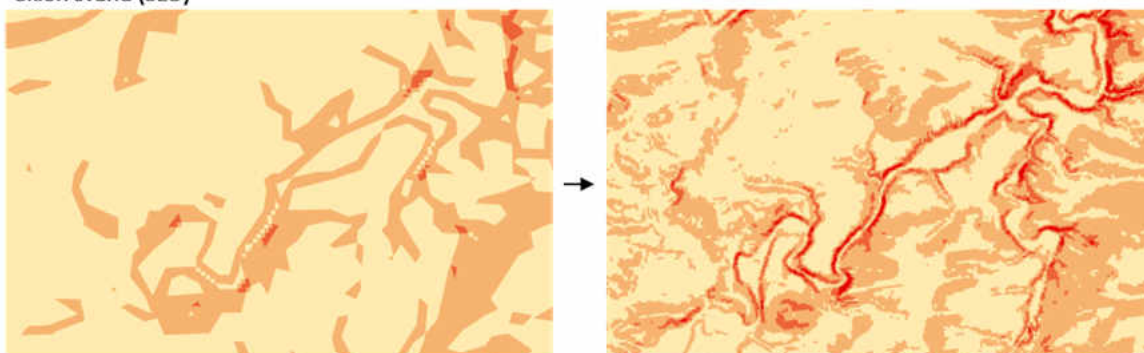


Obrázek 20 Detailní porovnání mezi původními a zpřesněnými vrstvami indikátorů DRO a PLA

### Zpřesnění vrstev SLO a ASP

Vrstvy SLO a ASP byly zpřesněny díky využití jiného DMR, konkrétně tedy DMR 5G. Výsledné vrstvy sklonu a orientace svahů tak lépe reflektují realitu. Podrobnější informace o vrstvách a průběhu tvorby indikátorů jsou uvedeny v kapitolách 4.1 a 4.2. Příklad porovnání vybrané oblasti mezi původní a zpřesněnou vrstvou indikátoru SLO viz obrázek č. 21.

Sklon svahů (SLO)



Obrázek 21 Srovnání původní a zpřesněné vrstvy indikátoru SLO

## 5.2 Výpočet celkového ESAI indexu

Po připravení všech vrstev indikátorů mohly být postupně provedeny výpočty jednotlivých tematických celků. Všechny výpočty byly prováděny v programu ArcGIS Pro 2.4.2 geoprocessingovým nástrojem *Identity*.

Výpočet byl prováděn opakovaně v rámci jednoho tematického celku, nejprve mezi dvěma vrstvami, kdy výsledek výpočtu prvních dvou indikátorů byl použit jako vstupní vrstva do dalšího kroku společně s dalším indikátorem, který byl použit jako druhý vstup. Tento postup byl opakován do té doby, než byl výpočet proveden pro všechny indikátory. Výsledek posledního výpočtu v rámci jednoho tématu byl tedy průnik hranic polygonů ze všech indikátorů daného tematického celku. V této vrstvě mohl být poté proveden výpočet celkové sensitivity dle vzorce č. 1 uvedeného v kapitole č. 3.1.1. Toto bylo prováděno již jen v rámci atributové části pomocí nástroje *Field Calculator*. Tímto získal každý polygon ve výsledné vrstvě hodnotu celkové sensitivity pro dané téma.

Vypočet celkového ESAI indexu byl proveden stejným způsobem z výsledných vrstev jednotlivých tematických celků. Postupným aplikováním nástroje *Identity* byly tedy „prořezány“ všechny výsledné vrstvy témat *Soil quality*, *Climate quality*, *Vegetation quality* a *Land management quality*. Nakonec, z atributů finální vrstvy, byl dle vzorce č. 2 uvedeným v kapitole č. 3.1.1, vypočítán celkový ESAI index.

Výsledný ESAI index byl pro publikaci dle původní metodiky rozdělen do kategorií používaných Kosmas a kol.(1999). Hodnoty indexu jsou pomocí intervalů rozděleny na typy a subtypy. Hranice mezi intervaly byly určeny a odladěny v původní metodice projektu MEDALUS a potvrzeny byly dalšími studii. Toto rozdělení je také využíváno dalšími autory v následujících studiích, proto je pro případné porovnání opodstatněné použití i v této práci. Konkrétní rozdělení je znázorněno v tabulce č. 3.

Tabulka 3 Rozdělení hodnot ESAI na typy a subtypy (Kosmas a kol., 1999)

Typ	Subtyp	Rozah hodnot ESAI
Kritický (Critical)	C3 – velmi kritické oblasti	>1,53
	C2 – středně kritické oblasti	1,42-1,53
	C1 – mírně kritické oblasti	1,38-1,41
Náchylný (Fragile)	F3 – velmi náchylné oblasti	1,33-1,37
	F2 – středně náchylné oblasti	1,27-1,32
	F1 – mírně náchylné oblasti	1,23-1,26
Potenciální (Potential)	P – potenciálně postižené oblasti	1,17-1,22
Neovlivněný (Non affected)	N – neovlivněné oblasti	<1,17

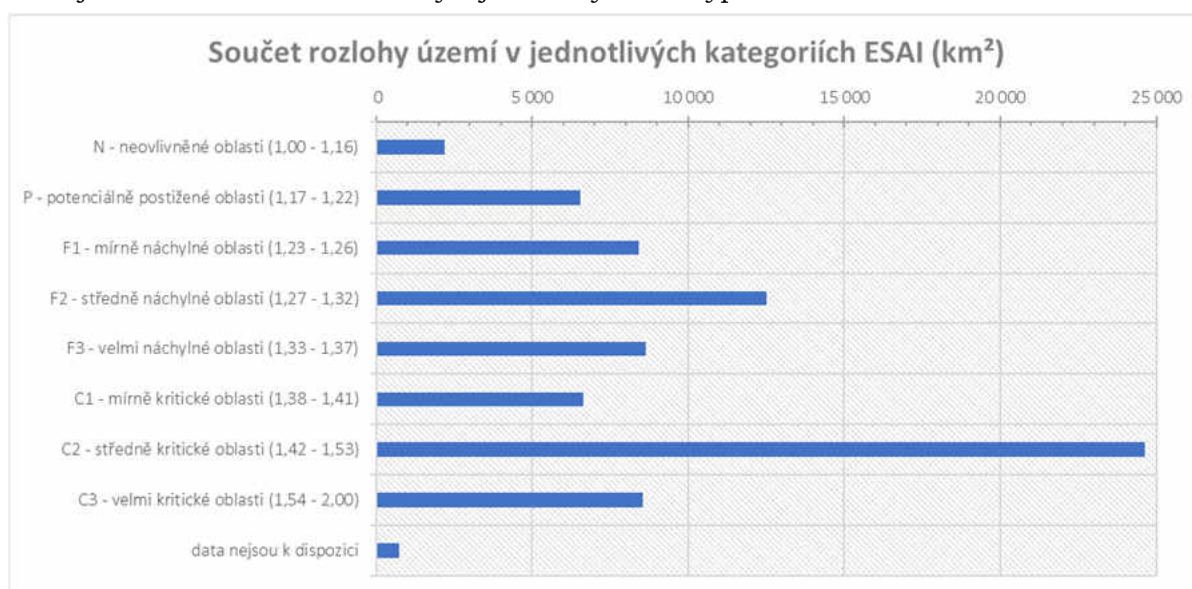
## 6 VÝSLEDKY

Výsledkem práce je zpracovaný ESAI index, který byl vyhodnocen a zobrazen pomocí mapy. Výsledek je také publikován pomocí vytvořené webové mapové aplikace. Vše je popsáno v následujících podkapitolách.

### 6.1 Vyhodnocení výsledného indexu

Hodnoty výsledného ESAI indexu byly rozděleny a klasifikovány na 4 hlavní typy a dále na celkových 8 subtypů dle původní metodiky (viz kapitola č. 5.2 a tabulka č.3). Sledována byla souhrnná plocha zastoupená v těchto kategoriích na území České republiky.

