

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

**ANALÝZA PEVNÝCH STANOVIŠŤ VČELSTEV  
V ČESKÉ REPUBLICE**

**Diplomová práce**

**Bc. Lucie KRÁLOVÁ**

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

**Olomouc 2018**  
**Geoinformatika**

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá zpracováním a analyzováním dat z monitorování zimování včelstev v České republice. Práce s reálnými daty je doplněna o teoretické simulování vývoje vybraného včelstva na konkrétním území a sledování změn ve vývoji při použití dostupných faktorů.

Práce byla zpracována pomocí software ArcGIS Desktop, a to konkrétně k účelům nahrání dat z dotazníkového šetření COLOSS v České republice a z dat poskytnutých Ministerstvem zemědělství ČR, dále k vytvoření mapových výstupů z těchto dat a k prostorovým analýzám nad těmito daty, zároveň s využitím dalších dostupných vrstev pro doplnění analyzování jako je databáze krajinného pokryvu Corine Land Cover, lesní vegetační stupně a WorldClim. Příprava dat z dotazníků pro import do software ArcGIS Desktop probíhala pomocí software MS Excel z kancelářského balíku Microsoft Office. Simulační modelování vývoje včelstev probíhalo pomocí dostupných modelů BEEHAVE a BEESCOUT v software NetLogo.

Výsledkem práce je podrobný rozbor poskytnutých dat o monitorování včelstev, doplněný mapovými výstupy a rozšiřujícími prostorovými analýzami. Zkoumání vývoje včelstev završuje podrobně zdokumentované simulační modelování vývoje a chování konkrétního včelstva.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Včelařství, COLOSS, Ministerstvo zemědělství ČR, prostorové analýzy, model BEEHAVE

Počet stran práce: 94

Počet příloh: 44 (z toho 8 volných a 1 elektronická)

## **ANOTATION**

The diploma thesis deals with processing and analyzing data from the monitoring of wintering bee colonies in the Czech Republic. Working with real data is complemented by a theoretical simulation of the development of a selected colony on a particular territory and monitoring changes in development using available factors.

The thesis was done by the ArcGIS Desktop software specifically for the purpose of uploading data from the COLOSS questionnaire survey in the Czech Republic and data provided by the Ministry of Agriculture, as well as the creation of map data from these data and spatial analyzes of these data, using other available layers to complement analysis such as the Corine Land Cover, forest vegetation levels, and WorldClim. Preparing the data from the questionnaires to import into ArcGIS Desktop software was done by Excel from the Microsoft Office suite. Simulation modeling of honeybee development was carried out using the available BEEHAVE and BEESCOUT models in NetLogo software.

The result of the work is a detailed analysis of the provided data on honeybee monitoring, supplemented by map outputs and expanding spatial analyzes. The exploration of the development of colonies culminates in a detailed documented simulation modeling of the development and behavior of a particular colony.

## **KEYWORDS**

Beekeeping, COLOSS, Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Spatial Analysis, BEEHAVE

Number of pages 94

Number of appendixes 44

**Prohlašuji, že**

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

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

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

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

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

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

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

V Olomouci dne

Bc. Lucie Králová

### Poděkování

Na prvním místě patří poděkování RNDr. Janu Brusovi, Ph.D. za vedení v průběhu zpracování diplomové práce, za cenné rady a pomoc, kdykoliv bylo potřeba.

Velké díky také patří Mgr. Jiřímu Danihlíkovi, Ph.D., ať už za poskytnutí dat z Monitoringu zimování včelstev z dotazníkového šetření asociace COLOSS, tak i odborné rady a konzultace během zpracování práce. Jeho pohled včelaře byl velmi přínosný.

Dále děkuji Ministerstvu zemědělství ČR za poskytnutí dat o včelaření v České republice.

A také děkuji mé mamince za velkou podporu během tvorby diplomové práce i během celého mého studia.

A nakonec všem, kteří šli alespoň část mé studijní cesty se mnou.

Vevázaný originál **zadání** bakalářské/diplomové práce (s podpisem vedoucího katedry a razítkem katedry). Ve druhém výtisku práce je vevázána fotokopie zadání.

Zde je konec prvního oddílu, kde není číslování stránek. Následující strana patří již do druhého oddílu, který má nastaveno číslování stránek.

# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>11</b>
<b>2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>12</b>
2.1 Použité metody .....	12
2.2 Použitá data .....	12
2.3 Použité programy .....	13
2.4 Postup zpracování.....	13
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>15</b>
3.1 Projekt asociace COLOSS a dotazníkové šetření .....	15
3.2 Ztráty při chovu včel .....	15
3.3 Problematika nemocí včel.....	18
3.4 Metodika sběru dat pomocí dotazníkového šetření .....	19
3.5 Citizen science.....	19
3.6 Prostorově založené studie zimování a úmrtnosti včelstev.....	21
3.7 Simulace chování včel.....	28
<b>4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>33</b>
4.1 Příprava vstupních dat.....	33
4.1.1 Dotazníky asociace COLOSS.....	33
4.1.2 Import dat.....	35
4.1.3 Data z Ministerstva zemědělství ČR .....	37
4.2 Zpracování dat.....	37
4.2.1 Reprezentativnost dat.....	37
4.2.2 Úhyny včelstev .....	39
4.2.3 Nemoci včelstev (DWV, nosematóza, pokálená včelstva).....	39
4.2.4 Loupeže mezi včelstvy.....	40
4.2.5 Zdroje potravy včel .....	40
4.2.6 Hustota zavčelení .....	40
4.2.7 Zastoupení včelařů.....	41
4.3 Prostorové analýzy .....	41
4.3.1 Bivariační kartogram.....	41
4.3.2 Shlukové analýzy .....	41
4.3.3 Krajinný pokryv .....	45
4.3.4 Lesní vegetační stupně .....	47
4.3.5 Hustota zavčelení a nadmořská výška.....	48
4.3.6 Vhodné plochy pro zavčelení.....	49
4.4 Simulační modelování.....	52
4.4.1 Model BEESCOUT.....	52
4.4.2 Model BEEHAVE.....	56
<b>5 VÝSLEDKY .....</b>	<b>58</b>
5.1 Intenzita zavčelení a úhyny včelstev .....	58

5.2	Snůškové zdroje.....	59
5.3	Nemoci a loupeže mezi včelstvy .....	59
5.4	Krajinný pokryv, LVS a nadmořská výška.....	60
5.5	Hledání vhodných ploch pro zavčelení .....	62
5.6	Zastoupení včelařů na území České republiky .....	63
5.7	Simulování vývoje včelstev .....	63
<b>6</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>69</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
	<b>PŘÍLOHY</b>	



## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
CCD	Colony Collapse Disorder
CLC12, CLC2012	Corine Land Cover 2012
COLOSS	Prevention of honey bee COlony LOSSes
DWV	Deformation wing virus
GeoTIFF	Georeferenced Tagged Image File Format
GIS	Geografické informační systémy
HNN	Hopfield Neural Network
IAPV	Israeli Acute Paralysis Virus
INCA	Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis
LVS	Lesní vegetační stupně
MAE	Mean absolute error
NBU	National Bee Unit
PŠČ	Poštovní směrovací číslo
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesa
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## ÚVOD

Stejně jako i v jiných chovatelských a zemědělských oborech dochází i ve včelaření k situacím, které působí na budoucí vývoj včelstva, případně jeho ztrátu. A je zájmem chovatele hledat možné příčiny těchto situací, v čemž mu může pomoci rozsáhlejší průzkum lokální i globální situace a správné zpracování získaných výsledků.

V současnosti je ve včelařské i vědecké komunitě poměrně rozšířené dotazníkové šetření, kdy jsou jednotliví včelaři dotazováni pomocí dotazníků na vývoj sezóny, stav včelstev a ztráty včelstev v průběhu sezóny. Děje se tak především v rámci mezinárodní asociace COLOSS fungující téměř celosvětově. Mezinárodní dotazník si některé státy doplňují svými dotazníky fungujícími lokálně. Získaná data jsou poté zkoumána hlavně ze statistického hlediska, kdy je kladen důraz především na sledování úhynů včelstev a také příčin ztrát včelstev. Data, která obsahují velice detailní chovatelské záznamy, lze však analyzovat mnohem hlouběji a využít přitom mnoha různých metod. Jednou z těchto metod je využití geoinformatiky, tedy zpracováváním dat, které mají prostorovou složku. Použitím prostorových analýz lze získat další informace na první pohled nepostřehnutelné. Lze také vytvořit ucelený a přehledný výsledek, který si lze lépe představit v mnohem širším měřítku a případně jej dále analyzovat.

Zaměřením této práce je zpracování dat z monitorování včelaření v České republice, a to právě pomocí prostorových analýz. Práce tak může přinést nový pohled na včelaření pro širokou včelařskou společnost, ale také pro asociace, které se globálně zabývají sledováním vývoje včelstev a jeho hodnocením.



# **1 CÍLE PRÁCE**

Cílem diplomové práce je provést analýzu pevných stanovišť včelstev s přihlédnutím ke geografické charakteristice území. Analýza využívá data získaná z dotazníkového šetření projektu COLOSS prováděného v České republice za poslední tři roky. Pro vybrané území bylo provedeno detailní modelování a simulace vývoje včelstev a jejich chování v krajině s využitím dostupných modelů. Praktickými výstupy jsou vizualizované analýzy intenzity zavčelení, výskytů nemocí včel a vhodných lokalit pro včelaření.

## **2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ**

### **2.1 Použité metody**

Práce byla zpracována pomocí software ArcGIS Desktop, a to konkrétně k účelům nahrání dat z dotazníkového šetření COLOSS v České republice a z dat poskytnutých Ministerstvem zemědělství (ČR), dále k vytvoření mapových výstupů z těchto dat a k prostorovým analýzám nad těmito daty (bivariační kartogram, shlukové analýzy). Využívány byly i další zdroje dat pro doplnění analyzování jako je databáze krajinného pokryvu Corine Land Cover 2012 (pro zjišťování průměrné hustoty v každé kategorii pokryvu), lesní vegetační stupně (pro výpočet hustoty v každé kategorii) a WorldClim, (konkrétně solární radiace a průměrná teplota vzduchu) pro nalezení vhodných ploch pro včelaření, což bylo zjištěno metodou Weighted overlay. Příprava dat z dotazníků pro import do software ArcGIS probíhala pomocí software Excel z kancelářského balíku Microsoft Office. Simulační modelování vývoje včelstev probíhalo pomocí dostupných modelů BEEHAVE a BEESCOUT v software NetLogo.

### **2.2 Použitá data**

#### **Dotazníkové šetření COLOSS**

Data v tabulkovém formátu získaná z dotazníkového šetření COLOSS o zimování včelstev za roky 2014–2017.

#### **Databáze včelařů a včelstev Ministerstva zemědělství ČR**

Databáze obsahuje povinně hlášený počet včelstev pro každé katastrální území a počty včelařů pro okresy za roky 2015–2017.

#### **ArcČR 500 3.3**

Digitální vektorová geografická databáze České republiky ArcČR® 500 je vytvořena v podrobnosti měřítko 1 : 500 000. Jejím obsahem jsou přehledné geografické informace o České republice. Data vznikla ve spolupráci ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřického úřadu a Českého statistického úřadu a jsou distribuována zdarma.

#### **Databáze krajinného pokryvu Corine Land Cover 2012**

Dostupná ve vektorovém (ESRI Geodatabase) i rastrovém formátu (100m GeoTIFF) v rámci projektu Evropské Unie Copernicus Land Monitoring Service (2018).

#### **Vrstva lesních vegetačních stupňů**

Data o lesních vegetačních stupních (LVS) byla poskytnuta ve vektorové vrstvě doc. RNDr. Vilémem Pechancem, Ph.D z Katedry geoinformatiky v Olomouci. Lesní vegetační stupně jsou souhrnem proměnných, které poukazují na klimatické a jiné podmínky v každé oblasti. Jsou to nadmořská výška v m n. m., průměrná teplota ve stupních, roční srážky v mm a vegetační doba rostlin ve dnech.

#### **Solární radiace a průměrná teplota vzduchu z databáze WorldClim 2.0**

WorldClim (Fick 2017, Hijmans 2017) obsahuje průměrná měsíční data o klimatu za období 1970-2000 pro celý svět. Proměnné, které WorldClim nabízí jsou minimální,

maximální a průměrná teplota vzduchu (°C), srážky (mm), solární radiaci (kJ m<sup>-2</sup> den<sup>-1</sup>), rychlost větru (m s<sup>-1</sup>) a tlak vody (kPa). Pro práci byla využívána data o solární radiaci a průměrné teplotě vzduchu s velikostí pixelu 1 km.

## 2.3 Použité programy

### ArcGIS Desktop

GIS software od společnosti ESRI. K práci byl využíván ArcMap 10.4 (verze, která je k dispozici na katedře Geoinformatiky UPOL) k vytvoření všech mapových výstupů a prostorových analýz.

### Microsoft Office 365

Balík kancelářských programů od společnosti Microsoft. K práci byly využívány programy Word, Excel a PowerPoint.

### Netlogo 6.0.3 (BEEHAVE a BEESCOUT)

Opensource software Netlogo, fungující na bázi multiagentních systémů, byl využit pro spuštění modelů BEEHAVE a BEESCOUT, které byly vyvinuty výzkumným týmem (Matthias Becher, Peter Kennedy, Juliet Osborne) se sídlem ve společnosti Rothamsted Research a University of Exeter ve Velké Británii ve spolupráci s profesorem Volkrem Grimmem v Helmholtz Center for Environmental Research (UFZ, Lipsko, Německo) a Dr Pernille Thorbek (Syngenta). Oba modely umožňují simulaci vývoje a chování včel.

### Inkscape 0.92

Open source vektorový grafický editor využívaný k úpravám mapových výstupů a k tvorbě posteru.

## 2.4 Postup zpracování

Před začátkem práce byla provedena rešerše z nastudované literatury a odborných článků. Samotná práce začala přípravou dat z dotazníků a následný import do software ArcGIS Desktop, kde probíhalo zpracování dat, tvorba mapových výstupů a prostorových analýz. V této fázi byl zjištěn hlavní problém dat z dotazníkového šetření, a to ten, že na dotazníky odpovídá malé množství včelařů z celkového počtu včelařů, jehož záznamy vede Ministerstvo zemědělství ČR. Z toho důvodu musely být vybrány jen oblasti, které vykazovaly reprezentativnost a ty byly dále používány pro analýzy.

Pro mapové výstupy byly vybrány jen některé otázky, kterými se zabývá dotazníkové šetření asociace COLOSS, a to po konzultaci s jejím koordinátorem pro Českou republiku. Byly zvoleny takové otázky, u kterých se předpokládalo, že prostorové zpracování přinese užitečné výsledky. V průběhu práce byly mapové výsledky laděny jak po stránce grafické, tak i obsahové. Kromě zpracování dat z dotazníků do map, byla tato data dále analyzována dostupnými metodami a vytvářeny výsledky rozšiřující zvolenou problematiku. Pro tento účel byly použity prostorové analýzy bivariační kartogram a shlukové analýzy, které byly před vytvořením ověřovány autokorelačními metodami.

V další fázi byla zpracována databáze krajinného pokryvu Corine Land Cover 2012 a vrstva lesních vegetačních stupňů (LVS), u kterých byla zjišťována průměrná hustota zavčelení pro každou kategorii. Poté byla pomocí 4 faktorů vytvořena mapa vhodných

míst pro včelaření na základě klasifikace faktorů podle vhodnosti a spojením všech těchto faktorů s odpovídající vahou vlivu.

Simulování vývoje včelstva bylo prováděno v oblasti s konkrétní včelnicí, avšak jednalo se spíše o teoretické zpracování. Pro co nejvíce realistickou simulaci by bylo potřeba znát mnohem více detailních údajů pro vývoj včelstva, které jsou však obtížně dohledatelné, případně se zdroje v obsahu informace rozcházejí. Proto byla na simulaci spíše demonstrována samotná funkčnost a rozsah možností modelu.

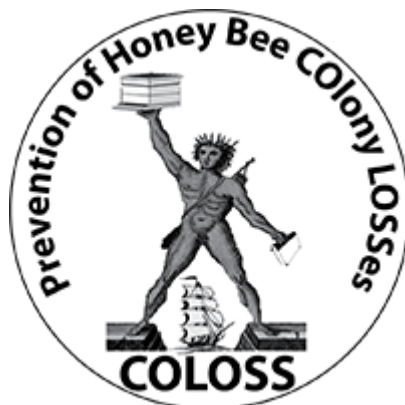
## 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 3.1 Projekt asociace COLOSS a dotazníkové šetření

COLOSS (Prevention of honey bee COlony LOSSes, coloss.org, 2018, colosscz.webnode.cz, 2018) je mezinárodní nezisková asociace se sídlem v Bernu ve Švýcarsku, která se zaměřuje na zlepšování pohody včel na globální úrovni. Prezidentem asociace je Peter Neumann.

Jedním z projektů asociace je mezinárodní Monitoring úspěšnosti zimování včelstev (Colony losses monitoring). V rámci Monitoringu je prováděno každoročně dotazníkové šetření v elektronické i papírové podobě, pomocí kterého se sbírají informace od včelařů ohledně zimování jejich včelstev, ztrát včelstev, průběhu jejich snůšek, průběhu léčení a prevence nemocí a další.

Tento monitoring probíhá v Evropě od roku 2007 a Česká republika je toho součástí od roku 2013. Koordinátorem projektu v ČR je Mgr. Jiří Danihlík, Ph.D., z Katedry biochemie PřF UP v Olomouci. Data z tohoto dotazníkového šetření za Českou republiku jsou použita v diplomové práci.



Obrázek 1: Logo asociace COLOSS (coloss.org, 2018)

### 3.2 Ztráty při chovu včel

Ztráty včelstev jsou každoročně uváděny včelaři z mnoha zemí, ztráty se meziročně liší, zvýšené ztráty pak způsobují škody jak včelařům, tak i zemědělcům, případně mohou způsobit nedostatek včelích produktů na národním trhu (Brodschneider et al., 2016, vanEngelsdorp et al., 2009).

Monitorování ztrát včelstev je důležité pro sledování celkového vývoje chovu včelstev, z tohoto důvodu si včelařské asociace daly za cíl analyzovat tento jev napříč časem a sledovat souvislosti s jevy, které by mohly přímo či nepřímo působit na ztráty včelstev. Výše zmíněná mezinárodní asociace COLOSS se ztrátám včelstev věnuje systematicky po několik let (van der Zee, 2014).

V letech 2006–2008 zaznamenaly Spojené státy náhlé vysoké úhyny, kdy všechny měly společné příčiny, které zahrnovaly vysoké úhyny dospělých včel, mnoho uhynulých včel před úlem, následnou invazi včelích škůdců a patogenů a loupeže mezi včelstvy. Tomuto syndromu se začalo říkat Colony Collapse Disorder (CCD), tedy celkové selhání vývoje včelstva nejčastěji z výše uvedených příčin následované jeho úhynem. V rámci studie, která se tímto jevem zabývala, byl proveden průzkum

a srovnání včelstev se syndromem CCD a včelstev bez syndromu. Bylo sledováno působení různých vlivů na oba případy, které mohou ovlivňovat vývoj včelstva (od pesticidů, patogenů až po váhová a morfometrická měření) (vanEngelsdorp et al., 2009).

Další studie byla provedena v Anglii a Walesu v letech 2007–2008 a zabývala se testováním včelích vzorků na patogeny a zjišťování příčin úmrtí. Místní asociace National Bee Unit (NBU) prováděla terénní průzkum za účelem sběru vzorků se zaměřením na včelstva, u kterých nebyla zřejmá příčina úhynu. Asociace také prováděla dlouhodobější monitoring ztrát v letech 2002–2010, nejvyšší ztráty byly zaznamenané v letech 2007–2008 (Budge et al., 2015).

V následující tabulce jsou typické faktory vedoucí ke ztrátám (varroózu, problémy s matkou, hladovění a úhyn z pesticidů).

Tabulka 1: Typické příčiny úhynů včelstev dle studie Budge et al., 2015

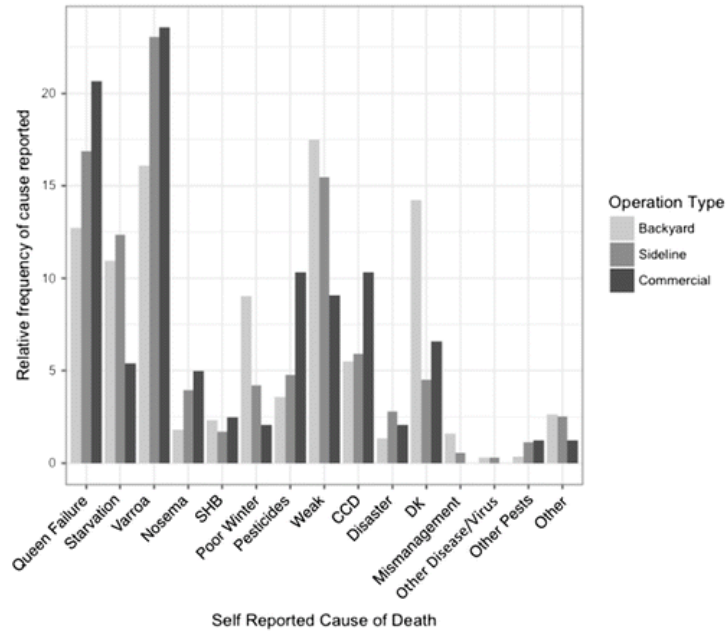
Rok	Příčina úhynu včelstva				Celkový počet úhynů	Celkový počet sledovaných včelstev
	varroóza	problémy s matkou	vyhladovění	úhyn z pesticidů		
2007	137	16	22	19	2776	26648
2008	434	141	85	27	3342	26391

U vzorků bez jasného vysvětlení úhynů bylo prováděno laboratorní testování na houby (*Nosema* spp.) a viry (DWV, IAPV a další). Z výsledků vyplývá, že hlavně virus DWV má velký vliv na vitalitu včel a vede k vyšší ztrátám (Budge et al., 2015).

Mezinárodní monitoring ztrát včelstev pod záštitou asociace COLOSS byl proveden například v letech 2015–2016, kterého se zúčastnila i Česká republika. Na základě tohoto průzkumu byly zjišťovány ztráty v 29 zemích pod záštitou asociace COLOSS, celkově bylo nasbíráno téměř 20 000 dotazníků od včelařů. Podle dotazníků bylo zazimováno 421 238 včelstev a 32 048 uhynulo. Celkové ztráty napříč všemi státy činily 12 %. Nejvyšší ztráty byly zaznamenané v Irsku, Walesu a Španělsku a nejnižší v České republice a celkově ve Střední Evropě. Výsledky ovšem mohou být ovlivněny počtem respondentů v každém státě (Brodschneider et al, 2016).

Na základě dotazníkového šetření publikovaného v USA v letech 2015–2016 pod záštitou amerických asociací bylo zjištěno, že většina včelařů uváděla jako hlavní problémy ztrát včelstev problémy s matkou, včelí nemoci (nejčastěji po napadení roztočem *Varroa destructor*) a vliv pesticidů. Dotazování bylo i na další případné vlivy, například vyhladovění, výskyt nosematózy, přírodní katastrofy a další (v obrázku) (Kulhanek et al., 2017).

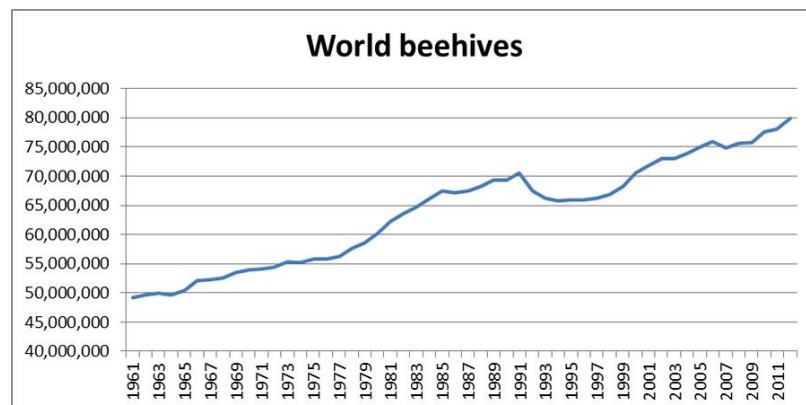




Obrázek 2: Relativní počet hlášení příčin úhynů včelstev (Kulhanek et al., 2017)

Další studie, v rámci které se sledovaly ztráty včelstev, proběhla na Novém Zélandu pod záštitou asociace COLOSS v roce 2016. V této studii bylo kromě množství ztrát také sledováno, co způsobilo ztráty včelstev, kdy respondenti nejčastěji uváděli celkový úhyn včelstev, nebo problémy, které nevedly přímo k uhynutí včelstva ale například pouze k oslabení (vosy, problémy s matkou). Dalším vlivem jsou stejně jako u většiny studií virové onemocnění projevující se jako sekundární nákaza po akutní varroóze. Kromě tohoto se také v rámci studie zjistilo, že nekomerční včelaři měli vyšší ztráty než ti komerční (Brown et al., 2018).

