

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

**ANALÝZY A MODELOVÁNÍ VHODNOSTI  
KRAJINY PRO VČELAŘENÍ**

**Diplomová práce**

**Ondřej MRKLOVSKÝ**

**Vedoucí práce RNDr. Jan BRUS, Ph.D.**

**Olomouc 2023**  
**Geoinformatika a kartografie**

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá modelováním vhodnosti krajiny pro včelaření. V teoretické části práce jsou shrnuty metody a použité datové zdroje předchozích podobných prací, popsáno hodnocení jednotlivých faktorů a definovány základní pojmy. Na základě teoretické části byly vybrány faktory relevantní pro včelaření. Práce pro modelování využívá širokou škálu faktorů, mezi které patří využití území, nadmořská výška, sklon a orientace svahu, průměrná teplota vzduchu, průměrné srážky, vzdálenost od silnic, zóny vlivu komunikací a hustota zavčelení. Pro všechny faktory byly nalezeny vhodné datové zdroje a data byla převedena do jednotného formátu. Bylo provedeno dotazníkové šetření mezi zkušenými včelaři. Na základě dotazníkového šetření byly kalibrovány hodnoty a váhy jednotlivých faktorů. Faktory byly ohodnoceny podle vlivu na vhodnost krajiny pro včelaření a byla jim přidělena váha – význam dané vrstvy. Hlavním výstupem práce je model vhodnosti krajiny pro včelaření a výstupní datové sady – vhodnost krajiny pro včelaření a vhodnost lokality pro umístění včelnice. Data jsou prezentována v odpovídajících mapových výstupech. Mapové výstupy jsou v práci vhodně popsány a interpretovány. Hlavní výstupy práce jsou sdíleny s komunitou včelařů prostřednictvím webové mapové aplikace.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

včelaření; GIS; modelování; vhodnost krajiny

Počet stran práce: 53

Počet příloh: 5 (z toho 2 vázané a 3 volné)

## **ANOTATION**

The master's thesis focuses on modelling the suitability of landscape for beekeeping. The theoretical part of the thesis summarizes the methods and data sources of previous similar works and describes the evaluation of individual factors. Based on the theoretical part, the relevant factors for beekeeping were selected. A wide range of factors are used in the thesis including land use, altitude, slope and aspect, average temperature and precipitation, distance from roads, density of current beehives and road-zone effect. Suitable data sources were found for all factors and the data were converted into a uniform format. A questionnaire was compiled and distributed among experienced beekeepers. Based on the questionnaire's results, the values and weights of the factors were calibrated. Individual factors were evaluated according to their influence on the suitability of the landscape for beekeeping and given weight – the importance of the given factor. The main result of the work is a model of the suitability of landscape for beekeeping and output data sets – the suitability of the landscape for beekeeping and the suitability of a location for placing a beehive. The data is presented in the corresponding maps. The maps are described and interpreted in the thesis. The main results of the thesis are shared with the beekeeping community in a web-based map application.

## **KEYWORDS**

beekeeping; GIS; modelling; landscape suitability

Number of pages: 53

Number of appendixes: 5

**Prohlašuji, že**

- bakalářskou/diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom(a), že na moji bakalářskou/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, bakalářskou/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

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

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

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské/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).

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Janu Brusovi, Ph.D. za podněty, připomínky a věnovaný čas při vypracování práce. Dále děkuji konzultantu Mgr. Jiřímu Daníhlikovi, Ph.D. za pomoc při distribuci dotazníků a při klasifikaci faktorů. Za poskytnutá data děkuji prof. RNDr. Vilému Pechancovi, Ph.D.

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Ondřej MRKLOVSKÝ  
Osobní číslo: R200041  
Studijní program: N0532A330009 Geoinformatika a kartografie  
Studijní obor: Geoinformatika a kartografie  
Téma práce: Analýzy a modelování vhodnosti krajiny pro včelaření  
Zadávající katedra: Katedra geoinformatiky

### Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce je sestavit model vhodnosti území pro včelaření s využitím dostupných dat na území České republiky. Student v práci využije dostupná environmentální data a na základě expertní kalibrace modelu provede hodnocení krajiny. Vrstvy a použité hodnocení budou specifické k daným územním podmínkám odrážet aktuální stav krajiny. Dílčím cílem práce je integrace dat z dotazníkového šetření s cílem analyzovat potenciální oblasti s možnou rizikovostí pro včelaření. Praktickými výstupy budou vhodnou formou interpretované a vizualizované výsledky.

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 dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

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

### Seznam doporučené literatury:

- AWAD, A. M., A. A. OWAYSS, J. IQBAL, H. S. RAWEH, et al. GIS approach for determining the optimum spatiotemporal plan for beekeeping and honey production in hot-arid subtropical ecosystems. *Journal of Economic Entomology*, 2019, 112(3), 1032-1042.
- DOLEZAL, A. G., J. CARRILLO-TRIPP, W. A. MILLER, B. C. BONNING, et al. Intensively cultivated landscape and *Varroa* mite infestation are associated with reduced honey bee nutritional state. *PloS one*, 2016, 11(4), e0153531.
- DURANT, J. L. AND C. R. OTTO Feeling the sting? Addressing land-use changes can mitigate bee declines. *Land Use Policy*, 2019, 87, 104005.
- FOY, A. S. A GIS-Based Landscape Scale Model for Native Bee Habitat. Virginia Tech, 2007.
- GILIOLI, G., A. SIMONETTO, F. HATJINA AND G. SPERANDIO Multi-dimensional modelling tools supporting decision-making for the beekeeping sector. *IFAC-PapersOnLine*, 2018, 51(5), 144-149.
- MCDONALD, S. Applying Geographic Information Systems to the Study of Honey Bee Diseases and Pests. Dalhousie University, 2020.
- PANTOJA, G., M. GÓMEZ, C. CONTRERAS, L. GRIMAU, et al. Determination of suitable zones for apitourism using multi-criteria evaluation in geographic information systems: a case study in the O&#x2019;Higgins Region, Chile. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 2017, 44(2), 139-153.
- SMART, M., C. OTTO, R. CORNMAN AND D. IWANOWICZ Using colony monitoring devices to evaluate the impacts of land use and nutritional value of forage on honey bee health. *Agriculture*, 2018, 8(1), 2.



VAN ESCH, L., J.-L. DE KOK, L. JANSSEN, B. BUELENS, et al. Multivariate landscape analysis of honey bee winter mortality in Wallonia, Belgium. *Environmental Modeling & Assessment*, 2020, 25(3), 441-452.

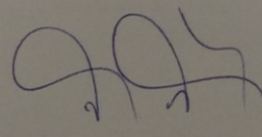
VON BÜREN, R. S., B. OEHEN, N. J. KUHN AND S. ERLER High-resolution maps of Swiss apiaries and their applicability to study spatial distribution of bacterial honey bee brood diseases. *PeerJ*, 2019, 7, e6393.

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Jan Brus, Ph.D.**  
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: **9. listopadu 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

L.S.



---

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

---

**prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.**  
vedoucí katedry

# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>10</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>12</b>
<b>2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>13</b>
2.1 Použitá data .....	13
2.2 Použité programy .....	15
2.3 Postup zpracování.....	15
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>17</b>
3.1 Včelařství v České republice .....	17
3.2 Choroby včelstev .....	17
3.3 Asociace COLOSS .....	18
3.4 Modelování vhodnosti krajiny pro včelaření .....	18
3.4.1 Využití území .....	20
3.4.2 Nadmořská výška.....	22
3.4.3 Teplota vzduchu.....	22
3.4.4 Srážky .....	23
3.4.5 Silniční síť a říční síť .....	23
3.4.6 Způsob kombinace a vážení faktorů.....	24
3.4.7 Další studie vlivu faktorů na včelaření .....	25
3.5 Pojmy související s využitím krajiny.....	27
<b>4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>29</b>
4.1 Výběr a předzpracování dat .....	29
4.1.1 Využití území .....	29
4.1.2 Klimatické poměry .....	31
4.1.3 Topografie .....	32
4.1.4 Komunikace .....	32
4.1.5 Hustota zavčelení .....	33
4.2 Dotazníkové šetření .....	34
4.2.1 První dotazníkové šetření.....	34
4.2.2 Výsledky prvního dotazníkového šetření.....	35
4.2.3 Druhé dotazníkové šetření.....	36
4.2.4 Výsledky druhého dotazníkového šetření .....	37
4.3 Zpracování dat.....	39
4.3.1 Vhodnost krajiny pro včelaření .....	40
4.3.2 Vhodnost lokality pro umístění včelnice .....	42
4.4 Webová mapová aplikace .....	45
<b>5 VÝSLEDKY .....</b>	<b>47</b>
5.1 Vhodnost krajiny pro včelaření.....	47
5.2 Vhodnost lokality pro umístění včelnice.....	49
5.3 Webová mapová aplikace .....	50
<b>6 DISKUZE .....</b>	<b>51</b>



<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
<b>PŘÍLOHY</b>	

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
AHP	Analytical Hierarchy Process
ASTER GDEM	ASTER Global Digital Elevation Model
COLOSS	Prevention of Honey Bee Colony Losses
ESA	European Space Agency
DMR5G	Digitální model reliéfu 5. generace
GIS	geografický informační systém
GLC2000	Global Land Cover 2000
LPIS	Land Parcel Identification System
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OSM	Open Street Map
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
S2GLC	Sentinel-2 Global Land Cover
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TGI	Triangular Greenness Index
TOPSIS	Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
UPOL	Univerzita Palackého v Olomouci
VIKOR	Viekriterijumsko Kompromisno Rangiranje

## ÚVOD

Včelaření je jednou z nejstarších oblastí lidské zemědělské činnosti. Hlavním produktem včelaření je med, dalšími jsou vosk, propolis, pyl, mateří kašička a v lékařství je využíván také včelí jed. V zemědělství je velmi důležitým přínosem včel opylování a jejich podíl na stabilitě ekosystémů. Na opylovatelích, zejména včele medonosné, je závislých 35 % světové zemědělské produkce (Klein a kol., 2007). Česká republika má dlouhou tradici chovu včel a včelaření se věnují z velké části malovčelaři ve svém volném čase.

Volba stanoviště je základní krok a žádný včelař se mu nevyhne. Jedná se o velmi důležité rozhodnutí, které může do značné míry ovlivnit výnosy a celkovou úspěšnost chovu. Na nevhodném stanovišti s nedostatkem pastvy nebo nevhodnými klimatickými podmínkami nemůže včelař ani tou nejlepší péčí o včelstvo dosáhnout kvalitních výnosů a dobrého zdraví včelstev. Včelstva zatížená nevhodnými podmínkami jsou náchylnější k chorobám a mají menší pravděpodobnost úspěšného přezimování.

Jak tedy zvolit vhodné stanoviště, abychom dosáhli optimální prosperity včelstva? Výzkumů na toto téma zatím bylo publikováno pouze několik a žádný se detailněji nezabýval klimatickými podmínkami střední Evropy. Většina podobných výzkumů pracovala s nižším počtem faktorů a využívala spíše jednodušší přístup k jejich klasifikaci. Cílem této práce je využitím většího množství datových zdrojů a citlivější klasifikací dosáhnout co nejrealističtějšího modelu vhodnosti krajiny pro včelaření. Pro kalibraci modelu bylo využito také expertní znalosti samotných včelařů a jejich dlouholetých zkušeností.

# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je sestavit model vhodnosti krajiny pro včelaření na území České republiky. V práci budou využita dostupná enviromentální data a na základě expertní kalibrace provedeno hodnocení krajiny. Cílem je použít takové datové zdroje, které budou co možná nejpřesněji popisovat vhodnost krajiny pro včelaření a vhodnost lokality pro umístění včelnice. Všechna data budou vhodným způsobem zpracována a bude sestaven model vhodnosti, který bude následně expertně kalibrován. Dílčím cílem práce je integrace dat z dotazníkového šetření, která budou použita pro kalibraci modelu. Model bude použit pro hodnocení vhodnosti krajiny pro včelaření a vhodnosti lokality pro umístění včelnice na celém území České republiky.

Výsledky budou v práci vhodnou formou vizualizovány a interpretovány a hlavní výstupy budou publikovány na webu v mapové aplikaci. Aplikace bude sloužit zejména včelařům jako opora při volbě stanoviště pro svá včelstva nebo pro ověření vhodnosti umístění stávajících stanovišť.

## 2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

### 2.1 Použitá data

Pro zpracování modelu bylo cílem zajistit taková data, která co možná nejpřesněji zachycují faktory, které byly identifikovány jako důležité pro vhodnost krajiny pro včelaření. Základní údaje o použitých datových sadách byly shrnuty v Tabulce 1.

Tab. 1 Základní údaje o použitých datech

Název	Zdroj/garant	Obsah	Rozlišení / měřítko	Formát	Aktuální k
Land Cover Map of Europe	ESA	využití území	10 m/pixel	GeoTiff	2017
Registr půdy - LPIS	Ministerstvo zemědělství	využití zemědělské půdy	1 : 5 000	Shapefile	31.12.2021
ClimateEU	Maurizio Marchi (CRA-SEL), Arezzo (Itálie)	klimatická data	1 km, interpolováno na 100 m/pixel	Data generována do tabulky	Normalizovaná data 1990–2020
Hustota zavčelení	Ministerstvo zemědělství	hustota zavčelení v katastrálních územích	nejmenší jednotkou katastrálního území	Shapefile	Průměr 2019, 2020
Kůrovcová mapa	ÚHÚL	kategorie stojící suchý les a čerstvá holina	podkladem družicová data s rozlišením 4,7 m/px	Shapefile	30.8.2020
Digitální model reliéfu 5. generace	Zeměměřičský úřad	tvar zemského povrchu	2 m/px	Esri IMAGE služba	většina území ČR 2010–2013
Zóny vlivu komunikací	prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph. D.	road-zone effect	-	Shapefile	-
Open Street Map	příspěvatelé OSM	komunikace	-	Shapefile	21.10.2021

#### Land Cover Map of Europe

Land Cover Map of Europe jsou data využití území vzniklá v rámci projektu Sentinel-2 Global Land Cover (S2GLC) a pokrývající většinu Evropy. Projekt je zaštiťován Evropskou vesmírnou agenturou (ESA). Data vznikla klasifikací Sentinel-2 snímků z roku 2017. Prostorové rozlišení dat je 10 m/pixel a tematická legenda se skládá ze 13 tříd využití

území. Celková přesnost datasetu byla odhadnuta na 86 % na základě zhruba 52000 validačních vzorků rozmístěných napříč Evropou. Data jsou volně dostupná ke stažení z webových stránek (<https://s2glc.cbk.waw.pl/extension>) ve formátu GeoTiff (8 GB).

### **Registr půdy – LPIS**

LPIS (Land Parcel Identification System) je geografický informační systém (GIS) sloužící primárně k evidenci využití zemědělské půdy. Hlavním účelem registru půdy je ověřování údajů v žádostech o dotace poskytovaných ve vazbě na zemědělskou půdu. LPIS je aktualizován průběžně, přičemž pakliže dojde ke změně ve využití půdy, je uživatel dotčené půdy v souladu s platnou legislativou povinen tuto změnu Státnímu zemědělskému intervenčnímu fondu ohlásit, a to ve lhůtě 15 dní poté, co ke změně došlo. (Státní zemědělský intervenční fond, 2022) V souladu s nařízením EU musí být pro zemědělské pozemky v LPIS zajištěna přesnost, která odpovídá kartografickému měřítku 1 : 5000. Vrstva LPIS celé ČR byla stažena z webu Ministerstva zemědělství ve formátu shapefile.

### **ClimateEU**

ClimateEU je databáze klimatických dat Evropy. Databáze nabízí měsíční, roční, desetiletá a třicetiletá normalizovaná klimatická data od roku 1901 a také projekce klimatické změny pro 21. století. Celkem se lze prostřednictvím softwarového balíčku ClimateEU dotazovat na více než 20000 klimatických gridů. Základní rozlišení gridů je 2,5 úhlové minuty, ale jsou dostupné také gridy s rozlišením 2,5 km a 1 km. Oproti jiným projektům jako například WorldClim.org (ze kterého tako databáze mimo jiné také čerpá) nabízí ClimateEU možnost pokročilého dotazování a pro účely této práce nabízí také vhodná normalizovaná data za období 1990–2020. Databáze ClimateEU a k ní příslušný software jsou volně dostupné pod licencí Creative Commons 4.0 (Marchi a kol., 2020).

### **Hustota zavčelení**

Data hustoty zavčelení byla vytvořena na základě monitoringu úspěšnosti zimování včelstev zaštiťovaného asociací COLOSS. Data jsou agregována na katastrální území a dostupná za roky 2015 až 2020. Pro účely práce byl využit průměr za roky 2019 a 2020. Data jsou spravována Ministerstvem zemědělství České republiky. Primární data jsou tabelární. Vedoucím práce byla poskytnuta data ve formátu shapefile.

### **Kůrovcová mapa**

Kůrovcová mapa je geografická vrstva vzniklá analýzou družicových snímků na základě automatizovaného vyhodnocení vegetačních indexů pro území pokryté smrkovými porosty v ČR. Vrstva vznikla ve spolupráci autorů projektu Kůrovcové info a Specializovaného pracoviště dálkového průzkumu země ÚHÚL Frýdek-Místek. Vrstva byla vytvořena na základě družicových dat společnosti Planet s rozlišením 4,7 m/px. Na území aktuálního rozšíření smrku vyššího než 12 m byly pomocí indexu NDVI identifikovány kategorie *stojící suchý les* a *čerstvá holina*. Tyto kategorie byly poté odděleny pomocí indexu TGI (kurovcovamapa.cz, 2022). Data byla poskytnuta prof. RNDr. Vilémem Pechancem, Ph.D. ve formátu shapefile.

### **Digitální model reliéfu 5. generace**

Digitální model reliéfu 5. generace (DMR5G) zachycuje přirozený nebo lidskou činností upravený tvar zemského povrchu. Model vznikl z dat pořízených leteckým laserovým skenováním v letech 2009 až 2013 a dokončen pro celé území České republiky byl v roce 2016. Výškovým referenčním systémem je Balt po vyrovnání a úplná střední

chyba výška v odkrytém terénu činí 0,18 m a v zalesněném terénu 0,3 m. DMR5G je poskytován Zeměměřickým úřadem jako Esri IMAGE služba (Geoportál ČÚZK, 2022).

### **Zóny vlivu komunikací**

Jedná se o data vymežující (obvykle negativní) zóny vlivu komunikací na základě intenzity dopravy. Vrstva vznikla převedením liniové vrstvy silnic na polygonovou, výpočtem tzv. road-zone effect a vytvořením vnějšího bufferu kolem komunikací. Podkladem pro výpočet byla data Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) vzniklá během pravidelného celostátního sčítání dopravy. Výsledná vrstva definuje zóny ovlivněné vibracemi, znečištěním a se zvýšenými koncentracemi oxidů síry a dusíku. Těmto zónám, se řada živočichů, včetně hmyzu vyhýbá. Data byla vytvořena a poskytnuta prof. RNDr. Vilémem Pechancem, Ph.D. ve formátu shapefile.

### **Open Street Map**

Open Street Map (OSM) je celosvětová databáze geografických dat. Data jsou kolaborativní prací uživatelů z celého světa a firem, které se rozhodly do projektu přispět svými daty. Databáze je dostupná pod Open Database Licence, která umožňuje data volně používat, sdílet i upravovat, pod podmínkou zachování stejné licence. Databáze OSM je široce celosvětově využívána a slouží také pro humanitární účely, kdy dobrovolníci pomáhají mapovat například území postižené přírodní katastrofou. V této práci byla použita z OSM vrstva silnic, data byla stažena z webu Geofabrik (<http://www.geofabrik.de/data/shapefiles.html>) ve formátu shapefile.

## **2.2 Použité programy**

### **ArcGIS Pro**

ArcGIS Pro je desktopový GIS software vyvinutý společností Esri, nástupce programu ArcMap. Jedná se o nástroj pro tvorbu a správu dat a databází, pro jejich prostorovou analýzu a pro jejich vizualizaci ve 2D i 3D. Program ArcGIS Pro byl při práci využit ve verzi 2.8.3. pro zpracování veškerých prostorových dat, tvorbu a publikování výstupů.

### **Microsoft Excel**

Microsoft Excel je tabulkový procesor od společnosti Microsoft. V práci byl program využit ve verzi 2108 pro zpracování klimatických dat a přípravu klasifikace faktorů.

## **2.3 Postup zpracování**

V první fázi práce byla provedena rešerše zkoumané problematiky. Nejdříve byl získán základní vhled do tématu včelaření, seznámení se s jeho významem, rozšířeností na území České republiky a problémy se kterými se včelaři potýkají. Nastudovány byly nejčastější choroby včelstev a největší rizika ohrožující úspěšné přezimování včelstev. Dále byly v rešerši nastudovány již provedené studie z celého světa zabývající se podobnou problematikou. Zjišťovány byly zejména použité datové sady a postupy zpracování těchto dat.

V druhé fázi práce byly vybrány a shromážděny datové sady vhodné pro účely této práce. Většina použitých datových zdrojů je volně dostupná ke stažení na internetu, menší část použitých dat byla získána z jiných zdrojů. Po shromáždění dat byla zjišťována jejich kvalita a provedeno nutné předzpracování všech datových sad. Byl zjišťován rozsah a rozmístění hodnot, které poté posloužily jako jeden z podkladů pro reklasifikaci dat.



Ve třetí fázi byly všem datovým sadám přiřazeny váhy a byly reklasifikovány na jednotnou stupnici. Bylo provedeno dotazníkové šetření mezi včelaři, na jehož základě byl model kalibrován. Všechny datové sady byly v několika krocích zkombinovány takovým způsobem, aby výsledná vrstva co nejlépe reflektovala sledované téma. Výstupem byly vrstvy vhodnosti krajiny a vhodnosti lokality pro umístění včelnice. Z výsledných vrstev byly vytvořeny mapové výstupy a vrstvy byly publikovány na webu v interaktivní mapové aplikaci. Mapové výstupy byly interpretovány.