Bylo zjištěno, že 50,5 % území spadá do kategorie kritických oblastí z pohledu náchylnosti k degradaci půdy. Pouze 11,1 % území spadá do kategorie neovlivněných a nebo potenciálně postižených oblastí. 37,5 % rozlohy státu se nachází v mírně až velmi náchylných územích, 0.9 % zaujímají území pro která nebyla dostupná data. Na obrázku č. 23 je znázorněn souhrn rozlohy v jednotlivých subtypech.



Obrázek 23 Graf souhrnu rozlohy území v jednotlivých kategoriích ESAI

Dále bylo provedeno vyhodnocení za obce s rozšířenou působností (ORP). Vypočítány byly průměrné hodnoty ESAI pro všechny ORP a zjištěny nejohroženější a nejméně ohrožené obce. Tyto obce jsou zobrazeny v tabulce č. 4

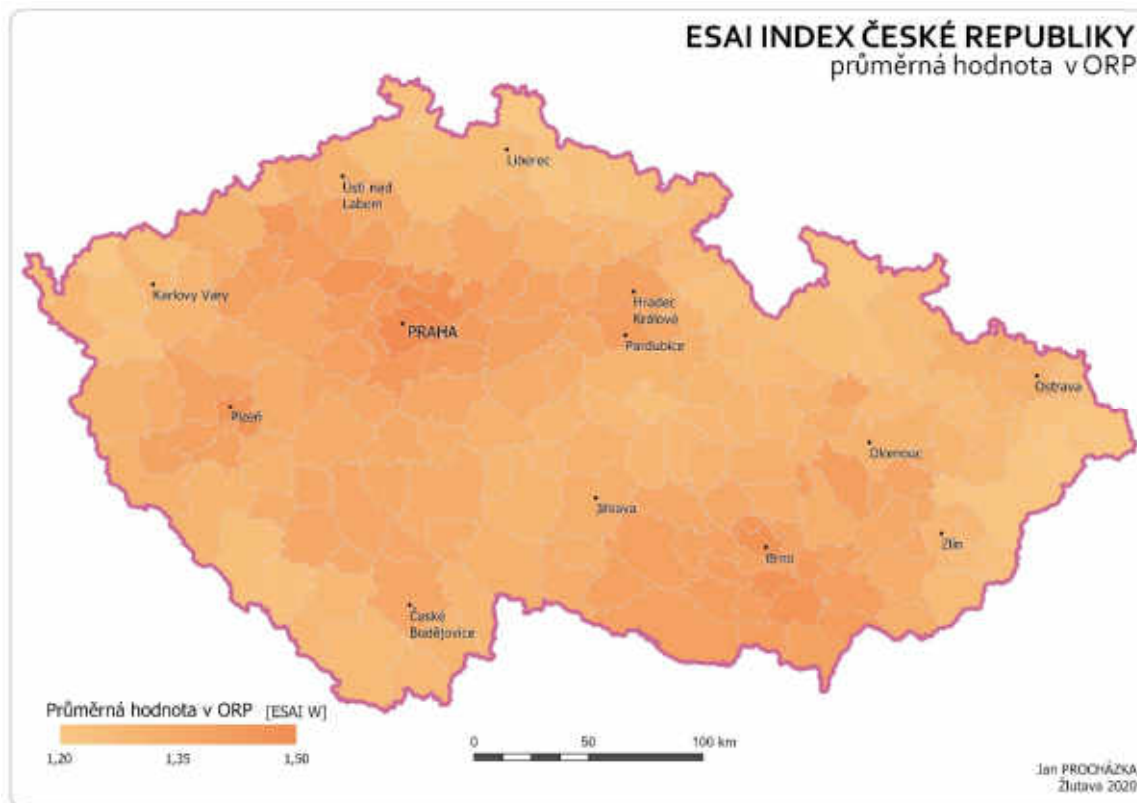
Tabulka 4 Nejohroženější a nejméně ohrožená ORP

Nejohroženější ORP		Nejméně ohrožená ORP	
Název ORP	Průměr ESAI	Název ORP	Průměr ESAI
Praha	1.50	Frýdlant nad Ostravicí	1.23
Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	1.49	Frýdlant	1.23
Brno	1.48	Kraslice	1.24
Židlochovice	1.48	Jablunkov	1.24
Plzeň	1.47	Frenštát pod Radhoštěm	1.24

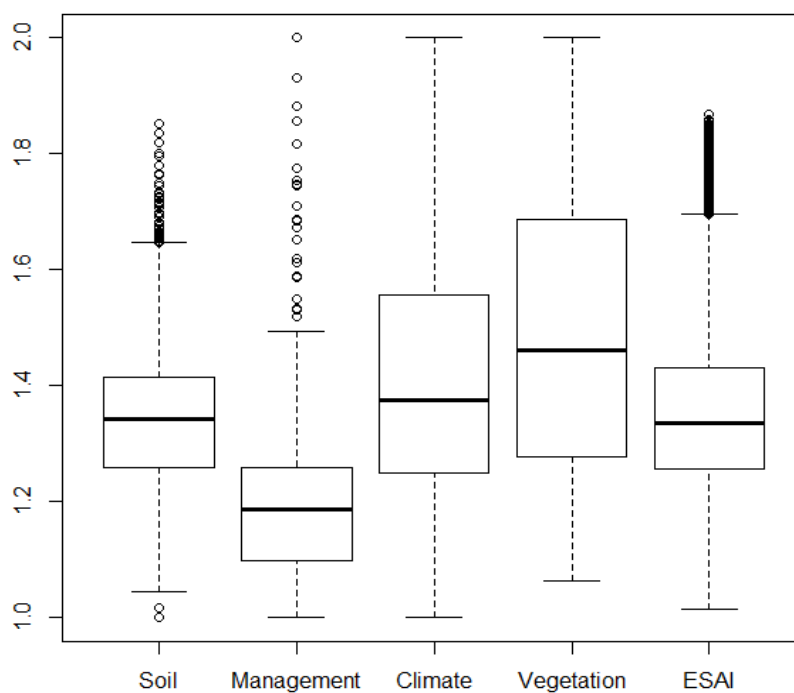
Tabulka 5 Přehled průměrných hodnot v jednotlivých ORP