I přesto, že v posledních padesáti letech docházelo k výraznějším ztrátám včelstev ať už v Evropě nebo v Severní Americe, dle databáze The Food and Agriculture Organization (FAO) populace včely medonosné celosvětově od roku 1961 stále narůstá.



Obrázek 3: Světový nárůst počtu včelstev 1961–2011 (agprofessional.com, 2018)

### 3.3 Problematika nemocí včel

Nemoci včelstev hrají při výzkumu ztrát včelstev zcela zásadní roli, především z důvodu, že se velkou mírou podílejí právě na ztrátách včelstev.

#### *Varroóza (varroáza)*

Proti roztoči *Varroa destructor* (kleštík včelí) nemají včely medonosné přirozenou obranyschopnost a napadení tímto roztočem je decimuje. Včely parazita přenášejí na svém těle. Oplozené samičky roztoče se nechají zavičkovat společně s larvou včely medonosné v buňce a následně zde nakladou vajíčka, z kterých se vylihnou další generace roztočů. Roztoči sají z včelích kukel i dospělců hemolymfu a při tomto procesu přenáší virózy (nejčastěji DWV), což narozeným včelám způsobuje poškození, na které následně hynou (iVčelařství, 2018).

V dnešní době je léčení varroózy v České republice povinné a provádí se v létě či podletí, kdy se lihnou zimní generace včel. Aplikace v létě probíhá kontaktními páskami nebo odparem, podzimní léčba se provádí kouřem nebo aerosolem s léčivou látkou. Léčiva s výjimkou kyseliny mravenčí se aplikují po odebrání medu (iVčelařství, 2018).

#### *Nosematóza (nosemóza)*

Je onemocnění zažívací traktu dospělých včel, které způsobuje prvok *Nosema apis* a *Nosema ceranae*. Ten se množí v žaludku včely. Včely nedokáží strávit potravu a kálí i v úlu. Nosemóza napadá včelstva zejména na jaře, kdy včely nemají dostatek příležitostí k proletům. Prvok špatně snáší vysokou teplotu a v letním období onemocnění mizí (iVčelařství, 2018).

#### *Včelí mor*

Onemocnění včelího plodu přenášejí dospělé včely. Původcem je tyčinkovitá bakterie *Paenibacillus larvae*, která žije ve střevě larvy, kterou posléze zahubí. Včely otevírají víčka napadených buněk s rozkládajícími se larvami, v nichž jsou miliony odolných spor, které přežijí i desetiletí a jsou odolné mrazu i vysokým teplotám. U postižených včelstev je nutná likvidace. Karanténa je vyhlášována 5 km kolem ohniska nákazy a Ministerstvo zemědělství ČR vyplácí postiženým včelařům finanční náhrady (iVčelařství, 2018).

#### *Loupeže mezi včelstvy*

Z hlediska přenosu nemocí a celkového oslabení okradeného včelstva mohou být nebezpečné také loupeže mezi včelstvy. K loupežím dochází hlavně ke konci snůšky, kdy již včelstvo nemůže najít zdroj potravy, a tak slídí ve svém okolí. Často se loupežícímu včelstvu podaří uloupit medné zásoby hlavně od oslabených včelstev, které tím ještě více oslabí, a často tak dochází k úhynům. Pokud je navíc včelstvo napadené kleštíkem, může tak dojít k přenosu parazitů do dalšího včelstva a rozšíření virových onemocnění (DWV).

#### *Zemědělské využívání pesticidů a jejich vliv na vývoj včelstev*

Dle provedených studií a výzkumů bylo prokázáno, že pesticidy ovlivňují zdraví a vitalitu včelstev. Jedná se hlavně o látky patřící do skupiny neonikotinoidů, což jsou insekticidy chemicky podobné nikotinu a působící nepříznivě na nervovou soustavu

hmyzu. Jedním z velmi devastujících případů je chov komerčního včelaře z Ohia, kterému po používání pesticidů na okolní pole v roce 2016 postupně uhynulo téměř tisíc včelstev. Po analýze vzorků byla prokázána přítomnost pesticidů (Conrad, 2017).

Pokud vliv pesticidů během pár týdnů nevyhubí celé včelstvo, přináší s sebou další problémy jako nemoc zažívací traktu způsobenou prvokem *Nosema apis* a *Nosema ceranae*. Včelstvo je tudíž oslabené a s největší pravděpodobností nepřežije zimování (Pettis et al., 2013).

Největším viníkem velkých ztrát včel je varroóza, ale na celkovém oslabení včelstev se podílejí i pesticidy (Conrad, 2017).

### **3.4 Metodika sběru dat pomocí dotazníkového šetření**

V této kapitole je zmíněna metodika sběru použita při získávání dat týkajících se včelařství. V diplomové práci je detailněji rozebírána metoda sběru pomocí dotazníkových šetření, konkrétně standardizovaný dotazník asociace COLOSS.

Nutnost standardizovat dotazník podle přesně daných pravidel vychází z potřeby srovnávání nasbíraných dat napříč jednotlivými ročníky a zeměmi, které jsou součástí asociace. Jako první je potřeba vybrat metodu, jakou se budou dotazníky dostávat mezi respondenty. To zahrnuje výběr z několika možností: setkání s respondentem tváří v tvář, telefonický rozhovor, publikování dotazníků v odborných časopisech nebo na seminářích a rozesílání dotazníků poštou či emailem nebo umístění na webové stránky (van der Zee et al, 2015).

Každá metoda distribuce je charakterizována klady a zápory a je na zadavateli projektu, jakou metodu zvolí. Dobrým řešením je kombinace více možností. Dále je důležité si zvolit podle jakých kritérií budou respondenti vybíráni, zda rozesílat dotazníky všem bez výjimky, vybrat náhodný vzorek lidí, který bude mít nějaké společné kritérium, vhodné pro účelné vyplnění dotazníku (členové včelařské asociace, včelařské časopisy apod.). Poslední možností je cílené vybírání konkrétních respondentů na základě osobní zkušenosti nebo setkání skupiny lidí například na konferenci. V tomto případě ale nelze tvrdit, že vybraní respondenti budou reprezentovat celou včelařskou komunitu svými odpověďmi (van der Zee et al, 2015).

V závěru sběru dat je také nutné se vyvarovat některých chyb, plynoucích například z nahrávání dat z dotazníků do databáze, kdy může snadno dojít k překlepům. Dále je potřeba vyřešit jakým způsobem budou vyplněny chybějící údaje v záznamech (van der Zee et al, 2015).

V případě použití prostorové informace je nutné dbát na správné vyplnění pole z důvodu pozdější tvorby mapových výstupů.

### **3.5 Citizen science**

Citizen science je termín pro vědu, na jejímž základě mohou vnikat projekty, ve kterých se podílejí na sběru dat a výsledcích jak odborníci na problematiku, tak laici v oboru. V dnešní době jsou v tomto smyslu využíváni nejvíce dobrovolníci na primární sběr dat například pomocí dotazníkového šetření. Lze tak tedy poměrně jednoduše dosáhnout velkého množství dat na rozsáhlém území.

Metodou, kterou lze přispívat do projektu není jen dotazníkové šetření, velmi úspěšně lze dobrovolníky využívat při terénním měření, monitorování životního prostředí, online hlášením jevů ze svého okolí apod.

Důležitá je hlavně motivace respondentů ke sběru dat. Té lze nejlépe dosáhnout u respondentů, kteří jsou přímo zapojeni do problematiky a z výsledků studie budou mít osobní užitek, dají si tedy při sběru dat záležet. Opačnými případem je dosažení demotivace, která je nejčastěji způsobena malou propagací výsledků a zpětnou vazbou (Curtis, 2014).

Pro zvýšení motivace a případné přilákání dalších respondentů je nutné udržovat projekt aktivní a zajímavý. Velkou výhodou využití Citizen science je také zvýšení povědomí o určitém oboru mezi širokou veřejností (Curtis, 2014).

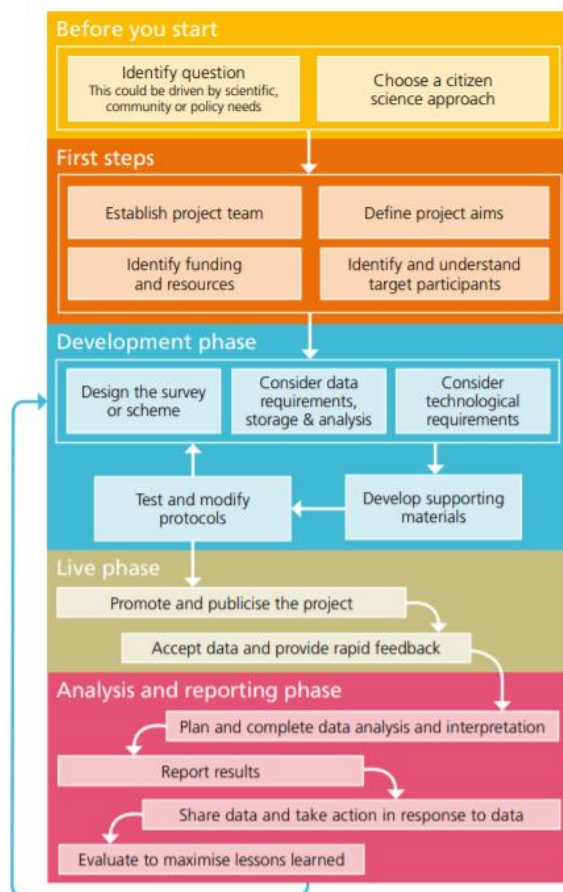
Postup, jaký zvolit při zakládání projektu na bázi Citizen science je mnoho, jako příklad je zde uvedeno schéma z odborného návodu vytvořeného vědci z anglického Natural history museum a Biological records centre (Tweddle et al., 2012).

Před zahájením projektu si musí koordinátor projektu zvolit, co vlastně bude projekt řešit a jaký přístup metodou Citizen science zvolí. Dále je potřeba sestavit projekční tým, definovat cíle projektu, zdroje financování, a hlavně vybrat účastníky, kteří se budou podílet na získávání dat potřebných pro dosažení cílů (Tweddle et al., 2012).

Také je potřeba řešit technickou stránku projektu, jako je způsob ukládání dat a designovou část projektu (například grafická podoba dotazníků) a u veškerých komponentů projektu otestovat funkčnost (Tweddle et al., 2012).

Jak již bylo zmíněno je důležité udržovat projekt aktivní, tedy zajistit jeho dostatečnou publicitu, schvalovat přijaté datové záznamy od účastníků a z nich vytvořená data v co možná nejkratším čase zpracovat do projektu (Tweddle et al., 2012).

Zpracovaná data je potřeba na závěr analyzovat, sdílet a informovat účastníky o výsledcích a dosaženého přínosu pro řešenou problematiku (Tweddle et al., 2012).



Obrázek 4: Schéma postupu při vedení projektu metodou Citizen science (Tweddle et al., 2012).

Jedním z úskalí sběru dat na základě Citizen science může být případ, kdy účast na projektu vyžaduje registraci a vytvoření uživatelského účtu. Dle studie z Manchesteru bylo zjištěno, že respondenti se raději účastní projektu bez nutnosti registrace, kdy mnohem aktivněji přispívají do projektu, oproti potřebné registraci (často přidají jen jeden datový záznam). V této konkrétní studii došlo k 62% nárůstu odpovědí u neregistrované skupiny oproti registrované (Jay et al., 2016).

Také dotazníkové šetření projektu COLOSS funguje na metodě Citizen Science.

### 3.6 Prostorově založené studie zimování a úmrtnosti včelstev

Geografických informačních systémů lze ve včelařství využít zejména ke zjišťování vhodných lokalit pro přezimování včelstev, za pomoci syntézy faktorů, které mají vliv na vývoj a chování včelí populace.

Touto problematikou se zabývá například studie Hossam F. Abou-Shaara z Damanhour Univerzity v Egyptě. Využívá přitom právě GIS metod a pomocí software ArcGIS Desktop vytvořil mapu vhodných lokalit v oblasti El-Behera Governorate v Egyptě. Faktory, které by podle této studie mohly ovlivňovat vývoj včelstva, zahrnují minimální teplotu, vzdálenost od vodních zdrojů, vzdálenost od silniční sítě, sklon svahu, krajinný pokryv, vzdálenost od vegetace a četnost srážek. Tyto faktory byly na

základě předchozích studií překlasifikovány a byly jim přiřazeny odpovídající úrovně vhodnosti (Abou-Shaara, 2013).

Tabulka 2: Vhodnost faktorů dle Abou-Shaara, 2013

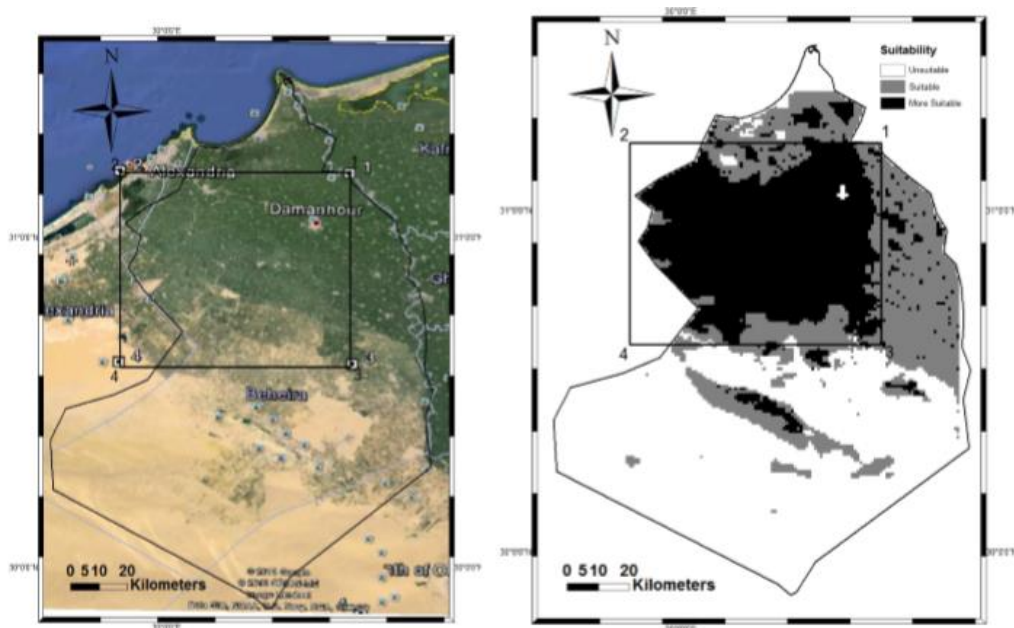
Proměnné	Rozsah	Popis
Minimální teplota (°C)	< 8	nevhodné
	> 9	vhodnější
Vzdálenost od vodních zdrojů	0–0,16	vhodnější
	> 0,16	nevhodné
Vzdálenost od silnic	0–0,22	vhodnější
	> 0,22	nevhodné
Sklon (stupně)	0–7	vhodnější
	7–16	vhodné
	> 16	nevhodné
Krajinný pokryv	neploché plochy	nevhodné
	kultivované plochy	vhodnější
Vzdálenost od rostlin	> 5	vhodné
	0–5	vhodnější
Srážky (mm)	> 30	nevhodné
	< 30	vhodnější

Faktory byly kombinovány dvěma možnostmi. Buď měly všechny stejnou váhu, anebo rozdílné váhy v závislosti na jejich důležitosti pro zimování včelstev.

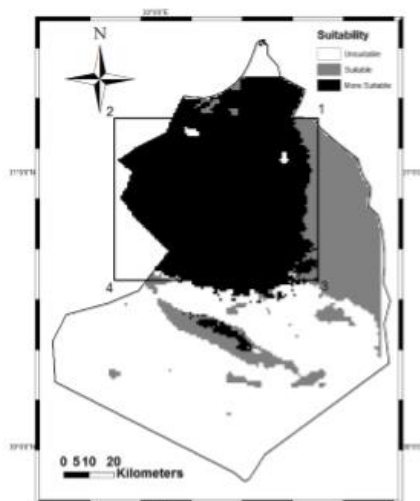
Tabulka 3: Matice relativních vah pro každý faktor dle Abou-Shaara, 2013

Faktor	A	B	C	D	E	F	G
Teplota (A)	1	8	5	5	5	2	2
Vzdálenost od vodních zdrojů (B)	1/8	1	2	2	1/2	1/2	1/5
Vzdálenost od silnic (C)	1/5	1/2	1	2	1	1	1/2
Sklon (D)	1/5	1/2	1/2	1	1/4	1	1
Krajinný pokryv (E)	1/5	2	1	4	1	1	1
Vzdálenost od vegetace (F)	1/2	2	1	1	1	1	1
Srážky (G)	1/2	5	2	1	1	1	1
<b>Odvozené váhy pro každý faktor:</b>							
Faktor	A	B	C	D	E	F	G
Váha	0,38	0,085	0,084	0,06	0,14	0,101	0,15

Výsledkem byly dvě mapy srovnávající obě metody. Na prvním obrázku snímek z GoogleMaps a první metoda syntézy se stejnými váhami všech faktorů (Obrázek 5), na druhém obrázku druhá metoda s rozdílnými váhami faktorů (Obrázek 6). Čím tmavší barva, tím vhodnější lokalita ke včelaření



Obrázek 5: Oblast v černém čtverci ukazuje nejvhodnější oblasti k včelaření, nalevo na Google maps a napravo na vytvořené mapě vhodnosti bez použití rozdílných vah (Abou-Shaara, 2013)



Obrázek 6: Mapa vhodných oblastí ke včelaření se zvolením různých vah faktorů (Abou-Shaara, 2013)

Podobným tématem se zabývá práce několika italských vědců ze dvou italských univerzit v Kalábrii a Pize a italského The BioRobotics Institute. Tato práce rozšiřuje metodu zjišťování vhodných lokalit pro včelaření pomocí Analytic Hierarchy Process – Multiple Criteria Decision Making (AHP-MDCM), založenou na analytickém hierarchickém procesu ve spojení s multikriteriálním rozhodováním, o fuzzy logiku. Autoři jsou přesvědčeni, že toto umožní vyhnout se při rozhodování o váhách a výběru kritérií osobním preferencím, nejistotě a nepřesnosti (Zoccali et al, 2017).

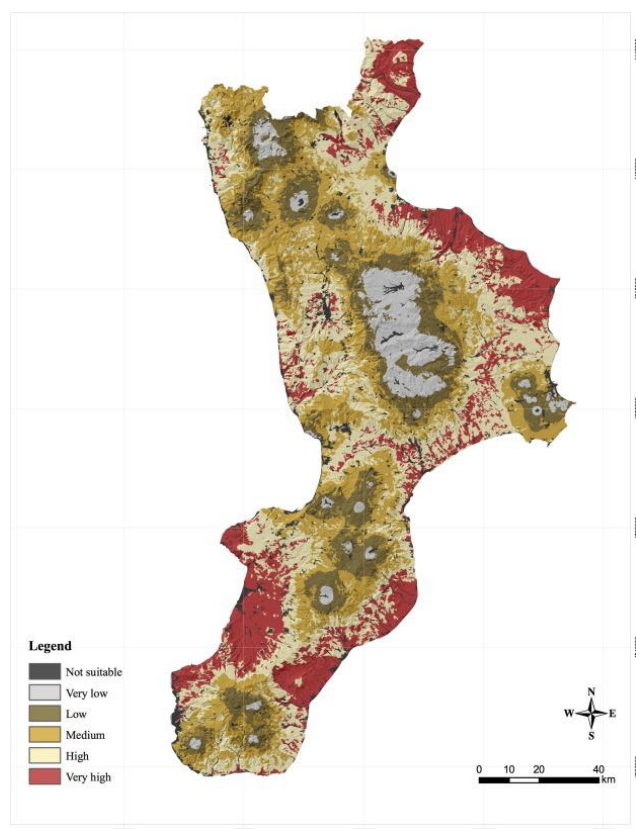
Tvorba mapy vhodnosti v této studii se týká regionu Kalábrie v Jižní Itálii. Na základě studia literatury a konzultací s odborníky bylo vybráno 5 faktorů, které mohou hrát klíčovou roli ve včelařské činnosti a jsou to průměrná teplota vzduchu, silniční síť,

vodní zdroje, nadmořská výška a využívání půdy. Tato studie se také opírá o výhradně open data (Zoccali et al, 2017).

Průměrná teplota vzduchu byla zvolena na základě předchozích studií, které dokazují vliv teploty na vývoj včelstev. Silniční síť v této studii hraje roli v potřebě rychlého přístupu k včelstvům a také ve vhodnější manipulaci s včelnicemi a dalším včelařským vybavením. Totéž lze přepokládat u vodních zdrojů, tedy že čím blíže bude včelnice k vodním zdrojům, tím se bude lépe dařit včelstvům. S půdním pokryvem souvisí i nadmořská výška, kdy v závislosti na nadmořské výšce se mění i dostupnost vhodných oblastí pro krmení včel (Zoccali et al, 2017).

Pro zpracování půdního pokryvu byla zvolena datová sada Corine Land Cover 2012. Data byla na základě vizuální fotointerpretace Bing Aerial Imagery (Microsoft Corporation) aktualizována do roku 2015. Tato vrstva byla dále překlasifikována do tří kategorií: oblasti obvykle využívané včelaři, oblasti nevyužívané včelaři a oblasti, které představují přechodnou oblast mezi prvními dvěma (Zoccali et al, 2017).

Všechny faktory byly poté rozškálovány v rozmezí hodnot 0 až 1 pomocí funkce Fuzzy Membership. Sloučením vznikla mapa vhodnosti pozemku s fuzzy překryvnou vrstvou (funkce Gamma). Za účelem posuzování přesnosti této analýzy byl proveden stratifikovaný výběr vzorkováním pomocí nástroje Geospatial Modeling Environment (extenze ArcGIS Desktop (Verze 0.7.2.1), Beyer 2009–2014) a vytvořena vrstva náhodných bodů, jejichž hodnoty byly porovnávány s výsledky podobných vědeckých prací (Zoccali et al, 2017).



Obrázek 7: Vytvořená mapa vhodných lokalit pro včelaření (Zoccali et al, 2017)

Podobným tématem a zpracováním jako dvě předešlé studie se zabývali také vědci z Íránu, Filipín a Malajsie. Ale pouze studie z Itálie je založená na fuzzy logice.



Tématem souvisejícím s hledáním vhodných lokalit pro včelaření může být určení prostorové distribuce rostlinných druhů, ze kterých včely získávají snůšku.

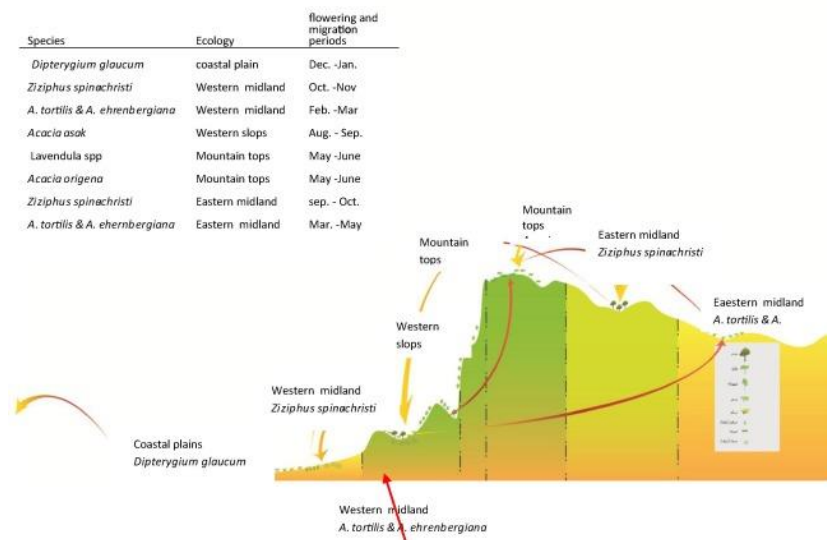
Tato analýza oblasti je vhodná především na území, které neposkytuje příliš mnoho zdrojů pro získávání pylu a nektaru včelami, například v aridních oblastech. Zde jsou včelaři nuceni často přesouvat svá včelstva za potravou a tato analýza prostorové distribuce rostlin může pomoci rychleji nalézt nové oblasti. Jednou takovou oblastí se zabývá studie vědců z King Saud University v Saudské Arábii a vědců z Rhodes University v Jižní Africe. Studie je zaměřena na oblast Al-Baha v Saudské Arábii. Zjišťování prostorové distribuce rostlin v této oblasti bylo provedeno na základě terénního měření a využívání klasifikování snímků pořízených dálkovým průzkumem Země z družic (Adgaba et al., 2017).