## 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 3.1 Včelařství v České republice

Včelařství má v České republice dlouhou tradici. Včelařství bylo v českých zemích provozováno od 12. st. a historie včelařských spolků na českém území sahají do dob Rakouska-Uherska. V posledních desetiletích docházelo v letech 1990–2009 k poklesu počtu včelařů, což je připisováno zejména ekonomickým faktorům a také nepříznivým klimatickým podmínkám (Živelová a kol., 2022). Od roku 2009 do současnosti počet včelařů opět stoupá.

Včelaře v České republice sdružuje Český svaz včelařů (ČSV) jehož členy je 98 % všech včelařů v republice. Dle údajů na svých stránkách má ČSV 54 tisíc členů, kteří chovají celkem více než 570 tisíc včelstev. Mezi hlavní úkoly Českého svazu včelařů patří péče o růst odborné a společenské úrovně členů a spolupráce se zákonodárnými a výkonnými státními orgány, vládními institucemi a nevládními organizacemi za účelem podpory rozvoje včelaření. ČSV je ve světě velmi uznáván za vynikající výsledky dosažené v oblasti zajišťování zdraví včelstev a za propracovanou metodiku jednotného preventivního postupu proti šíření nemocí včel (Český svaz včelařů, 2022).

### 3.2 Choroby včelstev

Včelstva může ohrožovat celá řada chorob. Choroby si mohou včely mimo úl předávat napříč včelstvy a umístění včelstva do oblasti s vysokým zavčelením proto může být z pohledu chorob rizikové. V současnosti jsou choroby včel již dobře popsány a včelaři pravidelně aplikují přípravky, které jejich výskytu předcházejí.

#### Varroóza

Varroóza je infekční onemocnění včel způsobené roztočem *Varroa destructor* (kleštík včelí) (Rosenkranz a kol., 2010). Roztoč byl do střední Evropy zavlečen během 80. a 90. let minulého století z Asie. Napadené včelstvo postupně slábne, líhnou se včely s nedokonale vyvinutými křídly, zakrnělýma nohama či menším počtem noh. Od dob zjištění varroózy v Evropě se postoupilo od používání syntetických léčiv k léčení přípravky na přírodní bázi. Přípravků k léčení varroózy existuje mnoho a volba je na včelaři (Traynor a kol., 2020).

#### Virózy

Včely také napadají různé virózy. Do dnešní doby je jich známo přes 20. Mnoho z nich také souvisí s varroózou včel. Typickým příkladem je virus deformovaných křídel. Ten poškozují včelám křídla, takže nemohou létat. Napadené včely jsou navíc tak oslabené, že pár hodin či dní po vylihnutí uhynou. K diagnostice viróz se používají nejmodernější laboratorní techniky. Máloměrý virus má příznaky rozpoznatelné pouhým okem. (Traynor a kol., 2020) Virózy nebyly takový problém do příchodu varroózy. Tento roztoč (podobně jako třeba klíště u člověka) je jejich významným přenašečem (Daníhlík, 2011).

#### Nosematóza

Nosematóza je průjmové onemocnění dospělých včel (Fries, 2010). Hmyzomorka včelí která onemocnění způsobuje je řazena mezi houby. Včely se nakazí spory v potravě. Hmyzomorka působí včelám zažívací potíže, které je oslabují. Čím slabší včelstvo je, tím větší riziko hmyzomorka představuje (Daníhlík, Petřivalský, 2015).

### **Mor včelího plodu**

Je onemocnění včelího plodu, dospělé včely jej pouze přenášejí. Původcem je bakterie *Paenibacillus larvae*, která žije ve střevě larvy, kterou posléze zahubí. V prvních fázích onemocnění včely ještě zvládají napadené larvy vynášet z úlu. Larvy obsahují miliony velmi odolných spor. Klinicky nemocná včelstva se utrácí a následně páli včetně plástů a úlů, aby bylo zabráněno šíření nemoci mezi ostatní včelstva (Daníhlík, Petřivalský, 2015).

### **3.3 Asociace COLOSS**

COLOSS je mezinárodní nezisková asociace se základnou ve švýcarském Bernu, která se zabývá zlepšováním zdraví včel na globální úrovni. Asociace se skládá z vědeckých pracovníků, veterinářů, odborníků na zemědělství a také studentů. Jedním z projektů vedených asociací COLOSS je monitoring úspěšnosti zimování včelstev (Obr. 1). Monitoring probíhá prostřednictvím dotazníků rozesílaných jednou ročně včelařům (coloss.org, 2021). Dotazníková šetření probíhají v Evropě nepřetržitě od roku 2007 a Česká republika se do projektu zapojila na jaře 2014.



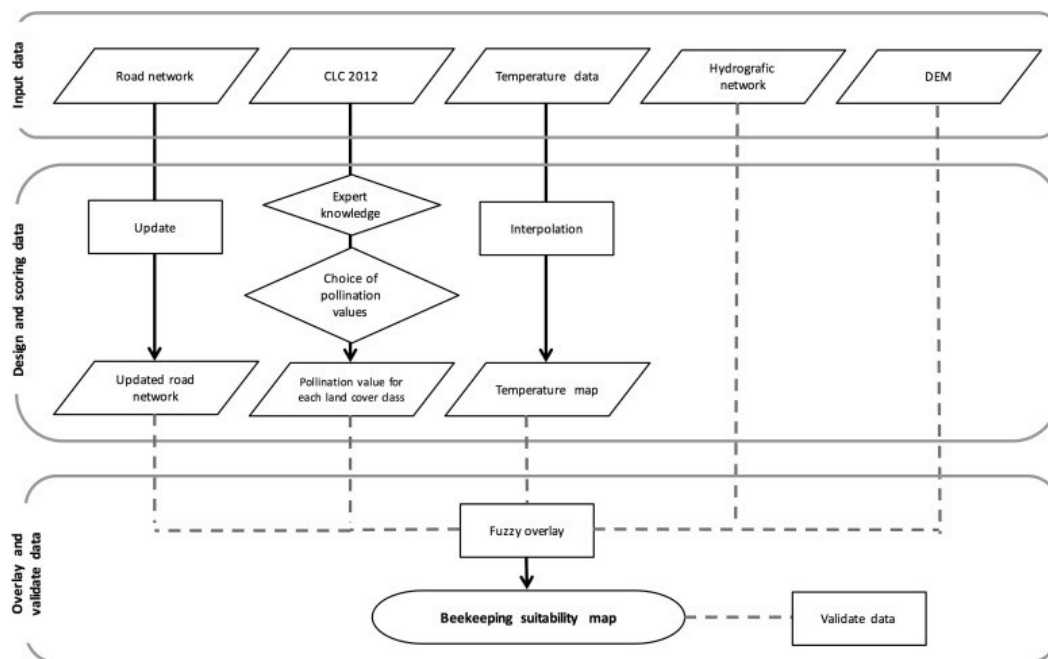
Obr. 1 Logo asociace COLOSS (zdroj: coloss.org).

S daty z monitoringu úspěšnosti zimování včelstev pod asociací COLOSS pracovala celá řada prací vedených RNDr. Janem Brussem, Ph.D. na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci (UPOL). Kuchejdová (2020) analyzovala kvalitu těchto dat, Kaplan (2019) zpracovával data do webové prezentace s principy storytellingu. Kaplan (2021) vytvořil na základě těchto dat uživatelsky založenou webovou aplikaci. Aplikace umožňuje uživatelům se na data dotazovat a vytvářet vlastní analýzy. Králová (2018) analyzovala pevná stanoviště včelstev s přihlédnutím ke geografické charakteristice území. Autorem řady článků, které využívaly data z dotazníku je také český koordinátor projektu Mgr. Jiří Daníhlík, Ph.D. z Katedry biochemie Univerzity Palackého v Olomouci. Brodschneider, Brus a Daníhlík (2019) porovnávali úspěšnost zimování včelstev mezi Rakouskem a Českou republikou a Popovska Stojanov, Daníhlík a kol. (2021) analyzovali přímé ekonomické dopady zimních ztrát včelstev v Rakousku, České republice a Makedonii. S daty z dotazníku COLOSS pracovali mimo jiné také Kuchling a kol. (2018), více o jejich práci v kapitole 3.4.7.

### **3.4 Modelování vhodnosti krajiny pro včelaření**

Geografické informační systémy (GIS) se ukazují jako vhodný nástroj pro modelování vhodnosti krajiny pro včelaření (Foy, 2007). V posledních letech bylo publikováno několik studií, které se využitím GIS ve včelaření zabývaly. Jednotlivé studie využívají různé metody modelování vhodnosti krajiny (fuzzy přístup, multikriteriální analýza) a liší se ve sledovaném území. Na konkrétním území přímo závisí některá specifika modelování krajiny a přenositelnost studií do zcela rozdílných klimatických podmínek proto může být omezená.

Geograficky nejbližší České republice je italská studie (Zoccali a kol., 2017) zabývající se využitím GIS pro modelování vhodnosti krajiny pro včelaření. Modelovaným územím je region Kalábrie na jihu Itálie. Studie pracuje s pěti vrstvami vstupujícími do analýz (Obr. 2). Jedná se o průměrnou teplotu vzduchu, silniční síť, říční síť, nadmořskou výšku a využití území. Autoři uvádí, že se jedná o první studii svého druhu, která využívá fuzzy přístup namísto vícekriteriální analýzy a klasifikace dat. Podle autorů fuzzy přístup umožňuje dosáhnout přesnějších výsledků s menší mírou nejistoty.



Obr. 2 Schéma postupu práce (Zoccali a kol., 2017).

Studie provedená v Egyptě (Abou-Shaara, 2015) analyzuje současné a budoucí podmínky pro včelaření v okolí řeky Nil. Studie zohledňuje průměrné teploty za roční období, využití území, vzdálenost od rostlin, srážky a sklon svahu. Všechny faktory byly klasifikovány do dvou nebo tří kategorií – nevhodné, vhodné, vhodnější. Všechny faktory byly zkombinovány pomocí nástroje Raster Calculator a všem faktorům byla přidělena stejná váha.

Turecká studie (Sari a kol., 2020) porovnává tři způsoby vícekriteriální analýzy k modelování vhodnosti krajiny pro včelaření. Metoda AHP využívá stupnici důležitosti od 1 do 9. Metoda TOPSIS seřazuje výsledky podle podobnosti k ideálnímu řešení. Metoda VIKOR řadí výsledky a hledá nejlepší řešení na základě vzdálenosti možných kompromisů od ideálního řešení. Tato studie pro modelování vhodnosti krajiny využívá 8 vstupních vrstev – orientaci svahu, sklon svahu, nadmořskou výšku, využití půdy, vzdálenost od silnic, vzdálenost od zdrojů vody, vzdálenost od zástavby a průměrnou roční teplotu. Autoři uvádějí vyšší vzdálenost od silnic jako pozitivní charakteristiku (skrže znečištění vzduchu, hluk a jiné kontaminace), zatímco autoři výše zmíněné italské studie uvažují nižší vzdálenost od silnic jako výhodu (pro transport včelstev a chov).

Studie provedená na Filipínách (Estoque a Murayama, 2010) využívá obdobné vstupy do analýz. Studie pracuje s daty využití území, nadmořskou výškou, silniční sítí, vodními toky, průměrnými srážkami a daty o výnosech včelstev. Během následného zpracování dat byl pro kontinuální data využit fuzzy přístup a pro kategoričká data přiděleny hodnoty, některá území byla z analýz zcela vyřazena (zastavěná území, vodní

plochy, ...). Výsledná mapa vhodnosti území byla vytvořena jako vážená lineární kombinace vstupních dat.

Pantoja a kol. (2017) využili GIS pro identifikaci oblastí vhodných pro apituristiku v regionu ve střední Chile. Autoři pro modelování vhodnosti zvolili tematické vrstvy využití území, turismus, geneticky modifikované plodiny, silnice, řeky, teplotu a srážky. Autoři v modelu pracují také s restrikcemi, kterými jsou využití území, chráněná území a dálnice. Všechna data byla převedena na jednotnou stupnici od 0 do 1. Práce využívá také expertní názor odborníků (akademických pracovníků, státních úředníků a včelařů) získaný dotazníkovým šetřením. Nejvýznamnějším faktorem je využití území s 54 %, druhý následuje turismus s 17 %.

Výzkum zaměřený na kanadskou provincii Nové Skotsko (McDonald, 2020) studuje rizikovitost území pro včelaření z pohledu chorob a zvýšeného výskytu pesticidů. Autor pokládá spojitost mezi zvýšený výskyt chorob a zvýšenou vlhkost území a tomu odpovídá také volba dat. Ve vybraných datových vrstvách v tomto výzkumu zcela chybí vrstva využití území, namísto toho autor použil mimo jiné vrstvy půdního odtoku, podloží (4 třídy) a záplavová území (5 m, 10 m, 20 m). Pro kombinaci vrstev autor použil nástroj Weighted Overlay, přičemž největší váhu (20 %) dostal půdní odtok, následuje orientace svahu (15 %), podloží (14 %) a zbylé vrstvy 8-9 %.

Tab. 2 Použité tematické vrstvy v popisovaných pracích

	<b>Využití území</b>	<b>Nadmořská výška</b>	<b>Sklon svahu</b>	<b>Teplota</b>	<b>Srážky</b>	<b>Zdroj vody</b>	<b>Blížkost silnic</b>
Itálie (Zoccali a kol., 2017)	X	X		X		X	X
Egypt (Abou-Shaara, 2015)	X		X	X	X		
Turecko (Sari a kol., 2020)	X	X	X		X	X	X
Filipíny (Estoque a Murayama, 2010)	X	X			X	X	X
Pantoja a kol. (2017)	X			X	X	X	X

### 3.4.1 Využití území

S vrstvou využití území pracují ve svých analýzách všechny výše zmíněné studie. Cílem je lokalizovat taková území, která budou mít pro včelstvo dostatečnou úživnost, tedy dostatek kvetoucí vegetace, kterou mohou včely využít ke sběru potravy.

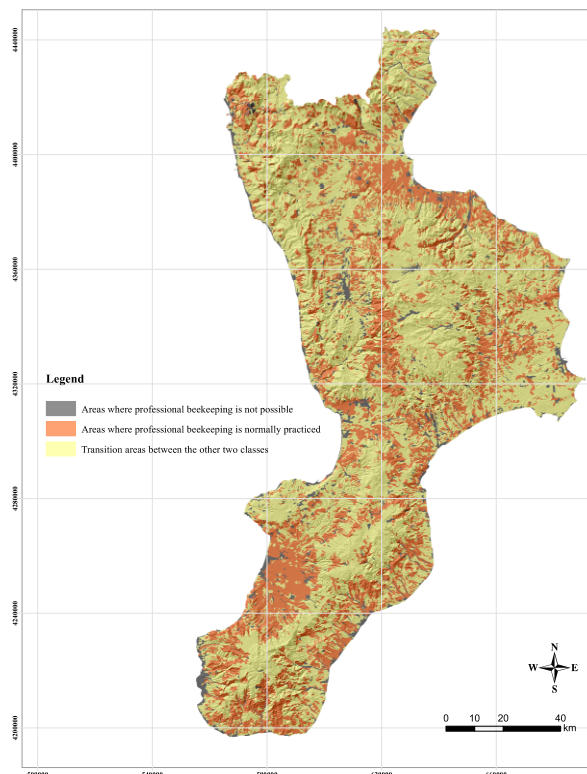
Zoccali a kol. (2017) uvádí, že nutriční hodnota nektaru a pylu se výrazně liší mezi rostlinami, což v důsledku ovlivňuje, jak včely získávají nutričně vhodnou potravu. Zoccali a kol. (2017) ve své studii pracují s daty Corine Land Cover 2012 level 4, která byla aktualizována pomocí fotointerpretace satelitních snímků. Na základě znalosti vegetačního pokryvu bylo možné každé třídě přiřadit hodnotu podle potenciálního množství dostupného nektaru a pylu. Zoccali a kol. (2017) doplňují, že přiřazení hodnot každé třídě je bez expertní znalosti obtížné a vnáší do modelu značnou míru nejistoty. Aby nebyla tato nejistota příliš vysoká, byla všem třídám přidělena jedna ze tří hodnot: 0 pro oblasti kde běžně včelaření není provozováno, 1 pro oblasti kde včelaření je běžně

provozováno a 0,5 pro přechodné oblasti mezi těmito třídami (Obr. 3). Jako příloha studie je k dispozici kompletní tabulka klasifikace všech tříd, kterou lze shrnout takto:

0 – urbánní oblasti, těžba, pláže

0,5 – zemědělská půda a většina lesů

1 – ovocné sady, travnaté oblasti, keře, lesy s převahou kaštanů



Obr. 3 Mapa využití území regionu Kalábrie klasifikovaná do 3 tříd (zdroj: Zoccali a kol., 2017).

Abou-Shaara (2015) pracuje ve své studii s datasetem GLC2000 s rozlišením 30 úhlových sekund. Autor zde klasifikuje využití území pouze do dvou tříd – nevhodné a vhodnější. Všechny třídy využití území považuje za nevhodné, kromě vegetace, kterou klasifikuje jako vhodnější. Abou-Shaara (2015) dále počítá vzdálenost od vegetace a podle ní klasifikuje území do tří kategorií.

Sari a kol. (2020) považují využití území za nejvýznamnější kritérium. Za nejvhodnější považují lesy a původní přírodní oblasti pro jejich přirozenou biodiverzitu. Urbánní oblasti jsou z analýz zcela vyřazeny pro jejich nevhodnost a zemědělské oblasti jsou klasifikovány jako méně vhodné. Autoři uvádí, že přestože mají význam pro chov včel, významným rizikem je použití pesticidů v těchto oblastech. Zdrojem dat v této studii je turecké ministerstvo zemědělství.

Ve starší filipínské studii (Estoque a Murayama, 2010) se autoři rozhodli pro tvorbu vlastní vrstvy využití území. Podkladem byl družicový snímek Landsat TM doplněný o referenční data získaná terénním průzkumem. Vrstva využití území byla poté vytvořena řízenou klasifikací s rozdělením do deseti tříd. Pro klasifikaci dat Estoque a Murayama (2010) používají stupnici od 0 do 255, přičemž nejvyšší hodnotu 255 přiřazují agrolesnictví. Agrolesnictví je způsob hospodaření, který kombinuje pěstování dřevin a zemědělskou produkci na jednom pozemku, včelstvům proto nabízí potravu v průběhu celého roku. Další hodnoty jsou následující: zemědělská oblast – 200, les – 150, obytná oblast se zahradami – 100, travnaté oblasti – 50.

### 3.4.2 Nadmořská výška

Zoccali a kol. (2017) pracují s vrstvou nadmořské výšky, jakým způsobem byla v analýzách zohledněna, popř. jak byla klasifikována bohužel autoři neuvádějí. Sari a kol. (2020) uvádějí, že nadmořská výška souvisí s florou a vymezuje začátek včelařské sezóny. Pro studované území s rozsahem nadmořské výšky od 591 m n.m. do 3419 m n.m. autoři zohledňují, že výnosy medu a efektivita včelaření klesají nad hranicí 2000 m n.m. z důvodu nepříznivých meteorologických podmínek a větru. Ve studii je použit model ASTER GDEM s rozlišením 30 m/pixel.

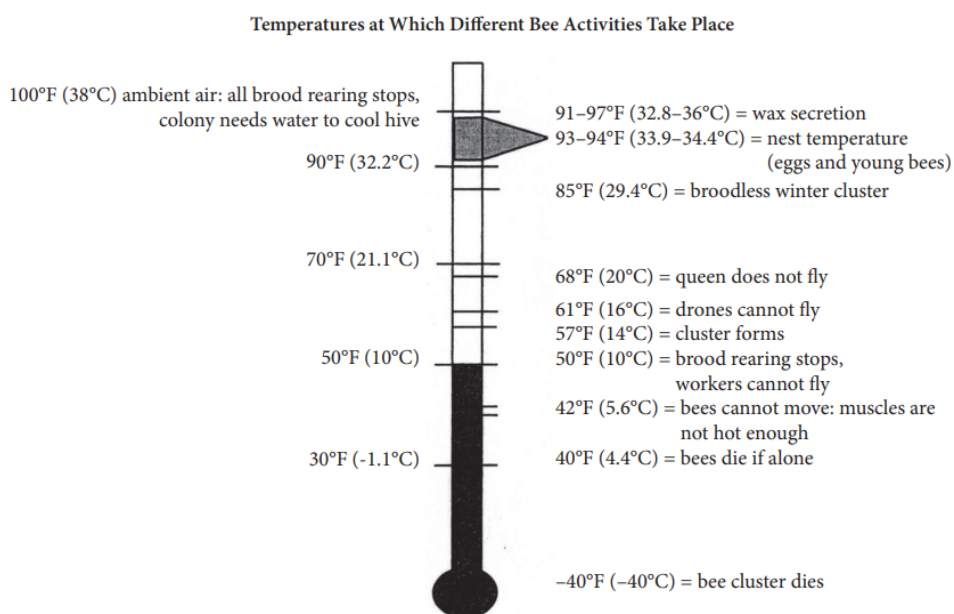
Estoque a Murayama (2010) uvádí, že většina rostlin důležitých pro včely ve studovaném území neprosperuje ve vyšších nadmořských výškách, za které považují výšku od 100 m n.m. V těchto nadmořských výškách teplota podle autorů může klesat pod minimální teplotu pro aktivitu včel (13 °C). Nadmořská výška proto byla standardizována na kontinuální stupnici s inverzním vztahem k hodnotám vhodnosti. Abou-Shaara (2015) s vrstvou nadmořské výšky nepracuje.

### 3.4.3 Teplota vzduchu

Zoccali a kol. (2017) považují teplotu vzduchu za jeden z nejrelevantnějších ekologických faktorů pro rozvoj hmyzu. Autoři používají k modelování průměrnou teplotu za posledních třicet let, a to pouze za vegetační období, pro danou lokalitu tedy od dubna do září. Zoccali a kol. (2017) pokládají pozitivní vztah mezi teplotou a vhodností krajiny pro včelaření.