Název ORP	Průměr ESAI	Název ORP	Průměr ESAI	Název ORP	Průměr ESAI	Název ORP	Průměr ESAI
Frýdlant nad Ostravicí	1.23	Český Krumlov	1.30	Ostrava	1.35	Holice	1.39
Frýdlant	1.23	Havířov	1.30	Domažlice	1.35	Uničov	1.40
Kraslice	1.24	Turnov	1.31	Nepomuk	1.35	Bílina	1.40
Jablunkov	1.24	Nová Paka	1.31	Jindřichův Hradec	1.35	Přerov	1.40
Frenštát pod Radhoštěm	1.24	Jablonec nad Nisou	1.31	Konice	1.35	Hořovice	1.40
Varnsdorf	1.24	Náchod	1.31	Bystřice nad Pernštejnem	1.35	Přeštice	1.41
Jeseník	1.25	Šternberk	1.31	Lipník nad Bečvou	1.36	Hradec Králové	1.41
Třinec	1.25	Chotěboř	1.31	Litovel	1.36	Náměšť nad Oslavou	1.41
Vsetín	1.25	Nový Jičín	1.31	Mělník	1.36	Podbořany	1.41
Železný Brod	1.25	Vizovice	1.31	Vyškov	1.36	Šlapanice	1.41
Rožnov pod Radhoštěm	1.25	Prachatice	1.31	Blovice	1.36	Horšovský Týn	1.41
Tanvald	1.26	Ústí nad Orlicí	1.31	Boskovice	1.36	Kolín	1.41
Frýdek-Místek	1.26	Valašské Meziříčí	1.31	Veselí nad Moravou	1.36	Břeclav	1.41
Semily	1.26	Kaplice	1.31	Votice	1.36	Nýřany	1.41
Bystřice pod Hostýnem	1.26	Dvůr Králové nad Labem	1.31	Jihlava	1.36	Roudnice nad Labem	1.41
Vrchlabí	1.26	Nové Město nad Metují	1.31	Teplice	1.36	Poděbrady	1.41
Jilemnice	1.27	Moravská Třebová	1.32	Kadaň	1.36	Třebíč	1.42
Rychnov nad Kněžnou	1.27	Cheb	1.32	Telč	1.36	Stod	1.42
Český Těšín	1.27	Karlovy Vary	1.32	Kutná Hora	1.37	Žatec	1.42
Rýmařov	1.27	Třeboň	1.32	Tábor	1.37	Rosice	1.42
Vimperk	1.27	Zábřeh	1.32	Uherské Hradiště	1.37	Bučovice	1.42
Rumburk	1.27	Nové Město na Moravě	1.32	Čáslav	1.37	Nymburk	1.42
Valašské Klobouky	1.27	Zlín	1.32	Blansko	1.37	Moravské Budějovice	1.42
Mariánské Lázně	1.27	Humpolec	1.32	Soběslav	1.37	Lovosice	1.42
Králíky	1.28	Žďár nad Sázavou	1.32	Kravaře	1.37	Beroun	1.42
Šumperk	1.28	Polička	1.32	Kralovice	1.37	Znojmo	1.42
Nový Bor	1.28	Bohumín	1.33	Horažďovice	1.37	Prostějov	1.43
Aš	1.28	Světlá nad Sázavou	1.33	Stříbro	1.37	Moravský Krumlov	1.43
Sušice	1.28	Chrudim	1.33	Příbram	1.37	Ivančice	1.43
Hlinsko	1.28	Trhové Sviny	1.33	Rokycany	1.37	Pohořelice	1.43
Trutnov	1.28	Litomyšl	1.33	Dačice	1.37	Pardubice	1.43
Sokolov	1.28	Pacov	1.33	Jaroměř	1.37	Kyjov	1.43
Děčín	1.28	Mnichovo Hradiště	1.33	Sedlčany	1.38	Říčany	1.43
Ostrov	1.28	Klatovy	1.33	Litoměřice	1.38	Louny	1.43
Bruntál	1.29	Pelhřimov	1.33	Kroměříž	1.38	Mikulov	1.43
Karviná	1.29	Hranice	1.33	Milevsko	1.38	Kladno	1.43
Liberec	1.29	Bílovec	1.33	Holešov	1.38	Hodonín	1.44
Vítkov	1.29	Svitavy	1.33	Přelouč	1.38	Český Brod	1.44
Luhačovice	1.29	Opava	1.34	Strakonice	1.39	Slavkov u Brna	1.45
Kopřivnice	1.29	Mohelnice	1.34	Týn nad Vltavou	1.39	Most	1.45
Orlová	1.29	Kostelec nad Orlicí	1.34	Vodňany	1.39	Černošice	1.45
Dobruška	1.30	Olomouc	1.34	Dobříš	1.39	Lysá nad Labem	1.46
Česká Třebová	1.30	Hořice	1.34	Velké Meziříčí	1.39	Neratovice	1.46
Litvínov	1.30	Chomutov	1.34	Mladá Boleslav	1.39	Hustopeče	1.47
Žamberk	1.30	Tachov	1.34	Rakovník	1.39	Kralupy nad Vltavou	1.47
Krnov	1.30	Vlašim	1.35	Otrokovice	1.39	Slaný	1.47
Broumov	1.30	Ústí nad Labem	1.35	České Budějovice	1.39	Kuřim	1.47
Lanškroun	1.30	Hlučín	1.35	Blatná	1.39	Plzeň	1.47
Česká Lípa	1.30	Vysoké Mýto	1.35	Písek	1.39	Židlochovice	1.48
Odry	1.30	Havlíčkův Brod	1.35	Tišnov	1.39	Brno	1.48
Uherský Brod	1.30	Jičín	1.35	Benešov	1.39	Brandýs nad Labem-Stará B.	1.49
				Nový Bydžov	1.39	Praha	1.50

Průměrné hodnoty ESAI v ORP byly také znázorněny v mapě, viz obrázek č. 26. 72 ORP spadá průměrnou hodnotou ESAI do kriticky ohrožené skupiny. Přehled všech ORP je uveden v tabulce č. 5. Z pohledu krajů je největší podíl kriticky ohrožených oblastí v Praze (89 %), Jihomoravském (70 %) a Středočeském kraji (68 %). Největší podíl neohrožených nebo jen potenciálně náchylných oblastí má Liberecký (25 %), Zlínský (20 %) a Moravskoslezský kraj (20 %).



Obrázek 26 Průměrné hodnoty ESAI za ORP



Obrázek 27 Krabicový graf znázorňující rozdělení hodnot v jednotlivých výsledných vrstvách



Dále bylo porovnáno rozložení hodnot v rámci jednotlivých témat a celkového ESAI indexu. Toto je zobrazeno pomocí boxplotu na obrázku č. 27. Patrné je, že kromě tématu *Vegetation quality* leží většina hodnot ve spodní polovině rozsahů hodnot sensitivity, tedy do hodnoty sensitivity 1,5, a to i přesto, že polovina území ČR spadá do kriticky ohrožené kategorie. Nejmenší rozptyl mají hodnoty tématu *Land management quality*, největší naopak hodnoty *Vegetation quality*. U celkového ESAI indexu se nachází většina hodnot mezi 1,0 až 1,65. Nad touto hodnotou se vyskytují již pouze outliery.

## 6.2 Výsledné vrstvy ESAI indexu

Mezi výsledné vrstvy ESAI indexu patří jednotlivé tematické vrstvy a celkový ESAI index. Výsledné hodnoty sensitivity u každé z tematických vrstev byly rozděleny do třech kategorií dle výsledné kvality území pro dané téma. Pro klasifikaci bylo použito rozdělení na tercily. Hodnoty, kde nebyla dostupná data byly zobrazeny samostatně. Celkový ESAI index byl rozdělen na typy a subtypy dle metodiky tak, jak je popsáno v kapitole č. 5.2.

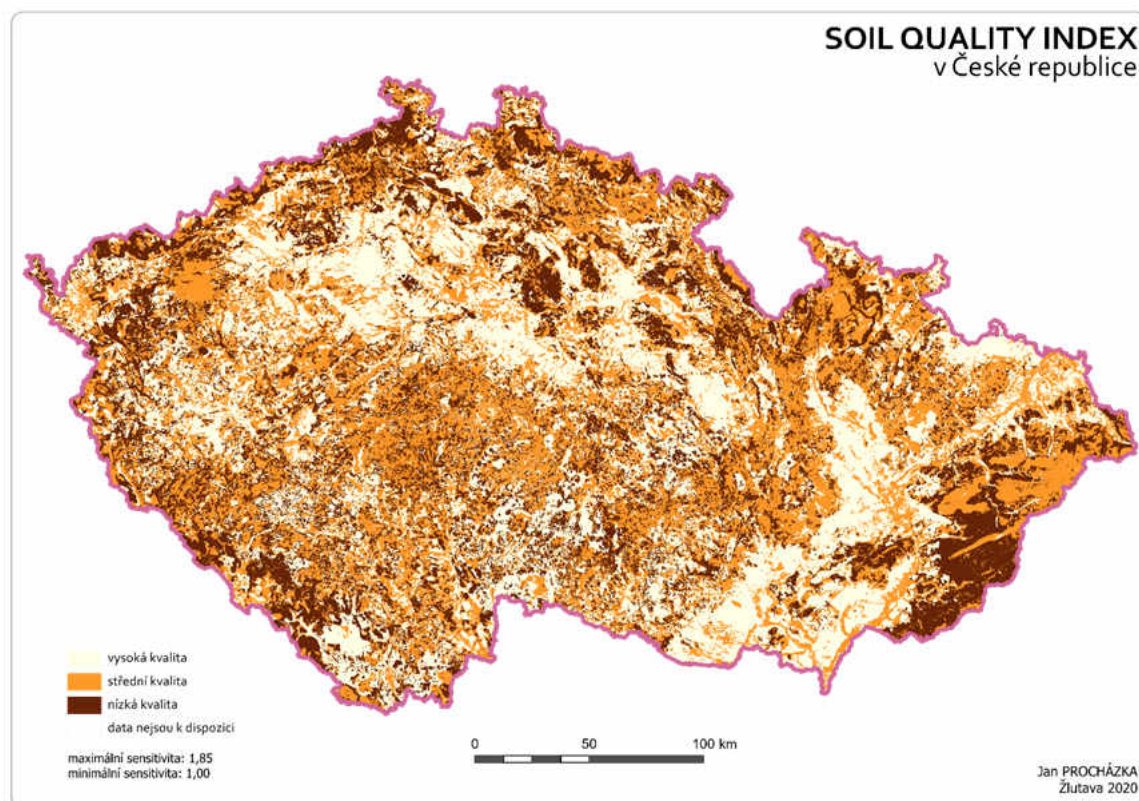
### Soil quality

U této vrstvy byly použity hraniční hodnoty intervalů pro rozdělení do kategorií:

Vysoká kvalita – 1,00 – 1,30,

střední kvalita – 1,31 – 1,41,

nízká kvalita - 1,41 – 2,00.