Pozemní měření probíhalo na 85 oblastech při šíři kvadrátu 50 x 50 m. V každé oblasti byly zmapovány všechny rostliny a zapsány jejich detailní údaje (typ rostliny, průměr, výška rostliny a výška a průměr koruny stromů). Při dalším zpracování byly vybrány pouze ty rostliny, které včely využívají ke snůšce nektaru a pylu. Data byla převedena do databáze a ke každému typu rostliny byla zjištěna informace o obsahu nektaru (Adgaba et al., 2017).

Klasifikace satelitních snímků probíhala metodou vytváření homogenních oblastí (clusterů) za základě podobnosti jednotlivých pixelů v barvě, intenzitě a textuře. Každý cluster se od ostatních odlišuje svou spektrální informací o lesní biomase. Klasifikace snímků byla provedena algoritmem Hopfield Artificial Neural Network – HNN (Hopfield, 1982).

Pozemním měřením bylo zjištěno 182 druhů rostlin, které byly identifikovány jako zdroj pylu/nektaru pro včely. Především to byly stromy a keře. V rámci studie byly také zaznamenány fenologické fáze nalezených druhů rostlin (Adgaba et al., 2017).

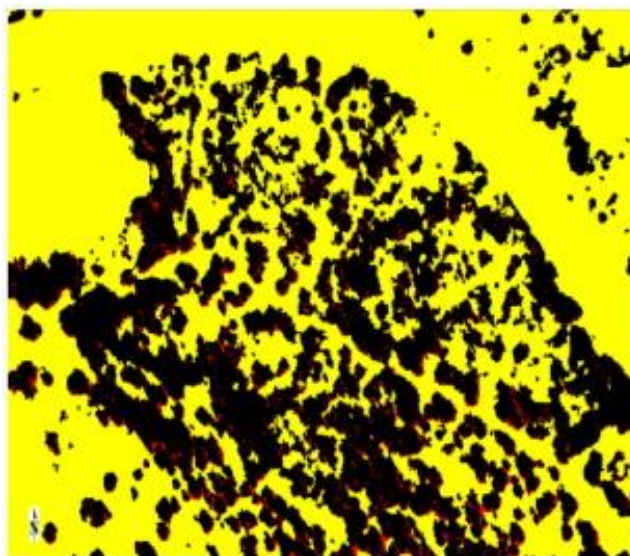
Přiložená schéma časového a prostorového rozdělení dominantních druhů rostlin obsahující nektar a pyl, které se nacházejí v oblasti s uvedením doby kvetení.



Obrázek 8: Časové a prostorové rozdělení dominantních druhů rostlin v oblasti (Adgaba et al., 2017)

Výsledkem studie je také mapa prostorové distribuce konkrétních druhů rostlin, zjištěná syntézou klasifikace satelitních snímků a terénním sběrem. Na konkrétním

příkladem je oblast s prostorovou distribucí dvou dominantních typů rostlin *Acacia ehrenbergiana* (červená) a *Acacia tortilis* (černá).

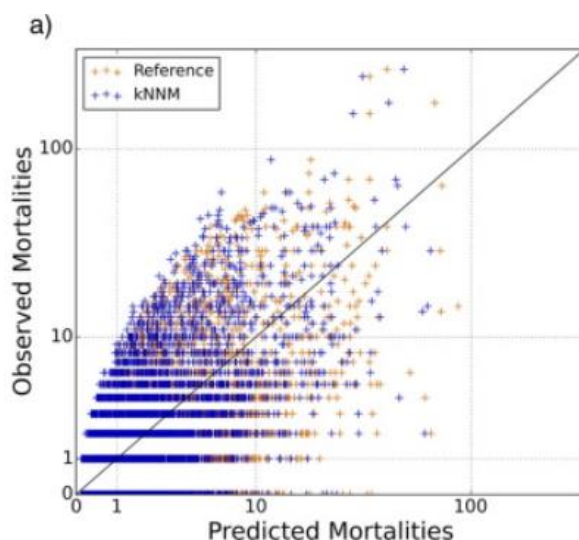


Obrázek 9: Prostorová distribuce rostlin *Acacia ehrenbergiana* (červená) a *Acacia tortilis* (černá) (Adgaba et al., 2017)

Odlišným typem zpracování dat souvisejících s včelařstvím se zabývá studie vědců z Rakouska. V modelu je využíváno statistického modelování, konkrétně hledání závislosti mezi klimatickými proměnnými (srážky, teplota vzduchu, sluneční radiace, rychlost větru apod.) a zimními ztrátami včelstev.

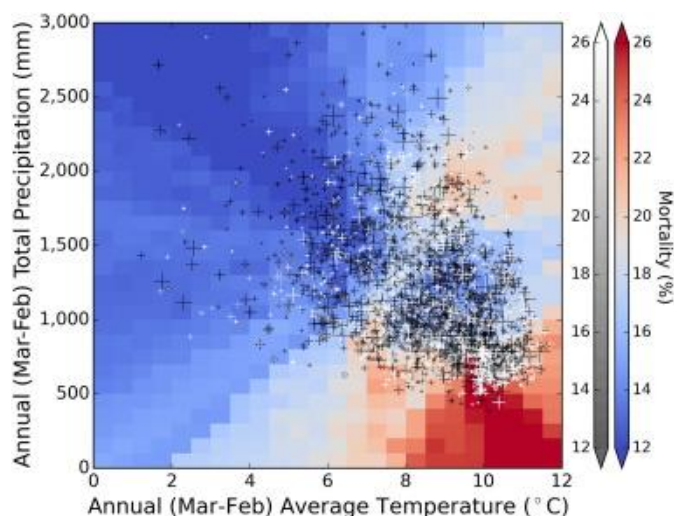
Studie využívá údaje o ztrátách včelstev z let 2009–2014 a údaje o klimatu odvozených z meteorologických dat modelu INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis) vyvinutém Rakouským ministerstvem pro meteorologii a geodynamiku ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) (Switanek et al., 2016).

Při implementaci statistického modelu byla zkoumána závislost klimatických proměnných a ztrát včel pomocí rozptylu hodnot. Validace modelu byla provedena výpočtem střední absolutní chyby (MAE) retrospektivní prognózy. Výkonnost modelu byla vyhodnocena s využitím křížové validace, kde byla předpovězena míra ztrát za každý rok za použití údajů z ostatních let. Retrospektivní prognózy byly provedeny pomocí čtyř různých modelů: lineární regrese, support vector machine (SVM) regrese, rozhodovacích stromů a pomocí metody k-nejbližších sousedů. Jako prediktory pro modelování byly vybrány průměrná teplota vzduchu a souhrn srážek. Za použití dalších klimatických proměnných se výsledky příliš neměnily. Nakonec byla jako nejlepší metoda vybrána pomocí F-testu metoda k-nejbližších sousedů s p-value <0,01. Vybranou metodou byly poté modelovány zimní ztráty včelstev. Na obrázku jsou predikované ztráty včelstev pomocí metody k-nejbližších sousedů srovnána s referenčními daty o ztrátách od včelařů (Switanek et al., 2016).



Obrázek 10: Predikované ztráty včelstev ve srovnání s referenčními daty o ztrátách od včelařů (Switanek et al., 2016)

Na dalším příkladu byla modelována citlivost ztrát včelstev na průměrné roční teploty. Značky plus jsou umístěny podle pozorovaných klimatických proměnných (teplota, srážky) včelařem, zatímco odstín šedi značky plus zobrazuje hlášené procento zimních ztrát. Modrá až červená barva odráží modelovanou citlivost ztrát na klima (Switanek et al., 2016).



Obrázek 11: Citlivost ztrát včelstev na průměrné roční teploty (Switanek et al., 2016)

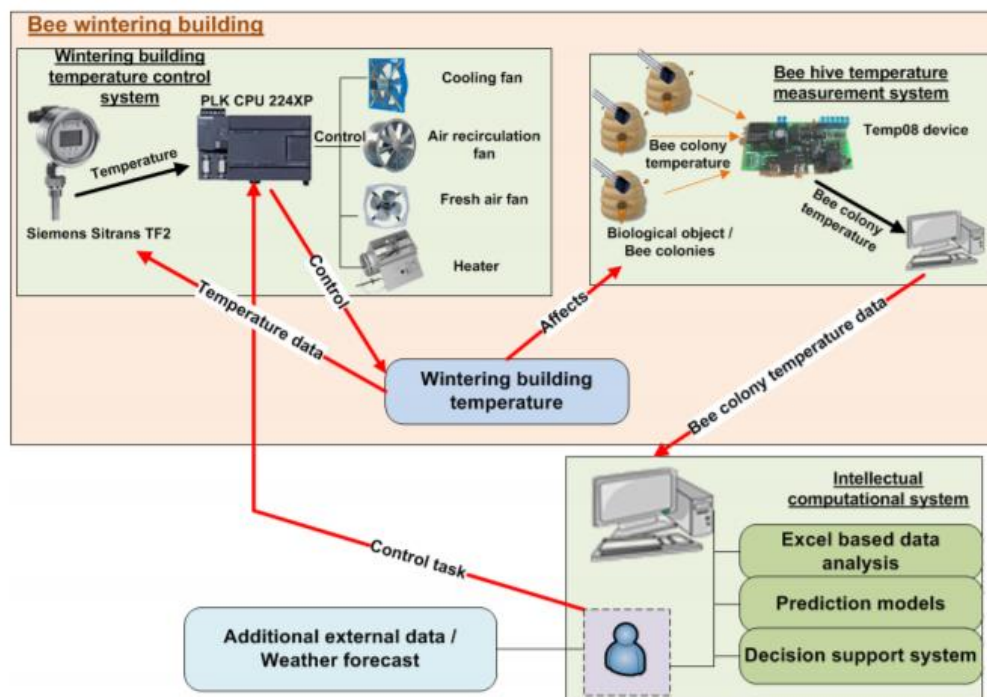
Studie se dopracovala k tvrzení, že vyšší teploty a globální záření koreluje s vyššími ztrátami včel. Naopak vyšší množství srážek koreluje s nižšími ztrátami. Tato studie tedy vyvrací tvrzení, že se včelám bude lépe dařit v teplejších oblastech (Switanek et al., 2016).

Sledovat vývoj včelstev lze kromě geoinformatických nebo statistických metod také pomocí přímého měření senzory v úlu. Tato metoda je využívána v takzvaném precizním včelařství (podskupina precizního zemědělství), které se zaměřuje na použití moderních technologií k analyzování dat o včelaření v reálném čase, nepřetržitě a automatizovaně

pro zefektivnění produktivity a minimalizování vynaložených zdrojů. Studie Latvia University of Agriculture se zabývá právě touto problematikou (Zacepins et al., 2012).

Ve studii je na základě předchozích pozorování navrženo několik parametrů, které lze v úlech sledovat: teplota, vlhkost vzduchu, obsah plynů, zvuk, vibrace v úlu, počítání odchodů a příchodů včel, videozáznam (infračervené pásmo) a hmotnost podložky (Zacepins et al., 2012).

Studie zmiňuje několik konkrétních případů použití senzorů v úlech. Na následující obrázku se jedná o měření teploty u přezimujícího včelstva (Zacepins et al., 2012).



Obrázek 12: Schéma měření teploty u přezimujícího včelstva (Zacepins et al. 2012)

Ve studii Mezquida and Martineze z roku 2009 bylo použito několik senzorů, mimo jiné měření teploty a záznamy zvuků, a převod dat byl zajišťován pomocí komunikační technologie ZigBee od ZigBee-Alliance, která se využívá mimo jiné v chytrých domácnostech (Zacepins et al., 2012).

### 3.7 Simulace chování včel

Kromě analyzování včelaření pomocí statistických, geoinformatických dat či dat z dotazníkového šetření, lze také některé včelařské aspekty řešit pomocí simulačních modelů.

#### *Simulování vývoje včelstev pomocí BEEHAVE*

BEEHAVE je počítačový model, který simuluje vývoj včelstev a vliv různých stresových indikátorů na vývoj a přežití včelstva. Mezi indikátory lze nalézt například působení roztoče *Varroa destructor*, viru deformovaných křídel (DWV), vliv zásahů včelaře do chovu, dostupnost a skladba potravy, počasí a vliv rojení na chování včelstva a mnoho dalšího.

Rozmanitost nastavení pro simulaci vývoje je opravdu velká, ale na druhou stranu složitější než u modelu BEESCOUT. Lze tak činit buď přímo v modelu nebo pomocí zdrojového kódu. Je možno také do modelu přidávat tlačítka, kam lze ukládat části kódu a tím si zjednodušit změnu nastavení modelu.

Základem pro simulaci je počet včel, který lze dále dělit na trubce a dělnice nebo na včely, které hledají krmené zdroje a včely, které zůstávají v hnízdě. V simulaci lze poté sledovat, jak se vyvíjí počet včel v hnízdě, včetně všech vývojových fází včel.

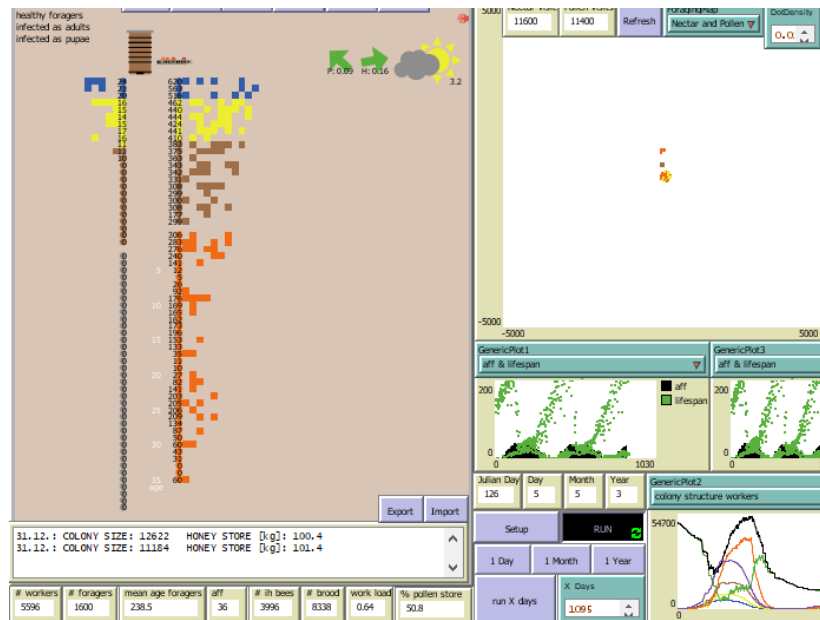
Dalším důležitým prvkem je dostupnost a skladba krmení, jehož parametry lze zadat přímo v modelu nebo importovat soubor *foodflow* z modelu BEESCOUT. Dalším parametrem, který má značný vliv na vývoj je povolení výskytu varroózy nebo viru DWV. Tento parametr má značný vliv na vyšší úhyn včelstva. Toto nastavení lze také zmírnit přidáním funkce léčení. V modelu lze také sledovat kolik je uloženého medu a případně povolit odebírání medu včelařem.

Simulaci lze doplnit grafy, na kterých lze zobrazovat například vývoj včelstva, vývoj snůšky pylu a nektaru nebo vliv varroózy.

Pro simulaci lze použít již nastavené rozhraní modelu nebo ho lze měnit přidáváním či odebíráním prvků (grafů, tlačítek a ukazatelů). Při modifikování modelu je však potřeba myslet i na změnu ve zdrojovém kódu.

Simulace končí po uplynutí stanovené doby nebo po úhynu všech včel ve včelstvu.

Na obrázku je výřez z modelu BEEHAVE, konkrétně přehled vývoje včelí populace (barevné sloupky pod obrázkem úlu), jednoduchá mapa, kde lze pozorovat, kde včely hledají krmení v blízkosti úlu a dole počet včel (workers – úlových včel, foragers – létavek).



Obrázek 13: Výřez z modelu BEEHAVE – vývoj včelstva

### *Detekce krmných zdrojů pomocí BEESCOUT*

Základem realistické simulace je také detailní informace o dostupnosti potravy a způsobu, jakým ji včely detekují. K tomu slouží modul BEESCOUT, pomocí kterého lze vytvořit tzv. *foodflow*, který lze použít jako vstup pro BEEHAVE. Soubor *foodflow*, což by se dalo přeložit jako tok potravy, obsahuje hlavně informace o velikosti a umístění detekované plochy včelou, vzdálenost od včelnice a množství nektaru a pylu, které ten den plocha „nabídla“. Také informaci o pravděpodobnosti, s jakou včela plochu najde, založené na vzdálenosti a velikosti plochy. Po skončení simulace se pravděpodobnost přepočítá podle reálné skutečnosti.

Při samotné simulaci včely hledají krmná místa ve svém okolí, nejdříve bezcílně, poté už v závislosti na předchozí zkušenosti nebo zkušenosti ostatních včel. Letové vzorce byly založeny na reálném výzkumu pomocí radarových technik.

Simulace probíhá, dokud není dosaženo maximálního zadaného počtu hodin hledání nebo maximálního počtu průzkumných cest (trip).

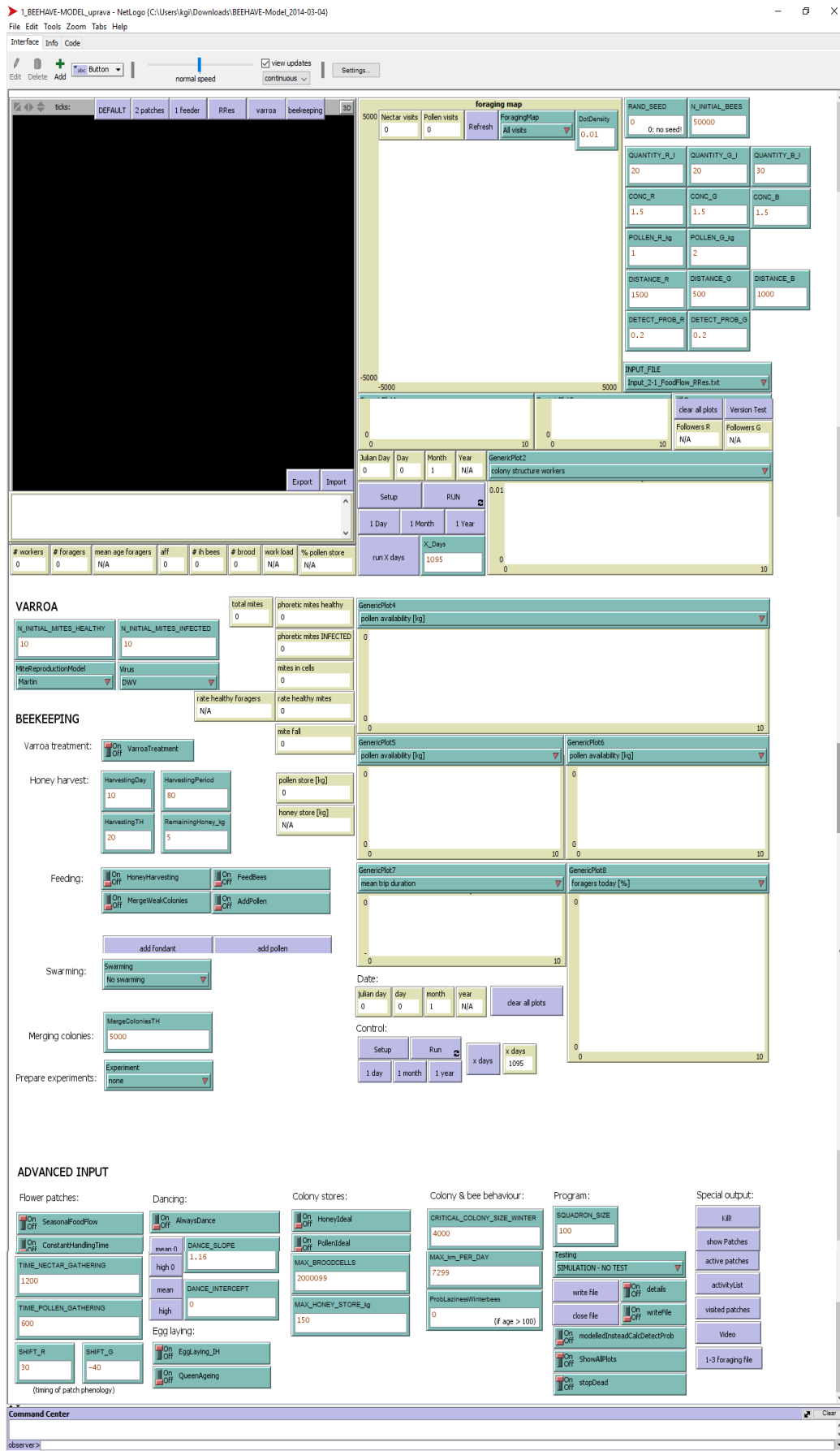
Zakreslené krmné plošky mají různé barvy v závislosti, o jaký typ plodiny se jedná. Šedou barvou jsou ty plochy, které včely během simulace nestihly objevit. Simulaci lze opakovat s již nalezenými ploškami a lze tak dosáhnout výsledku, kdy budou nalezeny všechny plošky. Nebo lze pozměnit nastavení.

Každá včela má také svou barvu, která se během simulace mění. Bílá značí hledání bez cíle, zelená včela míří přímo k již nalezené plošce, modrá včela se vrací do včelnice a oranžová včela se po hledání nové plochy vrací k poslední nalezené.

Oba modely lze vzájemně propojovat výstupními soubory nebo lze měnit nastavení podle reálných parametrů. Část parametrů použitých v modelech, převážně v BEEHAVE je podložena reálnými výzkumy. Lze tedy modely považovat za reálnou simulaci chování včel.

Pro vytvoření simulace vývoje včelstva byl v diplomové práci využit opensource software Netlogo, fungující na bázi multiagentních systémů, a modely BEEHAVE a BEESCOUT, které byly vyvinuty výzkumným týmem (Matthias Becher, Peter Kennedy, Juliet Osborne, 2013) se sídlem ve společnosti Rothamsted Research a University of Exeter ve Velké Británii ve spolupráci s profesorem Volkrem Grimmem v Helmholtz Center for Environmental Research (UFZ, Lipsko, Německo) a Dr Pernille Thorbek (Syngenta, Toulouse).

Oba simulační modely včetně manuálů i software Netlogo jsou volně ke stažení na webových stránkách [beehave-model.net](http://beehave-model.net)



Obrázek 14: Rozhraní modelu BEEHAVE

### Setup map:

Setup  
 Randomize  
 Import world  
 Import world  
 Show foraging range

My scenarios:  
 HB BB S1 S4  
 S2 S3 S4

Explore map:  
 Go  
 Progress of simulation (0-100%)  
 N/A  
 Stop  
 Clear bees

### Scaling & hive:

(requires scaling or scaling [magnification])  
 Scale distance in: 1.7x  
 Scale X1: 3x  
 Scale X2: 6.8x  
 Col X: 1.0x  
 Col Y: 1.04x  
 Update scaling & hive

### Create BEEHAVE

Linearization factor: 1.0  
 Displacement factor: 1.0  
 RandomWalk: ON  
 RandomTriDuration: ON  
 ImmediateReturn: ON  
 MaxTrips: 999999  
 MaxForagingRange: 1.0000  
 Show foraging range

### Artificial landscape creator:

Search options:  
 Hide all  
 Color GR/W  
 Labels  
 Detected  
 model detProb  
 Distribution  
 Hye  
 Satellite  
 Original color  
 Pen  
 Erase

Display:  
 Bees  
 Grey  
 Patches  
 Resources  
 History  
 Bees  
 Borders  
 Map  
 Pen

Artificial landscape creator: (requires update map)  
 Draw patches: 2  
 Beehive: 3  
 Export map  
 Update map  
 Replace colour  
 Highlight patch  
 Resource colour: 18 (patch)  
 Beehive colour: 0 (beehive)

### Show BEEHAVE foraging data:

Refresh: Nectar  
 Date: 31 December  
 Go to x: 0  
 Day: 1  
 Slab Show: 2  
 MaxForagingDist: 1.0000  
 Read foraging data

GridSize: 1000 m  
 Grid: 1.0E-5  
 detection probability per trip  
 furthest distance (m): 10  
 covered area (km<sup>2</sup>): 0.01  
 furthest distance (m): 10  
 covered area (km<sup>2</sup>): 0.01

### Definition food patches:

Food patch	Red patches	Green patches	Yellow patches	Blue patches	Lakes
Switch on/off	ON	ON	ON	ON	ON
Colour corrections	Info colours				
Crop type:	Field beans	Oilseed rape	Surfower	Huize	White clover
Phenology: (Day of year of flowering)	1.0E-5	5.0	4.0	8.0	1.0
Nectar (ml/m <sup>2</sup> ) & Pollen (g/m <sup>2</sup> ):	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5
Handling time [s]:	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5
Concentration [mol/l]:	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5
Examples:					

Obrázek 15: Rozhraní modelu BEEHIVE



## 4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

### 4.1 Příprava vstupních dat

#### 4.1.1 Dotazníky asociace COLOSS

Hlavním datovým podkladem použitým v této diplomové práci jsou výstupy z dotazníkového šetření asociace COLOSS. Tato asociace každý rok zveřejňuje dotazník v rámci projektu Monitoring zimování včelstev, od roku 2014 i v České republice.