Abou-Shaara (2015) využívá minimální a maximální teploty za jednotlivá roční období. Za nejvhodnější považuje teploty v rozmezí 10–37 °C. Pro všechna roční období pak klasifikuje území do dvou kategorií „nehodné“ a „vhodnější“. Maximální teploty během jara a podzimu, stejně jako minimální teplota v létě nejsou brány v potaz, protože se na celém sledovaném území pohybují v ideálním rozsahu teplot pro včelaření.

Zbylé dvě výše zmíněné studie – Sari a kol. (2020) a Estoque a Murayama (2010) klimatická data teploty nevyužívají. Estoque a Murayama (2010) zmiňují teplotu pouze v souvislosti s nadmořskou výškou a z důvodu jejich vzájemné korelace se pravděpodobně rozhodli vrstvu teploty nepoužít.



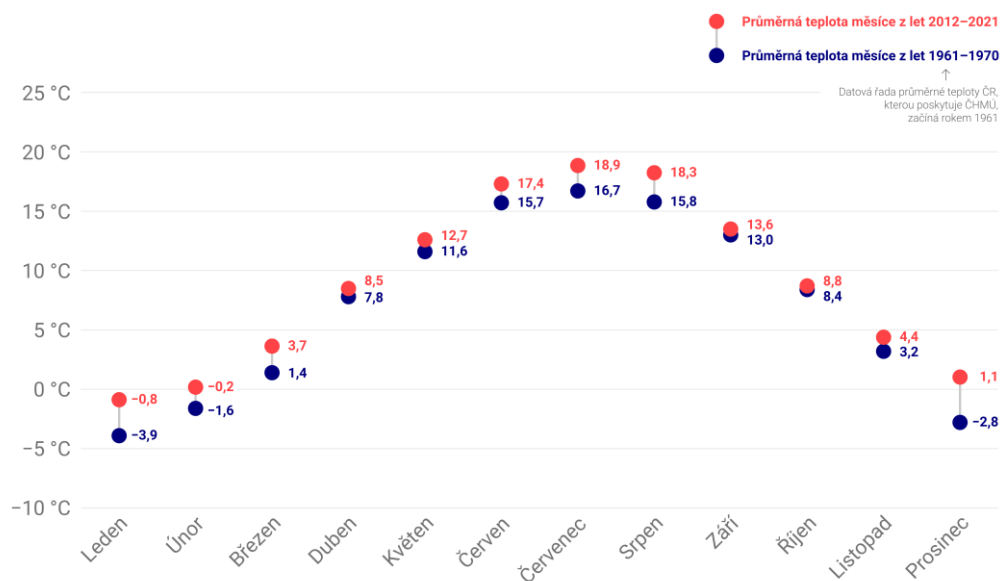
Obr. 4 Aktivita včel při různých teplotách (zdroj: Sammataro a Avitabile, 2014).



Perugini a kol. (2010) uvádí, že optimální teplota pro sběr potravy je pro včely 20-25 °C a že při teplotách pod 7-10 °C se včely vlivem chladu stávají imobilní. Kašparů (2019) dále uvádí, že při teplotě vzduchu nižší než 14 °C tvoří včelstvo tzv. hrozen a při teplotách 6-8 °C se do shluku připojuje většina včel (Obr. 4).

Průměrná teplota v ČR od října do dubna je nižší než 10 °C a přestože včely vylétávají i v tomto období, když teplota přes den stoupá, předpokládáme, že plné aktivity mohou vzhledem k teplotě dosahovat pouze od května do září (Obr. 5).

## PRŮMĚRNÁ TEPLOTA V ČR V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH



Obr. 5 Průměrná teplota v ČR v jednotlivých měsících (zdroj: faktaoklimatu.cz, data ČHMÚ).

### 3.4.4 Srážky

Zoccali a kol. (2017) ve své studii srážky nezohledňují. Abou-Shaara (2015) využívá vrstvu srážek za zimní období, zdrojem dat je WorldClim. Autor dělí sledované území podle srážek do dvou kategorií: <30 mm označuje jako vhodnější a >30 mm jako vhodné území. Autor uvádí, že vyšší množství srážek v zimním období včelám brání ve sběru potravy.

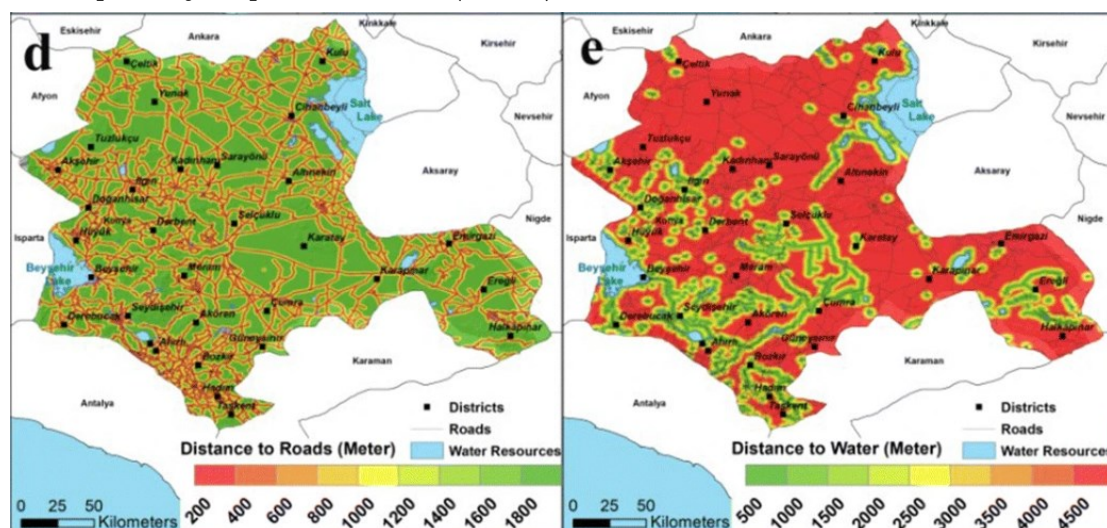
Sari a kol. (2020) uvádí, že srážky mají úzkou souvislost s vegetačním krytem a do značné míry charakterizují sledované území, jaký vztah byl ve studii položen mezi srážkami a vhodností území pro včelaření však bohužel neuvádí. Estoque a Murayama (2010) ve své studii diskutují množství srážek a jako obecné doporučení uvádí s odkazem na FAO hodnoty 1275 a 1875 mm ročně. Autoři následně konstatují, že přestože průměrný roční srážkový úhrn ve sledovaném území je 2800 mm, včelaření je na celém území možné, protože většina srážek spadne od července do září. Dále se srážkami už proto nekalkulují.

### 3.4.5 Silniční síť a říční síť

Zoccali a kol. (2017) považují silniční síť za důležitý faktor pro včelaření, protože přímo ovlivňuje možnost přepravy včelstev vozidly. Autoři proto považují oblasti blízké silnicím

za vhodnější pro včelaření. Za pozitivní faktor rovněž autoři považují blízkost vodní toků a vodních ploch. Abou-Shaara (2015) se silniční, ani říční sítí nepracuje.

Sari a kol. (2020) uvádí, že včelaři preferují umístění včelstev mimo obydlené oblasti a dále od silnic, aby se vyhnuli zvýšeným výskytům skleníkových plynů, znečištění vzduchu i hlukovému znečištění, výfukovým plynům a dalším nepříznivým faktorům závislým na člověku. Autoři proto považují blízkost silnic a obydlí za negativní faktor pro včelaření. Zdrojem dat silniční sítě je magistrát města Konya a vrstva obydlených oblastí pochází od tureckého statistického institutu, měřítko obou vrstev je 1 : 1000. Vodní zdroje považují autoři za důležité pro chlazení včelstva a výrobu medu, a proto jejich blízkost považují za pozitivní faktor (Obr. 6).



Obr. 6 Vzdálenost od silnic a od vody (zdroj: Sari a kol. (2020)).

Estoque a Murayama (2010) stejně jako Zoccali a kol. (2017) považují blízkost zdrojů vody a blízkost silnice za důležitou pro včelaření a proto oblasti, které jimi disponují považují za vhodnější.

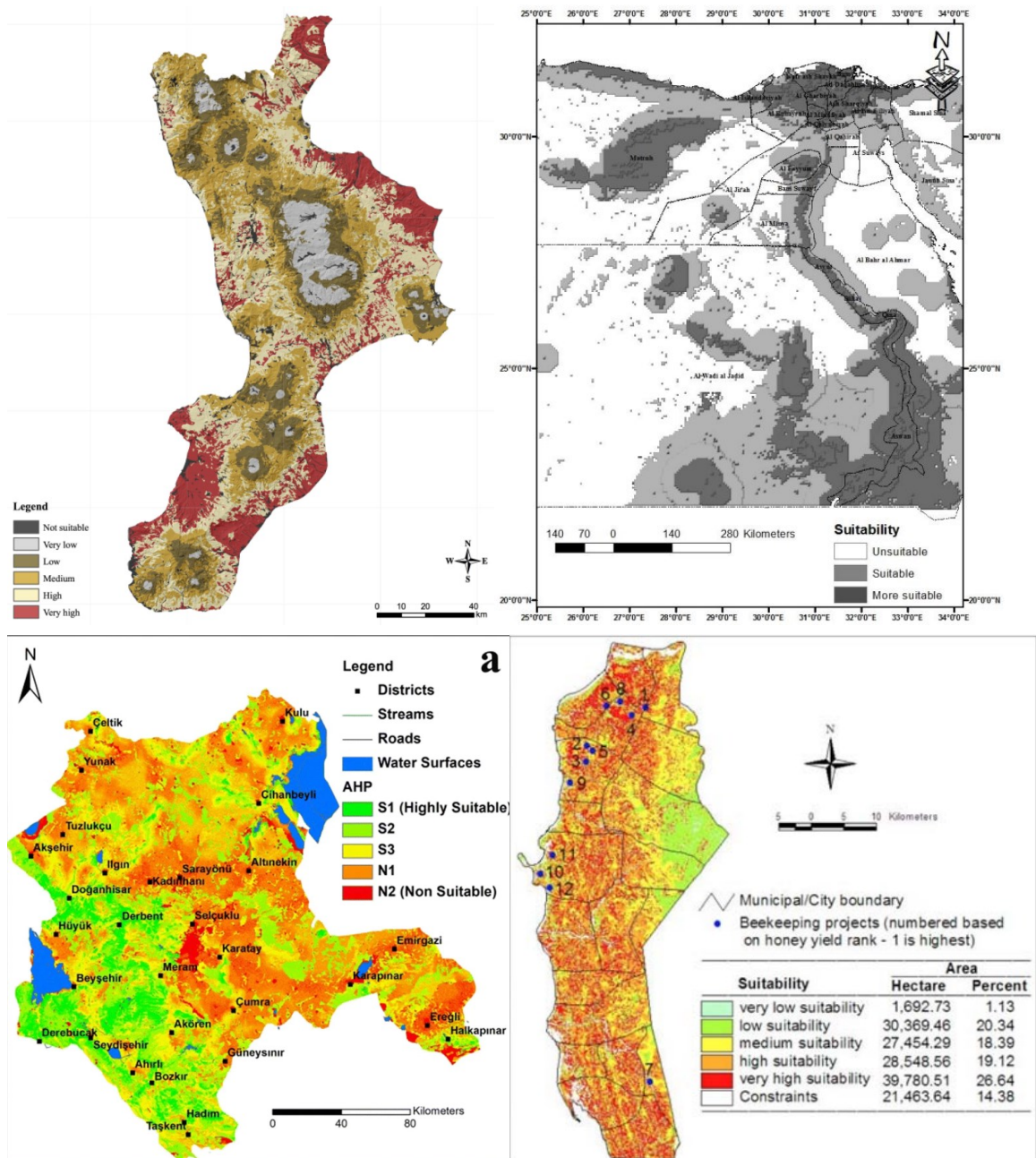
### 3.4.6 Způsob kombinace a vážení faktorů

Zoccali a kol. (2017) převádí všechny faktory na stupnici od 0 do 1 pomocí lineární fuzzy funkce. Následně jsou všechny vrstvy zkombinovány nástrojem Fuzzy Overlay s použitím Gamma funkce. Abou-Shaara (2015) ve své práci zkombinoval všechny vrstvy pomocí nástroje Raster Calculator a všem vrstvám přidělil stejnou váhu. Podle autora jsou všechny faktory pro identifikaci lokalit vhodných pro včelaření stejně důležité.

Sari a kol. (2020) využívají AHP (Analytical Hierarchy Process) párovou matici pro výpočet vah jednotlivých faktorů. Největší váhu má využití území (44 %), druhá je vzdálenost od zdrojů vody (14,6 %), následuje orientace svahu (12 %) a nadmořská výška (10 %), srážky mají váhu 7,6 % a zbylé 3 faktory (vzdálenost od silnic, vzdálenost od zástavby a sklon svahu) mají okolo 4 %. Estoque a Murayama (2010) využili stejně jako Sari a kol. (2020) AHP matici, její výsledky byly následující: využití území 56,5 %, vzdálenost od řek 26,2 %, vzdálenost od silnic 11,7 % a nadmořská výška 5,5 %.

Ve výsledných mapových výstupech autoři klasifikují vhodnost do tří až šesti tříd. Pro vizualizaci využívají Sari a kol. (2020) a Estoque a Murayama (2010) podobnou bipolární stupnici od zelené po červenou, avšak význam barev je opačný. Sari a kol.

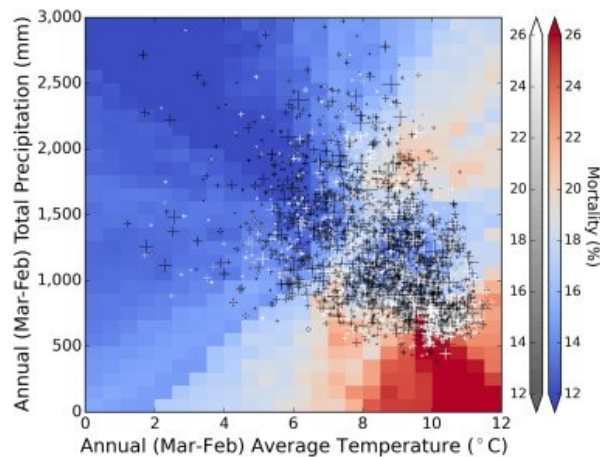
(2020) používají zelenou barvu pro nevhodnější oblasti, naopak Estoque a Murayama (2010) pro málo vhodné (Obr. 7).



Obr. 7 Výsledné vrstvy vhodnosti krajiny pro včelaření – Itálie, Egypt, Turecko, Filipíny (zdroj: Zoccali a kol. (2017), Abou-Shaara (2015), Sari a kol. (2020), Estoque a Murayama (2010)).

### 3.4.7 Další studie vlivu faktorů na včelaření

Grogan (2020) modeloval výnosy medu ve Spojených státech a identifikoval významnou pozitivní korelaci mezi minimální teplotou v dubnu a výnosem medu. Grogan (2020) dále zjistil významnou negativní korelaci mezi srážkami v květnu a výnosem medu. Switanek a kol. (2017) studovali vliv klimatu na úspěšnost zimování včelstev v Rakousku. Autoři statistickým modelováním došli k závěru, že vyšší teploty souvisí se zvýšenou mortalitou včelstev. Opačný vliv autoři identifikovali u srážek – více srážek koreluje s nižší mortalitou včelstev (Obr. 8). Autoři studovali také vliv solární radiace a větru, ty však na mortalitu neměly zásadní vliv.



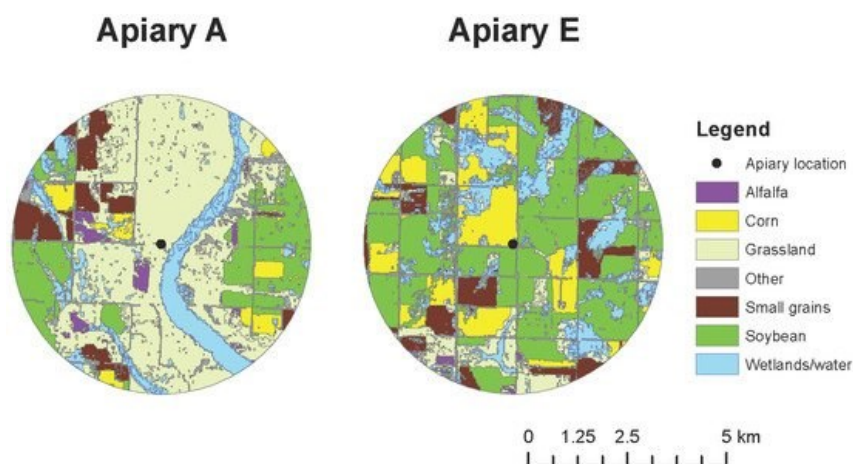
Obr. 8 Vliv teploty a srážek na mortalitu včelstev (zdroj: Switanek a kol. (2017)).

Kuchling a kol. (2018) pracovali s daty z monitoringu úspěšnosti zimování včelstev v Rakousku a hledali jejich vztah k využití území. Autoři zjistili, že včelstva v regionech s převahou polopřirodních oblastí, jehličnatými lesy a pastvinami měly výrazně menší pravděpodobnost zimních ztrát než regiony s převahou nepřirodních povrchů, listnatých a jehličnatých lesů. Belgická studie (Van Esch a kol., 2019) hledala vztah mezi úspěšností zimování včelstev a celkem 26 faktory. Výsledky ukázaly, že napadení kleštíkem včelím, počet mrazových dní, potenciální letové hodiny, konektivita krajiny a použití insekticidů, fungicidů a herbicidů jsou hlavními důvody zvýšených zimních ztrát včelstev v regionu Valonska.

Studie z Lucemburska (Clermont a kol., 2015) vyjmenovává třídy využití území nejčastěji spojené s vysokými zimními ztrátami včelstev, mezi ty třídy patří umělé vodní plochy, průmyslové a urbánní plochy, kempy, hřiště, pole s olejninami kromě řepky olejky, například slunečnice nebo len, některé obilniny, holiny nebo polomy. Naopak s nízkými zimními ztrátami včelstev autoři spojují kukuřici, smíšený les a smíšený jehličnatý les. Smart a kol. (2016) poskytují podobný výčet využití území s pozitivním vlivem na úspěšnost přezimování včelstev a výnosy medu – pastviny, úhor, kvetoucí dřeviny a louky. Awad a kol. (2019) využívali panchromatické snímky SPOT 5 pro identifikaci výskytu akácií v Saudské Arábii a následně navrhli optimální plán včelaření a předpověděli potenciální výnosy medu.

Smart a kol. (2018) porovnávali dvě včelařské lokality v Severní Dakotě v USA (Obr. 9). Včelstva umístěná v oblasti s nižší intenzitou zemědělství a zejména travními porosty ve svém okolí sbírala pyl s vyšším obsahem proteinu, lépe se rozvíjela v průběhu léta a byla méně vystavena pesticidům než včelstva umístěná v zemědělsky intenzivně využívané oblasti s monokulturami kukuřice, sóji a obilovin. Autoři také upozorňují, že všechny tyto faktory mají vliv na zdraví včelstva a nepříznivé podmínky v lokalitě s intenzivním zemědělstvím zvyšují riziko zimních ztrát včelstev.





Obr. 9 Využití území v okolí pozorovaných včelstev (zdroj: Smart a kol., 2018).

V rešerši bylo popsáno množství dřívějších prací, které se na problematiku včelaření zaměřovaly z různých úhlů pohledu. Byla studována široká škála faktorů a jejich vliv na vhodnost krajiny pro včelaření. Tyto poznatky byly podkladem během vlastního řešení práce při volbě dat i klasifikaci faktorů.

### 3.5 Pojmy související s využitím krajiny

#### Vhodnost krajiny

Vráblíková a kol. (2014) uvádějí, že vhodnost krajiny může být chápána třemi základními způsoby. Lze ji definovat jako schopnost krajiny přizpůsobit se konkrétnímu způsobu využití. Můžeme ji chápat také jako popis krajinných charakteristik a vlastností, které danou část krajiny předurčují pro konkrétní způsob využívání. Zároveň můžeme vhodnost krajiny definovat jako schopnost krajinné jednotky poskytnout potenciál pro určitý způsob využívání. Důležitou podmínkou je v tomto případě zachování trvalé udržitelnosti.

#### Potenciál krajiny

Krajinný potenciál je jeden ze základních pojmů krajinného plánování. Do krajinné ekologie tento pojem zavedl E. Neff v roce 1966 a definoval ho jako souhrn všech vlastností krajiny, které vytvářejí předpoklady pro ekonomické zhodnocení prostoru krajiny s jeho látkami a energií tvořící jeho strukturu (Izakovičová a kol., 1997).

Podle slovenské fyzickogeografické školy (Drdoš, Mazúr, Huba) krajinný potenciál vyjadřuje vhodnost krajiny k různému využívání, ale zároveň i míru tohoto využívání, která vyplývá z poznání stability krajiny. Při respektování potenciálu krajiny se zachovává reprodukční schopnost jejich obnovitelných zdrojů (Lipský, 1998).

Potenciál krajiny dělíme na volný a vázaný. Volným potenciálem krajiny lze nazvat tu část zjištěného potenciálu, která představuje reálnou teritoriální rezervu pro další rozvoj sledované aktivity, zatímco "vázaným potenciálem krajiny" nutno označit ten podíl zjištěného potenciálu, jenž je v územním průmětu již danou funkcí (aktivitou) skutečně využíván nebo je obsazen "neměně" jinou aktivitou (Kolejka, 2001).