Obrázek 28 Výsledná vrstva pro téma *Soil quality*

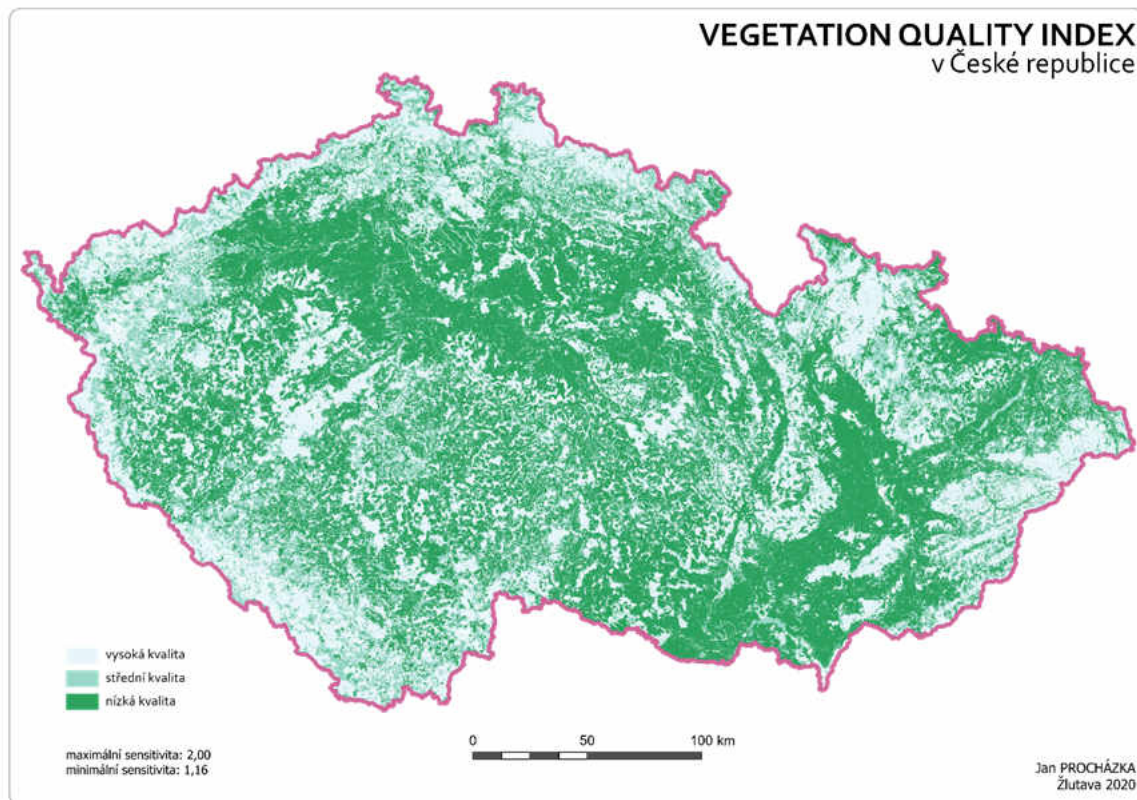
### Vegetation quality

Zde byly použity hraniční hodnoty intervalů pro rozdělení do kategorií:

Vysoká kvalita – 1,00 – 1,30,

střední kvalita – 1,31 – 1,60,

nízká kvalita – 1,61 – 2,00.



Obrázek 29 Výsledná vrstva pro téma *Vegetation quality*

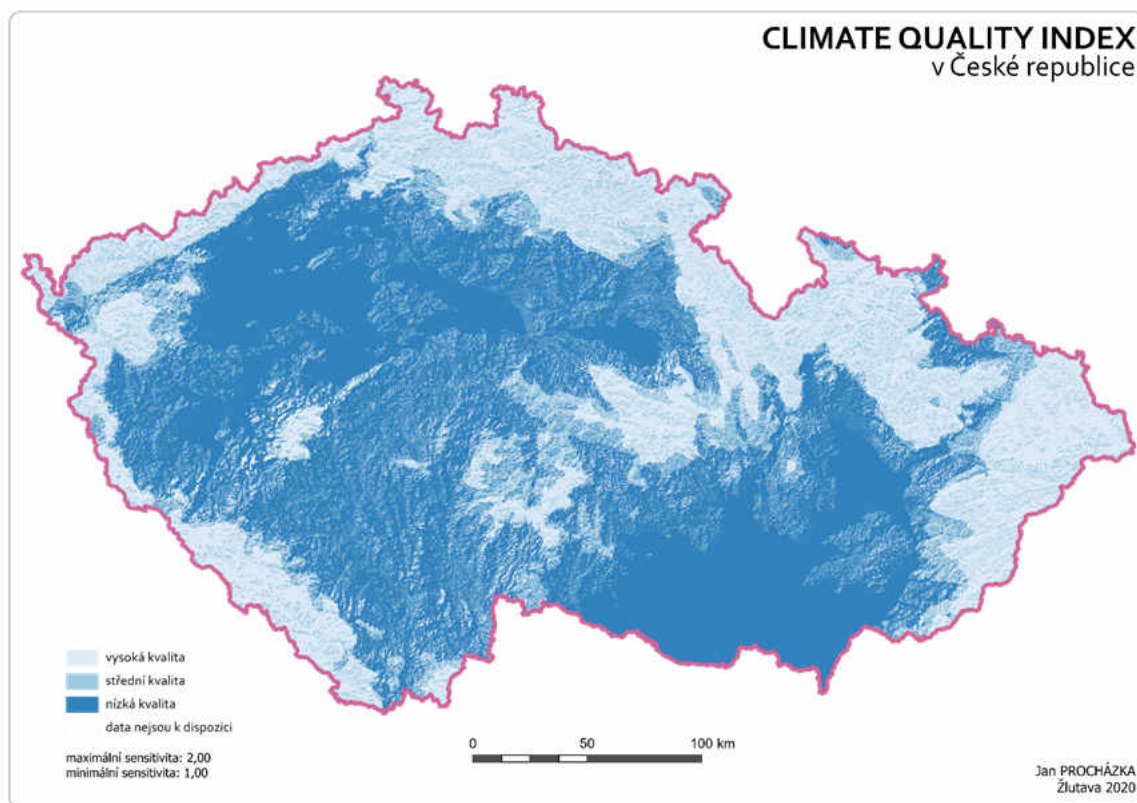
### Climate quality

Pro tuto vrstvu byly použity hraniční hodnoty intervalů pro rozdělení do kategorií:

Vysoká kvalita – 1,00 – 1,25,

střední kvalita – 1,26 – 1,38,

nízká kvalita - 1,39 – 2,00.