Dotazníky se vyplňují elektronicky i papírově. Elektronická forma dotazníku je posílána emailem respondentům, kteří jej uvedli v některém z předchozích ročníků průzkumu, anebo na webových stránkách české odnože asociace COLOSS (v rámci České republiky). Papírová podoba dotazníků může být také odesílána poštou respondentům, kteří si o něj zažádají, nebo je součástí včelařský časopisů, jako je Včelařství nebo Moderní včelař.

Zatímco v prvním ročníku 2013–2014 odpovědělo okolo pětiset respondentů, v dalších ročnících se počet respondentů vyšplhal k téměř k tisíci. V ročníku 2016–2017 už počet respondentů přesáhl tisícovou hranici.

Struktura dotazníku je daná mezinárodně asociací COLOSS a zahrnuje úvodní část, kde respondent vyplní základní údaje o umístění své včelnice, tedy název okresu, obce, PSČ obce, kolik zde má respondent stanovišť včelstev a případně jestli jsou stanoviště vzdálená od hlavní včelnice více než 15 kilometrů.

**COLOSS: Monitoring úspěšnosti zimování včelstev v zimě 2016/17**

Partneři projektu:



Prosíme o vyplnění a odeslání dotazníku do **31. května 2017** na tuto adresu: Jirí Danihčík, Katedra biochemie PŘF UP, Šlechtitelů 27, 783 71 Olomouc, heslo „včely“; Elektronická verze a informace k projektu jsou na [www.coloss.cz](http://www.coloss.cz), e-mail: [monitoring.vcely@gmail.com](mailto:monitoring.vcely@gmail.com). Odpovědi jsou anonymní a slouží pouze pro potřeby výzkumného projektu.

- Napište okres, v kterém máte umístěnu včelnici.**   
*V případě, že včeláříte ve více oblastech, napište okres, ve kterém je umístěna Vaše domácí / hlavní včelnice, případně sídlo Vaší firmy.*
- Uveďte název obce, kde je Vaše hlavní včelnice nebo sídlo Vaší firmy.**   
*Pokud je tato hlavní včelnice mimo intravilán obce, uveďte název nejbližší obce.*
- Uveďte PSČ obce, kde je Vaše hlavní včelnice nebo sídlo firmy.**   
*Pokud je tato hlavní včelnice mimo intravilán obce, uveďte PSČ nejbližší obce.*
- Kolik máte stanovišť?**
- Pokud máte více stanovišť, jsou od hlavní včelnice nebo sídla firmy vzdálená více než 15 km? (Zatrhnete jednu z možností, pokud máte jen jednu včelnici, zatrhnete Ne.)**  
 Ano  Ne  Nevím

*V následujících otázkách uvádějte počty za celý svůj provoz, i když jej máte rozmístěný na více stanovištích. Za zimu považujte období od ukončení příprav na zazimování včelstev (obvykle po zakrmení) do začátku nového snůškového období v letošním roce.*

- Kolik produkčních včelstev jste zazimoval/a v roce 2016?**   
*Počítejte pouze produkční včelstva, od kterých jste v loňské sezóně očekávali produkci. Nezapočítávejte rezervní oddělky.*
- Kolik produkčních včelstev jste ztratil/a v zimě 2016/17?**

Obrázek 16: Výřez z dotazníku COLOSS

Další část dotazníku se již věnuje detailním údajům o včelstvech respondenta. Hlavní informací v dotazníku jsou údaje o zimování, tedy kolik včelstev respondent



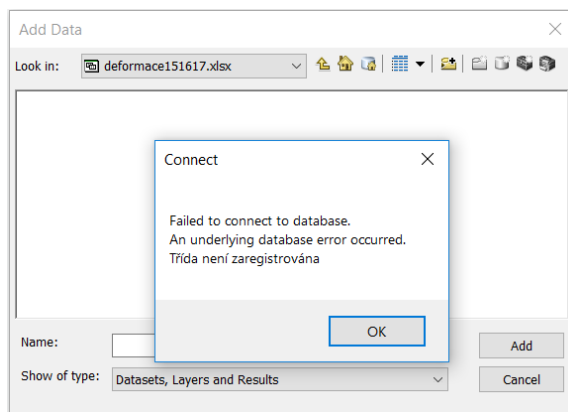
Altitude	Longitude	Longitude	ID	Kraj	Provinci	Country	Okres	Uvedte jméno obce, kde je Vaše hlavní	Bitte nenů	An wie vi	včelic	více než15km	1191	24688	2701	744	368	ost	Opblems	Lost_nahaz	Úhyn celk	losses
240	49.208099	16.549299	1	Jihomoravský kraj	740	59	Brno-město	Brno-Judrov	63700	1	Nein	1	11	2	0	0	0	0	2	9	18.2	
465	49.3226	16.771999	2	Jihomoravský kraj	740	59	Blansko	Jedovnice	67906	1	Nein	1	87	25	0	0	0	25	12	67.8		
197	48.8801	17.3486	3	Jihomoravský kraj	740	59	Hodonín	Strážnice	69662	4	Nein	1	89	3	0	0	0	3	86	3.4		
435	48.858002	14.228	4	Středočeský kraj	750	59	Praha-západ	Ústnice	25210	3	Nein	1	37	0	2	0	0	2	35	5.4		
192	49.091801	16.7542	5	Jihomoravský kraj	740	59	Brno-venkov	Újezd u Brna	66463	7	Ja	2	28	0	0	0	0	0	28	0.0		
424	49.9753	16.607291	6	Středočeský kraj	747	59	Ústí nad Orlicí	Horní Cermná	56156	1	Nein	1	6	0	0	0	0	0	10	0.0		
490	49.156502	15.9716	7	Kraj Vysočina	742	59	Třebíč	Lipník	67552	3	Nein	1	10	2	0	0	0	2	8	20.0		
260	49.027699	17.326401	8	Zlínský kraj	752	59	Uherské Hradiště	polešovice	68737	2	Nein	1	10	0	0	0	0	0	10	0.0		
311	49.460701	17.975	9	Zlínský kraj	750	59	Vsetín	Vel. Meziříčí	75701	1	Nein	1	150	0	0	0	0	0	150	6.7		
280	49.269969	16.9236	10	Jihomoravský kraj	740	59	Brno-venkov	Moravské knižice	66434	1	Nein	1	6	0	0	0	0	0	6	0.0		
454	49.7159	14.1938	11	Středočeský kraj	750	59	Příbram	Doňbrš	26301	9	Ja	2	150	6	4	0	0	10	140	6.0		
242	50.292801	14.0841	12	Středočeský kraj	750	59	Kladno	Tmáň Zlonice	27371	1	Nein	1	1	0	0	0	0	0	1	8.0		
280	50.309989	16.9469	13	Královhradecký kraj	745	59	Náchod	Česká Skalice	55203	4	Ja	2	63	5	5	0	10	53	15.9			
447	50.715801	15.0572	14	Liberecký kraj	744	59	Liberec	liberec	46312	3	Nein	1	1	0	0	0	0	1	11	8.3		
221	49.640701	17.200001	15	Olomoucký kraj	744	59	Olomouc	Horka nad Moravou	78335	1	Nein	1	9	0	1	0	0	1	8	11.1		
534	49.1852	15.4357	16	Kraj Vysočina	742	59	Jihlava	Bohuslavice	58856	1	Nein	1	6	0	0	0	0	0	6	0.0		
277	49.8266	17.161691	17	Moravskoslezský kraj	745	59	Bruntál	Jirňov-Sovinec	78386	1	Nein	1	7	2	0	0	0	2	5	28.6		
411	50.9193	14.4452	18	Ústecký kraj	751	59	Děčín	Varnsdorf	40747	1	Nein	1	12	1	1	0	0	2	10	16.7		
262	49.866299	18.4224	19	Moravskoslezský kraj	745	59	Karviná	Orlová	73514	1	Nein	1	7	0	0	0	0	0	7	0.0		
323	49.726501	18.902399	20	Moravskoslezský kraj	745	59	Nový Jičín	Fulnek	74245	1	Nein	1	30	5	0	0	0	5	25	16.7		
302	50.3848	14.5802	21	Středočeský kraj	750	59	Mělník	Nebužely	27734	1	Nein	1	4	0	0	0	0	0	4	0.0		
254	50.329601	15.1351	22	Středočeský kraj	750	59	Nymburk	Košík	28995	1	Nein	1	14	0	0	0	0	0	14	0.0		
342	49.790401	14.72	23	Středočeský kraj	750	59	Benšov	Václavice	25601	2	Nein	1	21	1	3	0	0	4	17	19.0		
272	50.0334	14.4364	24	Liberecký kraj	744	59	Česká Lípa	Štejnok	47321	1	Nein	1	9	3	0	0	0	8	1	88.9		
301	48.8274	16.656799	25	Jihomoravský kraj	740	59	Břeclav	Mikulov	69201	2	Nein	1	21	2	1	1	0	4	17	19.0		
554	49.306301	15.6657	26	Kraj Vysočina	742	59	Jihlava	Brtnice	58832	2	Nein	1	21	0	0	0	0	0	21	0.0		
217	50.0059	15.7648	27	Paroubický kraj	747	59	Paroubice	Paroubice	53039	4	Ja	2	90	2	0	0	0	2	88	2.2		
310	49.07	17.242399	28	Zlínský kraj	752	59	Uherské Hradiště	Osvětimany	68742	1	Nein	1	15	0	0	0	0	0	1	14	6.7	
535	49.6437	14.6544	29	Středočeský kraj	750	59	Benšov	Budenín	25901	2	Nein	1	21	1	0	0	0	1	20	4.8		
319	49.845901	18.1276	30	Moravskoslezský kraj	745	59	Ostrava-město	Krásné Pole	72526	2	Nein	1	6	0	0	0	0	0	6	0.0		
480	49.2633	17.893691	31	Zlínský kraj	752	59	Vsetín	Valašská Poljana	75611	1	Nein	1	6	0	0	0	0	0	6	0.0		
238	49.709801	18.149099	32	Moravskoslezský kraj	745	59	Nový Jičín	Petrvald 2 - Petřvaldík	74260	1	Nein	1	1	0	0	0	0	0	1	8	0.0	
476	48.8311	14.8016	33	Jihočeský kraj	739	59	České Budějovice	Bynov u Nových Hradů	37401	2	Ja	2	22	1	0	0	1	2	0	9.1		
314	49.021801	16.4991	34	Zlínský kraj	752	59	Uherské Hradiště	Bojovice	68771	1	Nein	1	6	0	0	0	0	0	6	0.0		
404	49.304798	14.481	35	Jihočeský kraj	739	59	Blatná	Bečyně	39165	1	Nein	1	14	1	0	0	0	0	1	15	7.1	
275	49.798599	18.4827	36	Moravskoslezský kraj	745	59	Karviná	Horní Suchá	73595	2	Nein	1	12	1	0	0	0	1	11	8.3		

Obrázek 18: Data z dotazníkového šetření v tabulkovém formátu

### 4.1.2 Import dat

V rámci diplomové práce byla všechna tato data z dotazníků upravena pro použití v programu ArcGIS Desktop, což zahrnovalo zjednodušení a očíslování názvů sloupců v tabulkách podle otázek v dotaznicích, vynechání nepotřebných sloupců a případné další opravy.

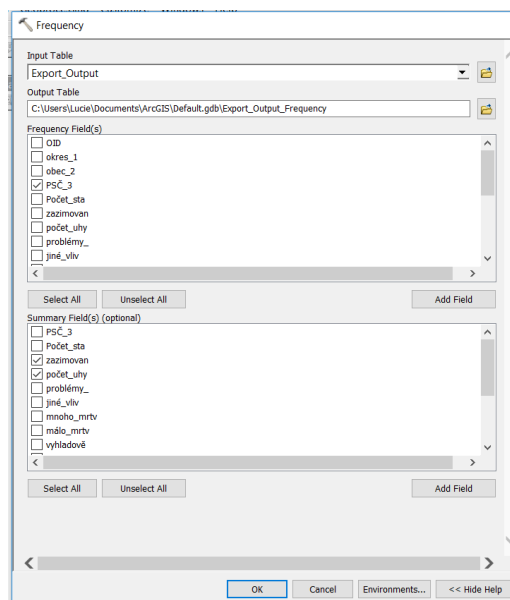
okres_1	obec_2	PSČ_3	Počet_4	stanovici_5	okod_6	zazimovane_7a	počet_8	uhynulych_7b	problemy_9	matkou_7b	mnoho_10	mrtoles_11	před_12	úlem_8a	málo_13	mrtoles_14	před_15	úlem_8b	vylhadová_16	bc_17	zabyby_18	nehby_19	bd_20	jiné_21
Jihomoravský kraj / Blansko	Rudické propadání	67906	1	ne	1	35	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Karviná	albrechtice	73548	1	ne	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Karviná	Albrechtice	73543	3	ne	1	25	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olomoucký kraj / Prostějov	Baldovec	79862	1	ne	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paroubický kraj / Svitáv	Benín	58802	4	ne	1	42	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Ostrava-město	Baronice	71700	1	ne	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kraj Vysočina / Jihlava	Batelov/Nová Ves	58851	1	ne	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ústecký kraj / Most	Bečov	43526	1	ne	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Příbramský kraj / Klášterec	Bečtov	34021	2	ne	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jihočeský kraj / Tábors	Bečyně	39165	1	ne	1	11	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jihočeský kraj / Tábors	Bečyně	36165	1	ne	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Středočeský kraj / Mladá Boleslav	Bělá pod Bezděmem	29421	3	ne	1	31	5	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Jihočeský kraj / Benešov	Belčice	25724	1	ne	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Středočeský kraj / Benešov	Belčice	25744	2	ne	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Středočeský kraj / Mladá Boleslav	Benátský nad Jizerou	29471	3	ne	1	50	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Středočeský kraj / Benešov	Beněšov	23601	1	ne	1	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Nový Jičín	Bernartice nad Odrou	74241	1	ne	1	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Nový Jičín	Bernartice nad Odrou	74101	1	ne	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zlínský kraj / Kroměříž	Bezmerov	76701	1	ne	1	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zlínský kraj / Kroměříž	Bezmerov	76701	1	ne	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Královhradecký kraj / Trutnov	Bláha Trzebnická	54472	2	ne	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Nový Jičín	Blížov	74213	2	ne	1	20	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Nový Jičín	Blížovec	74301	1	ne	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moravskoslezský kraj / Nový Jičín	Blížovec																							



Obrázek 20: Chyba importu formátu .xlsx do ArcMap

Tento problém má několik řešení, jedním z nich je import dat například ve formátu .csv, jednodušší možností je ale stažení freeware ovladače *2007 Office System Driver: Data Connectivity Components* z webových stránek společnosti Microsoft (<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=23734>). Toto řešení umožňuje přímý import tabulek ve formátu .xlsx bez zdlouhavého exportu do jiných formátů.

Jak již bylo zmíněno, data z dotazníků obsahovala více záznamů z každého PSČ, což je pro spojení s prostorovou složkou nežádoucí. Proto musely být jednotlivé záznamy v rámci každého PSČ sečteny. Sčítání číselných dat lze udělat jednodušší cestou pouze pomocí nástroje *Frequency* po importu tabulky do software ArcGIS Desktop pouze s číselnými daty a identifikátorem záznamu (PSČ) a následném uložení tabulky do formátu dBASE Table, kvůli vytvoření sloupce s OID. Pomocí nástroje *Frequency* se sečtou všechna data za každé PSČ a lze je dále importovat do vrstev s prostorovou složkou.



Obrázek 21: Sčítání kvantitativních dat – nástroj Frequency

Data s textovými údaji musela být zpracována složitější metodou pomocí kontingenčních tabulek v software Microsoft Excel. Pomocí těchto tabulek bylo možno získat sloupce s každou možností odpovědi a počtem těchto odpovědí v každém PSČ

namísto původního jednoho sloupce se slovními odpověďmi. Po importu takto zpracovaných dat již nebylo nutné provádět *Frequency*, součet za každé PSČ byl již součástí tvorby kontingenční tabulky.

Popis řádků	Popis sloupců	Ano	Nevim (prázdné)	Celkový součet
10200	Ne		1	1
11800	Ne		1	1
13000	Ne	2		2
14000	Ne	1		1
14300	Ne	1		1
14500	Ne	1		1
14700	Ne	2		2
14800	Ne	1		1
15000	Ne	1	2	3
15300	Ne	1		1
16000	Ne	2		2
16400	Ne		1	1
16900	Ne	1	1	2
19000	Ne	1		1
19600	Ne	1		1
25082	Ne	1	1	2
25083	Ne		1	1
25088	Ne	1		1
25092	Ne	2		2
25101	Ne	1		1

Obrázek 22: Sčítání kvalitativních dat – kontingenční tabulky

V této fázi práce byla vytvořena geodatabáze File geodatabase s vrstvou PSČ na území České republiky. Do této vrstvy byly importovány jednotlivé upravené tabulky pomocí funkce *Join* přes identifikátor PSČ.

### 4.1.3 Data z Ministerstva zemědělství ČR

Vzhledem k tomu, že na dotazníky asociace COLOSS odpovídá jen část včelařské komunity bylo potřeba najít další zdroj dat o včelaření na území České republiky. Pro účely české odnože asociace COLOSS a pro potřeby diplomové práce byla ministerstvem zemědělství ČR poskytnuta data, která zahrnovala počet včelstev za každé katastrální území ČR a počet včelařů za okresy ČR. Ministerstvo zemědělství ČR disponuje databází, která je založena na povinnosti každého včelaře ohlásit své bydliště a počet včelstev ve svém chovu.

Pomocí těchto dat byly nejenom vytvářeny mapy hustoty zavčelení pro každé katastrální území, ale také zjištěno procentuální zastoupení včelstev uváděných v dotaznících COLOSS z celkového počtu včelstev, kteří se skutečně v každém katastru nacházejí.

## 4.2 Zpracování dat

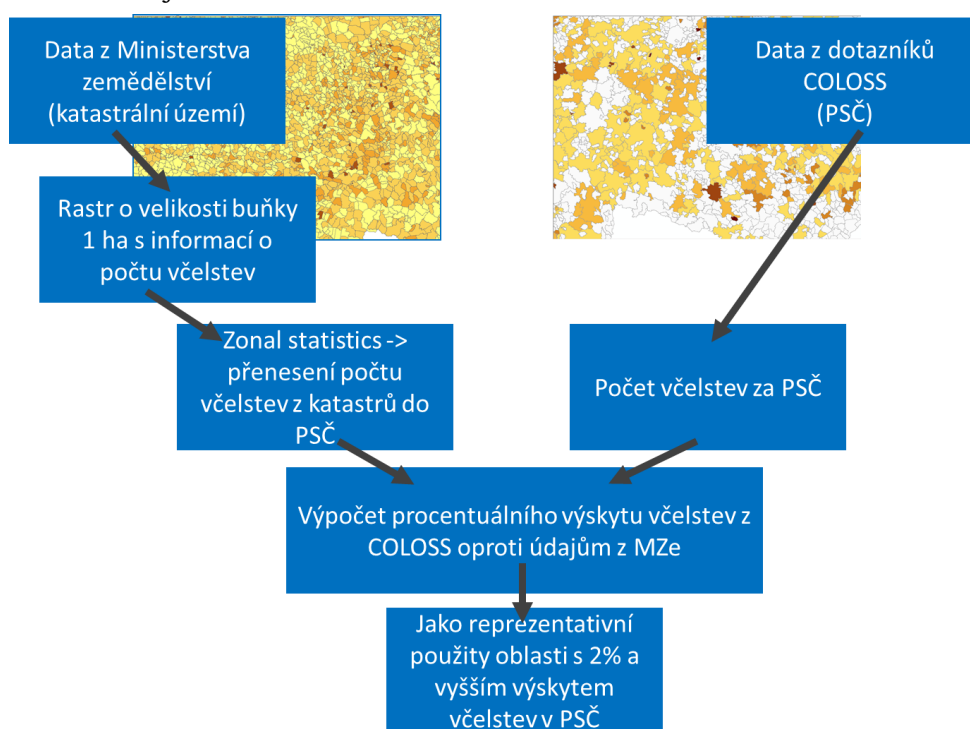
### 4.2.1 Reprezentativnost dat

Vzhledem k tomu, že dotazníky vyplňuje pouze omezený počet včelařů, není možné za všechna PSČ získat stejně vypovídající data. Z tohoto důvodu bylo nutné přistoupit k výpočtu reprezentativnosti. Od této reprezentativnosti se dále odvíjelo vytváření mapových výstupů, které obsahovaly pouze data z dotazníků, která splňovala kritérium zjištěné reprezentativnosti na základě podílu počtu včelstev z dotazníkového šetření

COLOSS a počtu včelstev hlášených Ministerstvu zemědělství ČR. Po konzultaci s odborníkem na včelařskou problematiku Mgr. Jiřím Danihlíkem Ph.D. byla zvolena prahová hodnota 5% výskyt včelstev v rámci každého PSČ. Po dalších úvahách, a především kvůli malému počtu PSČ, které by splňovaly tuto podmínku, byla nakonec zvolena prahová hodnota 2 %.

Používání tohoto omezujícího kritéria v mapových výstupech bylo důležité, z důvodu vyvarování se například skutečnosti, kdy mapa bude v určité oblasti uvádět vysoké ztráty včelstev, ale tyto ztráty budou hlášeny pouze na 5 včelstvech ze celkového počtu 1000 včelstev, tudíž informaci o vysokých ztrátách nelze jednotně vztahovat na celou oblast. Jde tedy o nežádoucí zkreslení informace v mapě, které by mělo potlačit právě ono kritérium 2% a vyššího výskytu včelstev.

Vzhledem k tomu, že oba datové zdroje jsou vztaženy k jiným územním jednotkám, bylo nutné agregovat data z katastrálních území do PSČ pomocí funkce *Zonal statistics*. Následně byl vypočítán procentuální poměr počtu včelstev uváděném v datech z dotazníků COLOSS k datům z Ministerstva zemědělství ČR. Detailnější postup je zobrazen v následujícím schématu.



Obrázek 23: Schéma postupu při výpočtu reprezentativnosti

Reprezentativnost odpovědí byla vytvořena pro každý rok (2015, 2016, 2017) zvlášť a používán byl v mapových výstupech vždy filtr 2 % pro příslušný ročník.

Mapový výstup s reprezentativními oblastmi v přílohách č. 23–25.

Pro vytvoření mapových výstupů z dotazníkového šetření COLOSS byly vybrány jen nejdůležitější otázky, jejichž prostorové zpracování by mohlo přinést užitečnou informaci pro včelaře. Tyto otázky byly vybrány na základě konzultací s Mgr. Jiřím Danihlíkem, Ph.D.

Téměř všechny mapové výstupy byly filtrovány reprezentativností 2 % (výjimky dále v textu) a pro všechny mapové výstupy s daty z dotazníků byly použity územní jednotky PSČ.

## 4.2.2 Úhyny včelstev

Pro vytvoření mapového výstupu s úhyny včelstev byly využity údaje o počtu uhynulých včelstev (otázka 7a v ročníku 2016–2017) a údaje o zazimovaných včelstvech (otázka 6 v ročníku 2016–2017) z dotazníkového šetření.

Tato data byla importována do ArcGIS Desktop podle zmíněného postupu v předchozí kapitole a proběhl výpočet úhynů včelstev na relativní hodnoty (v procentech) pomocí nástroje *Field Calculator*. Počet uhynulých byl vydělen počtem zazimovaných včelstev a násoben hodnotou 100. Tento přepočítání na relativní hodnoty proběhl z důvodu zobrazení podílu uhynulých z celkového počtu zazimovaných včelstev, nebyl tedy v mapě použit pouze údaj o počtu uhynulých v dané oblasti. Z procentuálních podílů v mapě lze mnohem lépe vyčíst míru úmrtnosti.