#### Úživnost krajiny

Úživností krajiny se rozumí množství živočichů, pro které jsou v krajině dostupné zdroje, zejména pastva. Například Janíková (2009) využívá pro výpočet živnosti pastviny tento vzorec:

$$MP = \frac{PP \times PV}{0,04 \times \check{Z}H \times DP}$$

MP – zjišťovaný odhad maximálního počtu zvířat, která mohou být na pastvině pasena po celou pastevní sezónu

PP – celková plocha travních porostů na celou pastevní sezónu (ha)

PV – odhadovaný průměrný výnos sušiny pastviny z 1 ha (kg/ha)

0,04 – znamená, že zvířata mají denní potřebu píce v průměru 4 % jejich živé hmotnosti

ŽH – odhad průměrné živé hmotnosti paseného zvířete (počáteční hmotnost + konečná hmotnost / 2) – př. dojnice 550 kg, jalovice 350 kg, kůň 500 kg, ovce 60 kg

DP – odhadnutá délka pastevní sezóny ve dnech

Pojem úživnost krajiny se často používá také v souvislosti s včelařením, přičemž často je zmiňován její vztah k hustotě zavčelení. Žádný zavedený vzorec pro výpočet úživnosti krajiny pro včelstva však neexistuje. Manuálním zjišťováním úživnosti se zabývala Brandejsová (2016), která hodnotila úživnost vybraného katastru na základě ručního počítání zásob pylu v plástvích a provedla výpočet výnosu nektaru z okolních rostlin na základě jejich zastoupení v okruhu doletu včel 2,5 km.

## 4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

### 4.1 Výběr a předzpracování dat

Prvním krokem při vlastním zpracování práce byl výběr vhodných tematických vrstev. Při výběru bylo přihlíženo k rešerši – tematickým vrstvám použitým v dřívějších podobných pracích, výběr byl konzultován s vedoucím práce a v neposlední řadě byla omezením dostupnost odpovídajících datových sad. Cílem výběru jednotlivých vrstev bylo co nejlépe zachytit všechny faktory, které mohou mít vliv na vhodnost krajiny pro včelaření. Při výběru datových sad bylo podmínkou dostatečné prostorové rozlišení dat vzhledem k cílovému měřítku modelu 1 : 10 000, u rastrových dat bylo cílem rozlišení 10 m/pixel. Důležitým faktorem byla také aktuálnost dat. Referenčním rokem, ke kterému byl model zpracován je rok 2020.

#### 4.1.1 Využití území

První datovou vrstvou, kterou bylo rozhodnuto v modelu použít byla vrstva využití území. S touto vrstvou pracovaly všechny práce zmíněné v rešerši a bezesporu ji patří v modelu nejvyšší důležitost. Jedním z možných řešení byla vrstva Esri Land Cover, vzniklá klasifikací satelitních snímků Sentinel-2. Výhodou této vrstvy je aktuálnost (dostupná za roky 2017-2021) a vysoké rozlišení 10 m/pixel. Slabší stránkou Esri Land Cover je klasifikace pouze do 11 tříd. Podobnou vrstvou je Land Cover Map of Europe, taktéž vrstva vzniklá klasifikací snímků Sentinel-2. Vrstva Land Cover Map of Europe tedy disponuje stejným rozlišením 10 m/pixel. Nevýhodou vrstvy je, že data jsou mírně starší, podkladem jsou snímky z roku 2017. Výhodou Land Cover Map of Europe oproti Esri Land Cover naopak je detailnější rozdělení tříd využití území. Land Cover Map of Europe je klasifikována do 14 tříd, výrazným benefitem je zejména rozdělení lesů na listnaté a jehličnaté. To bylo pro tuto práci považováno za důležitější než mírná neaktuálnost dat, která byla kompenzována daty LPIS a Kůrovcovou mapou. Data Land Cover Map of Europe byla stažena z webu (<https://s2glc.cbk.waw.pl/extension>) ve formátu GeoTiff (8 GB).

Pro zvýšení přesnosti a aktualizaci vrstvy využití území byla použita data z Registru půdy – LPIS. Polygony zanesené v registru LPIS pokrývají 45,16 % území ČR. Cílem bylo v těchto místech, v oblastech se zemědělskou půdou, kde jsou k dispozici atributově přesnější a aktuálnější data, tyto data využít a aktualizovat jimi vrstvu využití území. LPIS obsahuje celkem 11 tříd využití zemědělské půdy. Kompletní datová vrstva LPIS byla stažena z oficiálních stránek Ministerstva zemědělství (<https://eagri.cz/public/web/mze/farmer/LPIS/uzivatelske-prirucky/prirucky-pro-verejny-lpis/export-dat-lpis.html>).

Pro další zpřesnění vrstvy využití území byla využita data z Kůrovcové mapy. Tyto data pokrývají opět pouze část ČR, a to pouze oblasti smrkových lesů. Tato vrstva se proto vhodně doplňuje s vrstvou LPIS. Kůrovcová mapa vznikla klasifikací družicových snímků, autorem je Ústav pro hospodářskou úpravu lesů. Výstupem klasifikace jsou data identifikující ve smrkových porostech souše, tedy suché lesy po napadení kůrovcem, a holiny – části lesa napadené kůrovcem, které již byly vykáceny.

Data LPIS a Kůrovcová mapa byly převedeny na rastrové vrstvy, přičemž jako hodnoty rastrů byly použity klíčové atributy relevantní pro modelování vhodnosti. U LPIS to byl atribut *KULTURANAZ* a u Kůrovcové mapy *typ*, které byly převedeny z textové podoby na číselný kód. Všechny 3 datové zdroje využití území poté byly spojeny do jedné datové

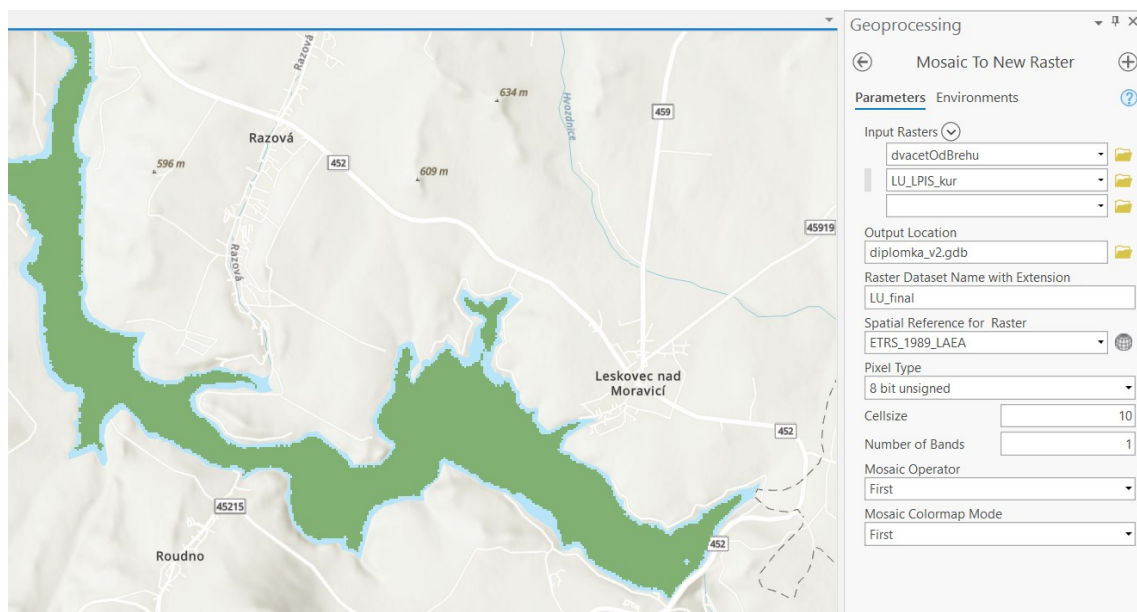


vrstvy nástrojem *Mosaic to New Raster*. Pořadí rastrů bylo: 1. Kůrovcová mapa 2. LPIS 3. Land Cover Map of Europe a zvolený operátor (*Mosaic Operator*) byl *First*. V oblastech, které jsou pokryty všemi třemi vrstvami je tedy ve výsledné vrstvě zapsána hodnota Kůrovcové mapy (průnik Kůrovcové mapy a LPIS je však minimální). V oblastech, kde není hodnota Kůrovcové mapy je do výsledné vrstvy propsána hodnota LPIS a tam, kde není ani LPIS, ani Kůrovcová mapa, zůstává hodnota Land Cover Map of Europe. Všechny třídy využití území výsledné vrstvy ukazuje Tab. 3.

Tab. 3 Třídy využití území

Kód	Třída	Kód	Třída
0	mraky	106	rašeliniště
3	souše	121	pláže, duny, skály
4	holina po kůrovci	162	vodní plochy
5	rybník	163	vodní plochy 20 a více metrů od břehu
31	zalesněná půda	211	standartní orná půda
62	zástavba a silnice	221	vinice
73	zemědělská půda	222	chmelnice
75	vinice	321	trvalý travní porost
82	listnatý les	2111	travní porost na orné půdě
83	jehličnatý les	2112	úhor
102	louky a pastviny	2222	ovocný sad
103	vřesoviště	3111	rychle rostoucí dřeviny
105	močály		

V rámci přípravy dat využití území bylo třeba oddělit velké vodní plochy, tak aby jim mohla být přiřazena nižší vhodnost než vodním tokům a menším plochám. Velké vodní plochy nejsou pro včely vhodné, protože včely mohou mít potíže při jejich překonávání a samozřejmě samotná vodní plocha neposkytuje ani žádnou pastvu. Nástrojem *Reclassify* byla třídám *vodní plochy* a *rybník* změněna hodnota v rastru na NoData a všem ostatním třídám na hodnotu 1. Následně byla pomocí nástroje *Distance Accumulation* vypočtena vzdálenost od břehu. Další reklasifikací byly hodnoty do 20 m označeny jako NoData a hodnoty přes 20 m kódem 163 (vodní plochy mají kód 162). Následně byla tato nová třída vložena do vrstvy využití území nástrojem *Mosaic to New Raster* (Obr. 10).



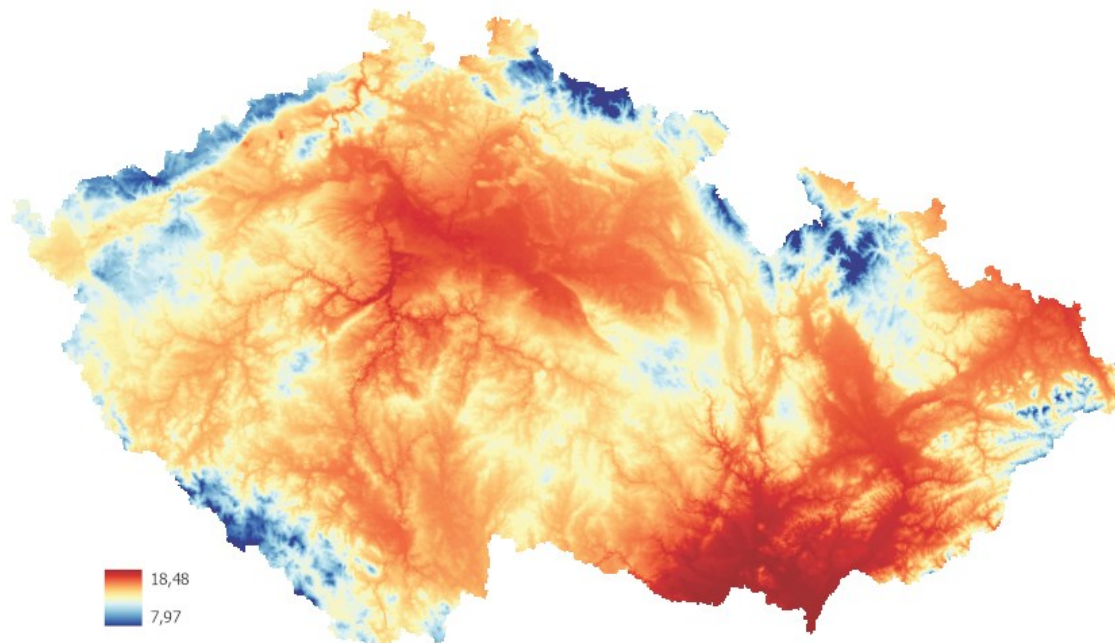
Obr. 10 Vodní plochy více než 20 metrů od břehu a jejich přidání do vrstvy využití území.

#### 4.1.2 Klimatické poměry

Pro modelování klimatických poměrů byly zvoleny dva ukazatele – průměrná teplota a srážkový úhrn. Oba ukazatele byly sledovány pouze v části roku, ve které jsou včely aktivní. Za toto období bylo považováno rozmezí od května do září. Vývoj počasí mimo toto období má na včelstva menší vliv. Jako vhodný časový rámec bylo zvoleno období 1990–2020. Možným řešením byla datová sada WorldClim. Její výhodou je dostupnost a snadné zpracování. Data WorldClim bohužel nabízí klimatické ukazatele (klimatický normál) pouze za období 1970–2000. Vzhledem k relativně výrazným klimatickým změnám v posledních letech bylo toto období vyhodnoceno pro účely této práce jako nevhodné. Jako alternativa byla pro účely této práce zvolena datová sada ClimateEU. Tato sada nabízí širokou škálu klimatických ukazatelů, a to v časovém rozsahu od roku 1901 po 2020 a také několik predikcí budoucího vývoje klimatu. Klimatické ukazatele jsou dostupné jak za jednotlivé roky, desetiletí a také 30leté periody. Data lze získat pomocí software, který je společně s daty dostupný na webu (<https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data/climateeu.html>). Jeho použití je komplikovanější než pouhé stažení rastru jako v případě WorldClim, ale software nabízí velkou variabilitu dotazování do rozsáhlé datové sady, kterou ClimateEU poskytuje.

Software ClimateEU lze použít jak pro zjištění klimatických ukazatelů pro jednu lokalitu, tak i pro více lokalit zároveň. Pro vygenerování klimatických hodnot pro větší počet bodů je nutné do softwaru vložit tabulku přesně ve specifickém formátu. Pro vytvoření této tabulky byla nejdříve v programu ArcGIS Pro vygenerována pravidelná síť bodů se vzdáleností 1 km mezi body. Pro body byly v atributové tabulce zapsány souřadnice a na základě DMR5G byla ke každému bodu doplněna nadmořská výška. Takto připravená tabulka byl z programu ArcGIS Pro vyexportována ve formátu csv. Poté byla tabulka v programu Microsoft Excel upravena do následující podoby: sloupce *ID1* a *ID2* obsahující libovolný text, sloupce *lat* a *long* obsahující souřadnice s desetinou tečkou a sloupec *elev* s nadmořskou výškou. Jedině takto připravenou tabulku poté software ClimateEU bez problémů zpracuje. Byly vygenerovány měsíční hodnoty ukazatelů za období 1991–2020, ze kterých byly následně vypočítány průměrné hodnoty za sledovanou část roku květen–září. Z výsledné tabulky byla následně v programu

ArcGIS Pro opět vytvořena bodová vrstva, ze které byly interpolovány hodnoty teploty a srážek pro celé území České republiky. Pro interpolaci byla zvolena metoda Spline s výchozími parametry – typ regularizovaný, váha 0,1 a počet bodů 12 (Obr. 11).



Obr. 11 Náhled vrstvy průměrné teploty od května do září z databáze ClimateEU.

V rámci klimatických poměrů bylo zvažováno také využití vrstev průměrného větru a solární radiace, avšak od tohoto záměru bylo upuštěno. Vítr nebyl použit, protože byl vyhodnocen jako pro včelaření méně relevantní a výrazně lokálně ovlivněn vegetací, což není možné v datech kvalitně podchytit. Solární radiace jistě má vliv na vegetaci, a tudíž i vhodnost krajiny pro včelaření, ale většina prostorové variability solární radiace již je obsažena ve vrstvě teploty, popř. i srážek, které společně dobře vystihují charakter klimatu.

### 4.1.3 Topografie

Dalším důležitým faktorem, který se podílí na vhodnosti krajiny pro včelaření je nadmořská výška a vlastnosti terénu jako orientace a sklon svahu. Digitálních modelů reliéfu existuje celá řada (SRTM, GTOPO30, ASTER GDEM), pro území České republiky je však zdaleka nejpřesnějším Digitální model reliéfu 5. generace, který je poskytován Zeměměřickým úřadem. Z tohoto modelu byly přímo použity hodnoty nadmořské výšky a na jeho základě byly vypočítány vrstvy orientace a sklonu svahu. Pro výpočet orientace svahu byl použit nástroj *Aspect* v programu ArcGIS Pro a pro výpočet sklonu svahu ve stupních nástroj *Slope*.

### 4.1.4 Komunikace

Blízkost komunikací je dalším faktorem, který se podílí na vhodnosti krajiny pro včelaření. Jak je výše popsáno v teoretické části práce, autoři dřívějších výzkumů ke komunikacím přistupovali různě. Někteří jejich blízkost považovali za pozitivní charakteristiku lokality a někteří naopak za negativní. Oba přístupy mají své opodstatnění, a proto byly v této práci oba pohledy zkombinovány.

Jako jeden datový zdroj byla zvolena databáze OpenStreetMap. OpenStreetMap (OSM) je celosvětově největší crowdsourcingový mapovací projekt, který také díky přispívání nadšenců z řad veřejnosti obsahuje velmi detailní silniční síť. Silniční síť OSM byla v této práci využita pro modelování pozitivního vlivu silnic pro včelaření. Silnice jsou pro včelaře důležité pro dopravu k včelstvům, pro jejich údržbu, popř. pro přesun včelstev. Z vrstvy byly odstraněny dálnice a silnice 1. třídy (třídy motorway, primary, trunk a odpovídající links) a také komunikace pouze pro pěší (path, footway, bridleway). Předpokladem bylo, že velké komunikace nejsou typicky využívány pro přístup k včelstvům a stejně tak komunikace pouze pro pěší nejsou vhodné, protože včelaři se nejčastěji potřebují k včelstvům dostat automobilem. Nad takto upravenou vrstvou silnic byl poté v programu ArcGIS Pro proveden nástroj *Distance Accumulation*, který pro každý pixel počítá nejkratší vzdálenost ke kterékoliv silnici.

Jako druhá vrstva související se silnicemi byly použity zóny vlivu komunikací. Tyto data vhodně vystihují vliv třídy komunikace a intenzity dopravy. U rušných dálnic vychází šířka zóny vlivu okolo 300 m, zatímco u menších komunikací je šířka jen několik desítek metrů nebo ještě méně. Data obsahují také železnice, u kterých je však zóna vlivu velmi malá. Pro další zpracování byla data převedena do rastrového formátu nástrojem *Feature to Raster* s velikostí pixelu 10 metrů a zarovnáním rastru (*Snap Raster*) k vrstvě využití území.

#### **4.1.5 Hustota zavčelení**

Hustota zavčelení může korelovat s dobrými podmínkami pro včelaření, ale častěji může být způsobena spíše vyšší hustotou obyvatel v dané oblasti (von Büren a kol., 2019). Hustota zavčelení je rizikovým faktorem, protože velký počet včelstev na malém území si může mezi sebou předávat choroby a také hrozí, že na daném území nebude dostatečné množství pastvy. Použitá data pochází z Ministerstva zemědělství ČR a byla zpracována v rámci každoročního monitoringu úspěšnosti zimování včelstev zaštitěného asociací COLOSS. Pro použití v modelu byl vypočítán průměr za roky 2019 a 2020. Data jsou vztahena ke katastrálním územím a podrobnější data bohužel nejsou k dispozici. Z pohledu pohybu včel je katastrální hranice irelevantní a včely se pohybují nezávisle na hranici. Proto aby data lépe reprezentovala realitu, po převedení vrstvy na rastr (*Feature to Raster*), byly hranice katastrálních území shlazeny nástrojem *Focal Statistics* v kruhovém okolí s poloměrem 1000 m.

## 4.2 Dotazníkové šetření

Po výběru dat následovalo dotazníkové šetření mezi zkušenými včelaři, jehož cílem bylo ověřit správnost výběru, přiřadit jednotlivým vrstvám jejich důležitost (váhy) a zjistit jaké hodnoty těchto tematických vrstev včelaři považují za optimální. Dotazníky byly sestavovány s přímým ohledem na dostupné datové sady, tak aby jejich výsledky mohly být snadno použity při následném zpracování dat a kalibraci modelu. Kompletní znění dotazníků a získané odpovědi jsou dostupné v datech přiložených k této práci.

Dotazníkové šetření proběhlo ve dvou fázích. První šetření probíhalo v březnu 2022 na platformě Google Forms. Prvního šetření se zúčastnila užší skupina velmi zkušených včelařů, která byla oslovena s pomocí konzultanta Mgr. Jiřího Danihlíka, Ph.D. Druhé dotazníkové šetření proběhlo v rámci semináře *COLOSS: Olomoucký včelařský seminář s tematickým podtitulem "A co včely, mají se kde pást?"* konaného 15. 10. 2022 na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Sběr odpovědí probíhal pomocí nástroje Mentimeter.

### 4.2.1 První dotazníkové šetření

Dotazník byl rozdělen celkem do 5 sekcí. První sekce stručně představuje cíle této práce, nastiňuje účel dotazníku a obsahuje otázky na rozsah zkušeností včelaře. Otázky byly *Jak dlouho se věnujete včelaření?* a *Kolik chováte včelstev?* Odpovědi na tyto otázky byly v následném vyhodnocení použity jako váha ostatních odpovědí daného včelaře. Odpovědi začínajícího včelaře například s jedním nebo dvěma roky zkušeností a jedním včelstvem tak měly při vyhodnocení menší váhu než odpovědi zkušeného včelaře, který se tomuto řemeslu věnuje desítky let a včelstev má mnohem více.

#### Vliv topografie

Druhá sekce dotazníku se zaměřila na vliv topografie. Tato sekce obsahovala otázky týkající se nadmořské výšky, orientace svahu a sklonu svahu. U každého posuzovaného faktoru, ve všech sekcích, byla nejdříve položena otázka na důležitost daného faktoru – *Jak velký vliv má ... ?* U otázky důležitosti faktoru byla vždy použita stejná stupnice od 1 do 5 s popisem 1 – nemá vliv a 5 – velký vliv. Následně byly kladené další upřesňující otázky k danému faktoru. V případě nadmořské výšky to byly otázky na horní a dolní hranici vhodné nadmořské výšky pro včelaření v ČR. U orientace svahu včelaři v dotazníku stanovovali vhodnost jednotlivých aspektů (severní, severo-východní, východní atd.). Vhodnost byla posuzována na pětistupňové stupnici – zcela nevhodná, nevhodná, neutrální, vhodná, velmi vhodná (Obr. 12).