Obrázek 3022 Výsledná vrstva pro téma *Climate quality*

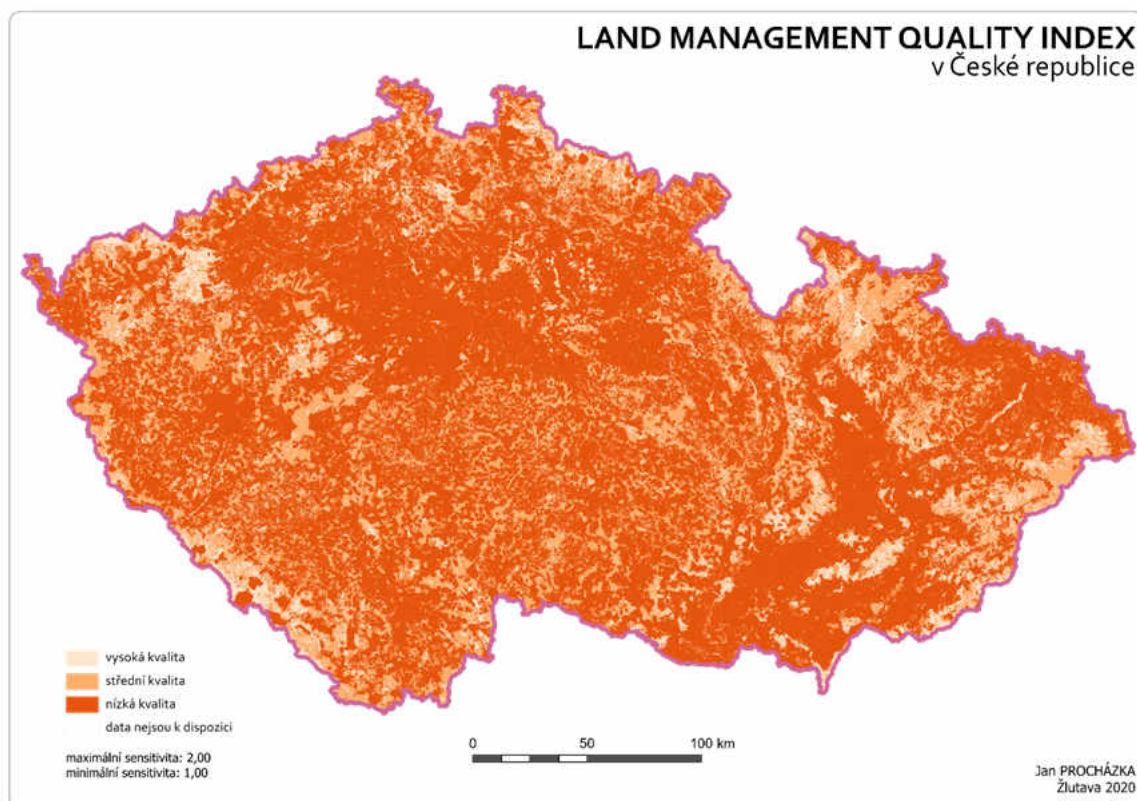
### Land management quality

Hraniční hodnoty intervalů pro rozdělení do kategorií byly u této vrstvy:

Vysoká kvalita – 1,00 – 1,05,

střední kvalita – 1,06 – 1,16,

nízká kvalita - 1,17 – 2,00.



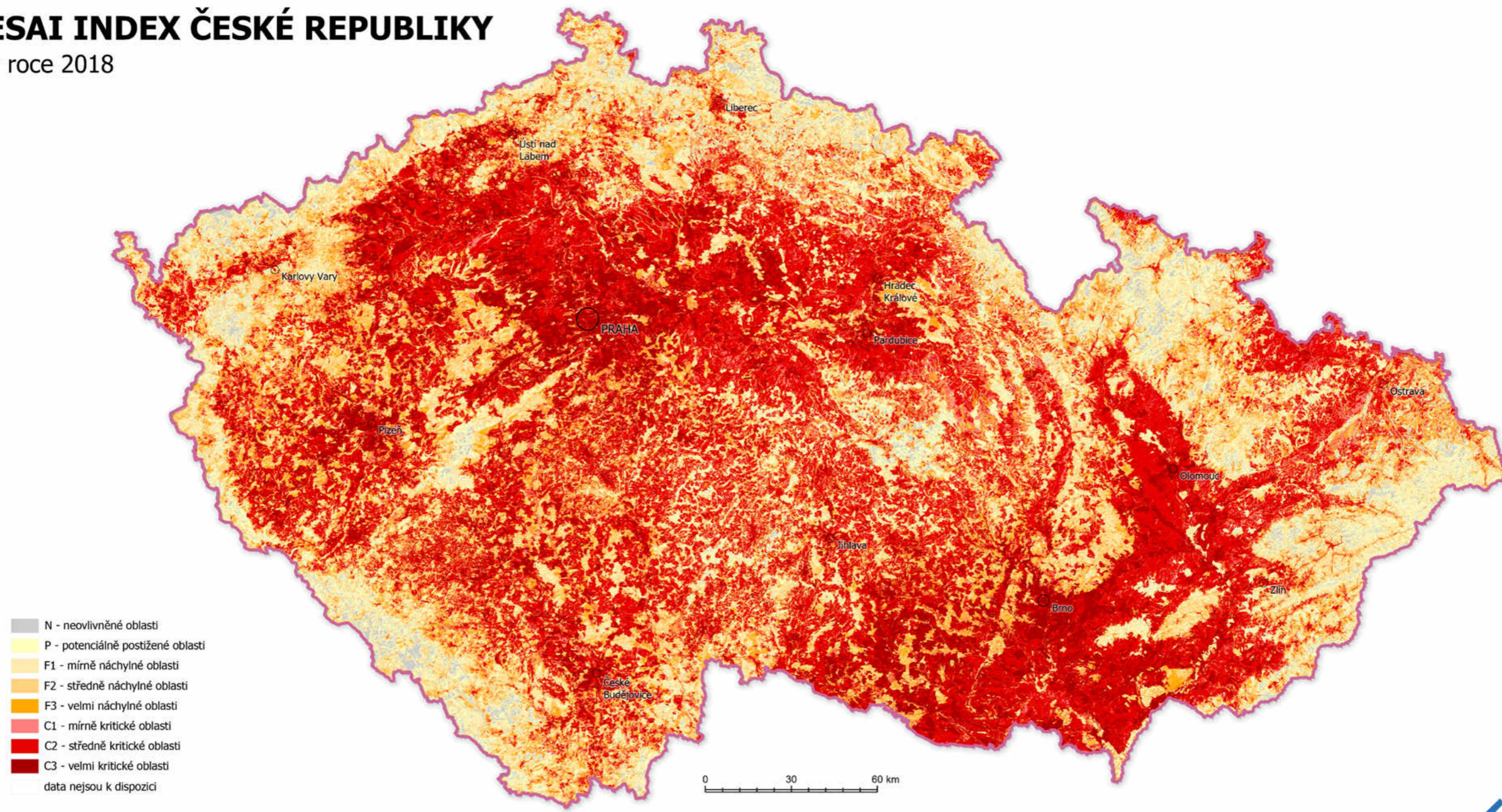
Obrázek 31 Výsledná vrstva pro téma *Land management quality*

### Celkový ESAI index

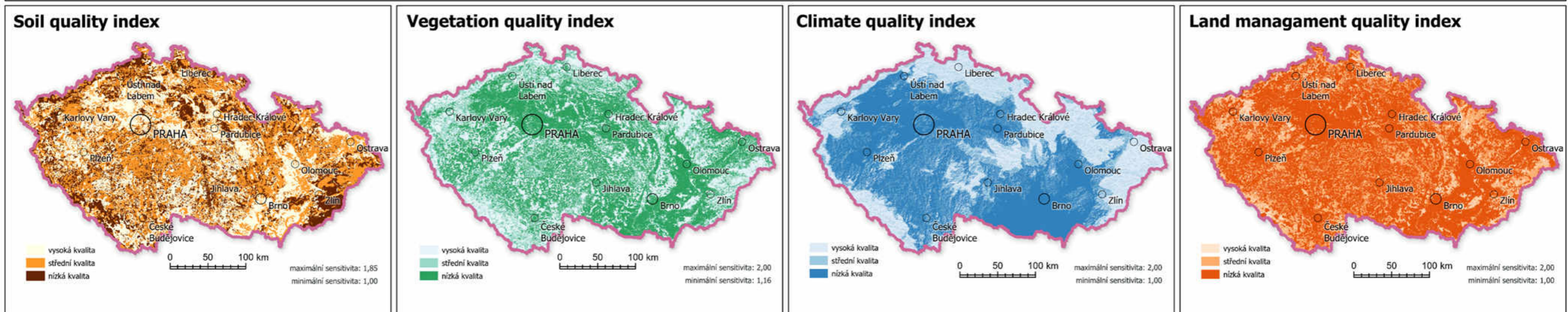
Finální vrstva celkového ESAI indexu byla klasifikována do intervalů uvedených v metodice dle tabulky na obrázku č. 3. Více podrobností o tomto přístupu bylo uvedeno v kapitole č. 5.2. Finální ESAI index je zobrazen v mapě na obrázku č. 32.