Intervaly pro jednotlivé kategorie úhynů byly zvoleny pomocí metody přirozených zlomů a zaokrouhleny na celé hodnoty, hodnota nula byla vyřazena do vlastní kategorie, pro oddělení bezztrátových míst. Pro tvorbu barevné stupnice byl využit nástroj Colorbrewer 2.0.

## 4.2.3 Nemoci včelstev (DWV, nosematóza, pokálená včelstva)

Nemoci včelstev, které byly řešeny v dotaznících jsou virus deformovaných křídel (DWV) a počet zpozorovaných pokálených včelstev (jako důsledek nemoci). V dotazníku se nachází i otázka na nejčastější nemoc, varroózu, ale jedná se pouze o dotazování na to, jestli včelař své včelstvo léčil či nikoliv. Vzhledem k tomu, že léčba varroózy je povinná, byly téměř všechny odpovědi kladné a prostorové zobrazení by nepřineslo žádnou hlubší analýzu. Parazit kleštík včelí se vyskytuje v každém chovu včel, proto by nepřineslo zobrazení těchto dat v mapě nijak užitečnou informaci v rámci České republiky.

Pokálená včelstva byla řešena obdobně jako v případě uhynulých včelstev, zpracovány byly odpovědi na otázku 13 v ročníku 2016–2017 a počet zazimovaných včelstev v témže ročníku. V posledním ročníku se pokálená včelstva dělí na přeživší po zimě a uhynulá. V předchozích ročnících se řešila pouze přeživší, z toho důvodu byla vybrána z posledního ročníku pouze přeživší včelstva. Dále byly zjišťovány procentuální podíly pokálených včelstev z celkového počtu zazimovaných a ty byly vyneseny do mapy. Intervaly pro kategorie byly rovněž klasifikovány pomocí metody přirozených zlomů a zaokrouhleny. Pro tvorbu barevné stupnice byl využit nástroj Colorbrewer 2.0.

Zobrazení výskytu včelstev s klinickými příznaky viru deformovaných křídel již nebylo provedeno pomocí kartogramu ale kartodiagramu. Jedná se tedy o kvalitativní hodnoty z dotazníku (málo, hodně, ne; otázka v posledním ročníku 22) a jako takové musely být nejprve zpracovány pomocí kontingenčních tabulek, aby byl zjištěn počet stejných hlášených odpovědí za každé PSC. Ty byly následně zobrazeny v mapě pomocí koláčového grafu (Pie chart), do kterého byly vyneseny všechny typy odpovědí. V tomto případě nebyl velikostí symbolu řešen celkový počet hlášení nemoci, nýbrž pouze velikostní podíly odpovědí v každém území. Jako podklad byl zvolen kartogram hustoty zavčelení v příslušném ročníku.

Zpracována do mapy byla také data z dobrovolného vyšetření vzorků na nosematózu v roce 2017, kterých se zúčastnilo několik respondentů dotazníkového šetření COLOSS. V tomto případě se jednalo pouze o bodové zobrazení nalezeného vzorku s nosematózou za PSC. Z celkového počtu 13 testovaných vzorků napříč Českou republikou bylo zjištěno 10 vzorků s mikroskopicky prokázaným výskytem nosematózy

#### 4.2.4 Loupeže mezi včelstvy

Loupeže mezi včelstvy jsou významnou možností přenosu nemocí mezi cizími včelstvy a tento jev může také souviset s hustotou zavčelení.

V dotazníku byly loupeže zjišťovány poslední dva ročníky, konkrétně otázkou 28 v posledním ročníku. Jedná se zase o kvalitativní data s odpověďmi ano, ne, nevím. Tedy postup zpracování byl obdobný jako u viru deformovaných křídel. Stejně tak byl zvolen i stejný podklad, tedy hustota zavčelení z dat z Ministerstva zemědělství ČR přepočítána na PSČ.

#### 4.2.5 Zdroje potravy včel

Zdroje potravy (nektar, pyl a medovice) řeší v dotaznících dvě otázky, jedna z nich se zabývá snůškou z konkrétní rostliny (otázka 15) a druhá měsícem poslední významné snůšky, v poslední ročníku rozdělena oproti předchozím ročníkům, na nektarovou a pylovou (otázky 26 a 27).

V případě snůšky z rostlin byla příprava dat řešena opět kontingenční tabulkou, byly ovšem vybrány pouze první tři rostlin (řepka, slunečnice, kukuřice), jakožto rostliny s nejvyššími počty hlášení, ostatní rostliny měly mnohem menší podíl záznamů z celku. V případě tohoto mapového výstupu již nebyl použit filtr reprezentativnosti 2 % z důvodu rozdílného typu sbíraných dat. Jedná se o hlášení rostliny, ze které včely v okolí mají významnou snůšku nektaru či medovice a nezáleží tedy na počtu hlášení, rostlina se v oblasti bude vyskytovat v každém případě.

Dalším výstupem byly mapy ze záznamů o měsíci poslední významné snůšky. V dotazníku byl v tomto případě zvolen volný styl vyplnění, respondent tedy vyplnil název měsíce sám. Pro mapový výstup byly ovšem zvoleny pouze měsíce květen, červen. Informace o poslední snůšce se v rámci dotazníkového šetření sbírají pouze poslední dva ročníky, v případě ročníku 2015–2016 jde o snůšku z nektaru i pylu dohromady. V posledním ročníku se již tomuto tématu věnují dvě otázky a nyní respondent uvedl měsíc pro nektarovou i pylovou snůšku.

Jako i v předchozích případech, tak i v tomto byla data přepočítána pomocí kontingenční tabulky a do map byly v případě posledního ročníku zobrazeny oba jevy zároveň (nektar, pyl) i zvlášť. Jako podklad byla zvolena barevná hypsometrie za použití digitálního modelu reliéfu ČR z ArcČR 500.

#### 4.2.6 Hustota zavčelení

Hustota zavčelení byla vypočítána jako počet hlášených včelstev z databáze Ministerstva zemědělství ČR na katastrální územní jednotky s rozlohou v kilometrech čtverečních. Příliš malé polygony s výrazně vyšší hustotou, které zkreslovaly výslednou mapu a výrazně vybočovaly z histogramu rozdělení hodnot, byly odmazány, přesněji řečeno jim byla přiřazena hodnota -1. Jednalo se o 12 polygonů s hustotou v rozmezí 100–405 a jejichž rozloha nepřekročila 2 kilometry čtvereční. Mapy byly poté exportovány zvlášť a v software Inkscape umístěny společně na formát A2, jako hlavní mapa ve větším měřítku byl zvolen ročník 2016–2017, mapové výstupy za ostatní dva ročníky měly menší měřítko. Pro všechny tři ročníky mapových výstupů byla vytvořena jednotná legenda. Pro tvorbu barevné stupnice byl využit nástroj Colorbrewer 2.0.



## 4.2.7 Zastoupení včelařů

Data o počtech včelařů a poměrovém počtu včelstev pro každý okres byl poskytnut Ministerstvem zemědělství ČR. Tato data byla zpracována formou kartodiagramu s poměrovým rozdělením včelstev a velikostí diagramu na základě celkového počtu včelařů v daném okrese. Funkční stupnice k počtu včelařů byla vytvořena v software Inkscape na základě okresů s nejvyšším a nejnižším počtem včelařů. Jako podklad byla zvolena hustota zavčelení z dat z Ministerstva zemědělství ČR přepočítaná na PSČ.

## 4.3 Prostorové analýzy

### 4.3.1 Bivariační kartogram

Jedná se o kartogram, do kterého lze zobrazit dvě relativní proměnné, které lze zároveň zkombinovat a přinést nový výsledek, na rozdíl od zobrazení každé proměnné zvlášť. Tvorba tohoto kartogramu byla inspirována prací Joshua Stevens (2015), geografa, který se zaměřuje na vizuální stránku prostorových analýz.

Pro zpracování tohoto kartogramu byla vybrána hustota zavčelení za všechny ročníky z dat z Ministerstva zemědělství ČR v územních jednotkách PSČ a úhyny včelstev v procentech opět za všechny ročníky z dat z dotazníkového šetření, zároveň omezené reprezentativním filtrem 2 %.

V první fázi tvorby bylo potřeba obě proměnné překlasifikovat do tří kategorií a přiřadit jim odpovídající identifikátor pro následné spojení hodnot. Pro hustotu byly vybrány kategorie pomocí přirozených zlomů, a to na intervaly 1–9 (kategorie 10), 9,1–19 (kategorie 20), 19,1–63 (kategorie 30) v případě ročníku 2016–2017.

Úhyny byly rozděleny na kategorie 0–10 (kategorie 1), 10,1–50 (kategorie 2), 50,1–100 (kategorie 3).

Pomocí nástroje *Field Calculator* byly tyto dvě proměnné sečteny a výsledným hodnotám přiřazena odpovídající barva podle práce Joshua Stevens (2015). Legendu s jinými barvami lze také vytvořit spojením samostatných legend obou proměnných, pootočením jedné z nich a následně překrytí s filtrem Blend – Darken na horní vrstvě. Doporučují se barvy blízké komplementárním.

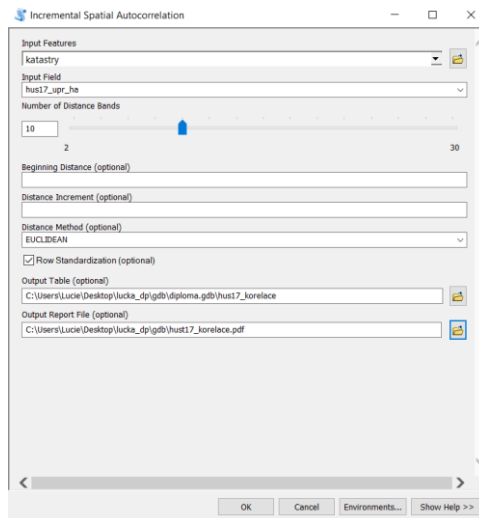


Obrázek 24: Tvorba legendy pro bivariační kartogram

Výsledná podoba legendy obou proměnných byla vytvořena v programu Inkscape.

### 4.3.2 Shlukové analýzy

Pro shlukové analýzy byla vybrána data o hustotě zavčelení z Ministerstva zemědělství ČR a ztrátách včelstev. Nejprve bylo provedeno testování autokorelace pomocí nástroje *Incremental spatial autocorrelation*, jehož účelem je nalezení intenzity shlukování na základě vzdáleností od centra prvků (polygonů).



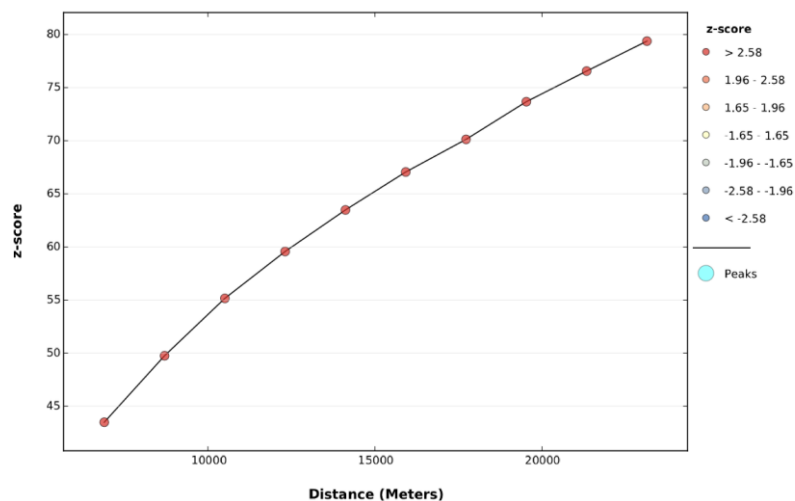
Obrázek 25: Testování autokorelace u hustoty zavčelení za katastry – nástroj *Incremental spatial autocorrelation*

Analýza poskytne z-score, které ukazuje intenzitu shlukování pro každou vzdálenost a p-value, které ukazuje významnost výsledků.

Pokud je p-value statisticky významné, můžeme zamítnout nulovou hypotézu, která předpokládá, že data jsou rozmístěna náhodně a k žádnému shlukování nízkých nebo vysokých hodnot nedochází. Statisticky významné z-score, které poukazují na vzdálenost, ve které dochází k nejvýznamnějšímu shlukování, jsou v grafickém výstupu pojmenovány jako peaks. S těmito vzdálenostmi je dále vhodné počítat při samotné shlukové analýze.

Pokud testování nepřinese žádné viditelné zlomy (peaks), lze předpokládat, že v žádné vzdálenosti nevykazují data významné shlukování odlišné od ostatních vzdáleností, proto lze při další analýze použít jakoukoli vzdálenost. Při použití detailnějších územních jednotek by již mohlo docházet k významným shlukům v určité vzdálenosti.

Takový případ nastal u dat o hustotě zavčelení pro katastrální území, kde testování nenalezlo žádné vrcholy a následná analýza byla provedena podle defaultní vzdálenosti. Lze si také všimnout, že p-value je v tomto případě pro každou vzdálenost nulové.



Obrázek 26: Graf s hodnotou z-score pro každou vzdálenost při výpočtu autokorelace hustoty zavčelení

### Global Moran's I Summary by Distance

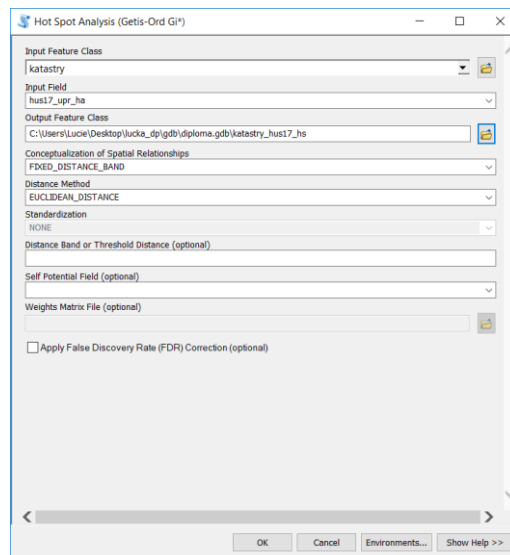
Distance	Moran's Index	Expected Index	Variance	z-score	p-value
6894,00	0,109899	-0,000076	0,000007	42,894632	0,000000
8699,57	0,098879	-0,000076	0,000004	49,033039	0,000000
10505,14	0,090616	-0,000076	0,000003	54,319477	0,000000
12310,71	0,083473	-0,000076	0,000002	58,634583	0,000000
14116,28	0,077549	-0,000076	0,000002	62,402839	0,000000
15921,85	0,072642	-0,000076	0,000001	65,845103	0,000000
17727,42	0,068263	-0,000076	0,000001	68,786734	0,000000
19533,00	0,065185	-0,000076	0,000001	72,239509	0,000000
21338,57	0,062044	-0,000076	0,000001	74,996816	0,000000
23144,14	0,059340	-0,000076	0,000001	77,687290	0,000000

First Peak (Distance; Value): None; None

Max Peak (Distance; Value): None; None

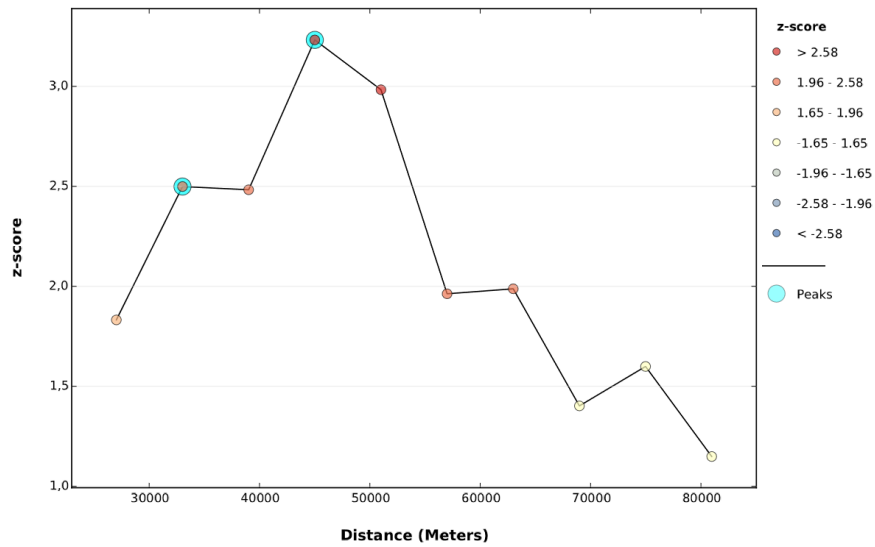
Distance measured in Meters

Obrázek 27: Proměnné při výpočtu autokorelace hustoty zavčelení



Obrázek 28: Provedení shlukové analýzy hustoty zavčelení – nástroj *Hot Spot Analysis*

V případě analyzování dat o úhynech včel byly nalezeny statisticky významné vzdálenosti shlukování a ty byly dále použity při shlukové analýze, kde byla hodnota zadaná do *Distance Band or Treshold Distance*. V tomto případě už lze pro každou vzdálenost zjistit p-value, tedy pravděpodobnost náhodného vzorce shlukování.



Obrázek 29: Graf s hodnotou z-score pro každou vzdálenost při výpočtu autokorelace úhynů včelstev

#### Global Moran's I Summary by Distance

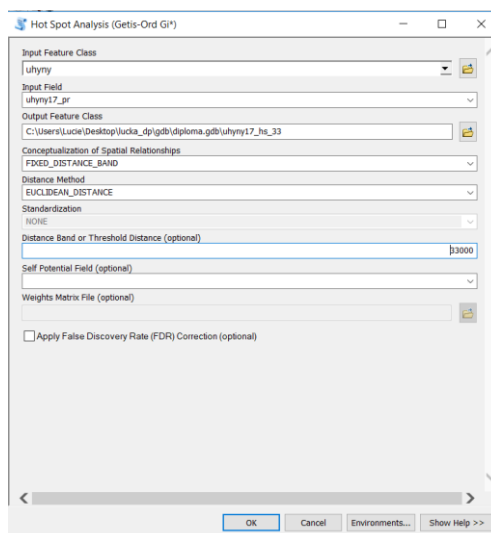
Distance	Moran's Index	Expected Index	Variance	z-score	p-value
27027.00	0,020536	-0,001361	0,000143	1,831928	0,066962
33021.33	0,022612	-0,001361	0,000092	2,498850	0,012460
39015.66	0,018727	-0,001361	0,000065	2,482762	0,013037
45009.99	0,021316	-0,001361	0,000049	3,232279	0,001228
51004.32	0,017132	-0,001361	0,000038	2,983295	0,002852
56998.65	0,009511	-0,001361	0,000031	1,962556	0,049698
62992.97	0,008614	-0,001361	0,000025	1,987479	0,046869
68987.30	0,005032	-0,001361	0,000021	1,401894	0,160947
74981.63	0,005305	-0,001361	0,000017	1,599059	0,109808
80975.96	0,003041	-0,001361	0,000015	1,148760	0,250655

First Peak (Distance; Value): 33021,33; 2,498850

Max Peak (Distance; Value): 45009,99; 3,232279

Distance measured in Meters

Obrázek 30: Proměnné při výpočtu autokorelace úhynů včelstev



Obrázek 31: Provedení shlukové analýzy úhynů včelstev – nástroj Hot Spot Analysis

### 4.3.3 Krajinový pokryv

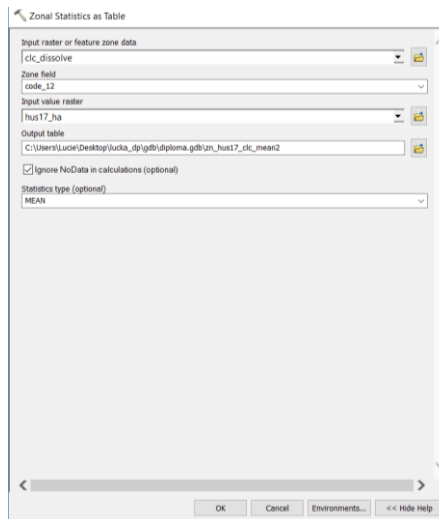
Pro vytváření mapových výstupů krajinového pokryvu byla použita databáze Corine Land Cover 2012 (CLC12) ve vektorovém (ESRI Geodatabase) i rastrovém formátu (100m GeoTIFF) poskytovaná Copernicus Land Monitoring Service.

#### Krajinový pokryv a hustota zavčelení

Cílem porovnání těchto dvou datových sad bylo zjištění, v jaké kategorii CLC12 je nejvyšší hustota zavčelení a v jaké naopak nejmenší. Pro tyto účely byly vyřazeny kategorie, které jsou logicky nevhodné pro včelaření nebo zabíraly velmi nízké plošné zastoupení v ČR. Jsou to kategorie 123, 124, 133, 213, 332, 333, 511, 512.

Jako vstup byla použita vektorová vrstva CLC12, kde byly všechny polygony v jednotlivých kategoriích sloučeny do jednoho polygonu pomocí nástroje *Dissolve*. Vznikla tak polygonová vrstva, kde každý záznam (polygon) zastupoval jednu kategorii.

Pro získání informace o hustotě zavčelení pro každou kategorii byl použit rastr představující počet včelstev na 1 hektar vytvořený z dat z Ministerstva zemědělství ČR o velikosti buňky 1 hektar. Poté byla pomocí funkce *Zonal statistics as Table* přidána informace o průměrné hustotě zavčelení do vrstvy CLC12.

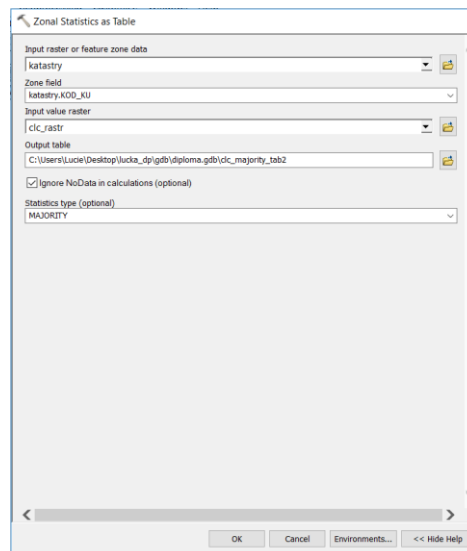


Obrázek 32: Výpočet průměrné hustoty zavčelení pro každou kategorii CLC12 (funkce *Zonal statistics as Table*)

Výsledkem je tedy tabulka s průměrnou hustotou zavčelení (přepočítanou na km čtverečný) v jednotlivých kategoriích CLC12 (k vyřazení nežádoucích kategorií docházelo až v této fázi).

### Majoritní zastoupení krajinného pokryvu

Pro vytvoření tohoto mapového výstupu byla použita rastrová vrstva CLC12 a vektorová vrstva katastrálních území z ArcČR 500. Pomocí nástroje *Zonal statistics as Table* bylo zjištěno majoritní zastoupení kategorie krajinného pokryvu v každém katastrálním území, a to zvolením typu výpočtu *MAJORITY* v použitém nástroji.



Obrázek 33: Majoritní zastoupení kategorie krajinného pokryvu v každém katastrálním území (funkce *Zonal statistics*)

Vypočítané hodnoty v tabulce byly poté převedeny do vektorové vrstvy katastrů pomocí funkce *Join* a výsledkem je mapový výstup majoritního zastoupení krajinného pokryvu v ČR. Lze tvrdit, že obsah mapy prakticky odpovídá krajinnému pokryvu bez ohledu na územní jednotky.

#### 4.3.4 Lesní vegetační stupně

Data o lesních vegetačních stupních (LVS) byla poskytnuta ve vektorové vrstvě doc. RNDr. Vilémem Pechancem, Ph.D z Katedry geoinformatiky v Olomouci. Lesní vegetační stupně jsou souhrnem proměnných, které poukazují na klimatické a jiné podmínky v každé lesní oblasti, jako například nadmořská výška v m n. m., průměrná teplota vzduchu ve stupních, roční srážky v mm a vegetační doba rostlin ve dnech.