Pokud má vliv, ohodnoťte prosím jednotlivé orientace podle vhodnosti.

	zcela nevhodná	nevhodná	neutrální	vhodná	velmi vhodná
severní	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
severo- východní	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
východní	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obr. 12 Náhled dotazníku (ostatní orientace oříznuty).

### **Vliv klimatu**

Třetí sekce dotazníku byla zaměřena na vliv klimatu. Otázky v této sekci se týkaly vlivu průměrné teploty a průměrného srážkového úhrnu. U obou faktorů byla v dotazníku nejdříve otázka na jejich vliv na včelaření a poté na optimální hodnoty těchto ukazatelů za období od května do září. Pro usnadnění odhadu těchto hodnot byly vždy uvedeny také průměrné hodnoty za ČR.

### **Vliv využití území**

Čtvrtá sekce dotazníku byla nejrozsáhlejší a zaměřovala se na vliv využití území na úživnost krajiny pro včelaření. První otázka byla *Do jaké vzdálenosti od včelnice má smysl uvažovat o výpočtu úživnosti krajiny?* Odpovědi na tuto otázku byly později využity při zpracování dat, při volbě okolí pro které byla úživnost území průměrována. Klíčová otázka v této sekci se zabývala stanovením hodnot vhodnosti pro jednotlivé třídy využití území. Tříd využití území bylo celkem 18 a vycházely z výše popsané kombinace vrstev Land Cover Map of Europe, LPIS a Kůrovcové mapy. Stupnice hodnocení tříd byla stejná jako u orientace svahu – 5 stupňů od velmi nevhodná po velmi vhodná. Další otázky se týkaly hloubky lesa, do které včely zalétávají, zdrojů vody pro včely a vlivu hustoty zavčelení.

### **Umístění včelnice**

Poslední sekce dotazníku se soustředila na faktory ovlivňující umístění včelnice. Mezi tyto faktory patří sklon a orientace svahu, které se objevují v dotazníku podruhé, protože jejich vliv je jak v okolí včelnice (v doletu včel), tak na samotné umístění včelnice. Další otázka zjišťovala za jak důležitou považují včelaři blízkost silnice nebo polní cesty. Poslední otázkou dotazníku byla matice jednotlivých vrstev a jejich vah. Včelaři byli požádáni, aby ohodnotili význam všech devíti vrstev v procentech tak, aby součet byl 100 %. Na konci dotazníku měli včelaři možnost připojit komentář nebo uvést faktor, který má na vhodnost krajiny pro včelaření vliv, ale v dotazníku nebyl zmíněn.

## **4.2.2 Výsledky prvního dotazníkového šetření**

Dotazníkového šetření se zúčastnilo 6 respondentů – včelařů. Z časových důvodů nebyl dotazník rozšířen mezi širokou včelařskou komunitu, ale s pomocí konzultanta Mgr. Jiřího Danihlíka, Ph.D. byl předán užší skupině velmi zkušených včelařů. V průměru mají 23 let zkušeností a celkem chovají 167 včelstev. Na základě těchto údajů lze výsledky považovat za relevantní.

Zkušenost včelařů byla během vyhodnocení dotazníku zohledněna tak, aby odpovědi včelařů s více lety zkušeností a větším počtem včelstev měly větší váhu. Počet let, po které se věnují respondenti včelaření a počet jejich včelstev byly sečteny a jejich odpovědi byly touto hodnotou vynásobeny. Poté byl z odpovědí vypočten aritmetický průměr a ten byl vydělen průměrnou hodnotou zkušeností včelařů. Takto byl vážený výsledek pře počítán zpět na původní stupnici. Celkově toto vážení odpovědí výsledné hodnoty výrazně neovlivnilo.

### **Vliv topografie**

Nadmořská výška a orientace svahů mají podle respondentů střední vliv na úživnost krajiny – 2,7 a 2,9 na pětistupňové škále. Sklon má podle respondentů malý vliv – 1,4. Horní hranici vhodné nadmořské výšky pro včelaření uvedli pouze tři včelaři, dva uvedli 700 m n.m. a jeden 500 m n.m. Respondenti se shodli, že žádná spodní hranice vhodné nadmořské výšky neexistuje. Hodnocení jednotlivých orientací svahu bylo ze slovní

stupnice (zcela nevhodná – velmi vhodná) převedeno na číselnou. U této otázky odpověděli čtyři včelaři, z toho jeden označil vhodnost všech orientací jako neutrální. Tyto odpovědi byly z průměru vyřazeny. Mezi zbylými respondenty v této otázce panovala shoda. Jako velmi vhodné označili včelaři jižní, jihovýchodní a jihozápadní orientace, jako vhodné východní a západní a zbylé orientace svahu jako neutrální nebo nevhodné.

### **Vliv klimatu**

Průměrnou teplotu a průměrný srážkový úhrn považují včelaři za důležité pro vhodnost pro včelaření. Srážky s váženou hodnotou vlivu 4,2 považují za lehce důležitější než teplotu (3,8). Na otázky ohledně optimální teploty a optimálních srážek od května do září odpověděli konkrétními hodnotami tři včelaři, dva odpověděli, že neví nebo že je to v tomto časovém období těžké odhadnout.

### **Vliv využití území**

Využití území, zdroj vody a hustotu zavčelení považují respondenti za důležité až velmi důležité pro včelaření. Vážené hodnoty byly 4,3 pro využití území a 4,5 pro zdroj vody a hustotu zavčelení. Vzdálenost, do které má smysl uvažovat o výpočtu úživnosti krajiny uvedla polovina včelařů 3 km a polovina 5 km. V otázce vhodnosti jednotlivých tříd využití území jako nejvhodnější vyšly třídy ovocný sad, úhor a louky a pastviny. Nejméně vhodné pak podle včelařů jsou třídy suchý les napadený kůrovcem, vinice a chmelnice. Včely mohou podle včelařů zalétávat až 1,6 km hluboko do lesa, což vyvrací předpoklad, že by včely příliš hluboko do lesa nelétaly. Většina včelařů odpověděla, že jako zdroj vody pro včelstvo postačuje nekoncentrovaná vlhkost v krajině. Jako vysokou hustotu zavčelení označili tři včelaři více než 10 včelstev na km<sup>2</sup> a dva včelaři více než 15 včelstev na km<sup>2</sup>.

### **Umístění včelnice a váhy**

Orientaci, ani sklon svahu nepovažují včelaři za velmi důležitou pro umístění včelnice, naopak blízkost silnice označili za velmi důležitou všichni včelaři. Na otázku, jak blízko by silnice měla být se odpovědi různily od 0 m po 200 m, s průměrem 37 m. V poslední otázce měli respondenti rozdělit váhu 100 % mezi 9 faktorů. 5 ze 6 včelařů si s úkolem poradilo a součet vyšel 100 %, jeden respondent rozdělil celkem 520 %, tyto odpovědi musely být proto přepočteny tak, aby byly zachovány poměry faktorů a součet byl 100 %. Největší váhu přidělili včelaři hustotě zavčelení (21 %), 16 % dostaly srážky a zdroj vody, 13 % blízkost silnice, 10 % průměrná teplota, 8 % využití území a nadmořská výška, 6 % orientace svahu a 2 % sklon svahu.

## **4.2.3 Druhé dotazníkové šetření**

Druhé dotazníkové šetření proběhlo 15. 10. 2022 na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci v rámci přednášky vedoucího práce s názvem *Mapování vhodnosti krajiny pro včelaření: Utopie nebo cesta správným směrem?* Dotazníkové šetření probíhalo v tomto případě za osobní účasti včelařů, kteří odpovídali do jednotlivé otázky prostřednictvím online nástroje Mentimeter. Tento nástroj umožňuje, aby respondenti ze svého počítače nebo chytrého mobilního telefonu odpovídali na otázky a v reálném čase sbírá a vyhodnocuje odpovědi. Všechny otázky byly včelařům vysvětleny vedoucím práce a včelaři měli možnost se případně doptat, pokud by jim cokoli nebylo jasné. Celkem se tohoto dotazníkového šetření zúčastnilo 75 z přítomných včelařů. Včelaři vypadali, že je téma zaujalo, měli řadu dotazů a hojně se vyjadřovali také v otevřených otázkách v dotazníku. Dotazování zabralo kolem půl

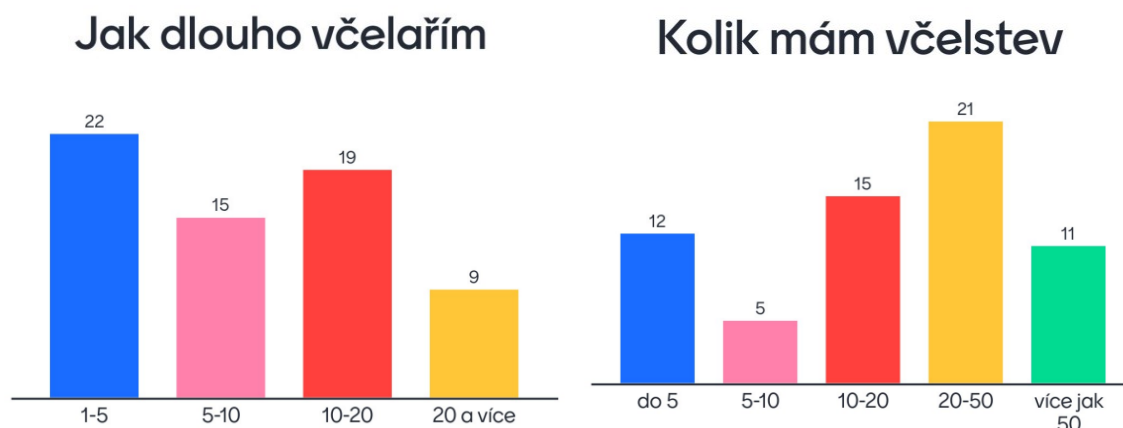


hodiny a celý záznam, ve kterém je vidět také přesné znění všech otázek je k dispozici na adrese <https://youtu.be/kXUWy0EcjEg>. Přesné znění otázek a kompletní výsledky jsou také součástí dat přiložených k této práci.

Většina kladených otázek byla až na drobné odchylky ve formulaci shodná s prvním dotazníkovým šetřením. Rozdílem bylo použití stupnice od jedné do deseti oproti od jedné do pěti v prvním šetření. Více rozvedeny byly otázky na pohyb včel v lese – *Má smysl uvažovat ekotonová stanoviště v lese? Jako daleko od okraje jehličnatého/listnatého lesa včely létají?*

#### 4.2.4 Výsledky druhého dotazníkového šetření

Druhého dotazníkového šetření se zúčastnilo 75 respondentů z řad včelařů (Obr. 13). Mezi respondenty bylo nejvíce včelařů, kteří mají do 5 let zkušeností s včelařením (22 respondentů), výrazně byly ale zastoupeny také kategorie zkušenějších (10-20 let zkušeností, 19 respondentů) a nejzkušenějších (20 a více let zkušeností, 9 respondentů). Nejvíce respondentů má mezi 20 a 50 včelstvy (21 včelařů).



Obr. 13 Charakteristika respondentů

#### Vliv topografie

Jako maximální nadmořskou výšku vhodnou pro včelaření označila většina respondentů možnosti od 600 po 800 metrů nad mořem. 8 respondentů uvedlo *více než 1000 m n.m.* Celková shoda panovala u otázky optimální nadmořské výšky. 35 včelařů zvolilo 300 m n.m., 17 včelařů 400 m n.m.

#### Vliv klimatu

V otázce vlivu klimatu respondenti hodnotili vliv 12 klimatických ukazatelů na stupnici od 1 do 10. Jako významnější včelaři označili průměrnou teplotu, srážky květen–září a počet dní nad 18 °C.

#### Vliv využití území

V této části dotazníku respondenti hodnotili celkem 16 tříd využití území podle vhodnosti pro včelaření na stupnici od 1 (nevhodné) po 10 (vhodné). Třídy korespondují s kategoriemi v použitých datových sadách, tak aby byly výsledky dotazníku snadno přenositelné do modelu.

Jako nejvhodnější označili včelaři louky a ovocné sady, kterým přiřadili vhodnost okolo 9. Naopak nejméně vhodné jsou podle nich vodní plochy, chmelnice, holiny po kůrovci a podmáčená území s vhodností méně než 4 z 10.

### **Specifické otázky**

Tato část dotazníku obsahovala otázky, které nešly snadno zařadit do některé z ostatních kategorií. Na otázku „Má smysl uvažovat ekotonová stanoviště v lese? Jako daleko od okraje jehličnatého lesa včely létají?“ odpověděla většina včelařů 500 m nebo 500 m a více, případně že to nemá vliv. U stejné otázky ohledně jehličnatého lesa zvolila ještě větší část včelařů odpovědi „500 m a více“, „500 m“ a „nemá to vliv“.

Následující dvě otázky se týkaly vlivu silničních komunikací. Na otázku „Ovlivňuje včelstva?“ mohli respondenti vybrat žádnou nebo libovolný počet odpovědí od dálnic po místní komunikace. 40 % odpovědí připadlo dálnicím, 31 % silnicím 1. třídy, 16 % silnicím 2. třídy a zbytek silnicím 3. třídy a místním komunikacím. Následovala otázka „Do jaké vzdálenosti jsou včelstva ovlivňována dálnicemi a silnicemi 1. třídy?“ U této otázky byly odpovědi respondentů poměrně rovnoměrně rozmístěny mezi 4 ze 7 možných odpovědí. 29 % včelařů uvedlo 100 m, 24 % uvedlo 500 m a více a shodně po 19 % včelařů zvolilo odpovědi 200 m a 300 m.

### **Umístění včelnice**

Poslední sekce dotazníku se zabývala otázkami souvisejícími s umístěním samotné včelnice. První se týkala vzdálenosti od včelnice, do které má smysl uvažovat o výpočtu úživnosti krajiny. Včelaři se v této otázce shodovali a uvedli nejčastěji 3 km (35 respondentů) nebo 2 km (16 respondentů). V následující otázce měli včelaři za úkol rozdělit 100 % mezi 7 faktorů, které by mohly mít vliv na výběr stanoviště pro včelstvo. Naprostá většina respondentů zvládla rozdělit přesně 100 %. Z hodnocení včelařů vyšly 2 faktory jako výrazně důležitější než zbylé. Největší váhu přiřadili respondenti využití území v okolí včelnice (33 %) a za druhý nejvýznamnější faktor označili hustota zavčelení (27 %). Jako třetí až pátý nejdůležitější faktor označili včelaři nadmořskou výšku, oslunění a klima se shodně 9 %. Na další otázku „Je pro vás důležitá komunikace pro přístup k včelstvům?“ odpověděla naprostá většina včelařů ano (60 ze 67).

Následovalo po dvou otázkách ke sklonu svahu a orientaci svahu. Podle včelařů sklon svahu nemá příliš velký vliv na umístění včelnice (3,5 z 10). Zatímco orientace svahu má výrazně větší vliv (7,6 z 10). Za optimální sklon svahu považují včelaři malý nebo střední. Jako optimální orientace svahu označili respondenti jihovýchodní (48 %), popř. jižní (21 %) nebo jihozápadní (18 %). Poslední otázka zněla, zda včely potřebují stabilní zdroje vody (řeku, vodní plochu) nebo jim stačí vlhkost v prostředí. Zde se včelaři příliš neshodli, podle 27 včelařů je vhodná kombinace obojího, podle 24 včelařů je nutný stabilní zdroj a podle 15 stačí vlhkost prostředí.

### 4.3 Zpracování dat

Hlavní fázi zpracování dat lze rozdělit na dvě části – modelování vhodnosti krajiny pro včelaření a modelování vhodnosti lokality pro umístění včelnice. Obě části na sebe navazují, protože vrstva vhodnosti krajiny pro včelaření je součástí výpočtu vhodnosti lokality pro umístění včelnice. Návaznost jednotlivých kroků a použité faktory znázorňuje schéma (Obr. 14).



Obr. 14 Schéma modelování vhodnosti krajiny a vhodnosti lokality pro umístění včelnice.

#### Váhy faktorů

Váhy jednotlivých faktorů byly stanoveny na základě odpovědí včelařů, zejména z druhého dotazníkového šetření, ale také s přihlédnutím k rešerši a po konzultaci s vedoucím práce a konzultantem Mgr. Jiřím Danihlíkem, Ph.D. Nejvyšší váha byla přidělena vrstvě využití území. Vrstvu využití území pokládá za nejvýznamnější většina studií popsaných v rešerši a největší váhu ji přidělili i včelaři v druhém dotazníkovém šetření. Velmi vysokou důležitost přikládají včelaři také hustotě zavčelení. Zdá se, že včelaři jsou si dobře vědomi rizik, které vysoké zavčelení může přinášet. Ostatních sedm faktorů má již výrazně nižší váhy od 3 do 8 % (Tab. 4). Tyto váhy popisují podíl faktorů na vhodnosti lokality pro umístění včelnice, ale jsou platné i pro vhodnost krajiny. Pro vhodnost krajiny byly poměry vah zachovány a pouze byly váhy daných 4 faktorů přepočteny tak, aby měly součet vah 100 %.

Tab. 4 Váhy faktorů

Faktor	Váha (%)
Využití území	35
Hustota zavčelení	27
Nadmořská výška	8
Orientace svahu	6
Sklon svahu	3
Teplota	6
Srážky	6
Vzdálenost silnic	5
Zóny vlivu komunikací	4

### 4.3.1 Vhodnost krajiny pro včelaření

Vhodnost krajiny pro včelaření je jednou ze dvou výsledných vrstev a zároveň se podílí na výpočtu vhodnosti lokality pro umístění včelnice. Na výpočtu se podílí čtyři vrstvy, které přímo souvisí s krajinou a klimatem – využití území, nadmořská výška, teplota a srážky. Váha těchto čtyř faktorů je celkem 55 %. Váhy byly přepočteny tak, aby celkový součet byl 100 % a byly zachovány poměry vah (Tab. 5). Bez tohoto přepočtení by nebylo možné vhodnost krajiny prezentovat v mapě jako samostatnou vrstvu s rozsahem hodnot 1 až 10.

Tab. 5 Váhy faktorů vhodnosti krajiny po přepočtení

<b>Faktor</b>	<b>Váha (%)</b>
Využití území	63,6364
Nadmořská výška	14,5455
Teplota	10,9091
Srážky	10,9091

#### **Klasifikace faktorů**

Pro výpočet vhodnosti byly všechny 4 faktory klasifikovány na hodnoty na stupnici 1–10. Podkladem bylo opět zejména dotazníkové šetření podpořené rešerší a výsledné hodnoty byly diskutovány s vedoucím práce a schvalovány konzultantem. Kompletní klasifikaci faktorů vhodnosti krajiny popisuje Tab. 6.

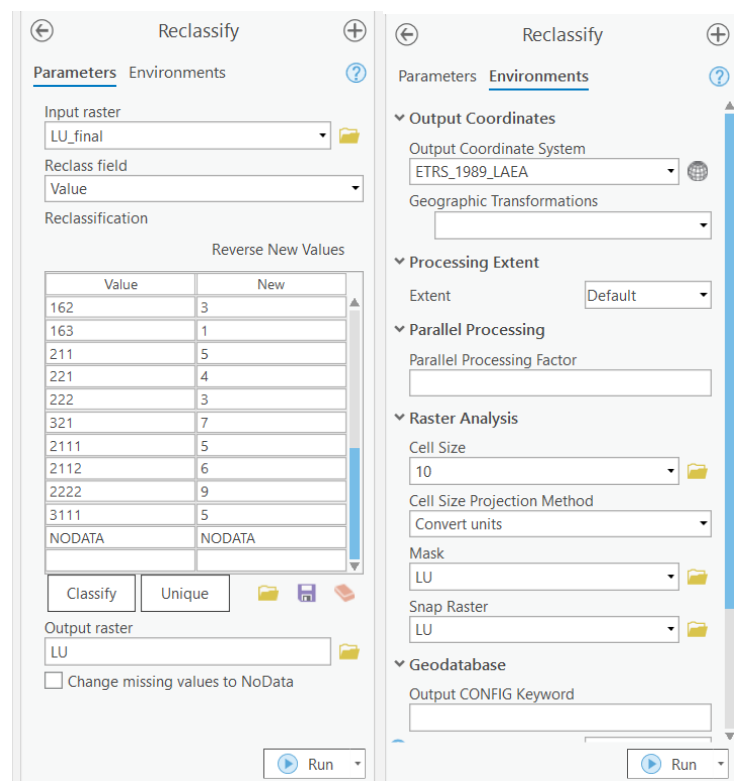
Tab. 6 Klasifikace faktorů vhodnosti krajiny (1 nejméně vhodné, 10 nejvhodnější)

<b>Vhodnost</b>	<b>Využití území</b>	<b>Nadmořská výška</b> m n. m.	<b>Teplota</b> °C	<b>Srážky</b> mm
<b>1</b>	pláže, duny, skály, vodní plochy 20 a více metrů od břehu	>800	<13	-
<b>2</b>	-	-	-	>500
<b>3</b>	zástavba a silnice, močály, rašeliniště, vodní plochy, chmelnice, holina po kůrovci	700–800	13–14	-
<b>4</b>	vinice, vřesoviště, souše	650–700	-	430–500
<b>5</b>	zemědělská půda, rychle rostoucí dřeviny,	600–650	-	-

	standartní orná půda, travní porost na orné půdě			
<b>6</b>	úhor	-	14–15,5	<320
<b>7</b>	jehličnatý les, trvalý travní porost	500–600	-	-
<b>8</b>	listnatý les, zalesněná půda	450–500	15,5–16,5	360–430
<b>9</b>	louky a pastviny, ovocný sad	400–450	-	-
<b>10</b>	-	<400	>16,5	320–360

### Zpracování dat

Takto v tabulkovém editoru připravená klasifikace byla následně aplikována na jednotlivé rastrové vrstvy pomocí nástroje *Reclassify*. Kvalitativní (využití území) i kvantitativní data (nadmořská výška, teplota, srážky) byla takto převedena na desetistupňovou stupnici vhodnosti. Vždy byla zachována velikost pixelu 10 m a všechny rastry byly zarovnány volbou *Snap Raster* k rastru využití území (Obr. 15).