# ESAI INDEX ČESKÉ REPUBLIKY

v roce 2018



Jan PROCHÁZKA  
Žlutava 2020  
KATEDRA GEONFORMATIKY  
Univerzita Palackého v Olomouci



Obrázek 32 Celkový ESAI index včetně výsledných tematických celků

## 6.3 Publikace výsledných vrstev

Součástí práce byla dle zadání také publikace výsledného ESAI indexu pomocí webové mapové aplikace. Pro potřeby aplikace byla na katederním serveru publikována výsledná vrstva ESAI indexu jako webová služba. Z počátku byla snaha o publikaci vrstvy jako webové Feature služby, která by obsahovala všechny informace včetně atributů, což se ale ukázalo vzhledem k obrovskému objemu dat velkým problémem. Výsledná vrstva obsahuje i po klasifikování do kategorií přes 11 000 000 segmentů. Zvažováno bylo využití vektorových dlaždic, ale nakonec bylo přistoupeno k použití dvou překrývajících se vrstev, kdy je vrstva vygenerována jako rastrová dlaždicová služba (adresa služby [https://gislib.upol.cz/arcgis/rest/services/Hosted/ESAI\\_tile/MapServer](https://gislib.upol.cz/arcgis/rest/services/Hosted/ESAI_tile/MapServer)) a pro potřebnou interaktivitu je přes tuto vrstvu umístěna vektorová Feature vrstva bez nastavené symbologie, díky čemuž je možná získat potřebné informace z atributové tabulky, které jsou využity pro tvorbu grafů a interaktivních ukazatelů. Adresa této služby je: <https://gislib.upol.cz/arcgis/rest/services/imalbes/esai/FeatureServer>. Dále je použita vrstva ORP obohacená o informace o hodnotách ESAI indexu pro každou ORP. Poslední použitou vrstvou je vrstva státní hranice. Ze všech těchto vrstev je vytvořena webová mapa v rozhraní ArcGIS Web Map Viewer, na základě které je vytvořena samotná mapová aplikace.

### Mapová aplikace

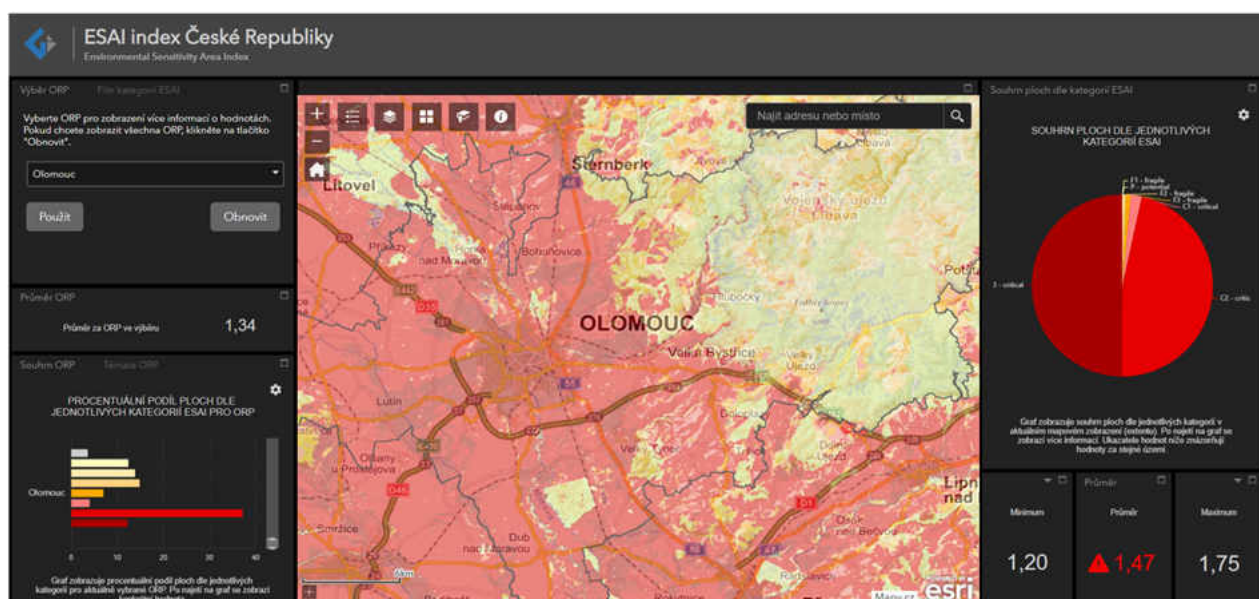
Mapová aplikace byla vytvořena pomocí nástroje ArcGIS Web AppBuilder. Nejprve bylo vyzkoušeno více pracovních verzí a různých motivů, včetně Dashboards, ale nakonec jediným možným, který splňoval všechny požadavky pro přizpůsobení a umožňoval zobrazení všech grafů a infografik byl motiv Řídícího panelu. Použity byly widgety filtrování dat, infografiky (ukazatele průměrných, minimálních a maximálních hodnot viditelných v mapovém okně, graf souhrnu dle jednotlivých kategorií ESAI dle hodnot viditelných v aktuálním mapovém okně a grafy pro zobrazení relativního podílu ploch v jednotlivých kategoriích ESAI a zobrazující průměrné hodnoty jednotlivých tematických celků pro vybrané ORP. Aplikace tedy umožňuje tyto funkce:

- základní ovládací prvky – zoom in/out, domů, vyhledání adresy,
- zobrazení měřítka a přesných souřadnic v souřadnicovém systému WGS84,
- zobrazení legendy, přepínač vrstev, nastavení průhlednosti vrstev, přepínač podkladových map, prostorové záložky, informace o tvorbě ESAI indexu
- zjištění aktuální hodnoty ESAI pro daný segment,
- filtrace a vyhledání ORP a přiblížení mapového okna dle nastaveného filtru na zvolené ORP
- filtr umožňující vypnutí/zapnutí jednotlivých kategorií ESAI (pouze pro graf souhrnu ploch dle kategorií),
- interaktivní zobrazení souhrnu ploch v jednotlivých kategoriích ESAI pro aktuální mapový náhled,
- interaktivní grafy zobrazující průměrné hodnoty jednotlivých kategorií ESAI a tematických celků ve vybraných ORP,
- infografika zobrazující průměrné, minimální a maximální hodnoty ESAI pro aktuální mapový náhled a průměrnou hodnotu ESAI pro vybrané ORP.

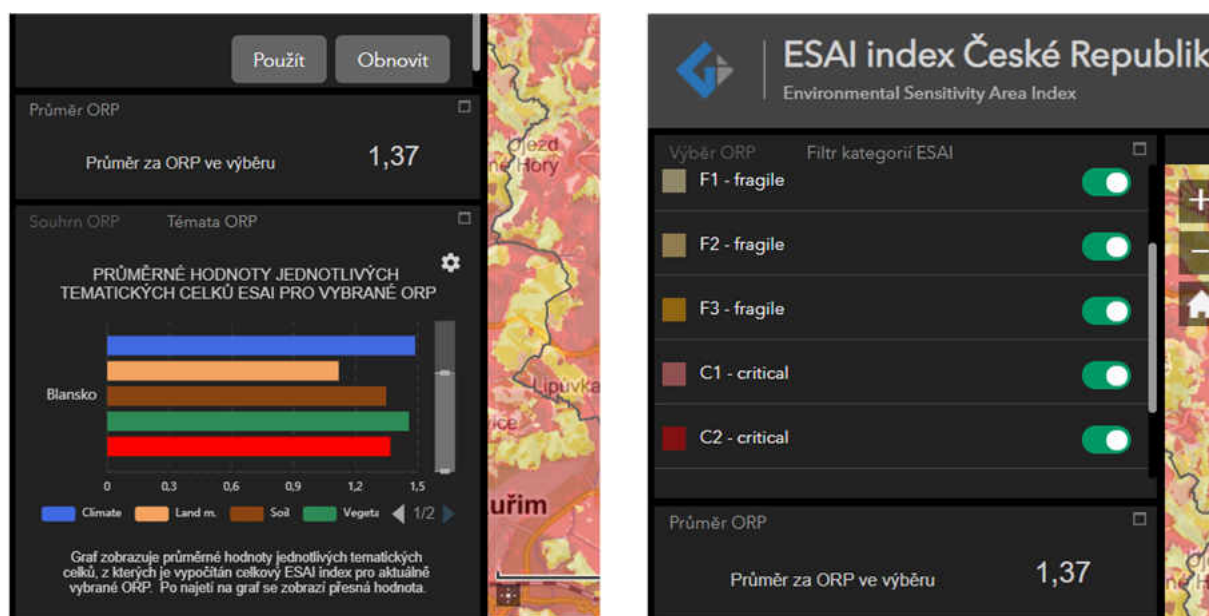
Aplikace byla vytvořena nejprve v rozhraní ArcGIS Online a poté včetně dat migrována na katederní ArcGIS Enterprise za pomoci online nástroje ArcGIS Online Assistant. Aby přesunutá aplikace správně fungovala, bylo nutné přenastavit pomocí nástroje parametry v JSON souborech a upravit informace o cestách k datům a webové mapě u přesunuté mapové aplikace.