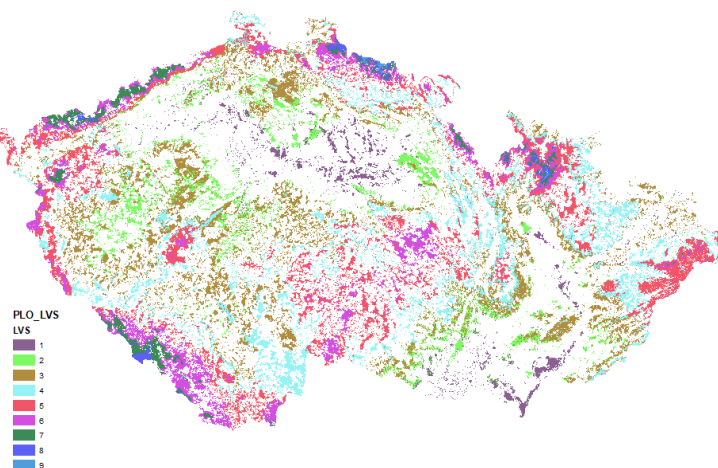
Vymezení těchto lesních vegetačních stupňů bylo provedeno na základě klasifikace dle Zlatníka (1956) a později upraveno v hercynské oblasti (Plíva, 1987). Klasifikační systém dle Plíva (1987) je využíván Ústavem pro hospodářskou úpravu lesa v Brandýse nad Labem (ÚHÚL). V následující tabulce je rozdělení do jednotlivých lesních vegetačních stupňů a odpovídající charakteristiky každého stupně v hercynské oblasti (která byla upravena v původním klasifikačním systému).

LVS	Procentuální zastoupení	Nadmořská výška (m n. m.)	Průměrná teplota (°C)	Roční srážky (mm)	Vegetační doba
1. dubový	8,3	350	8	600	165
2. bukodubový	14,89	350–400	7,5–8	600–650	160–165
3. dubobukový	18,41	400–550	6,5–7,5	650–700	150–160
4. bukový	5,69	550–600	6,5–7,5	690–800	140–150
5. jedlobukový	30,04	600–700	5,5–6,5	800–980	130–140
6. smrkobukový	11,95	700–900	4,5–5,5	900–1050	115–130
7. bukosmrkový	5	900–1050	4,0–4,5	1050–1200	100–115
8. smrkový	1,69	1050–1350	2,5–4,0	1200–1500	60–100
9. klečový	0,29	1350	2,5	1500	60
0. bory	3,73				

Tabulka 4: Kategorie LVS v hercynské oblasti (Plíva, 1987)

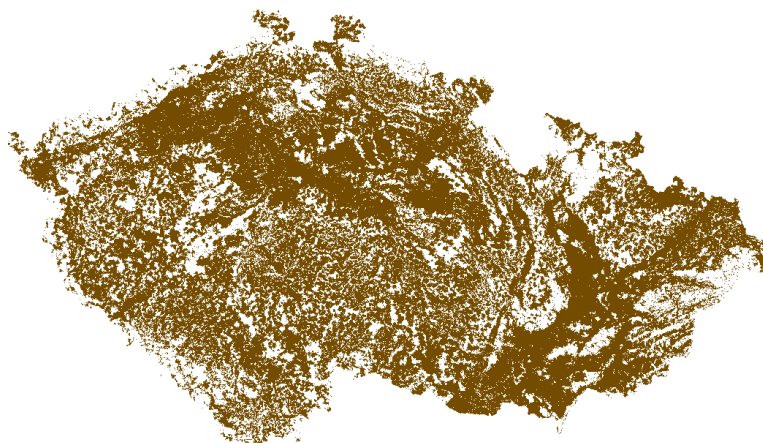
Vymezení LVS na výše zmíněné kategorie je však využíváno pro celou oblast ČR (lesní oblasti), nikoliv pouze pro hercynskou, jak lze usuzovat z prohlížečky LVS na Geoportále ÚHÚL (<http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOpri.html>).

V rámci diplomové práce byla provedena analýza srovnání hustoty zavčelení z dat z Ministerstva zemědělství ČR v roce 2017 pro katastrální území a těchto vegetačních stupňů. Vrstva vegetačních stupňů musela být nejprve sloučena po jednotlivých kategoriích pomocí nástroje *Dissolve*, aby každá kategorie LVS měla jeden polygon.



Obrázek 34: Poskytnutá vektorová vrstva LVS

Problém ovšem nastává v případě, že vrstva LVS pokrývá pouze část území, kde se nacházejí lesní oblasti. Proto byla vytvořena vrstva ostatních ploch pomocí nástroje *Update*.



Obrázek 35: Vytvoření vrstvy ostatní plochy (nástroj *Update*)

Poté byla pro oblasti LVS i pro jednotnou oblast ostatní plochy vypočítána průměrná hustota zavčelení pomocí nástroje *Zonal statistics as table*. Pro kompletní analýzu a srovnání byla tedy zjištěna hustota nejen na území lesů, ale i na zbylém území České republiky.

#### 4.3.5 Hustota zavčelení a nadmořská výška

Podobná analýza jako v předchozím případě byla provedena pro vrstvy hustoty zavčelení v katastrálních území pro ročník 2016–2017 rozdělenou do šesti kategorií na základě přirozených zlomů (zaokrouhlené) a digitálního modelu reliéfu z databáze ArcČR 500. Pro každou kategorii byla vypočítána průměrná nadmořská výška pomocí nástroje *Zonal statistics as table*.



### 4.3.6 Vhodné plochy pro zavčelení

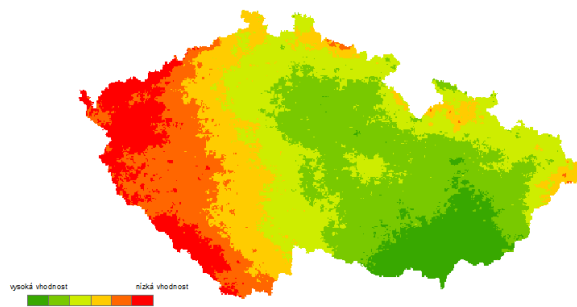
Pro zjištění vhodných ploch pro zavčelení byly vybrány proměnné na základě předchozích studií a konzultací s odborníky na včelaření. Použita byla hustota zavčelení z dat z Ministerstva zemědělství ČR pro katastrální území, krajinný pokryv dle Corine Land Cover 2012, solární radiace a průměrná teplota vzduchu z WorldClim. Všechny tyto proměnné byly překlasifikovány do 6 kategorií a byla jim určena váha s jakou budou mít vliv na výsledné určení vhodných ploch. Kategorie hustoty, teploty a solární radiace byly rozděleny podle přirozených zlomů, zatímco kategorie krajinného pokryvu byla rozdělena podle typu a s pomocí legendy ze studijních materiálů Masarykovy univerzity (Gorčíková, 2012).

Tabulka 5: Rozdělení proměnných do kategorií a jejich váhy

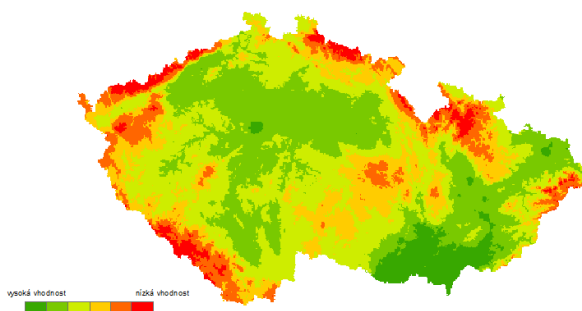
<b>hustota</b>	<b>kategorie</b>	<b>intervaly</b>	<b>váha</b>
	1	nízká hustota	
	2		
	3		
	4		
	5		
	6	vysoká hustota	
			0,3
<b>CLC</b>			
	2	zemědělské areály (211–243)	
	4	zástavba sídelní (111,112)	
	5	zástavba ostatní (121–142)	
	3	lesy (311–313)	
	1	louky přírodní (321–324)	
	6	ostatní (332–512)	
			0,4
<b>teplota (°C)</b>			
	1	18,5	
	2	16,9	
	3	15,8	
	4	14,8	
	5	13,9	
	6	8,4-12,4	
			0,2
<b>solární radiace (kJ m<sup>-2</sup> den<sup>-1</sup>)</b>			
	1	20835	
	2	19977	
	3	19469	
	4	19030	
	5	18533	
	6	16990-18048	
			0,1

Vrstvy byly převedeny do rastrového formátu o velikost buňky 1 km čtverečný pomocí nástroje *Feature to raster*. Poté proběhla klasifikace do 6 kategorií nástrojem *Reclassify*.

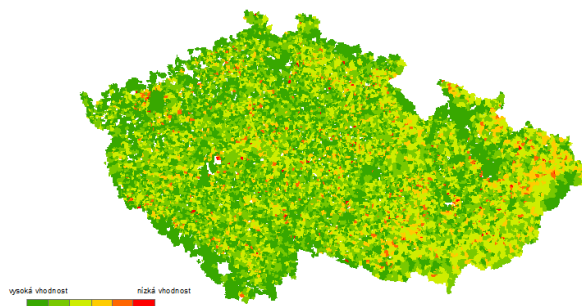
Vstupní vrstvy klasifikované do 6 kategorií:



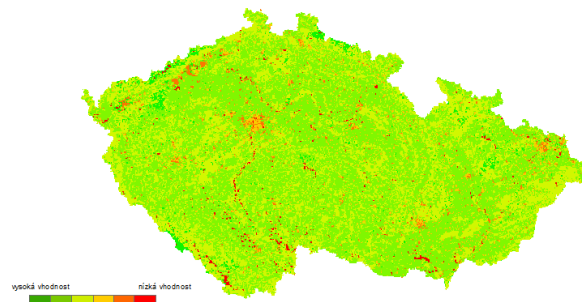
Obrázek 36: Solární radiace (nástroj *Reclassify*)



Obrázek 37: Průměrná teplota vzduchu (nástroj *Reclassify*)

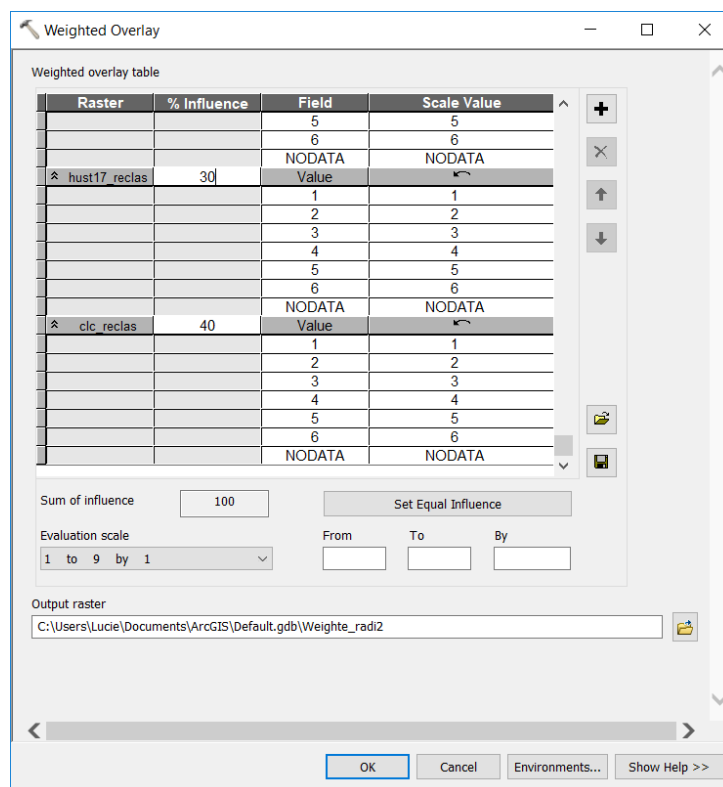


Obrázek 38: Hustota zavčelení 2017 (nástroj *Reclassify*)



Obrázek 39: Krajinový pokryv (nástroj *Reclassify*)

Vrstvy byly následně spojeny nástrojem *Weighted Overlay* a byla jim nastavena odpovídající váha. Tento nástroj spojí všechny vrstvy do jedné na základě jejich kategorie. To znamená, že ve výsledné mapě budou nízké hodnoty značit spojení nízkých hodnot všech použitých vrstev a vysoké hodnoty spojení vysokých hodnot všech vrstev. Velký vliv na výslednou podobu má také váha vrstev, která ovlivňuje, která proměnná bude převažovat při výpočtu a zároveň má velký vliv i při utváření výsledné podoby mapy.



Obrázek 40: Spojení vrstev a vytvoření mapového výstupu s vhodností ploch pro zavčelení (nástroj *Weighted Overlay*)

## 4.4 Simulační modelování

Simulační modelování v rámci diplomové práce probíhalo nad oblastí v blízkosti obce Krhová u Valašského Meziříčí. Včelnice v této oblasti byla konzultována s jejím majitelem Mgr. Jiřím Danihlíkem, Ph.D. a byly tak zjištěny detailnější informace o včelnici a jejím okolí pro potřeby simulace.

### 4.4.1 Model BEESCOUT

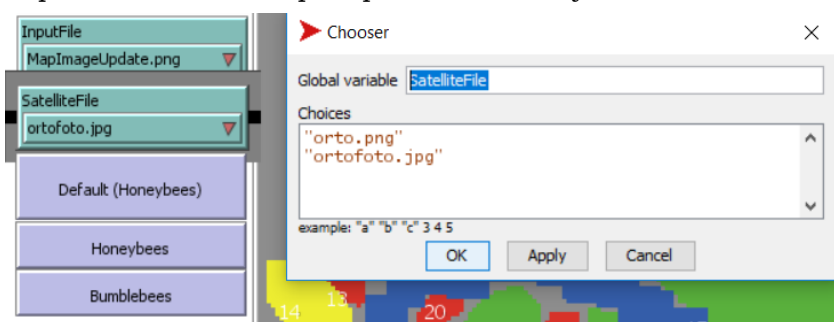
Na začátku modelování bylo potřeba si vytvořit vstupní soubor pro samotnou simulaci vývoje, která se vytváří v modelu BEEHAVE. Model BEESCOUT tedy slouží hlavně pro vytvoření souboru s informacemi o detekci krmných ploch v blízkosti včelnice každý den v roce. Informace o množství pylu a nektaru a počátku a konci kvetení byly zjišťovány dle Haragsima (2013).

Definition food patches: (requires "Setup")

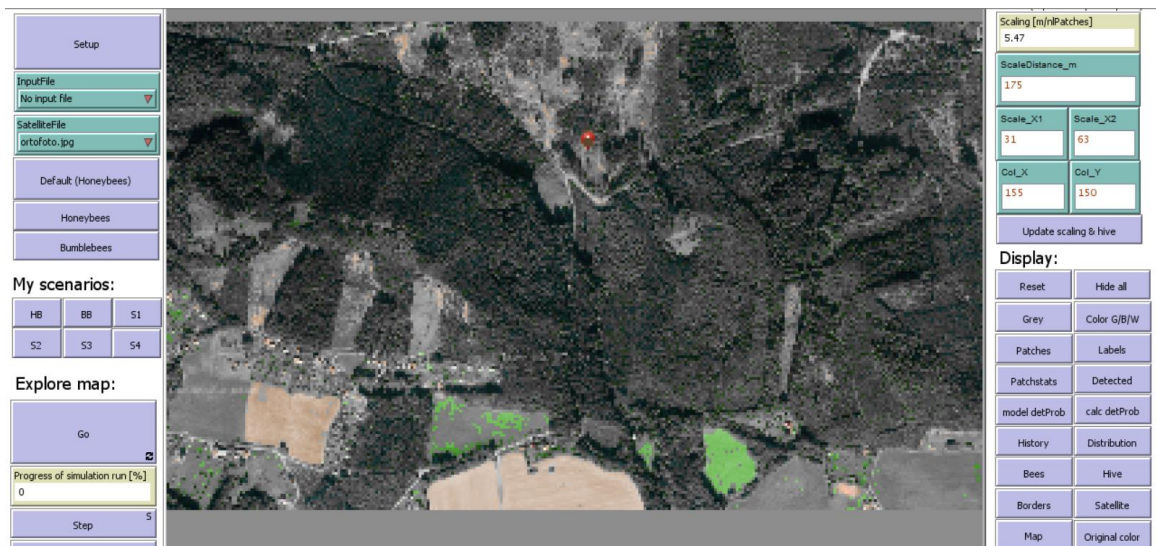
Switch on/off:	<input checked="" type="checkbox"/> On RedPatches	<input checked="" type="checkbox"/> On YellowPatches	<input checked="" type="checkbox"/> On GreenPatches	<input checked="" type="checkbox"/> On BluePatches	<input checked="" type="checkbox"/> On Lakes
Colour corrections:	Red_min: 10, Red_max: 30	Yellow_min: 40, Yellow_max: 50	Green_min: 50, Green_max: 70	Blue_min: 90, Blue_max: 110	Black_th: 1, White_th: 9
Crop type:	Patchtype_R: "malinik"	Patchtype_Y: "meruřika"	Patchtype_G: "smrk"	Patchtype_B: "olše"	MaxPatchRadius_m: 500
Phenology: (Day of year of flowering)	Start_R: 150, Stop_R: 270	Start_Y: 90, Stop_Y: 120	Start_G: 120, Stop_G: 180	Start_B: 60, Stop_B: 90	
Nectar [ml/m <sup>2</sup> ] & Pollen [g/m <sup>2</sup> ]:	Nectar_R: 7, Pollen_R: 1	Nectar_Y: 3, Pollen_Y: 1	Nectar_G: 2, Pollen_G: 2	Nectar_B: 1, Pollen_B: 2	
Handling times [s]:	t_Nectar_R: 1200, t_Pollen_R: 600	t_Nectar_Y: 1200, t_Pollen_Y: 600	t_Nectar_G: 1200, t_Pollen_G: 600	t_Nectar_B: 1200, t_Pollen_B: 600	
Concentration [mol/l]:	Conc_R: 1.5	Conc_Y: 1.5	Conc_G: 1.5	Conc_B: 1.5	
Examples:	Field beans	Oilseed rape	Sunflower	Maize	White clover

Obrázek 41: Model BEESCOUT – informace o krmných rostlinách

Pro zakreslení krmných plošek je potřeba provést klasifikaci přidávaného ortofoto snímku, který byl získán pomocí Google maps. Snímek je přidán tlačítkem *SatelliteFile*, do kterého se zapíše název souboru přes pravé tlačítko myši – *Edit*.

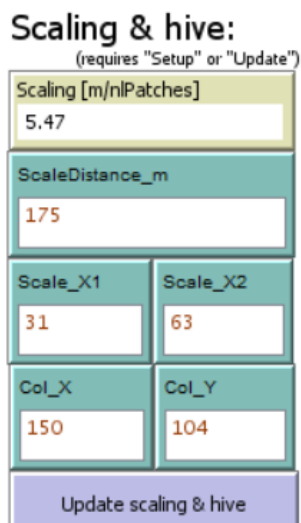


Obrázek 42: Model BEESCOUT – import ortofoto



Obrázek 43: Model BEESCOUT – naimportované ortofoto

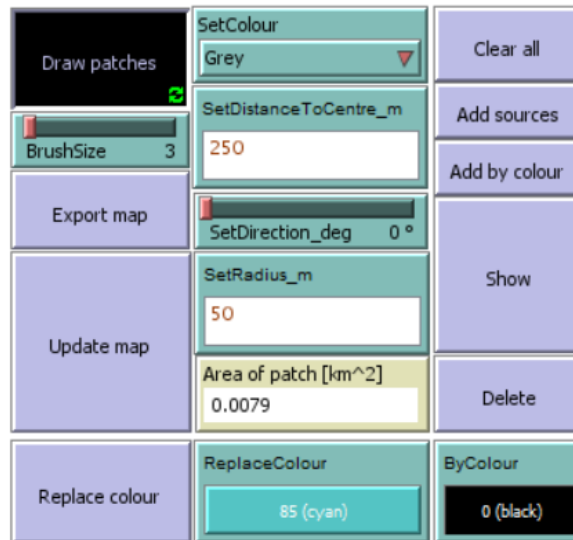
Poté je potřeba zapnout snímek v *Display – Satellite*, pokud se nenačte automaticky. Snímku je také nutno nastavit odpovídající souřadnice včelnice a rozlišení mapy, což se provádí pomocí *Scaling & Hive*. *Scale\_Distance* se nastaví jako reálná vzdálenost dvou bodů, jejichž souřadnice X se zadají do polí *Scale\_X1* a *Scale\_X2*. Souřadnice bodů lze získat přímo v přidané mapě v modelu, pomocí pravého tlačítka - *Inspect patch – xcor*. Vzdálenost lze získat měřicím nástrojem například v Google maps nebo Seznam maps nebo v čemkoliv jiném, co umožňuje měření reálné vzdálenosti mezi dvěma body. Souřadnice *ColX* a *ColY* slouží pro konkrétní umístění včelnice v mapě. Po nastavení hodnot je potřeba pro uložení dát *Setup* nebo *Update scaling & Hive*.



Obrázek 44: Model BEESCOUT – nastavení souřadnic včelnice a rozlišení mapy

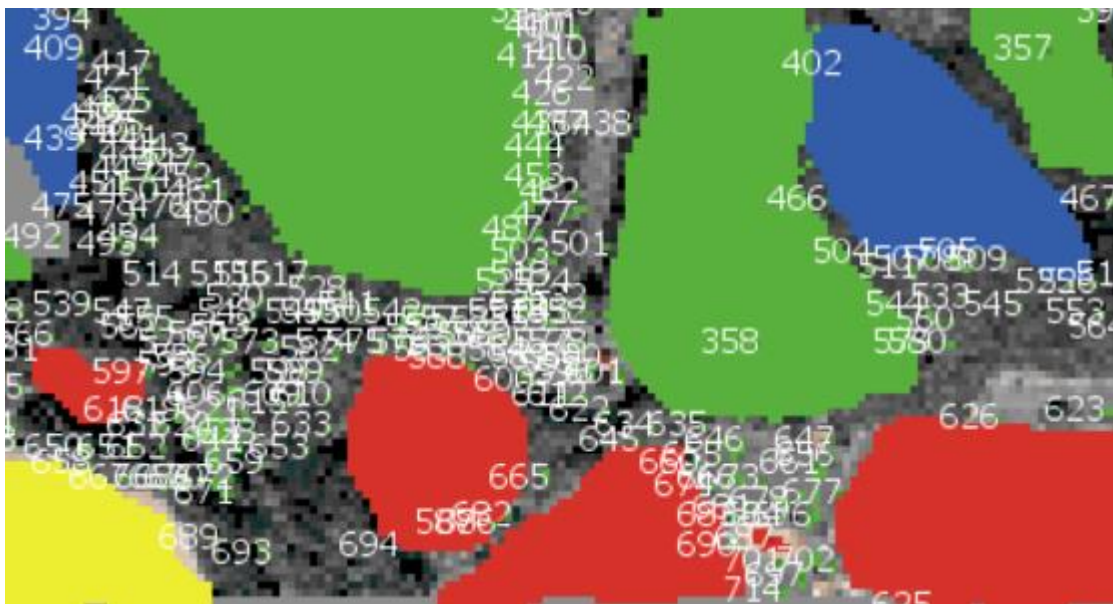
Poté byly pomocí nástroje *Artificial landscape creator* nakresleny plochy jednotlivých druhů rostlin potřebné pro výpočet a očíslované jedinečnými indexy. Toto se provádí zapnutím tlačítka *Draw patches* a výběrem barvy pole. Lze zde také nastavit velikost nakresleného pixelu (*Brush.Size*). Po zakreslení všech plošek je potřeba dát *Update map*, čímž plochy uloží do souboru *MapImageUpdate.png* (lze změnit tlačítkem *Edit*) a doplněny jsou i indexy každého pole.

### Artificial landscape creator: (requires "Update map")



Obrázek 45: Model BEESCOUT – nástroj pro kreslení krmných plošek

Při ukládání obkreslených plošek v ortofoto se může stát, že v případě, kdy není celé ortofoto pokryté nakreslenými plochami, ale nachází se zde stále prázdná místa, model může ortofoto také detekovat a vytvořit v něm miniaturní plošky s indexem, čímž značně naroste velikost výstupního souboru.



Obrázek 46: Model BEESCOUT – chyba při update mapy po zakreslení plošek

Jako řešení tohoto jevu lze zvolit překreslení nevyužitých ploch v ortofoto šedou barvou, pokud nelze ostatní plochy vyplnit, což problém vyřešilo a zůstaly pouze žádoucí nakreslené plochy.

Počet včelstev byl zvolen 10000 v *Search options*, jakožto nahlášený počet včel ve včelnici v obci Krhová. Zde lze také zvolit jakým způsobem budou včely hledat plošky s potravou (*Search Mode*), v tomto případě *known flowerpatch (recruitment)*, jak dlouho

trvá jedno vylétnutí z úlu (*TripDuration\_s*) a kolik hodin celkově může včela strávit hledáním během svého života (*ScoutingPeriod\_hrs*).