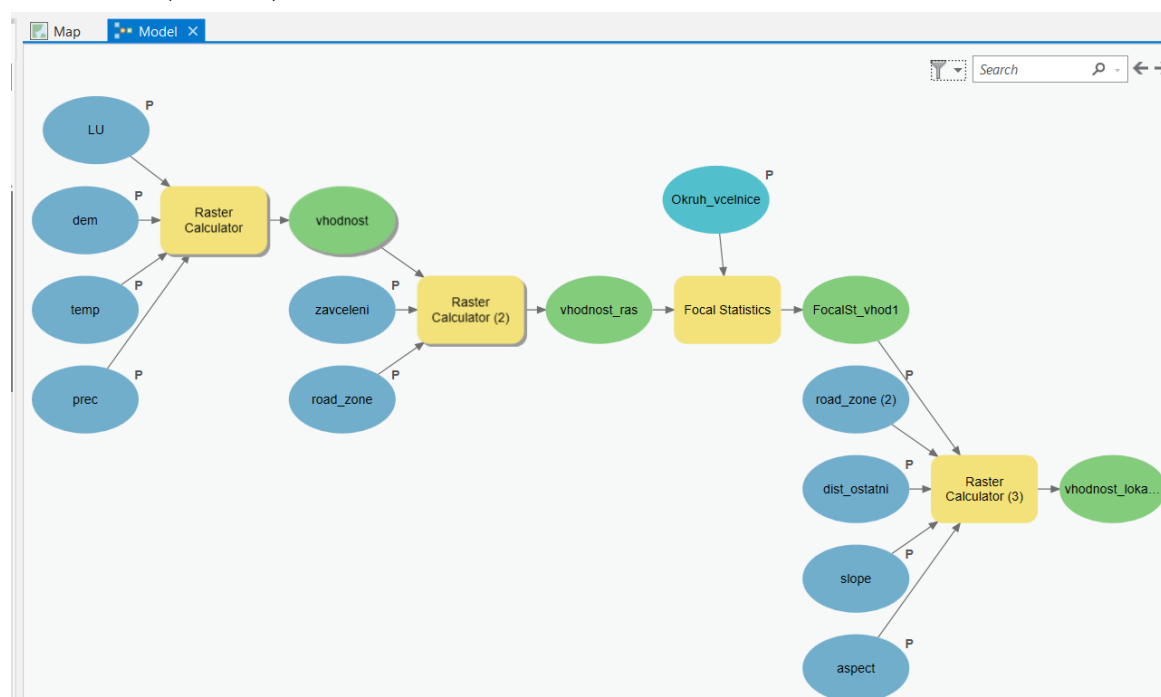
Obr. 15 Nastavení nástroje Reclassify.

Z takto připravených rastrových vrstev bylo už následně možné vypočítat vhodnost krajiny pro včelaření jednoduchým výpočtem v nástroji *Raster Calculator*. Vzorec pro

výpočet byl:  $0,636364 * „LU“ + 0,145455 * „dmr“ + 0,109091 * „temp“ + 0,109091 * „prec“$ . Rozsah hodnot výsledné vrstvy je 1,11 až 9,36.

### 4.3.2 Vhodnost lokality pro umístění včelnice

Model vhodnosti lokality pro umístění včelnice vychází z modelu vhodnosti krajiny pro včelaření, navazuje na něj a v několika krocích ho rozšiřuje o další faktory. Nejlépe popisuje celý model a postup zpracování Obr. 14 na začátku této kapitoly. Stručně lze postup shrnout takto – nejdříve byly k výsledné vrstvě vhodnosti krajiny přičteny další 2 faktory, následně byl vypočítán průměr hodnot v okruhu doletu včel a v posledním kroku byly přičteny zbývající faktory, které jsou relevantní pouze v daném bodě, nikoliv okolí. Podrobný popis následuje níže v této podkapitole. Celý postup byl také automatizován pomocí modelu vytvořeného v prostředí Model Builder v programu ArcGIS Pro (Obr. 16).



Obr. 16 Model celého výpočtu v prostředí Model Builder.

Takto vytvořený model v prostředí Model Builder nebyl použit pro vytvoření hlavních výstupů této práce pro jeho výpočetní náročnost, ale je užitečný pro porozumění celému postupu práce. Během kalibrace nastavení modelu vhodnosti byl tento model použit pro výpočet vhodnosti na menších územích a na celém území v nižším rozlišení. Na dostatečně výkonném počítači může být model použit i pro výpočet vhodnosti na celém území ČR v plném rozlišení 10 metrů na pixel.

Jak je zřejmé ze schématu (Obr. 14) i modelu (Obr. 16) vrstva zón vlivu komunikací byla použita v modelu dvakrát. Tento postup byl zvolen, protože vrstva má vliv jak v celém okolí včelnice, tak pro vhodnost právě dané lokality (v daném bodu). Celková váha vrstvy 4 % byla proto rozdělena a v obou krocích byla vrstvě přidělena váha 2 %. Váhy zbylých faktorů pro výpočet vhodnosti lokality pro umístění včelnice jsou zapsány v Tab. 4.

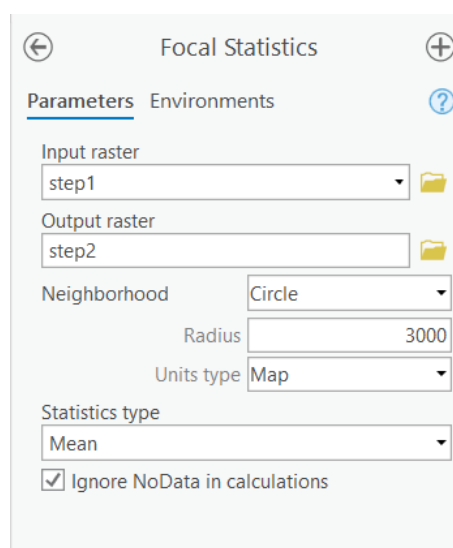
Prvním krokem zpracování vhodnosti lokality pro umístění včelnice byla klasifikace zbývajících 5 faktorů (Tab. 7). Po přípravě klasifikace byly hodnoty přeneseny do jednotlivých rastrových vrstev pomocí nástroje *Reclassify*. Stejně jako při výpočtu

vhodnosti krajiny byla u všech vrstev zachována velikost pixelu 10 metrů a rastry byly volbou *Snap Raster* shodně zarovnány.

Tab. 7 Klasifikace faktorů vhodnosti lokality pro umístění včelnice (1 nejméně vhodné, 10 nejvhodnější)

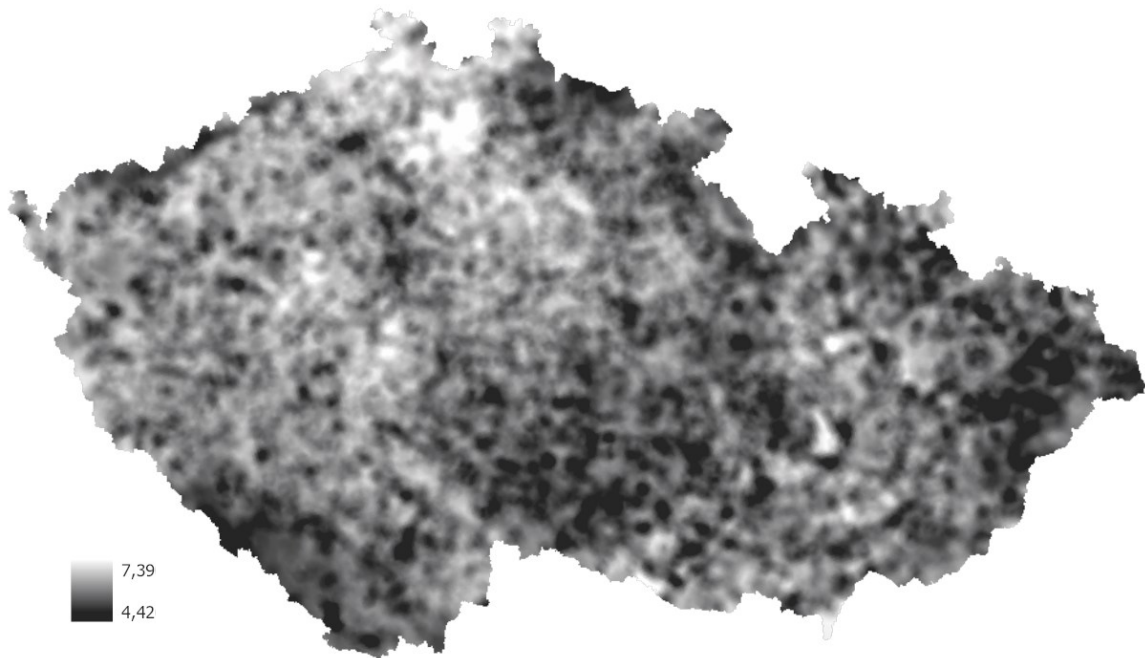
Vhodnost	Hustota zavčelení včelstev/ km <sup>2</sup>	Orientace svahu	Sklon svahu	Vzdálenost menších silnic metrů	Zóny vlivu komunikací (v okruhu 3 km)	Zóny vlivu komunikací (přímo v lokalitě)
1	>35	S	>25°	>1000	je	-
2	-	-	-	-	-	-
3	20–35	-	-	500–1000	-	je
4	-	SV, SZ	10°–25°	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	10–20	V, Z, rovina	-	300–500	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	5–10	-	5°–10°	100–300	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	<5	J, JV, JZ	<5°	<100	není	není

V prvním kroku samotného výpočtu byl sečten rastr vhodnosti krajiny s hustotou zavčelení a zónami vlivu komunikací. Byl použit nástroj *Raster Calculator* s následujícím vzorcem:  $0,55 * \text{„vhodnost“} + 0,27 * \text{„zavčelení“} + 0,02 * \text{„zony\_vlivu3km“}$ . Druhým krokem byl výpočet průměru hodnot rastru v okruhu 3 km. Vstupním rastrem byl výsledek z minulého kroku. Průměr byl vypočítán nástrojem *Focal Statistics*. Okolí bylo v nástroji definováno jak kruh o poloměru 3 km (Obr. 17). Výsledkem byla výrazně shlazená vrstva (Obr. 18).



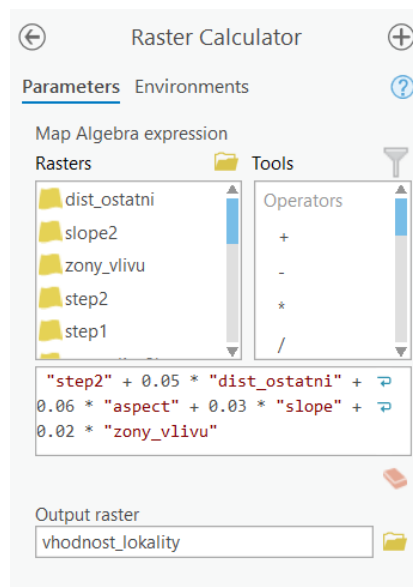
Obr. 17 Nastavení nástroje *Focal Statistics*.





Obr. 18 Výstup nástroje *Focal Statistics*.

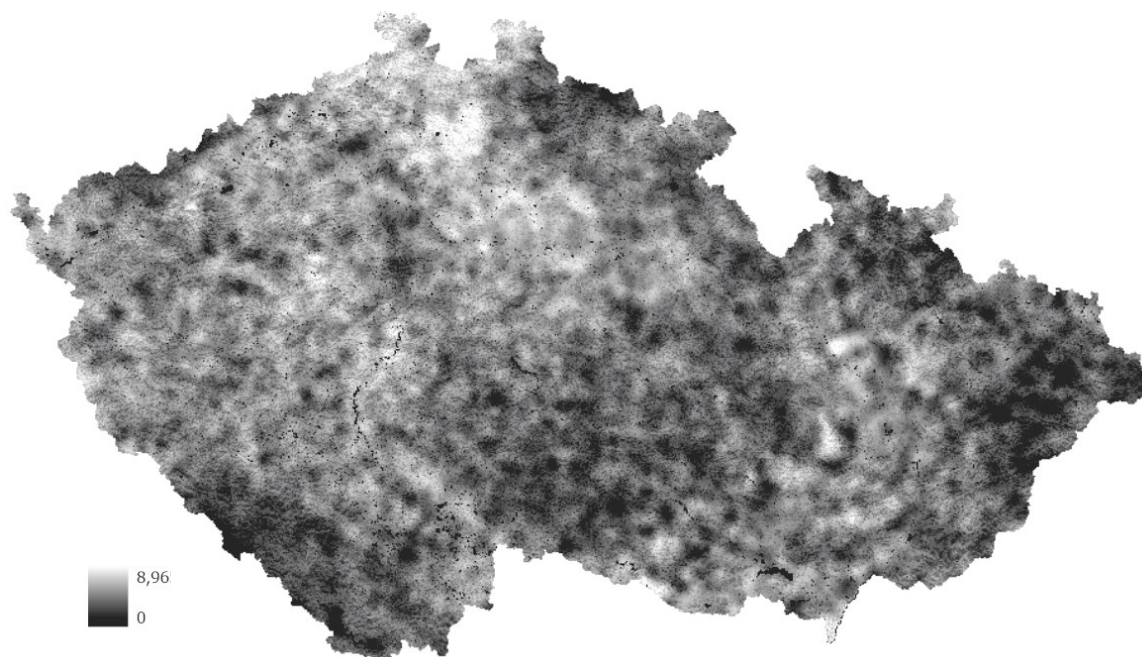
Třetím krokem výpočtu vhodnosti lokality pro umístění včelnice bylo přičtení zbylých vrstev, tedy orientace svahu, sklonu svahu, vzdálenosti od menších silnic a znovu také zón vlivu komunikací. I pro tento výpočet byl použit nástroj *Raster Calculator* (Obr. 19). Rozsah hodnot výsledné vrstvy je 4,92 až 8,97.



Obr. 19 Třetí krok výpočtu.

Posledním krokem zpracování výsledných vrstev bylo vymaskování vodních ploch a významných silnic. Vodní plochy byly nástrojem *Reclassify* extrahovány z vrstvy využití území a byla jim nastavena hodnota 0. Silnice byly získány z Open Street Map. Okolo dálnic (třída motorway) byl vytvořen buffer 10 m a okolo rychlostních silnic a silnic 1. třídy (třídy trunk a primary) buffer 5 m. Oba buffery spojeny nástrojem *Merge* a pomocí *Feature to Raster* převedeny na rastr s hodnotou 0. Následně byly rastry vodních ploch a silnic propsány do výsledné vrstvy vhodnosti lokality pro umístění

včelnice i do vrstvy vhodnosti krajiny pro včelaření pomocí nástroje *Mosaic to New Raster*. Cílem tohoto kroku bylo snížit vhodnost na nulu v místech která jsou pro včelaření, resp. umístění včelnice zcela nevhodná. Náhled výsledné vrstvy vhodnosti lokality pro umístění včelnice v základní vizualizaci ukazuje Obr. 20.



Obr. 20 Výsledná vrstva vhodnosti lokality pro umístění včelnice.







#### 4.4 Webová mapová aplikace

Výsledné vrstvy vhodnosti krajiny a vhodnosti lokality pro umístění včelnice byly publikovány na webu v mapové aplikaci. Vizualizace byla připravena v programu ArcGIS Pro a následně nástrojem *Share As Web Layer* byly vrstvy publikovány v prostředí ArcGIS Online. Vhodná bipolární barevná stupnice byla získána z webu [colorbrewer2.org](http://colorbrewer2.org). Vrstvy byly klasifikovány do 6 tříd podle vhodnosti krajiny/lokality:







1. zcela nevhodná – umístění včelnice je nemožné nebo velmi nepraktické, pixely s hodnotou právě 0, tedy vodní plochy a významné silniční komunikace,
2. nevhodná – nejméně vhodné oblasti pro včelaření, umístění včelnice je možné, ale včely zde nebudou prosperovat, zejména nejvyšší partie pohoří,
3. spíše nevhodná – umístění včelnice je možné, ale chov bude zatížen negativními vlivy, nejčastěji oblasti s vyšší nadmořskou výškou nebo méně vhodným využitím území, například města s ne zcela ideálním klimatem, u vhodnosti lokality také oblasti s vysokou hustotou zavčelení,
4. spíše vhodná – oblast vhodná pro umístění včelnice, některé faktory zde však nejsou ideální – využití území, klima, popř. u vhodnosti lokality hustota zavčelení,
5. vhodná – oblast vhodná pro umístění včelnice, včely zde budou prosperovat, většina faktorů zde nabývá hodnot pro včelaření velmi příznivých,
6. velmi vhodná – nejvhodnější lokality, umístění včelnice lze jednoznačně doporučit, všechny faktory nabývají hodnot velmi příznivých pro včelaření a vhodnost je vysoká i v okolí těchto lokalit.

Hranice intervalů hodnot jednotlivých tříd se u obou vrstev lišily, protože vzhledem k postupu výpočtu bylo i rozložení hodnot ve výsledných vrstvách odlišné. Klasifikace

vycházela z rozdělení *Natural Breaks*, které bylo následně manuálně upraveno. Intervaly jednotlivých tříd jsou zřejmé z nastavení klasifikace obou vrstev (Obr. 21).

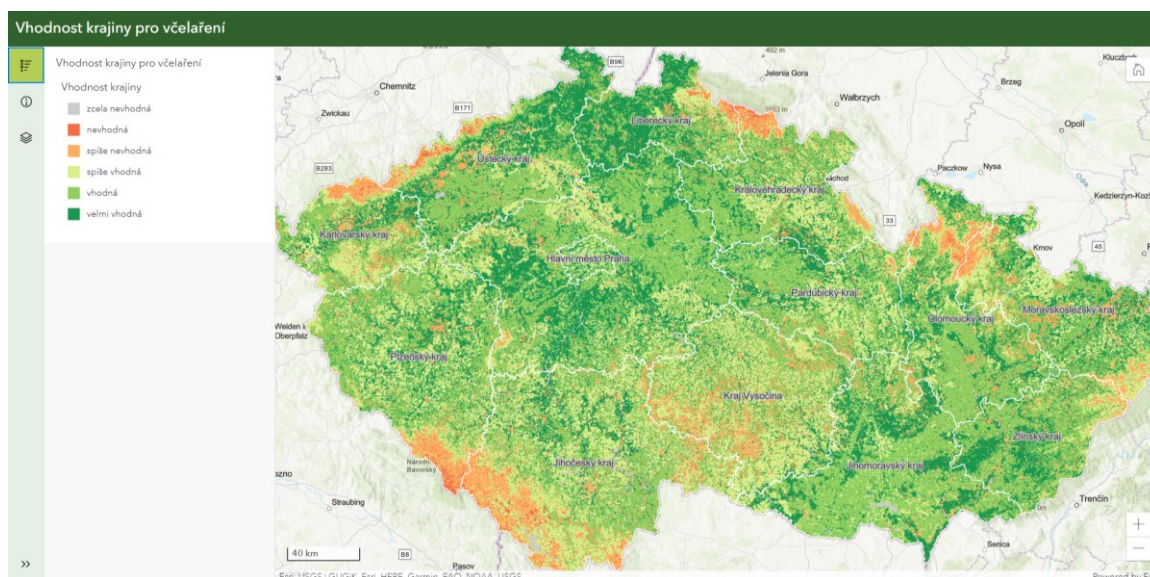
Classes			Mask	Histogram
More	+ 0.0	- 0.0		
Color	Upper value	Label		
	≤ 0,1	zcela nevhod.		
	≤ 4,0	nevhodná		
	≤ 5,5	spíše nevhod.		
	≤ 6,5	spíše vhodná		
	≤ 7,5	vhodná		
	≤ 9,363646	velmi vhodná		

Classes			Mask	Histogram
More	+ 0.0	- 0.0		
Color	Upper value	Label		
	≤ 0,0	zcela nevhod.		
	≤ 6,2	nevhodná		
	≤ 6,7	spíše nevhod.		
	≤ 7,1	spíše vhodná		
	≤ 7,7	vhodná		
	≤ 8,96515	velmi vhodná		

Obr. 21 Nastavení klasifikace vhodnosti krajiny (vlevo) a vhodnosti lokality pro umístění včelnice (vpravo).

Webová aplikace byla vytvořena v uživatelsky přívětivém prostředí ArcGIS Instant Apps. Bylo zvoleno jednoduché rozhraní webové mapové aplikace s postranní lištou na levé straně obrazovky, která umožňuje přepínání vrstev a obsahuje legendu a základní informace o zobrazovaných vrstvách (Obr. 22). Nechybí také zmínka o této diplomové práci a odkaz na web práce. Pro snadnější orientaci byly do mapy doplněny hranice krajů a obcí. V malých měřítcích se zobrazují pouze názvy a hranice krajů a při větším přiblížení mapy názvy a hranice obcí. Webová mapová aplikace je dostupná na odkaze <https://arcg.is/05jLGi>.



Obr. 22 Prostředí webové mapové aplikace.



## 5 VÝSLEDKY

V práci byla modelována vhodnost krajiny pro včelaření. Modelování bylo rozděleno do dvou na sebe navazujících částí – modelování vhodnosti krajiny pro včelaření a modelování vhodnosti lokality pro umístění včelnice. V práci bylo pro modelování použito celkem 8 datových sad, ze kterých bylo odvozeno 9 faktorů podílejících se na vhodnosti krajiny pro včelaření. Nejdůležitějším faktorem byla vrstva využití území, která vznikla sloučením 3 datových zdrojů – Land Cover Map of Europe, Registru půdy LPIS a Kúrovcové mapy. Vliv topografie na včelaření byl modelován pomocí 3 vrstev – nadmořské výšky, orientace svahu a sklonu svahu. Dále byl modelován vliv klimatu. Jako vhodné ukazatele byly zvoleny průměrná teplota od května do září a průměrný srážkový úhrn za stejné období. Dalšími použitými vrstvami byla vrstva silnic pro modelování dostupnosti lokality autem, hustota zavčelení pro modelování rizik s ní spojených a vrstva zón vlivu komunikací.