Náhledy mapové aplikace jsou zobrazeny na obrázcích č. 33 až 35 a tato je dostupná na adrese

<https://gislib.upol.cz/portal/apps/webappviewer/index.html?id=a2be14091b1540bc9a44b344aa4eb424>. Alternativně je k aplikaci také možné přistoupit pomocí zkrácené URL adresy <https://tinyurl.com/esai-cz> a nebo QR kódu zobrazeného na obrázku č. 36.



Obrázek 23 Náhled rozhraní mapové aplikace



Obrázek 34 a 35 Náhled rozhraní mapové aplikace a filtr kategorií ESAI



Obrázek 36 QR kód pro přístup k mapové aplikaci  
(alternativní URL adresa: <https://tinyurl.com/esai-cz>)



## 7 DISKUZE

Použitá metodika je vytvořena a ověřena ve Středomoří. Je ale otázkou, jak moc je možné tyto metody přenést na podmínky vnitrozemí a mírného klimatu, jako je Česká republika. Přibývá sice studií využívajících metodiku ESAs i v oblastech odlišných klimatických podmínek, než jaké jsou ve Středomoří, ale otázkou může být, jak moc výsledky odpovídají realitě a zda-li by se k problematice nemělo přistupovat z jiného pohledu.

Přesnost výsledného indexu je také přímo úměrná přesnosti zdrojových dat. Z tohoto může vyplývat více problémů, které mohou výrazně ovlivnit výsledky výpočtů. Nikdy není možné získat všechna data v požadované přesnosti pro výslednou požadovanou prostorovou přesnost. Toto není možné již z podstaty některých dat, jako jsou například data o vegetačním pokryvu a nebo přesná data o průměrných srážkách a teplotě. V těchto případech mohou být tyto rozdíly již výrazné a mohou negativně ovlivnit výsledky. Dochází tedy ke kombinování různých datových zdrojů dohromady a některé indikátory mohou mít výrazně horší přesnost. Toto může být problémem i v rámci jedné vrstvy indikátoru, kdy je z důvodu nedostupnosti dat pro celé území nutné je kombinovat mezi sebou a vrstva indikátoru pak má rozdílnou přesnost pro různá území. Příkladem může být kombinace dat lesnických a dat o zemědělské půdě. Z tohoto může vyplývat další problém a to je v těchto případech také použití rozdílného způsobu reklasifikace nebo přepočtu reálných hodnot na hodnoty sensitivity pro každý datový zdroj. Tímto mohou být kumulovány další chyby, nejen co se týče různé prostorové přesnosti dat, ale také procesní chyby v méně přesném způsobu přepočtu u některých dat.

Díky kombinaci velkého počtu vrstev, kdy každá pochází z jiného zdroje a většinou jsou dostupné pouze pro území České republiky a také díky podstatě způsobu výpočtu, není možné provést výpočet pro celé území České republiky. Mezi vrstvami jsou rozdíly na okrajích území, kdy hranice pokrytého území není stejná. Aby bylo možné provést výpočet pro celé území i podél státní hranice, bylo by nutné, aby všechny použité vrstvy dodržovaly stejnou státní hranici a byly tedy již vytvořeny dle nějaké závazné normy a nebo aby svým rozsahem přesahovaly území České republiky.

Z výše uvedeného vyplývá, že principy celkového indexu a samotného výpočtu jsou velmi jednoduché, ale velkým problémem je zajistit odpovídající data. Některá data jsou při výpočtech pro území celé České republiky velmi objemná a práce s těmito daty je zdlouhavá a náročná, co se týče potřebného výpočetního výkonu. Klíčové je také data vhodně reklasifikovat na hodnoty sensitivity, kdy je ve většině případů nutné odborné posouzení.

V neposlední řadě může být problémem správná interpretace dat. Otázkou může být, zda je opravdu vhodné používat pro podmínky České republiky rozdělení výsledného indexu na typy, které byly ověřeny a validovány v jiných klimatických podmínkách. Tímto by se mohlo zásadně lišit označení toho, jaká území jsou kritická ve vztahu k náchylnosti k degradaci půdy.

## 8 ZÁVĚR

Cílem práce byl výpočet ESAI indexu v lokálním měřítku pro území celé České republiky. Před započítáním výpočtů bylo nutné podrobné seznámení se s problematikou Environmental Sensitive Areas, kterou kvantifikuje ESAI index. Na začátku byla zpracována rešerše popisující danou problematiku a její metody a postupy zpracování.

V praktické části byla důležitým krokem příprava dat a vytvoření vrstev indikátorů potřebných pro výpočet tematických celků i celkového ESAI indexu. Po prvotním vytvoření všech indikátorů bylo provedeno zpřesnění pro indikátory pokrývnosti (PLA), odolnosti proti vysušování (DRO), ochrany před erozí (ERO), sklonu a orientace svahů (SLO a ASP). U těchto indikátorů byl nalezen vhodnější datový zdroj a poté byly znovu vytvořeny.

Po dokončení všech indikátorů byly vypočítány indexy sensitivity pro tematické celky *Soil quality*, *Vegetation quality*, *Climate quality* a *Land management quality*. Z těchto vrstev byl nakonec vypočítán celkový ESAI index, jehož hodnoty byly klasifikovány do tříd dle původní metodiky. Tímto vznikly typy dále porovnatelné s ostatními studii prováděnými ve studiích po celém světě.

Hlavním výsledkem práce byl vypočítaný celkový ESAI index, který byl dále vyhodnocen. Z výsledků bylo zjištěno, že 50,5 % rozlohy území České republiky se nachází v oblastech kriticky ohrožených degradací půdy. Pouze 2,8 % rozlohy území není vůbec ohroženo. U 0,9 % rozlohy území nebyla dostupná data. Výsledná data byla také porovnávána v rámci obcí s rozšířenou působností. Bylo zjištěno, že 72 ORP patří průměrnou hodnotou sensitivity do kriticky ohrožené skupiny. Nejohroženější jsou ORP ve středních Čechách a Polabské nížině, na jihu Moravy, v okolí Plzně a Ostravy. Nejohroženější ORP je Praha, nejméně ohrožené jsou ORP Frýdlant a Frýdlant nad Ostravicí.

Výsledný ESAI index byl publikován jako dlaždicová mapová služba. Dále byla pomocí ArcGIS Web App Builder vytvořena webová mapová aplikace využívající tato data. Tato aplikace běží na platformě katederního ArcGIS Enterprise. Vytvořená aplikace zobrazí klasifikovanou vrstvu výsledného ESAI indexu, sumarizuje data a zobrazí pomocí grafu informace o podílech ploch jednotlivých kategorií, zobrazí maximální, průměrné a minimální hodnoty sensitivity a dále interaktivně zobrazí pomocí grafu podrobnosti o hodnotách za ORP včetně podílech ploch v jednotlivých kategoriích finálního ESAI indexu.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BAARTMAN, Jantiene, VAN LYNDEN, Godert, REED, Mark, RITSEMA, Coen, HESSEL, Rudi. Desertification and land degradation: origins, processes and solution – A literature review, 2007.