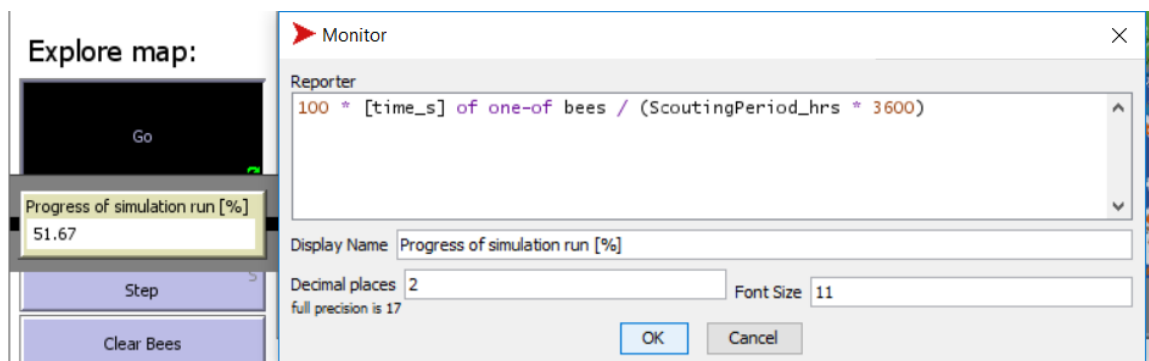
#### Search options:

BeeSpecies Honeybees	
SearchMode (requires "Setup") known flowerpatch (recruitment)	
N_Bees 10000 (requires "Clear bees")	RandSeed (0: not set) 0 (requires "Setup")
TripDuration_s 1020	ScoutingPeriod_hrs 9

Obrázek 47: Model BEESCOUT – nastavení počtu včel a trvání simulace

Alternativou pro tento počet hodin je maximální počet vylétnutí včely během jejího života (*Maxtrips*). Pokud včela dosáhne jednoho z těchto dvou limitů, zůstává v úlu a již se neučastní hledání.

Simulace končí ve chvíli kdy jednotky ticks vynásobené *Gasp*, což je reálný čas trvání jedné jednotky *ticks* (3 vteřiny) je vyšší než *ScoutingPeriods\_hrs* \* 3600. Na základě tohoto se také počítá průběh simulace v procentech. *Time\_s* je uplynulá doba hledání včely, což je zároveň uplynulý čas simulace minus 1 *tick*.



Obrázek 48: Model BEESCOUT – vzorec pro výpočet trvání simulace

Veškerá tato nastavení lze měnit přímo v prostředí narozdíl od BEEHAVE, kde se musí zasahovat do zdrojového kódu modelu.

Nakonec byla zvolena možnost ukládání výsledku do výstupního souboru v části *Analyze & Outfile*.

#### Create BEEHAVE outfile:

Analyse & Outfile

NameOutfile  
Input\_2-1\_FoodFlow5.txt

Import world Export world

MaxForagingRange\_m  
10000

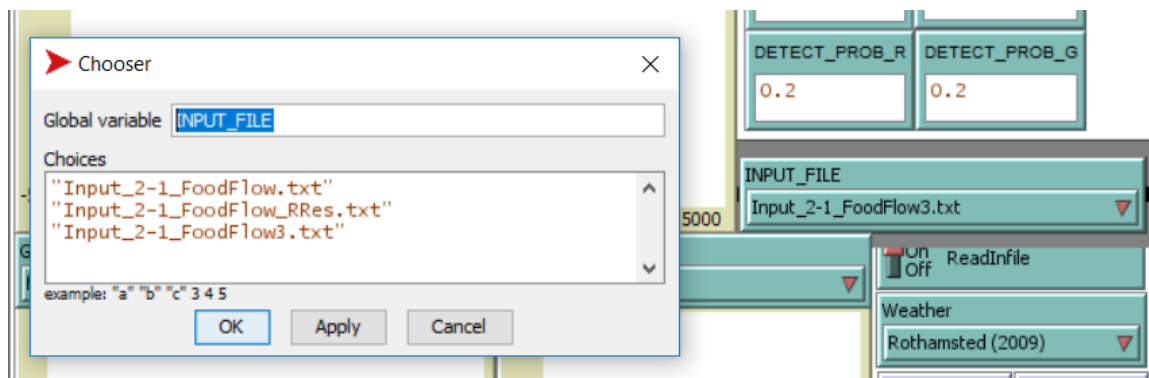
Show foraging range

Obrázek 49: Model BEESCOUT – nástroj pro vytvoření výstupního souboru

Tímto je automaticky zahájen výpočet detekovaných ploch, v případě nezvolení možnosti výstupního souboru lze výpočet zahájit tlačítkem *Run*. V průběhu výpočtu lze na mapě sledovat dráhy včel a jejich aktuální fázi detekování, stejně tak plochy, které již našly. Čím více včel je v simulaci nastaveno, tím je průběh simulace delší. Jak dlouho simulace trvá, lze sledovat přímo v modelu pomocí odpočítávání časových jednotek modelu (*ticks*), kdy každá jednotka trvá 3 vteřiny v realitě.

#### 4.4.2 Model BEEHAVE

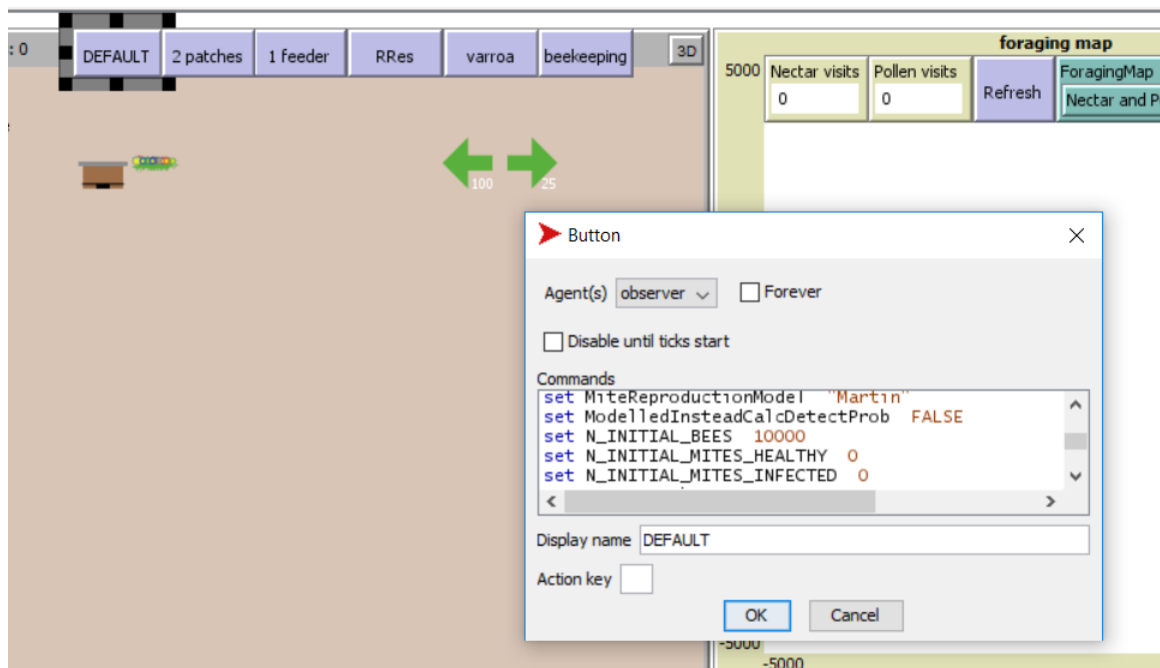
Výstupní soubor byl poté nahrán do modelu BEEHAVE pomocí nástroje *INPUT\_FILE* a zapsáním souboru do vlastností tohoto nástroje přes pravé tlačítko a možnost *Edit*, čímž se automaticky přepočítají defaultní hodnoty pro krmné plochy, zároveň je pro to nutné povolit možnost *ReadInFile*, která se nachází pod nahráním souboru.



Obrázek 50: Model BEEHAVE – import vstupního souboru

Počet včel byl nastaven stejně jako v případě modelu BEESCOUT, tedy 10 000 a to pomocí tlačítka *DEFAULT*, které se nachází nad hlavním monitorovací obrazovkou, zde je potřeba přepsat počet včel v řádku *set N\_INITIAL\_BEES*. Dále byl nastaven počet buněk v plástvi *MAX\_BROODCELLS* na 180000.





Obrázek 51: Model BEEHAVE – nastavení základních parametrů (počet včel, počet buněk v plástvi)

Tlačítkem *varroa* byl nastaven počáteční počet roztočů *Varroa destructor* na 20 a zároveň bylo tlačítkem umožněno léčení včelařem na varroózu.



Obrázek 52: Tlačítko pro nastavení léčení varroózy

Samotná simulace byla zahájena tlačítkem *Setup* a *Run*, lze také simulaci spustit tlačítkem pro konkrétní časové období, například po dobu jednoho roku. Pokud není nastaven časový limit, simulace probíhá do té doby, dokud včelstvo nevyhyne.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Intenzita zavčelení a úhyny včelstev

Intenzita zavčelení byla srovnávána s úhyny zavčelení pomocí metody bivariačního kartogramu a bylo sledováno, jak se vzájemně tyto dvě proměnné ovlivňují.

Jak lze vyčíst z legendy, růžová barva značí nízké úhyny a převažující hustotu, zelená barva vysoké úhyny a nízkou hustotu. Zvyšující se sytost barvy znamená zvyšující se hodnotu příslušné proměnné. Barvy na diagonále (bílá, modrá) značí přibližně stejný poměr hodnot obou proměnných.

Lze si tedy všimnout, že jen velmi málo oblastí vykazuje zároveň vysokou hustotu i vysoké úhyny, z čehož lze usuzovat, že tyto dva faktory se vzájemně příliš neovlivňují.

Pro ověření tohoto tvrzení byla v tabulkovém kalkulátoru Excel zjišťována korelace mezi hustotou zavčelení a úhyny za každý ročník a v územních jednotkách PSČ. Konkrétně se jednalo o výpočet korelačního koeficientu pomocí funkce *CORREL*. Výsledné hodnoty se blíží hodnotě 0 a ukazují tedy na velmi nízkou závislost mezi proměnnými.

Tabulka 6: Výřez dat o hustotě a úhynech pro výpočet závislosti

PSČ	hustota zavčelení 2015	hustota zavčelení 2016	hustota zavčelení 2017	úhyny 2017 (%)	úhyny 2015 (%)	úhyny 2016 (%)
10000	6,033482	9,413052	8,472129	<Null>	50	<Null>
10100	4,574251	4,911369	5,426047	<Null>	90,47619	<Null>
10200	6,023962	4,969799	4,485064	0	60	33,33333
10300	3,695308	2,821017	3,961795	<Null>	<Null>	<Null>
10400	4,703087	5,366941	6,533519	9,090909	<Null>	<Null>
10600	10,551903	15,225049	14,632729	<Null>	<Null>	<Null>
10700	19,654483	21,382456	21,604636	<Null>	<Null>	<Null>
10800	2,251338	2,482114	2,852443	<Null>	<Null>	<Null>
10900	5,742642	7,183017	7,061757	<Null>	60	<Null>
11000	5,611455	8,057792	10,016053	<Null>	<Null>	<Null>
11800	12,927835	19,087158	17,102242	100	50	0
11900	18,040438	17,346575	18,734301	<Null>	<Null>	<Null>
12000	5,254777	5,884635	6,622449	83,33333	<Null>	<Null>
12800	12,413373	15,703655	16,850171	<Null>	<Null>	<Null>
13000	7,01314	4,691619	6,805018	10	<Null>	0
14000	6,565973	8,178313	7,36435	0	20,83333	0
14100	8,464631	11,624934	10,12759	<Null>	10	<Null>
14200	8,888977	10,833704	13,78909	<Null>	50	<Null>

Tabulka 7: Vypočítané korelační koeficienty

Korelační koeficienty:		
2017	2016	2015
-0,04743	-0,02844	-0,0373

Intenzita zavčelení a úhyny byly analyzovány také pomocí shlukové analýzy, a i zde lze sledovat, že shluky vysoké hustoty nekorelují s vysokými úhyny. Červená barva značí vysoké hodnoty a modrá nízké.

Intenzita zavčelení: Volná příloha č. 36

Úhyny včelstev: Volná příloha č. 37

Bivariační kartogram: Příloha č. 1–2

Shluky intenzity: Příloha č. 7–9

Shluky úhynů: Příloha č. 29–31

Intenzita zavčelení a úhyny: Volná příloha č. 38

## 5.2 Snůškové zdroje

Na mapových výstupech lze vyzorovat z jakých konkrétních rostlin (řepka, slunečnice, kukuřice) včelstva získávají potravu a na jakém území probíhá snůška v měsících květen a červen, a to jak pylová, tak nektarová. Květen z toho důvodu, že v tomto měsíci probíhá první velká snůška v roce (nepočítaje menší snůšky na jaře z brzo kvetoucích rostlin). Červen, protože se jedná o vrchol sezóny a včely v tomto období shání nejvíce potravy. Což se projevuje i mapě, kde záznamů z červnové snůšky je více než z květnové. Také si lze všimnout, že u nektarové snůšky jasně vystupují nížinaté oblasti, kde se nektarové rostliny vyskytují hojněji, naopak u pylové snůšky nedochází k významnějším shlukům, záznamy o pylové snůšce lze pozorovat prakticky v každém koutu České republiky. Jehličnaté stromy místo nektaru produkují medovici, což je vedlejší produkt mšic, červců a mer, kterou včely s oblibou sbírají.

Příloha č. 15–16 a 21–22

S výskytem rostlin, které jsou zdrojem medovice, souvisí i sledování melecitózové snůšky, což je cukr (trisacharid), který včely získávají pouze z medovice. Vzniká z něj rychle tvrdnoucí med, který působí problémy jak při zpracování včelařem, tak i ohrožení pro samotné včelstvo, které tento med z melecitózy hůře zpětně získávají z buněk plástů a může jim způsobit nemalé potíže, například se zažíváním. Proto byl tento jev v mapě porovnáván jak s výskytem pokálených včelstev, tak i s výskytem vyšších úhynů. Z mapových výstupů lze tedy v některých místech pozorovat korelaci snůšky z melecitózy s oběma proměnnými. Nejvíce lze pozorovat výskyt melecitózy v oblasti severní Moravy, což by mohlo být způsobeno převahou jehličnatých lesů.

Příloha č. 12–14 a 18–20

Na mapovém výstupu se zastoupením druhů rostlin si lze všimnout, že většinu území pochopitelně zabírá řepka, kterou hojně včely využívají jako zdroj potravy. Z mapy ale jasně vystupují i oblasti, kde se hojněji pěstuje slunečnice, jedná se tedy o oblasti Jižní Moravy a oblast Polabí, včely tedy upřednostňují i tento zdroj.

Příloha č. 26–28

## 5.3 Nemoci a loupeže mezi včelstvy

Nemoci včelstev, které byly monitorovány jsou deformita křídel a nosematóza. Nosematóza, jakožto nemoc způsobující zažívací potíže, byla porovnána s výskytem pokálených včelstev. Značně limitující je v tomto výstupu malý počet hlášení nosematózy, které nepochází z dat COLOSS, ale v dobrovolného vyšetření vzorků několika málo včelařů, které provedl MVDr. Martin Kamler Kamler z Výzkumného

ústavu včelařského v Dole, s.r.o. Lze si však všimnout, že v některých místech výskyt koreluje zároveň s větším počtem pokálených včelstev.

Příloha č. 17

Pro deformitu křídel jako jednoho ze sekundárních projevů varroózy byla zvolena jako podklad intenzita zavčelení a byl tak sledován vliv vyššího počtu včelstev v oblasti na rozšíření této nemoci. S varroózou a jejími důsledky se potýká téměř každý včelař, ale svojí činností může parazity omezit zvolením vhodného způsobu léčení a doby aplikace. Ze zákona jsou také stanovené termíny pro povinné přeléčení včelstev. V mapě lze tedy pozorovat, že jen velmi málo včelařů pozorovalo větší množství včel s deformovanými křídly, můžeme tedy tvrdit, že léčení plní svůj účel.

Příloha č. 4–6

Také bylo zmapováno rozšíření loupeží mezi včelstvy jako jedna z možností šíření nemocí mezi včelstvy. K vyšším loupežím dochází hlavně v oblastech s vyšší hustotou zavčelení, z důvodu lepší možnosti včelstev se při slídění za potravou potkat s jiným včelstvem. Což se částečně projevuje i v mapě a lze v několika oblastech pozorovat vyšší výskyt loupeží s více zavčelených oblastech.

Příloha č. 10–11

## **5.4 Krajinový pokryv, LVS a nadmořská výška**

Majoritní zastoupení krajinového pokryvu, tedy převažující kategorie v každé oblasti. Příloha č. 3.

Lze si všimnout, že toto agregování na katastrální území i tak poměrně odpovídá reálnému krajinovému pokryvu v České republice. Tento mapový výstup s majoritním krajinovým pokryvem byl vytvořen pro případné srovnání včelařských proměnných jako je například hustota zavčelení a zjišťování souvislostí mezi včelařením a krajinovým pokryvem. V diplomové práci bylo použito srovnání proměnných v přehledné tabulce, a to konkrétně hustoty zavčelení pro kategorie krajinového pokryvu.

Tabulka 8: Průměrná hustota zavčelení pro kategorie krajinného pokryvu CLC12

CLC kód	Název	Průměrná hustota zavčelení
242	Zemědělské oblasti s podílem přirozené vegetace	13,30
222	Sady, chmelnice a zahradní plantáže	12,85
112	Nesouvislá sídelní zástavba	11,56
121	Průmyslové a obchodní areály	10,47
243	Směsice polí, luk a trvalých plodin	10,33
141	Městské zelené plochy	10,09
111	Souvislá sídelní zástavba	10,02
142	Sportovní a rekreační plochy	10,01
221	Vinice	9,95
211	Nezavlažovaná orná půda	9,70
122	Silniční a železniční síť s okolím	9,43
311	Listnaté lesy	9,29
313	Smíšené lesy	9,11
131	Oblasti současné těžby	8,59
231	Pastviny	8,40
132	Haldy a skládky	7,48
312	Jehličnaté lesy	7,24
324	Nízký porost v lese	5,40
411	Mokřiny a močály	4,44
321	Přírodní louky	2,46
412	Rašeliniště	2,02
322	Stepi a křoviny	1,08

Podle předpokladu jsou nejvíce zavčelenými kategoriemi zemědělské oblasti, sady a pole. Do těch více zalidněných řadíme i zástavbu, z čehož lze usuzovat, že spousta včelařů má včelnici poblíž svého bydliště. Kupodivu ale kategorie přírodní louky, která by měla velký potenciál mít vysokou hustotu zavčelení, tak má naopak nízkou, z čehož se dá usuzovat, že buď se tyto louky nachází v místech s vyšší nadmořskou výškou nebo mají nízké zastoupení v České republice.

Dále byla srovnávána hustota zavčelení a průměrná nadmořská výška. Byla tedy zjišťována závislost hustoty na nadmořské výšce, což se analýzou v diplomové práci potvrdilo. Kategorii s nižší hustotou zavčelení odpovídá vyšší průměrná výška, a naopak kategorii s vyšší hustotou vyšší nadmořská výška. Z čehož lze usuzovat, že včelám se mnohem více daří v nižších polohách hlavně z důvodu vyšší dostupnosti rostlin jakožto potravy pro včely.

Tabulka 9: Průměrná výška pro kategorie hustoty zavčelení

kategorie	nejvyšší hustota v kategorii	rozsah	průměrná nadmořská výška
1	5	1448	498,78
2	10	1183	424,29
3	20	1137	400,93
4	30	880	385,77
5	50	877	388,24
6	92	629	372,42

Obdobná analýza byla provedena i pro srovnání s lesními vegetačními stupni. V tomto případě klesá hustota zavčelení s vyšším vegetačním stupněm, což vzhledem k tomu, že tyto stupně jsou charakterizovány nadmořskou výškou, teplotou a průměrnými srážkami potvrzuje výsledek v předchozí analýze. Vyšším stupňům odpovídá vyšší nadmořská výška, vyšší srážky a nižší teplota vzduchu, což jsou charakteristiky nepříliš vhodné pro chov včel. Vypočítaná hustota pro ostatní plochu, což jsou plochy mimo lesní oblasti, je poměrně vysoká, z čehož lze usuzovat, že se tyto plochy nacházejí spíše v nižších polohách.

Tabulka 10: Průměrná hustota zavčelení pro kategorie LVS

Kategorie LVS	Průměrná hustota zavčelení
1	9,5376
2	9,1048
3	8,6815
4	8,8422
5	6,267
6	3,0282
7	1,001
8	0,7917
9	0,9525
ostatní plocha	9,1886

## 5.5 Hledání vhodných ploch pro zavčelení

Pro hledání nových vhodných ploch pro zavčelení byly zvoleny, na základě předchozích studií a konzultací se včelařem, jako vstupní faktory intenzita zavčelení, krajinný pokryv, průměrná teplota vzduchu a solární radiace. Uvažováno bylo také použití nadmořské výšky nebo lesních vegetačních stupňů, ale toto bylo nakonec nahrazeno průměrnou teplotou, dle které se dá soudit, že klesá s rostoucí nadmořskou výškou a předpokládá se, že je pro včelaření důležitější než nadmořská výška. Lesní vegetační stupně nebyly použity z toho důvodu, že se vyskytují pouze v lesních oblastech, které pro včelaření nejsou příliš využívány, proto by mohlo dojít ke zkrácení výsledku. Rozdělení faktorů do kategorií s odpovídající úrovní vhodnosti bylo vytvořeno na základě předchozích studií a po konzultaci s Mgr. Jiřím Danihlíkem, Ph.D. Nejvyšší váha byla dána krajinnému pokryvu z důvodu velkého vlivu na hledání potravy.

Nízké hodnoty značí vysokou míru vhodnosti. Lze si všimnout, že zpracování dat touto metodou s nejvyšší vahou krajinného pokryvu nabízí jako nejvhodnější oblasti pro zavčelení oblast jižní Moravy. Tak jak bylo dáno nejvyšší vahou krajinného pokryvu,

odpovídá i výsledná mapa částečně rozložení krajinného pokryvu ČR, zvláště dobře lze rozlišit nížiny a hornatiny, kterým odpovídá i daná vhodnost. Vliv dalších proměnných, které vstupovaly do výsledku, lze obtížně na první pohled rozlišit.

Příloha č. 35

Vzhledem k vysoké hustotě zavčelení prakticky na celém území ČR, a zvláště v oblastech s vhodným krajinným pokryvem, by bylo pro nalezení konkrétní vhodné oblasti pro zavčelení přínosné se zaměřit na lokální území na základě analýzy celkového území, tak jak bylo provedeno v diplomové práci.

## 5.6 Zastoupení včelařů na území České republiky

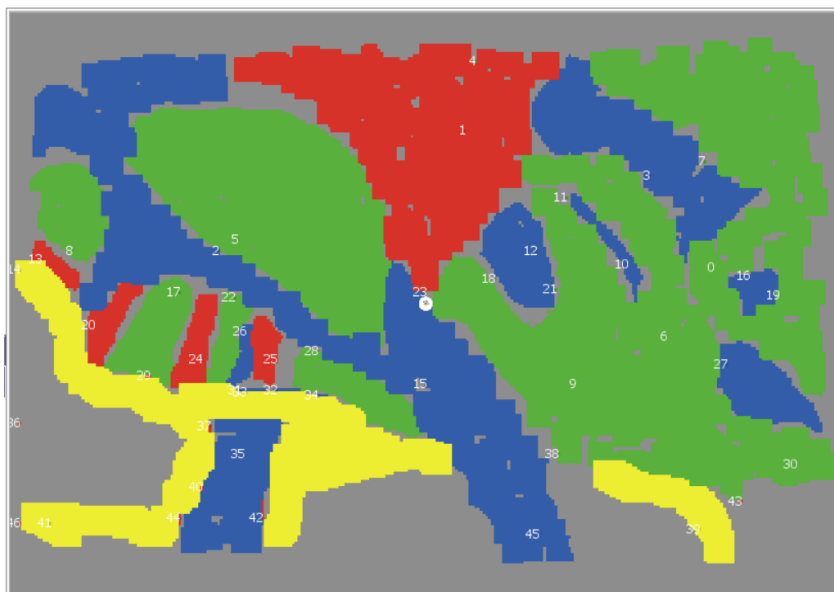
Přehledná situace včelaření na území České republiky, zahrnující počty včelařů v každém okrese a poměrové zastoupení počtů včelstev v každé okrese. Lze si všimnout že v roce 2017 bylo více včelařů na Moravě, zvláště v oblasti Šumavy, kde dochází zároveň k vyšší hustotě zavčelení. Dalším místem s vyšším výskytem včelařů i včelstev je pomezí Čech a Moravy, zvláště oblast Vysočiny. Z oblasti Čech vystupuje pouze Praha a České Budějovice.