Všechny vrstvy byly klasifikovány na desetistupňové stupnici vhodnosti a jednotlivým faktorům byly přiřazeny váhy podle podílu na celkové vhodnosti. Model byl kalibrován na základě dvou dotazníkových šetření mezi zkušenými včelaři. Výsledkem práce jsou vrstvy vhodnosti krajiny pro včelaření a vhodnosti lokality pro umístění včelnice. Obě vrstvy byly publikovány ve webové mapové aplikaci, kde jsou snadno dostupné jak aktivním včelařům, tak i široké veřejnosti.

### 5.1 Vhodnost krajiny pro včelaření

Mapa vhodnosti krajiny pro včelaření (Obr. 23) popisuje vhodnost krajiny na základě několika faktorů, které zachycují její základní charakteristiky. Největší váhu na vhodnosti krajiny má využití území. Dále se na výpočtu s menší váhou podílí nadmořská výška a průměrná teplota a srážky od května do září.

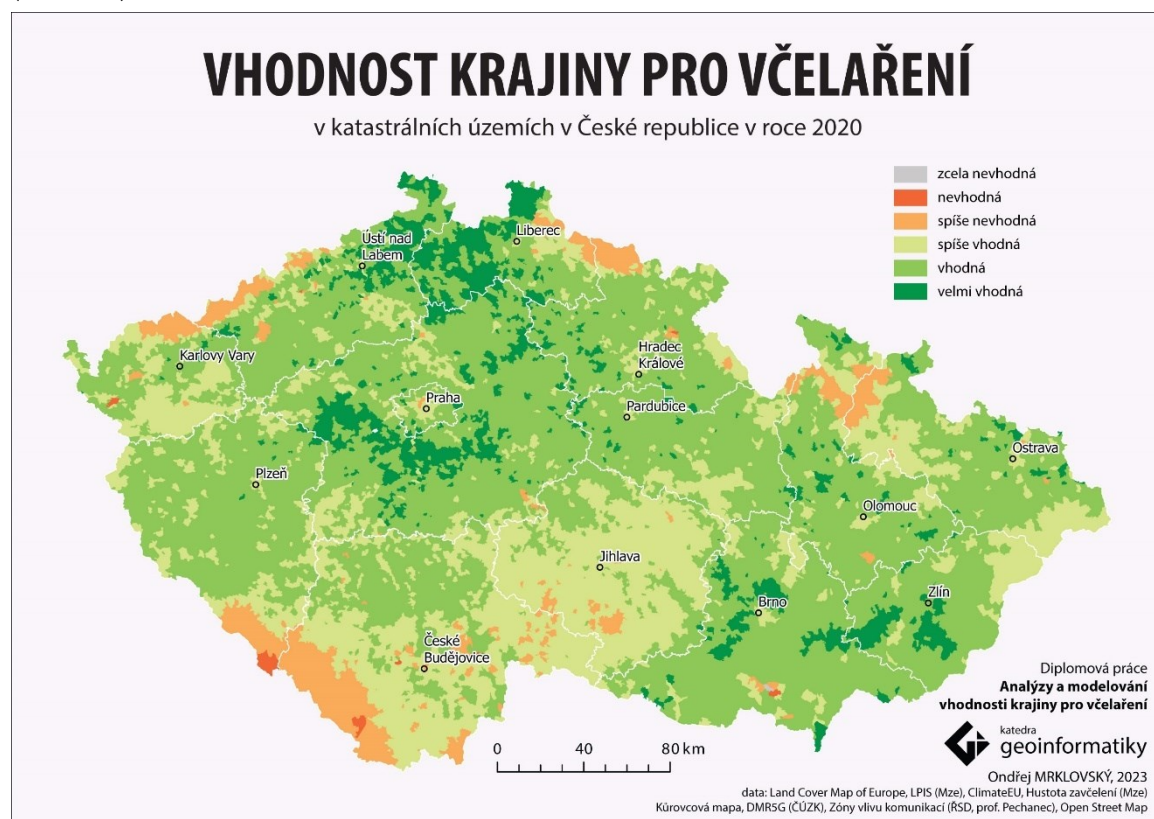


Obr. 23 Mapa vhodnosti krajiny pro včelaření.

Vrstva vhodnosti krajiny je vzhledem ke způsobu výpočtu výrazně prostorově variabilní. Nejvyšší vhodnost krajiny pro včelaření obecně identifikujeme v oblastech s velmi vhodným využitím území (louka, pastvina, ovocný sad, les), nižší nadmořskou výškou (do 400 m n. m.) a zároveň s vhodnou teplotou a srážkami. Nejvyšší vhodnosti se však nenachází ve velkých nížinách a rovinách, protože tyto oblasti jsou intenzivně zemědělsky využívány. Nejčastěji naopak vysokou vhodnost mají topograficky členitější oblasti, které často bývají více zalesněné.

Největší oblasti klasifikované jako velmi vhodné se nachází v severních Čechách mezi Ústím nad Labem a Libercem. Kromě vhodného využití území má většina této oblasti také optimální nadmořskou výšku a průměrné srážkové úhrny, pouze průměrná teplota je v této oblasti mírně nižší než optimální. Druhou výraznou oblastí s vysokým zastoupením velmi vhodné krajiny pro včelaření jsou střední Čechy jižně od Prahy. Vysoká vhodnost byla identifikována v pásu, který na západě začíná Křivoklátskou vrchovinou a táhne se na východ přes Český kras, křížuje Vltavu a pokračuje v okolí řeky Sázavy až ke Kostelci nad Černými lesy. Vysoká vhodnost je opět způsobena optimálními nebo téměř optimálními hodnotami ve všech čtyřech faktorech.

Další 2 větší oblasti klasifikované jako velmi vhodné se nachází v jižní části Moravy. První z nich lze nalézt ve vrchovinách severně od Brna a v pásu táhnoucím se od Moravského Krumlova severně k Brnu. Druhou výraznou, a ještě o něco souvislejší oblastí na Moravě je pás vedoucí Ždánickým lesem, na který plynule navazují Chřiby a končí až u Otrokovic. Oblasti s převažující vysokou nebo naopak nižší vhodností krajiny lze snadno identifikovat výpočtem průměrů vhodnosti v katastrálních územích (Obr. 24).



Obr. 24 Mapa vhodnosti krajiny pro včelaření v katastrálních územích.

Oblasti spadající do kategorie „vhodná“ se vyskytují zejména v rovinatých oblastech s optimálními klimatickými podmínkami i vhodnou nadmořskou výškou, avšak s méně

vhodným využitím území. Jedná se o oblasti s velkým zastoupením zemědělské půdy, která pro včelaření není tak vhodná jako oblasti kde se mísí lesy, louky, popř. ovocné sady. V Čechách se jedná zejména o Českou tabuli a Mosteckou pánev, na Moravě pak úvaly – Hornomoravský, Dolnomoravský, Dyjsko-svratecký. Na zbytku území České republiky je vhodnost značně prostorově variabilní, a tak přestože při agregaci na katastrální území spadá do třídy „vhodná“ velká část území, tak ve skutečnosti je v těchto oblastech podobné zastoupení hodnot kategorií „velmi vhodná“ a „spíše vhodná a průměr proto vychází „vhodná“.

Hodnoty kategorie „spíše vhodná“ se vyskytují typicky na Vysočině, případně při agregaci na katastrální území v nižších pohořích a v podhůří nejvyšších českých pohoří – v Nízkém Jeseníku, Beskydech, Slavkovském lese a podhůří Šumavy. Vhodnost v těchto oblastech snižuje vyšší nadmořská výška a také horší klimatické poměry, stále však v akceptovatelných hodnotách pro včelaření.

Oblasti kategorie „spíše nevhodné“ pokrývají většinu českých pohoří kromě jejich nejvyšších poloh – Šumavu, Krušné hory, Krkonoše, Orlické hory, Jeseníky a Beskydy, ale také velké zastavěné oblasti. Přestože města jsou většinou v níže položených oblastech s vhodným klimatem, využití území dělá z měst méně vhodné oblasti pro včelaření. Zatímco Praha, Brno, Pardubice a Hradec Králové jsou v kategorii „spíše vhodná“, zbylá krajská města už spadají do kategorie „spíše nevhodná“.

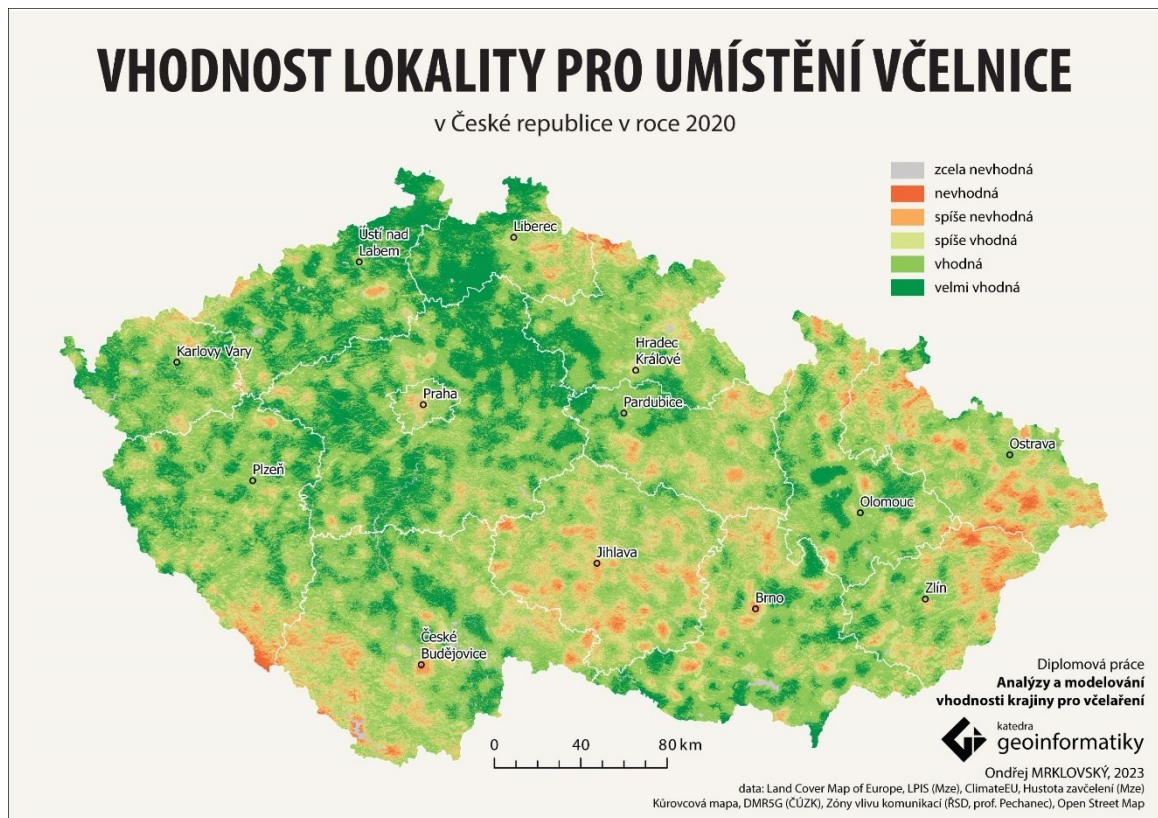
Nejnižší vhodnost mají nejvyšší polohy pohoří – taková místa byla identifikována na Šumavě, v Krušných horách, Krkonoších a Jeseníkách. Hlavním důvodem nízké vhodnosti jsou vysoká nadmořská výška, nízké teploty a velké množství srážek. Kategorie označená v mapách „zcela nevhodná“ obsahuje vodní plochy a významné silniční komunikace.

## **5.2 Vhodnost lokality pro umístění včelnice**

Mapa vhodnosti lokality pro umístění včelnice (Obr. 25) vychází z vrstvy vhodnosti krajiny pro včelaření a doplňuje ji o další faktory relevantní, jak v okolí potenciálního umístění včelnice, tak i právě a pouze v dané lokalitě. Mezi faktory relevantní v okolí potenciální včelnice patří jednak vrstva vhodnosti krajiny pro včelaření a dále hustota zavčelení a zóny vlivu komunikací. K faktorům relevantním pouze v dané lokalitě patří sklon a orientace svahu, dostupnost lokality autem a opět i zóny vlivu komunikací. Mapa vhodnosti lokality pro umístění včelnice může být kvalitní oporou včelařům při volbě stanoviště pro jejich včelstva.

Kromě vhodnosti krajiny pro včelaření, má na vhodnost lokality pro umístění včelnice největší vliv hustota zavčelení. Oblasti s nejvyšší vhodností lokality tak nekopírují oblasti s nejvyšší vhodností krajiny zcela, ale nachází se v místech, kde je jednak vysoká vhodnost krajiny, ale zároveň také nízká hustota zavčelení. Značná část oblastí s vysokou vhodností krajiny má zároveň již vysokou hustotu zavčelení, a proto v těchto oblastech vhodnost lokality pro umístění včelnice není tak vysoká. Ostatní faktory ovlivňují vhodnost lokality zejména na lokální úrovni – orientace svahu zvýhodňuje jižní svahy, dostupnost lokality autem zvyšuje vhodnost míst poblíž vhodných komunikací atd. Pokud však porovnáváme vhodnost lokalit pro umístění včelnice napříč celým územím České republiky jejich vliv není významný.





Obr. 25 Mapa vhodnosti lokality pro umístění včelnice.

Největší souvislá oblast velmi vysokou vhodností lokalit pro umístění včelnice byla identifikována v severních a středních Čechách. Tato oblast se táhne celou Českou tabulí, nížinami v okolí řeky Labe a dále severně až k Lužickým horám a Českému Švýcarsku. Další oblasti s vysokou vhodností lokalit pro umístění včelnice lze nalézt v západních a jižních částech Středočeského kraje – v Krivoklátské vrchovině a v pásu okolo řeky Vltavy. Na Moravě se tak velké souvislé oblasti nenachází, pouze několik menších velmi vhodných oblastí v okolí Olomouce, severovýchodně od Brna a na samém jihu Moravy u hranic s Rakouskem. Všechny tyto oblasti, jak již bylo zmíněno výše, disponují vysokou vhodností krajiny a zároveň nízkou hustotou zavčelení a díky tomu mají i vysokou vhodnost pro umístění včelnice.

Naopak nízké vhodnosti byly identifikovány v lokalitách s vyšší nadmořskou výškou. Velkou oblastí s nízkou vhodností jsou Beskydy, a to nejen jejich nejvyšší partie, ale také podhůří okolo Frýdku-Místku, popř. Valašského Meziříčí. Nízká vhodnost lokalit v těchto oblastech je způsobena zejména vysokým zavčelením, vhodnost krajiny je zde relativně dobrá. Další oblasti nevhodné nebo spíše nevhodné pro umístění včelnice jsou Šumava a Krkonoše, zde je naopak nízká vhodnost lokalit způsobena nízkou vhodností krajiny. Nízká vhodnost lokalit byla identifikována také na Vysočině, zde se na tomto výsledku podílí více faktorů podobným dílem.

### 5.3 Webová mapová aplikace

Obě výsledné vrstvy byly publikovány na webu v jednoduché mapové aplikaci. Aplikace umožňuje včelařům i široké veřejnosti vrstvy podrobně prohlížet a zkoumat. Pro snadnější orientaci jsou vrstvy překryty hranicemi krajů a při větším přiblížení hranicemi a popisy obcí. V aplikaci lze zobrazit legendu vrstev a informace o tom, jak byly vrstvy vytvořeny a jak je interpretovat.



## 6 DISKUZE

V oblasti modelování vhodnosti krajiny pro včelaření představuje tato práce pokrok oproti dříve realizovaným pracím. Práce využívá větší množství datových sad, díky nimž lépe modeluje realitu a způsob zpracování je také propracovanější než v dřívějších pracích. Otázkou je, zda není možné získat další datové sady, použít je jako faktory pro modelování a dále tak model zpřesnit?

Potenciál pro použití dalších datových sad by mohl být v oblasti klimatu. Použitá datová sada ClimateEU, ale i jiné databáze nabízí širokou škálu klimatických ukazatelů. Pro tento typ práce se nabízí například teploty v různých obdobích roku nebo počty dní pod nebo nad určitou teplotou (mrazové dny, dny nad 5 °C, počet dnů bez mrazu, ...). Obtížné však může být vybrat, který ukazatel je pro modelování včelaření nejrelevantnější a poté ho klasifikovat. Kolik daných dní nebo jaké teploty v jakých částech roku jsou pro včelaření optimální? Konzultace se včelaři v tomto případě klasifikaci příliš neusnadní, protože ani oni nedokáží odhadnout jaké hodnoty jsou vhodné, zejména u těchto méně používaných ukazatelů. To se ukázalo i v této práci, kde polovina respondentů v prvním dotazníkovém šetření nestanovila optimální teplotu a srážky a uvedli, že tyto ukazatele nesledují.

Z oblasti klimatu stojí také za zvážení zapracování vlivu větru do modelu. Toto bylo v této práci zvažováno a také někteří z respondentů zmínili vítr jako další možný faktor. Problémem s modelováním větru může být, že data jen obtížně budou popisovat skutečný stav. Tento typ klimatických dat bývá nabízen v rozlišeních okolo 1 km a výše, což pro teplotu nebo srážky je dostatečné, avšak pro vítr by bylo velmi nepřesné. Síla nárazů větru nebo jeho průměrná rychlost jsou v krajině variabilní v řádu desítek metrů, například díky zastínění vegetací nebo tvarům terénu. Toto by dostupná data zachycovala pouze nepřesně, a proto vítr nebyl použit jako faktor.

Prostor pro zpřesnění modelu může být také u vrstvy využití území. V práci byla použita datová sada Land Cover Map of Europe, která byla dále zpřesněna několika dalšími datovými zdroji. Tím byl také výrazně zvýšen počet tříd využití území. Pro modelování vhodnosti krajiny celé České republiky se tato kombinace osvědčila a posloužila dobře. Pro modelování menší oblasti by však jistě bylo přínosem mít k dispozici data s větším počtem tříd a lepším prostorovým rozlišením. Na menším území by bylo možné si tato data zpracovat manuální klasifikací leteckých snímků a využít také znalostí místních poměrů. S velmi detailními daty využití území by bylo možné, na základě znalosti konkrétních druhů rostlin, stromů, plodin, modelovat a kvantifikovat úživnost krajiny v jednotlivých obdobích včelařské sezóny a identifikovat oblasti s dostatkem pastvy během celé sezóny.

Možnost zpřesnění prostorové analýzy je v kroku průměrování hodnot vhodnosti v potenciální lokalitě umístění včelnice. V práci byl použit průměr v okruhu 3 km. Potenciálního zpřesnění modelu by mohlo být dosaženo rozdělením okruhu včelnice na segmenty a výpočtem vhodnosti krajiny v jednotlivých směrech v okolí. V případě dosažení dostatečné vhodnosti v jednom ze sektorů by již nebyla nutná vysoká vhodnost v celém zbylém okolí včelnice a vhodnost lokality by byla dobrá. Včely by si dokázaly toto místo s dobrou vhodností ve svém okolí najít a nižší vhodností například opačným směrem od včelnice by nebyla překážkou.

Pro zpracování modelu bylo zvažováno použití nástroje *Suitability Modeller* v programu ArcGIS Pro. Tento nástroj je určený k usnadnění a automatizaci procesu tvorby a ladění modelu. Pro účely této práce se však nástroj ukázal jako nepraktický pro práci s velkými objemy dat a většina funkcionality, kterou nabízí, nebyla v této práci nutná.

Problematickou částí této práce byla validace výsledků. Výsledky modelu byly porovnány se současnými stanovišti včelstev v LPIS a byl zjištěn částečný průnik vhodných lokalit podle modelu s aktuálními stanovišti. V některých oblastech (typicky např. na horách) je málo současných stanovišť i nízká vhodnost, naopak v místech s velkým počtem aktuálních stanovišť vhodnost není nejvyšší, ale spíše pouze střední nebo lehce nadprůměrná. Z nastavení modelu je zřejmé, že nejvyšší vhodnost lokalit nemůže nastat v oblasti s vysokým zavčelením. Vysoká hustota zavčelení je v modelu považována za negativní faktor a pouze částečný průnik mezi reálnými stanovišti a vhodnými lokalitami podle modelu proto nesevřčí o nepřesnosti modelu.

## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala modelováním vhodnosti krajiny pro včelaření. Pro modelování byla zvoleny vhodné faktory věrně reprezentující realitu a zajištěny odpovídající datové zdroje. Faktory byly klasifikovány podle vhodnosti pro včelaření a byly jim přiděleny váhy. Model byl kalibrován s pomocí zkušených včelařů a byl použit pro hodnocení vhodnosti krajiny. Hodnoceným územím byla celá Česká republika, rozlišení výsledných vrstev je 10 metrů/pixel a jejich detailnost odpovídá přibližně měřítku 1 : 10 000.

V první fázi práce byly v rámci rešerše studovány předchozí práce na podobné téma. Několik podobných prací bylo již realizováno, avšak v jiných částech světa, což se odráželo také na volbě dat a postupu jejich zpracování. Oblastí střední Evropy se zatím žádná podobná práce nezabývala, a i práce z ostatních částí světa buď používaly méně faktorů nebo byl postup jejich zpracování spíše méně propracovaný.

Na základě rešerše a studia faktorů důležitých pro včelaření byly zvoleny faktory pro modelování. Celkem bylo v práci zohledněno 9 faktorů, byly to – využití území, nadmořská výška, orientace a sklon svahu, průměrná teplota od května do září a průměrné srážky za stejné období, dostupnost autem, hustota zavčelení a zóny vlivu komunikací. Pro všechny faktory byly nalezeny vhodné datové zdroje a data byla převedena do jednotného formátu.