BASSO, F, E BOVE, S DUMONTET, A FERRARA, M PISANTE, G QUARANTA a M TABERNER. Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). *CATENA* [online]. 2000, 40(1), 19-35 [cit. 2020-03-01]. DOI: 10.1016/S0341-8162(99)00062-4. ISSN 03418162. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816299000624>

BEDNÁŘ, Marek a Bořivoj ŠARAPATKA. The Use of Multi-Criteria Analysis for Identifying Areas Sensitive to Land Degradation and water Retention. *Ekológia (Bratislava)* [online]. 2018, 37(1), 90-100 [cit. 2020-04-05]. DOI: 10.2478/eko-2018-0009. ISSN 1337-947X. Dostupné z: <https://content.sciendo.com/doi/10.2478/eko-2018-0009>

CANORA, Filomena, Annachiara D'ANGELLA a Antonello AIELLO. Quantitative assessment of the sensitivity to desertification in the Bradano River basin (Basilicata, southern Italy). *Journal of Maps* [online]. 2015, 11(5), 745-759 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1080/17445647.2014.980857. ISSN 1744-5647. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2014.980857>

CONTADOR, J. F. Lavado, S. SCHNABEL, A. Gómez GUTIÉRREZ a M. Pulido FERNÁNDEZ. Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura. SW Spain. *Land Degradation & Development* [online]. 2009, 20(2), 129-144 [cit. 2020-04-3]. DOI: 10.1002/ldr.884. ISSN 10853278. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ldr.884>

DE PINA TAVARES, Jacques, Isaurinda BAPTISTA, António J.D. FERREIRA, et al. Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region Case study of the Ribeira Seca Watershed, Santiago Island, Cabo Verde. *CATENA* [online]. 2015, 128, 214-223 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.catena.2014.10.005. ISSN 03418162. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816214002811>

ELD Initiative. The value of land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management [online]. 2015. [cit. 2020-08-10]. Dostupné z: <https://www.eld-initiative.org/>

EUROPEAN COMMISSION. *Česká-republika: Obyvatelstvo: Demografická situace, jazyky a náboženství* [online]. 2019 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: [https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/population-demographic-situation-languages-and-religions-21\\_cs](https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/population-demographic-situation-languages-and-religions-21_cs)

EVROPSKÝ UČETNÍ DVŮR. *Zvláštní zpráva č. 33/2018: Desertifikace v EU: boj s touto rostoucí hrozbou vyžaduje více opatření* [online]. 18.12.2018 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/desertification-33-2018/cs>

Geology.cz: *GEOLOGIE ČESKÉ REPUBLIKY* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/svet-geologie/poznej-geologii/geologie-cr>

HIEN, Le Thi Thu, Anne GOBIN a Pham Thi Thanh HUONG. Spatial indicators for desertification in southeast Vietnam. *Natural Hazards and Earth System Sciences* [online]. 2019, 19(10), 2325-2337 [cit. 2020-04-05]. DOI: 10.5194/nhess-19-2325-2019. ISSN 1684-9981. Dostupné z: <https://nhess.copernicus.org/articles/19/2325/2019/>

IMBRENDA, V., M. D'EMILIO, M. LANFREDI, M. MACCHIATO, M. RAGOSTA a T. SIMONIELLO. Indicators for the estimation of vulnerability to land degradation derived from soil compaction and vegetation cover. *European Journal of Soil Science* [online]. 2014, 65(6), 907-923 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1111/ejss.12184. ISSN 13510754. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ejss.12184>

KOSMAS, C., KIRKBY, M. J., GEESON, N. The Medalus project: Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification, 1999. Brussels: European Commission. Directorate-General Science, Research and Development.

KOSMAS, C., Or. KAIRIS, Ch. KARAVITIS, et al. Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Methodological Approach. *Environmental Management* [online]. 2014, 54(5), 951-970 [cit. 2020-03-01]. DOI: 10.1007/s00267-013-0109-6. ISSN 0364-152X. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00267-013-0109-6>

LEE, Eun Jung, Dongfan PIAO, Cholho SONG, et al. Assessing environmentally sensitive land to desertification using MEDALUS method in Mongolia. *Forest Science and Technology* [online]. 2019, 15(4), 210-220 [cit. 2020-03-01]. DOI: 10.1080/21580103.2019.1667880. ISSN 2158-0103. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21580103.2019.1667880>

MARTINEZ-SANCHEZ, Maria, PEREZ, Carmen, GARCÍA-LORENZO, M.L, MOLINA-RUIZ, José. An evaluation of the environmental sensitivity to land degradation in Murcia Region, SE Spain. *Fresenius Environmental Bulletin* [online]. 2015. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/292392132\\_An\\_evaluation\\_of\\_the\\_environmental\\_sensitivity\\_to\\_land\\_degradation\\_in\\_Murcia\\_Region\\_SE\\_Spain](https://www.researchgate.net/publication/292392132_An_evaluation_of_the_environmental_sensitivity_to_land_degradation_in_Murcia_Region_SE_Spain)

MEDALUS Mediterranean Desertification and Land Use 1991-1999 [online]. 1999. [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <http://www.medalus.demon.co.uk/index.htm>

MIDDLETON, N, THOMAS, DSG (Eds.) EDWARD, Arnold, World Atlas of Desertification, 2nd Edition, [online]. 1997, 192 s. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <http://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/30300>

MOMIROVIĆ, Natalija, Ratko KADOVIĆ, Veljko PEROVIĆ, Miloš MARJANOVIĆ a Aleksandar BAUMGERTEL. Spatial assessment of the areas sensitive to degradation in the rural area of the municipality Čukarica. *International Soil and Water Conservation Research* [online]. 2019, 7(1), 71-80 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.iswcr.2018.12.004. ISSN 20956339. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S209563391830162X>

PRĂVĂLIE, Remus, Ionuț SĂVULESCU, Cristian PATRICHE, Monica DUMITRAȘCU a Georgeta BANDOC. Spatial assessment of land degradation sensitive areas in southwestern Romania using modified MEDALUS method. *CATENA* [online]. 2017, 153, 114-130 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.catena.2017.02.011. ISSN 03418162. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816217300644>

SALVATI, Luca a Sofia BAJOCCO. Land sensitivity to desertification across Italy: Past, present, and future. *Applied Geography* [online]. 2011, 31(1), 223-231 [cit. 2020-03-01]. DOI: 10.1016/j.apgeog.2010.04.006. ISSN 01436228. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622810000524>

SOBÍŠEK, B. a kol. Meteorologický slovník, výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha: vyd. Academia, 1993. 594 s. ISBN 80-85368-45-5.

STRŽÍNEK, Filip. *VÍCEMĚŘÍTKOVÁ APLIKACE MODELU CZ-GLOBIO*. Olomouc, 2018. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky. Vedoucí práce Vilém Pechanec.

SYMEONAKIS, Elias, Nikolaos KARATHANASIS, Sotirios KOUKOULAS a George PANAGOPOULOS. Monitoring Sensitivity to Land Degradation and Desertification with the Environmentally Sensitive Area Index: The Case of Lesvos Island. *Land Degradation & Development* [online]. 2016, 27(6), 1562-1573 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1002/ldr.2285. ISSN 10853278. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ldr.2285>

ŠARAPATKA, Bořivoj a Marek BEDNÁŘ. Assessment of Potential Soil Degradation on Agricultural Land in the Czech Republic. *Journal of Environmental Quality* [online]. 2015, 44(1), 154-161 [cit. 2020-04-08]. DOI: 10.2134/jeq2014.05.0233. ISSN 00472425. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.2134/jeq2014.05.023>

UNCCD. United Nations convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa, 1994.

VIEIRA, R. M. S. P., J. TOMASELLA, R. C. S. ALVALÁ, et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Solid Earth* [online]. 2015, 6(1), 347-360 [cit. 2020-04-05]. DOI: 10.5194/se-6-347-2015. ISSN 1869-9529. Dostupné z: <https://se.copernicus.org/articles/6/347/2015/>

QUITT, Evžen. Klimatické oblasti Československa: Climatic regions of  
Czechoslovakia. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971. Studia Geographica.

## **PŘÍLOHY**

# **SEZNAM PŘÍLOH**

## **Volné přílohy**

Příloha 1 Poster

Příloha 2 DVD