V dalším kroku práce byly všechny faktory klasifikovány podle vhodnosti pro včelaření. Pro klasifikaci byly oporou poznatky z rešerše a názory zkušených včelařů zjištěné dotazníkovým šetřením. Klasifikace byla v několika verzích optimalizována, tak aby co nejméně modelovala vhodnost krajiny. Jednotlivým faktorům byly přiděleny váhy podle jejich podílu na celkové vhodnosti.

Výstupem modelu jsou dvě, spolu úzce související vrstvy. Prvním výstupem modelování je vrstva vhodnosti krajiny pro včelaření. Tato vrstva popisuje základní vhodnost krajiny pro včelaření na základě využití území, nadmořské výšky a klimatu. Druhým výstupem je vrstva vhodnosti lokality pro umístění včelnice. Tato vrstva je výsledkem výpočtu vhodnosti krajiny a hustoty zavčelení v okruhu pohybu včel a zohlednění dostupnosti lokality autem, sklonu a orientace svahu a zón vlivu komunikací.

Výsledné vrstvy byly vhodnou formou vizualizovány a v práci interpretovány. Vrstvy byly také publikovány ve webové mapové aplikaci. Aplikace umožňuje včelařům vrstvy detailně prohlížet a použít je při rozhodování o umístění včelnice nebo pro zjištění vhodnosti stávajícího polohy jejich včelstev. Výsledky této práce mohou být pro včelaře dobrým podkladem pro optimalizování výnosů jejich včelstev, případně zvýšení šance na úspěšné zimování včelstev.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BRANDEJSOVÁ, Jana. Abundance včelstev v krajině a úživnost katastrofu. Praha, 2016. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita.

BRODSCHNEIDER, Robert, Jan BRUS a Jiří DANIHLÍK. Comparison of apiculture and winter mortality of honey bee colonies (*Apis mellifera*) in Austria and Czechia. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 2019, (274), 24-32. Dostupné z: doi:10.1016/j.agee.2019.01.002

CLERMONT, A. a kol. Correlations between land covers and honey bee colony losses in a country with industrialized and rural regions. *Science of The Total Environment*. 2015, (532), 1-13. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.128>

DANIHLÍK, Jiří. Imunita včel. *Moderní včelař*. 2011(5), 147-148.

DANIHLÍK, Jiří a Marek PETŘIVALSKÝ. Aktuální vědecké poznatky o imunitě a zdraví včel. *Veterinářství* [online]. 2015(6), 434-441 [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: [http://aktion.workplace.cz/DZS/Aktion.nsf/a0d5ab26177583e9c1256b730064b5f8/f5f0f1116ca2e844c1257d6a004b1233/\\$FILE/71p6\\_Danihl%C3%ADk%20J.,%20Pet%C5%99ivalsk%C3%BD%20M.%20Aktu%C3%A1ln%C3%AD%20v%C4%9Bdeck%C3%A9%20poznatky%20o%20imunit%C4%9B%20a%20zdrav%C3%AD%20v%C4%8Del.%20Veterin%C3%A1%C5%99stv%C3%AD.pdf](http://aktion.workplace.cz/DZS/Aktion.nsf/a0d5ab26177583e9c1256b730064b5f8/f5f0f1116ca2e844c1257d6a004b1233/$FILE/71p6_Danihl%C3%ADk%20J.,%20Pet%C5%99ivalsk%C3%BD%20M.%20Aktu%C3%A1ln%C3%AD%20v%C4%9Bdeck%C3%A9%20poznatky%20o%20imunit%C4%9B%20a%20zdrav%C3%AD%20v%C4%8Del.%20Veterin%C3%A1%C5%99stv%C3%AD.pdf)

ESTOQUE, Ronald C. a Yuji MURAYAMA. Suitability Analysis for Beekeeping Sites in La Union, Philippines, Using GIS and Multi-Criteria Evaluation Techniques. *Research Journal of Applied Sciences* [online]. 2010, **5**(3), 242 - 253 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: doi:10.3923/rjas.2010.242.253

FOY, Andrew Scott. *A GIS-Based Landscape Scale Model for Native Bee Habitat*. 2007. Diplomová práce. Virginia Polytechnic Institute and State University.

FRIES, I. (2010). *Nosema ceranae* in European honey bees (*Apis mellifera*). *J Invertebr Pathol*, 103 Suppl 1(0), S73-79. doi:10.1016/j.jip.2009.06.017

GROGAN, Hayes Kent. *The Impact of Precipitation and Temperature on Honey Yield in the United States*. Auburn University ProQuest Dissertations Publishing, 2020.

IZAKOVIČOVÁ, Zita a kol. *Krajinnoekologické podmienky trvalo udržateľného rozvoja*. Bratislava: Veda, 1997. ISBN 80-224-0485-3.

JANÍKOVÁ, Věra. Stanovení potenciálu krajiny a zpřístupnění výsledků za využití internetových technologií. Olomouc, 2009. Magisterská práce. Univerzita Palackého.

- KAPLAN, Jakub. *Uživatelsky založená aplikace pro podporu včelaření*. Olomouc, 2021. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce RNDr. Jan Brus Ph.D.
- KAPLAN, Jakub. *Geoinformatické zpracování dat ze studie monitoringu úspěšnosti zimování včelstev*. Olomouc, 2019. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce RNDr. Jan Brus Ph.D.
- KAŠPARŮ, Miroslav. *Vliv teploty a vlhkosti vnějšího prostředí na rozmnožování včely medonosné*. České Budějovice, 2019. Disertační práce. Jihočeská univerzita.
- KLEIN, A.-M. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B.* 2007, (274), 303–313. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2006.3721
- KOLEJKA, J. Krajinné plánování a využití GIS. In: *Česká geografie v období rozvoje informačních technologií*. Sborník příspěvků Výroční konference ČGS. UP Olomouc, 2001.
- KRÁLOVÁ, Lucie. *Analýza pevných stanovišť včelstev v České republice*. Olomouc, 2018. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce RNDr. Jan Brus Ph.D.
- KUCHEJDOVÁ, Magdalena. *Analýza kvality dat studie monitoringu úspěšnosti zimování včelstev*. Olomouc, 2020. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- KUCHLING, S. a kol. Investigating the role of landscape composition on honey bee colony winter mortality: A long-term analysis. *Scientific Reports*. 2018, **8**.
- LIPSKÝ, Zdeněk. *Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů*. Praha: Karolinum; Univerzita Karlova, 1998. ISBN 80-7184-545-0.
- MARCHI, M. a kol. *ClimateEU, scale-free climate normals, historical time series, and future projections for Europe* [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00763-0>
- MATTIVI, P. a kol. TWI computation: a comparison of different open source GISs. *Open Geospatial Data, Software and Standards*. 2019, **4**(6). Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0066-y>
- MCDONALD, Steven. *Applying Geographic Information Systems to the Study of Honey Bee Diseases and Pests*. Halifax, Nové Skotsko, Kanada, 2020. Diplomová práce. Dalhousie University. Vedoucí práce Jennifer Grek Martin.
- PANTOJA, G a kol. Determination of suitable zones for apitourism using multi-criteria evaluation in geographic information systems: a case study in the O'Higgins Region, Chile. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*. 2017, **44**(2), 139-153.

PERUGINI, Monia a kol. Heavy Metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) Contamination in Urban Areas and Wildlife Reserves: Honeybees as Bioindicators. *Biological Trace Element Research*. 2011, 170-176.

POPOVSKA STOJANOV, D. a kol. Direct Economic Impact Assessment of Winter Honeybee Colony Losses in Three European Countries. *Agriculture*. 2021, **11**(5), 398.

ROSENKRANZ P. a kol. (2010). Biology and control of Varroa destructor. *J Invertebr Pathol*, 103 Suppl 1, S96-119. doi:10.1016/j.jip.2009.07.016

SAMMATARO, Diana a Alphonse AVITABILE. *The Beekeeper's Handbook*. 4. vyd. London: Cornell University Press, 2011. ISBN 978-0-8014-7694-5.

SARI, Fatih a kol. A comparison of multicriteria decision analysis techniques for determining beekeeping suitability. *Apidologie* [online]. 2020, (51), 481-498 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-020-00736-7>

SMART, M. a kol. Using Colony Monitoring Devices to Evaluate the Impacts of Land Use and Nutritional Value of Forage on Honey Bee Health. *Agriculture*. 2018, **8**(1), 2.

SWITANEK, M. a kol. Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. *Science of The Total Environment*. 2017, (579), 1581-1587. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.178>

TRAYNOR, K. S. a kol. (2020). Varroa destructor: A Complex Parasite, Crippling Honey Bees Worldwide. *Trends in Parasitology*, 36(7), 592-606. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.04.004>

VAN ESCH, L. a kol. Multivariate Landscape Analysis of Honey Bee Winter Mortality in Wallonia, Belgium. *Environmental Modeling & Assessment*. 2020, (25), 441-452.

VON BÜREN, R. S. a kol. High-resolution maps of Swiss apiaries and their applicability to study spatial distribution of bacterial honey bee brood diseases. *PeerJ*. 2019, (7). Dostupné z: doi:10.7717/peerj.6393

VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava a kol. *Tvorba a ochrana krajiny* [online]. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014 [cit. 2023-03-31]. ISBN 978-80-7414-844-6. Dostupné z: [http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/24e\\_final\\_tisk.pdf](http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/24e_final_tisk.pdf)

ZOCCALI, Paolo a kol. A novel GIS-based approach to assess beekeeping suitability of Mediterranean lands. *Saudi Journal of Biological Sciences* [online]. 2017, **24**(5) [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.01.062>

ŽIVELOVÁ, I., E. SVOBODOVÁ a J. PALKOVIČ. The Impact of Subsidies on the Development of Beekeeping in the Czech Republic. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*,. 2022, **14**(1), 125-134. ISSN 1804-1930. Dostupné z: doi:10.7160/aol.2022.140110

Aktualizace LPIS. *Státní zemědělský intervenční fond* [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.szif.cz/cs/lpis?setCookie=true>

COLOSS.org [online]. 2021 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://coloss.org/who-we-are/>

COLOSS storytelling [online]. 2020 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <http://www.coloss.cz/story/>

Český svaz včelařů [online]. 2022 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.vcelarstvi.cz/cesky-svaz-vcelaru-informace/>

O projektu. *Kůrovcová mapa* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.kurovcovamapa.cz/o-projektu>

ZABAGED® - Výškopis – DMR 5G. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace. *Geoportál ČÚZK* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(gahf3ripnkg3b04rqmfahndr\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302](https://geoportal.cuzk.cz/(S(gahf3ripnkg3b04rqmfahndr))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Logo asociace COLOSS (zdroj: coloss.org).....	18
Obr. 2 Schéma postupu práce (Zoccali a kol., 2017). ....	19
Obr. 3 Mapa využití území regionu Kalábrie klasifikovaná do 3 tříd (zdroj: Zoccali a kol., 2017). ....	21
Obr. 4 Aktivita včel při různých teplotách (zdroj: Sammataro a Avitabile, 2014).....	22
Obr. 5 Průměrná teplota v ČR v jednotlivých měsících (zdroj: faktaoklimatu.cz, data ČHMÚ). ....	23
Obr. 6 Vzdálenost od silnic a od vody (zdroj: Sari a kol. (2020)). ....	24
Obr. 7 Výsledné vrstvy vhodnosti krajiny pro včelaření – Itálie, Egypt, Turecko, Filipíny (zdroj: Zoccali a kol. (2017), Abou-Shaara (2015), Sari a kol. (2020), Estoque a Murayama (2010)). ....	25
Obr. 8 Vliv teploty a srážek na mortalitu včelstev (zdroj: Switanek a kol. (2017)).....	26
Obr. 9 Využití území v okolí pozorovaných včelstev (zdroj: Smart a kol., 2018). ....	27
Obr. 10 Vodní plochy více než 20 metrů od břehu a jejich přidání do vrstvy využití území. ....	31
Obr. 11 Náhled vrstvy průměrné teploty od května do září z databáze ClimateEU.....	32
Obr. 12 Náhled dotazníku (ostatní orientace oříznuty). ....	34
Obr. 13 Charakteristika respondentů.....	37
Obr. 14 Schéma modelování vhodnosti krajiny a vhodnosti lokality pro umístění včelnice. ....	39
Obr. 15 Nastavení nástroje Reclassify.....	41
Obr. 16 Model celého výpočtu v prostředí Model Builder. ....	42
Obr. 17 Nastavení nástroje <i>Focal Statistics</i> . ....	43
Obr. 18 Výstup nástroje <i>Focal Statistics</i> . ....	44
Obr. 19 Třetí krok výpočtu. ....	44
Obr. 20 Výsledná vrstva vhodnosti lokality pro umístění včelnice. ....	45
Obr. 21 Nastavení klasifikace vhodnosti krajiny (vlevo) a vhodnosti lokality pro umístění včelnice (vpravo). ....	46
Obr. 22 Prostředí webové mapové aplikace. ....	46
Obr. 23 Mapa vhodnosti krajiny pro včelaření. ....	47
Obr. 24 Mapa vhodnosti krajiny pro včelaření v katastrálních územích. ....	48
Obr. 25 Mapa vhodnosti lokality pro umístění včelnice. ....	50



## **PŘÍLOHY**

# SEZNAM PŘÍLOH

## Vázané přílohy:

- Příloha 1 Mapa potenciálu úživnosti krajiny pro včelaření v katastrálních územích
- Příloha 2 Mapa vhodnosti lokality pro umístění včelnice v katastrálních územích

## Volné přílohy

- Příloha 3 Mapa vhodnosti krajiny pro včelaření
- Příloha 4 Mapa vhodnosti lokality pro umístění včelnice
- Příloha 5 Poster

## Popis struktury odevzdávaných digitálních dat na datové úložiště katedry

Text\_prace

Vstupni\_data

dotazniky

Vystupni\_data

vysledne\_vrstvy.gdb

mapy

a3

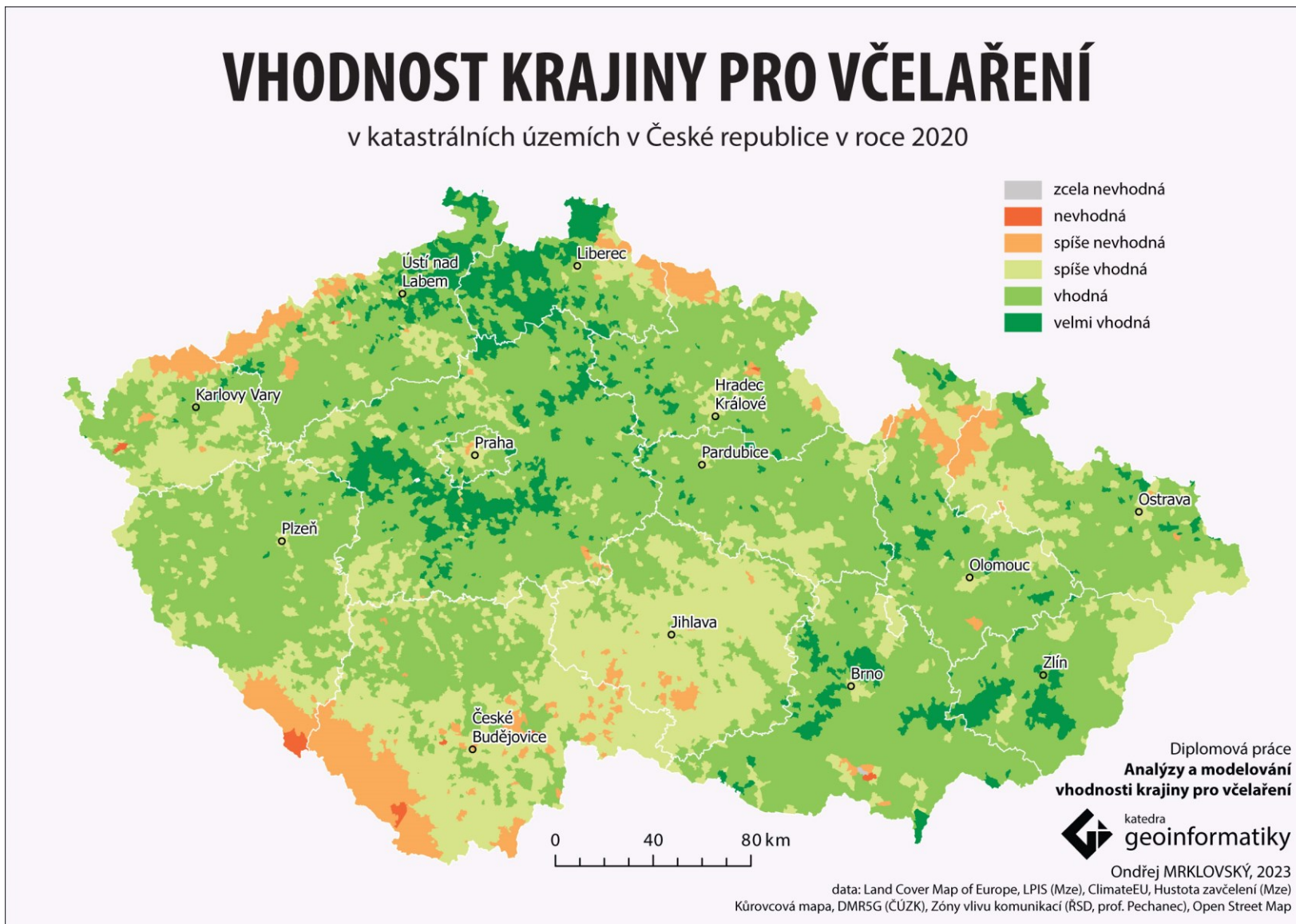
a4

WEB

pics

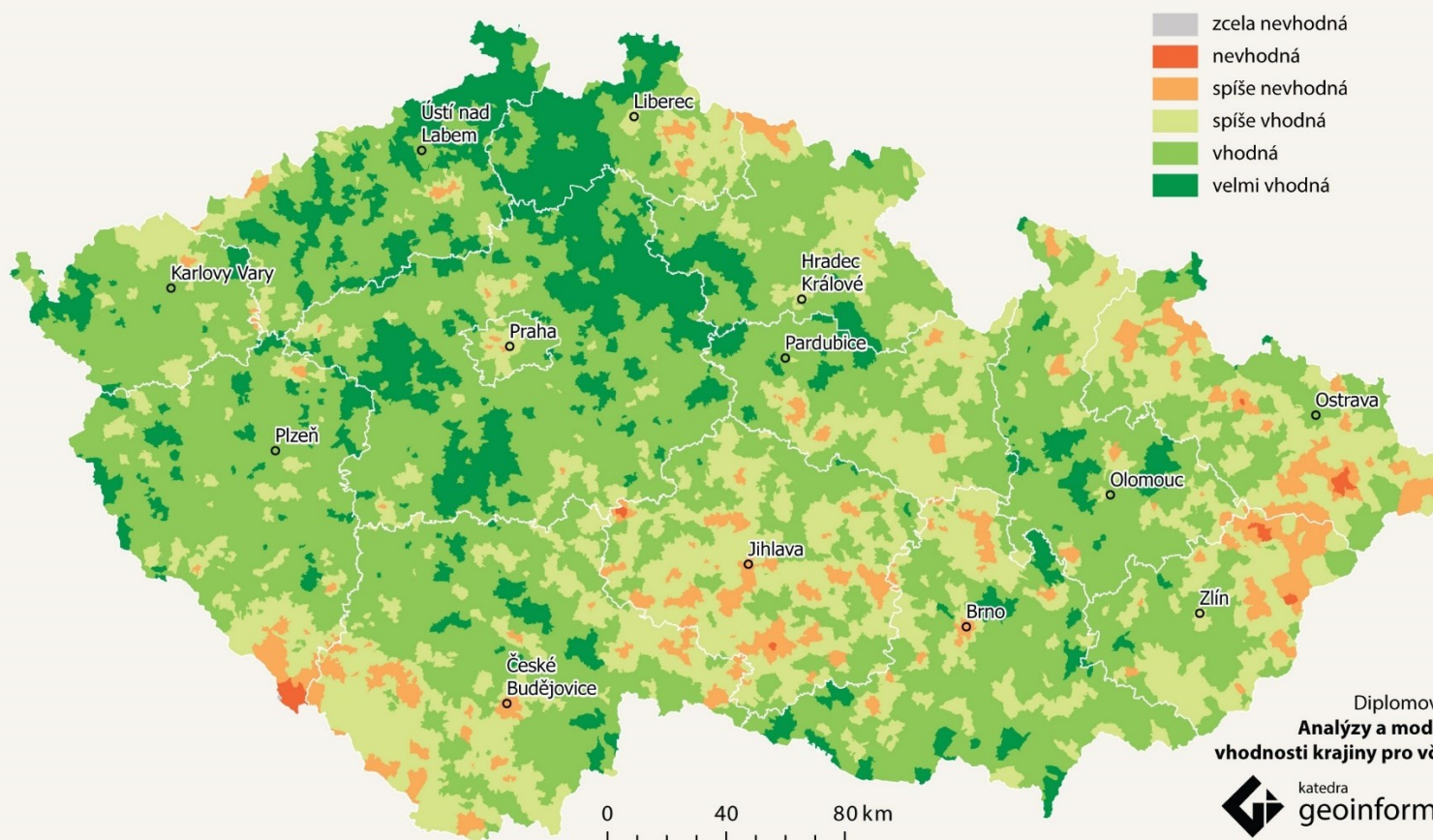
Poster

**Příloha 1**    **Mapa vhodnosti krajiny pro včelaření v katastrálních územích**



# VHODNOST LOKALITY PRO UMÍSTĚNÍ VČELNICE

v katastrálních územích v České republice v roce 2020



Diplomová práce  
**Analýzy a modelování  
vhodnosti krajiny pro včelaření**

katedra  
**geoinformatiky**

Ondřej MRKLOVSKÝ, 2023

data: Land Cover Map of Europe, LPIS (Mze), ClimateEU, Hustota zavčelení (Mze)  
Kúrovcová mapa, DMR5G (ČÚZK), Zóny vlivu komunikací (ŘSD, prof. Pechanec), Open Street Map