V mapě lze také vyčíst, že převážná většina včelařů má menší počty včelstev.

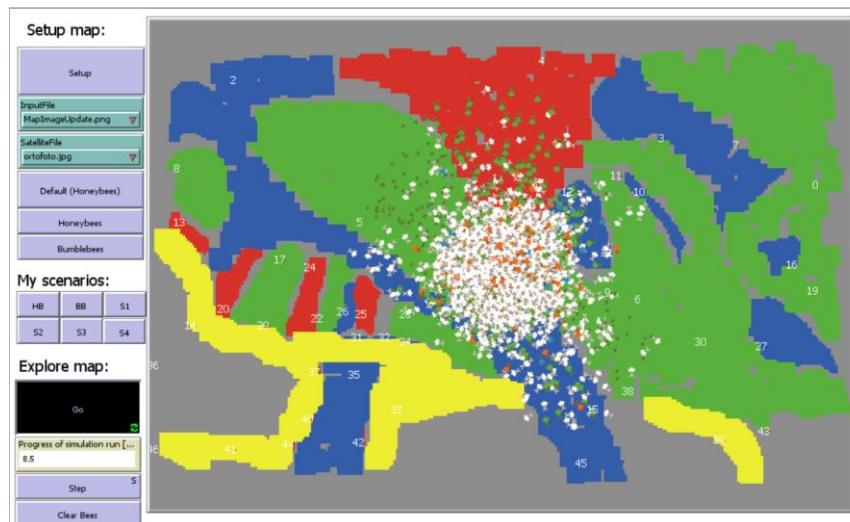
Příloha č. 32–34

## 5.7 Simulování vývoje včelstev

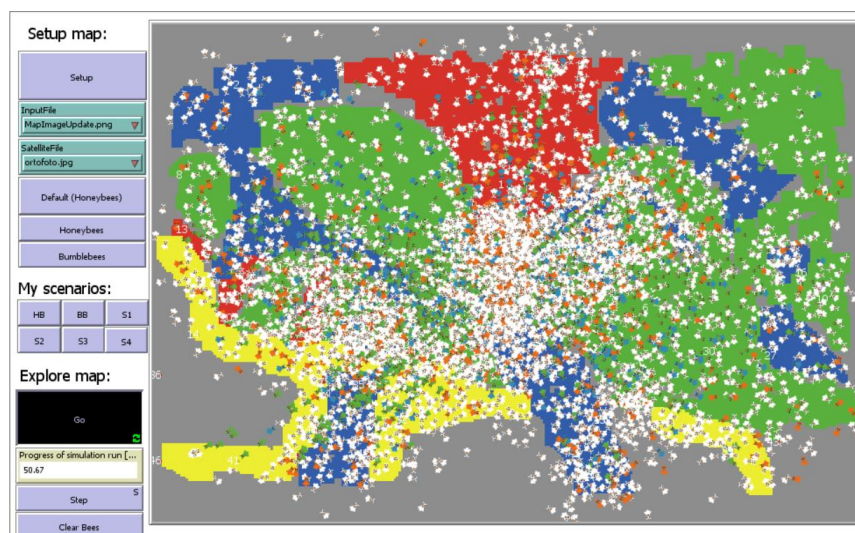
Výsledné zakreslené krmné plošky v modelu BEESCOUT, na kterých následně proběhla simulace detekování krmných zdrojů. Výstupní soubor s informacemi o detekování těchto plošek byl dále použit v modelu BEESCOUT.



Obrázek 53: Model BEESCOUT – finální zakres krmných plošek



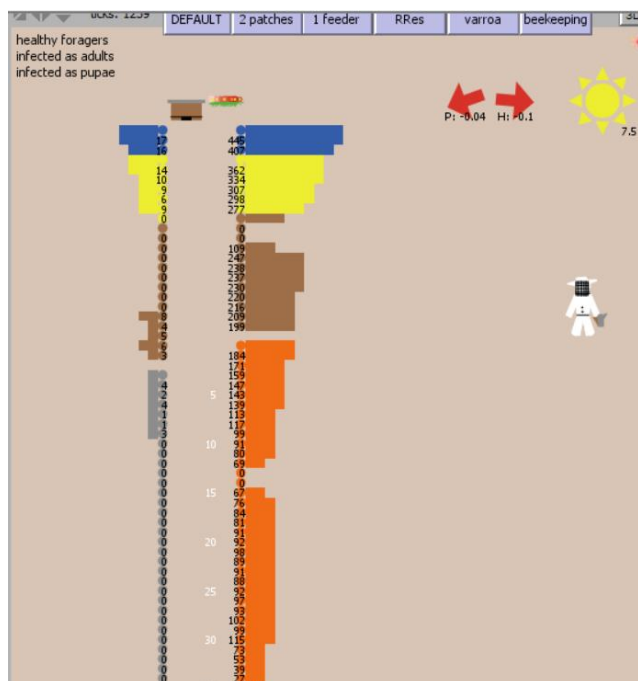
Obrázek 54: Model BEESCOUT – průběh simulace detekování (8,5 %)



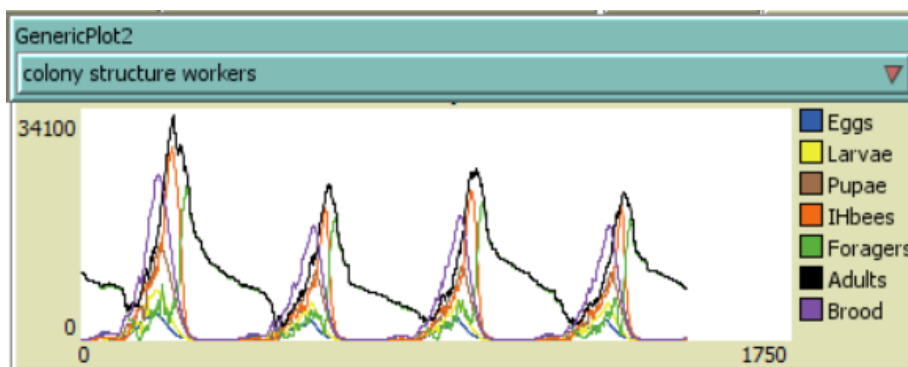
Obrázek 55: Model BEESCOUT – průběh simulace detekování (50 %)

V hlavní části simulace v modelu BEEHAVE byl sledován celkový vývoj včel na několika monitorovacích oknech a grafech. Nejdůležitější byl graf znázorňující nárůst či pokles jednotlivých vývojových fází včelstev. Na tomto grafu lze poměrně snadno vypočítat počátek snůšky včelstev, její vrchol a počátek zimy. Právě tento přelom mezi zimou a jarem je v simulaci klíčový, protože v tomto období nejčastěji skončí simulace, z důvodu špatně nastavených podmínek pro vývoj a včelstvo nepřežije zimu nejčastěji z důvodu vyhladovění (špatná simulace krmných ploch v BEESCOUT)



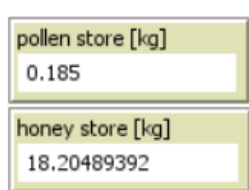


Obrázek 56: Model BEEHAVE – hlavní monitorovací okno se záznam vývoje včel

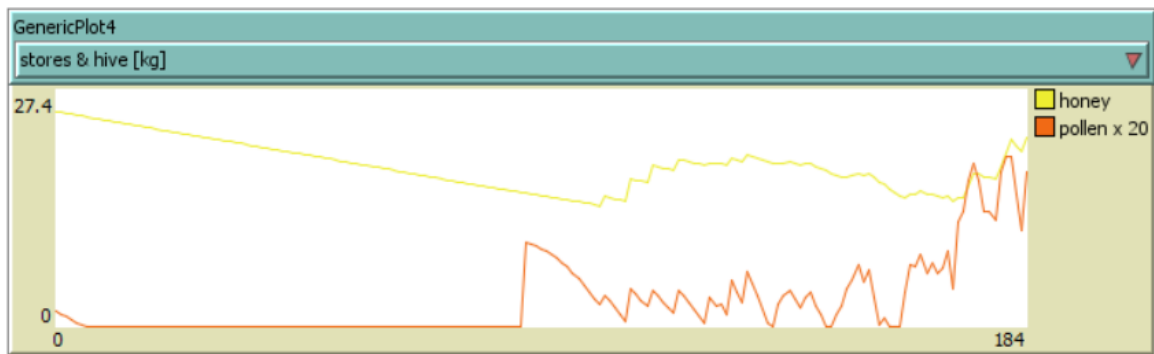


Obrázek 57: Model BEEHAVE – graf zobrazující vývoj včelstev (vývojové fáze)

Proces snůšky během roku lze také sledovat na dalších grafech, kde je ukázán aktuální stav zásoby medu, jak probíhá snůšky z pylu a nektaru. Konkrétní čísla lze sledovat v příložených oknech.

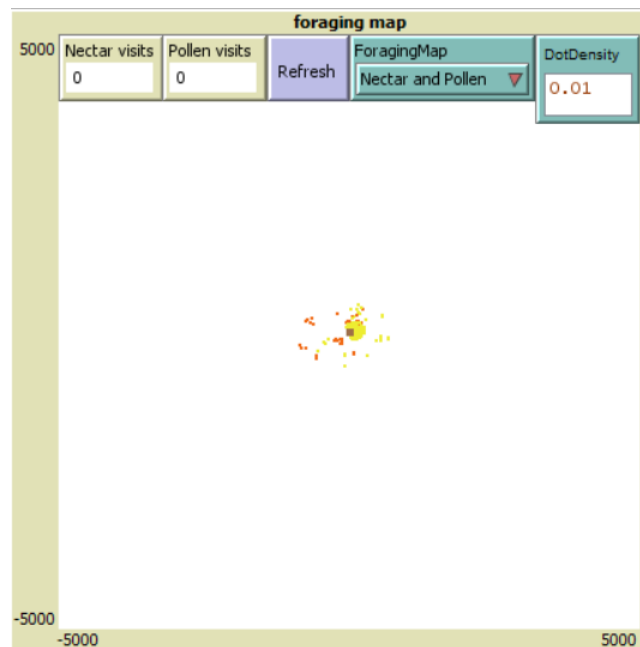


Obrázek 58: Model BEEHAVE – množství pylu a medu v úlu



Obrázek 59: Model BEEHAVE – Graf ukazující množství pylu a medu v úlu

Průběh snůšky, respektive kde konkrétně včely sbírají potravu je zobrazeno v grafu *foraging map*. Plošky, které se zde objevují by se měly nacházet ve stejných oblastech jako v modelu BEESCOUT. Zároveň jsou zde vedeny záznamy o počtu pylu a nektaru sebraného za den.



Obrázek 60: Model BEEHAVE – monitorovací okno zobrazující krmné plošky (pyl, nektar)

Do simulace bylo také před jejím spuštěním přidáno 20 parazitů *Varroa destructor* a zároveň byla povolena možnost léčení včelstev na varroózu, respektive deformitu křídel, kterou přenáší.

Při tomto nastavení však včelstvo přežívalo několik let, proto byla vyzkoušena i možnost bez léčení. V tu chvíli začíná pomalu s každou sezónou klesat počet včelstev a narůstat počty parazitů, trvá však zhruba další 3 roky, než včelstvo zcela uhynie. V tuto chvíli simulace končí.

## 6 DISKUZE

Zamyšlení nad metodou sběru dat pomocí Citizen Science přineslo tvrzení, že není stoprocentně možné kontrolovat sesbíraná data a záznamy z dotazníků. Vzhledem k tomu, že zadavatel projektu nezná všechny své respondenty a osobně, nelze si tedy u nich ověřit dostatečnou motivaci vyplňovat dotazník pečlivě a správně. Může tedy docházet k nesprávnému vyplnění dotazníku, nepochopení zadání, a tedy ke zkreslení finálních výsledků. Nabízí se tedy otázka, do jaké míry jsou data sesbíraná v rámci metody Citizen Science věrohodná a odpovídající skutečné realitě.

Hlavním problémem na počátku diplomové práce byl příliš malý počet včelařů, kteří se účastní dotazníkového šetření COLOSS oproti celkovému počtu včelařů a včelstev hlášenému Ministerstvu zemědělství ČR. Avšak ani tomto případě se nemusí jednat o opravdu reálný počet, z toho důvodu, že včelaři nenahlásí své skutečné stavy. Nicméně se jedná o přesnější údaje o počtu včelstev než z dotazníkového šetření COLOSS. Tento problém přinesl zkreslení při následné analýze, kdy v některých případech (úhyny včelstev) nešlo o data průkazná. Nelze tedy tvrdit, že v dané územní jednotce jsou vysoké úhyny. Tato neprůkaznost byla zmírněna vytvořením tzv. reprezentativnosti dat, kdy byly vybrány jen ty oblasti, kde počet včelstev dosahuje alespoň 2 % z celkového počtu z databáze Ministerstva zemědělství ČR.

Dalším problémem, který plynul z použití reprezentativnosti dat a také z malého počtu respondentů v dotazníkovém šetření, bylo u prostorových analýz, kdy pro průkaznější výsledky bylo potřeba více dat. Proto většina analýz byla tvořena z dat z Ministerstva zemědělství ČR, která pokrývají prakticky celou Českou republiku. I v tomto případě však docházelo k problémům u shlukových analýz, kde nebyly nalezeny statisticky významné vzdálenosti. Pro jejich nalezení by bylo pravděpodobně nutné provést analýzu pro detailnější územní jednotky.

Pro zpracování mapových výstupů z dat z dotazníkového šetření COLOSS byly vybrány pouze otázky, u kterých by bylo dle konzultací s odborníkem na včelaření Mgr. Jiřím Danihlíkem, Ph.D. přínosné prostorové zpracování dat. V případné budoucí práci s daty z dotazníkového šetření by mohlo být přínosné zpracování i ostatních otázek, které by mohlo přinést další užitečné výsledky a srovnání.

V průběhu dotazníkového šetření COLOSS v České republice lze pozorovat zvyšující se počet respondentů. Lze tedy předpokládat, že tento trend bude pokračovat i v dalších ročnících, proto zpracování dat z budoucích ročníků by mohlo přinést průkaznější nebo nové výsledky díky vyššímu počtu respondentů.

V případě hledání vhodných ploch pro zavčelení bylo největším úskalím rozhodnutí o vybrání datových sad, pomocí nichž budou definovány vhodné plochy pro zavčelení. Vybrání proměnných, které byly použity v diplomové práci, bylo provedeno na základě předchozích studií konzultovaných s Mgr. Jiřím Danihlíkem, Ph.D. Nicméně by jistě bylo vhodné provést detailnější studii všech proměnných, které mohou vstupovat do tohoto výpočtu a sledovat jejich vliv na vývoj včelstva. Výběr proměnných také komplikuje fakt, že pro každou oblast, na které se včelaři, jsou důležité jiné podmínky. Tedy, že oblast v Asii bude mít jiné podmínky pro chov včel než oblast v Americe či v České republice. Proto by bylo vhodné zkoumat proměnné, které by mohly mít vliv na výpočet vhodnosti, na konkrétním území. Také by mohlo být vhodné otestovat různé rozložení vah jednotlivých proměnných a jejich vliv na výsledek.

V případě simulace prováděné modelem BEESCOUT bylo největším úskalím nalezení odpovídajících charakteristik jednotlivých rostlin, jako je doba kvetení a obsah pylu

a nektaru. Většina těchto informací je velmi obtížně dohledatelná, zvláště pokud jsou potřeba konkrétní čísla množství pylu a nektaru a často dochází u různých zdrojů k rozcházení informací. Původním záměrem bylo použití Atlasu fenologických poměrů jako zdroj informace o době kvetení rostlin, ale vzhledem k velmi nízké uváděné době kvetení u rostlin, které byly nahlášené včelařem ve sledovaném území nebo kvůli nenalezení požadovaných rostlin, bylo od tohoto zdroje upuštěno. Vhodnějším zdrojem informací o době kvetení, která je již trochu obecnější a uváděná pouze v měsících, a informacím o obsahu pylu a nektaru (alespoň teoreticky) byla nakonec zvolena publikace Včelařské dřeviny a byliny od Oldřicha Haragsima (2013). Hlavním účelem simulace v diplomové práci bylo demonstrovat funkčnost modelu, možnosti jeho modifikací a otestovat model nad českými daty. Pro skutečně reálnou simulaci by bylo potřeba dlouhodobého terénního průzkumu v konkrétní oblasti, pro zjištění všech potřebných informací o rostlinách v okolí, klimatických podmínkách a detailního chování konkrétního včelstva.

Vytvořené mapové výstupy by bylo vhodné hlouběji interpretovat a hledat další souvislosti. Pro hlubší analýzu výstupů je ale potřeba mnohem více včelařských znalostí a zkušeností, které by ovšem mohla nabídnout včelařská komunita po zveřejnění všech výsledků práce. Dosud byla od včelařů velmi dobrá zpětná vazba. Také se do budoucna předpokládá mezinárodní srovnání výsledků z dotazníkového šetření COLOSS.

## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na zpracování dat z monitorování zimování včelstev, sledování vývoje včelstev a jeho ovlivňování různými faktory. Dostupná data byla analyzována a byly vytvořeny mapové výstupy přehledně zobrazující výsledky studie.

Celkový výsledek byl doplněn simulačním modelováním vývoje konkrétního včelstva pomocí dostupných modelů BEEHAVE a BEESCOUT.

Práce začala přípravou dat z dotazníků a následný import do software ArcGIS Desktop, kde probíhalo samotné zpracování dat, tvorba mapových výstupů a prostorových analýz. V této fázi byl zjištěn hlavní problém dat z dotazníkového šetření, a to ten, že na dotazníky odpovídá malé množství včelařů z celkového počtu včelařů, jehož záznamy vede Ministerstvo zemědělství ČR. Z toho důvodu musely být vybrány jen oblasti, které vykazovaly reprezentativnost a ty byly dále používány pro analýzy.

Pro mapové výstupy byly vybrány jen některé otázky, kterými se zabývá dotazníkové šetření asociace COLOSS, a to po konzultaci s jejím koordinátorem pro Českou republiku Mgr. Jiřím Danihlíkem, Ph.D. Byly zvoleny takové otázky, u kterých se předpokládalo, že prostorové zpracování přinese užitečné výsledky. Kromě zpracování dat z dotazníků do map, byla tato data dále analyzována dostupnými metodami a vytvářeny výsledky rozšiřující zvolenou problematiku.

Simulování vývoje včelstva bylo prováděno v oblasti s konkrétní včelnicí, avšak jednalo se spíše o teoretické zpracování. Pro co nejvíce realistickou simulaci by bylo potřeba znát mnohem více detailních údajů pro vývoj včelstva, které jsou však obtížně dohledatelné, případně se zdroje v obsahu informace rozcházejí. Proto byla na simulaci spíše demonstrována samotná funkčnost a rozsah možností modelu.

Výsledky by mohly sloužit včelařům pro přehled včelaření v České republice, případně včelařským asociacím a vědcům zabývajícím se včelařením pro nalezení souvislostí mezi sledovanými proměnnými. Již v průběhu práce byly některé výsledky publikovány ve včelařských časopisech Moderní včelař a Včelařství (volná příloha č. 39-42) a prezentovány na konferenci pro včelaře v listopadu 2017. Ohlasy včelařů na tuto metodu zpracování dat o včelaření byly velice dobré a následně přínosné i pro českou odnož COLOSS, jejíž koordinátor pozoroval velký nárůst zájmu o činnost asociace. Lze tedy do budoucna předpokládat i zvyšující se množství dat sbíraných pomocí dotazníkového šetření.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ABOU-SHAARA, F. HOSSAM. [online]. 2013 [cit. 2018-05-08]. Wintering Map for Honey Bee Colonies in El-Behera Governorate, Egypt by using Geographical Information System (GIS). Dostupné z WWW: <<https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/93673/83098>>.

ADGABA, Nuru. [online]. 2017 [cit. 2018-05-08]. Determining spatio-temporal distribution of bee forage species of Al-Baha region based on ground inventorying supported with GIS applications and Remote Sensed Satellite Image analysis. Dostupné z WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X17300098>>.

AGProfessional.com. [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Bee population rising around the world. Dostupné z WWW: <<https://www.agprofessional.com/article/bee-population-rising-around-world>>.

ArcČR 500. [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Geografická databáze ArcČR 500 ze spolupráce ARCDATA PRAHA, s.r.o., Zeměměřického úřadu a Českého statistického úřadu. Dostupná z WWW: <<https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>>.

BEEHAVE-model.net. [online]. 2016 [cit. 2018-05-08]. Webový portál s modely BEEHAVE A BEESCOUT. Dostupné z WWW: <[beehave-model.net](http://beehave-model.net)>.

BEYER, L. Hawthorne. [online]. 2001–2014 [cit. 2018-05-08]. Extenze pro ArcGIS Desktop – Geospatial Modelling Environment. Dostupné z WWW: <<http://www.spatial ecology.com/gme/gmedownload.htm>>.

BRODSCHNEIDER, Robert. [online]. 2016 [cit. 2018-05-08]. Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey. Dostupné z WWW: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2016.1260240>>.

BROWN, Philip. [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Winter 2016 honey bee colony losses in New Zealand. Dostupné z WWW: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2018.1430980>>.

BUDGE, E. Giles. [online]. 2015 [cit. 2018-05-08]. Pathogens as Predictors of Honey Bee Colony Strength in England and Wales. Dostupné z WWW: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0133228>>.

COLOSS.org. [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Webový portál asociace COLOSS. Dostupné z WWW: <<http://www.coloss.org>>.

COLOSSCZ.webnode.cz. [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Webový portál české odnože asociace COLOSS. Dostupné z WWW: <<http://colosscz.webnode.cz/>>.

CONRAD, Ross. [online]. 2017 [cit. 2018-05-08]. Neonicotinoid Pesticides: A Major Problem For Bees, Part IV. Dostupné z WWW: <<http://www.beeculture.com/neonicotinoid-pesticides-major-problem-bees-part-iv/>>.

Copernicus Land Monitoring Service. [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Databáze krajinného pokryvu Corine Land Cover 2012 z projektu Copernicus. Dostupné z WWW: <<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012?tab=mapview>>.

CURTIS, Vickie. [online]. 2014 [cit. 2018-05-08]. Online citizen science projects: an exploration of motivation, contribution and participation. Dostupné z WWW: <<https://oro.open.ac.uk/42239/1/Vickie%20Curtis%20PhD%20Thesis%20Oct%202014.pdf>>.

FICK, E. Stephen, HIJMANS, J. Robert. [online] 2017 [cit. 2018-05-08]. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology. Dostupné z WWW: <<http://worldclim.org/version2>>.

GORČÍKOVÁ, Kateřina. [online]. 2012 [cit. 2018-05-08]. Studijní materiály Masarykovy univerzity v Brně – legenda Corine Land Cover 2012. Dostupné z WWW: <[https://is.muni.cz/el/1441/jaro2012/Ze0014/um/Priklady\\_legendy.pdf](https://is.muni.cz/el/1441/jaro2012/Ze0014/um/Priklady_legendy.pdf)>.

HARAGSIM, Oldřich, HARAGSIMOVÁ, Ludmila. Včelařské dřeviny a byliny. 2. upravené vydání. Praha: Grada, 2013. 200 s. ISBN 978-80-247-4647-0.

HOPFIELD, J. John. [online]. 1982 [cit. 2018-05-08]. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. Dostupné z WWW: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC346238/pdf/pnas00447-0135.pdf>>.

iVčelařství.cz. [online]. 2018 [cit. 2018-05-08]. Nemoci a choroby včel. Dostupné z WWW: <<https://www.ivcelarstvi.cz/nemoci-a-choroby-vcel/>>.

JAY, Caroline. [online]. 2016 [cit. 2018-05-08]. To Sign Up, or not to Sign Up? Maximizing Citizen Science Contribution Rates through Optional Registration. Dostupné z WWW: <[https://www.researchgate.net/publication/291356235\\_To\\_Sign\\_Up\\_or\\_not\\_to\\_Sign\\_Up\\_Maximizing\\_Citizen\\_Science\\_Contribution\\_Rates\\_through\\_Optional\\_Registration](https://www.researchgate.net/publication/291356235_To_Sign_Up_or_not_to_Sign_Up_Maximizing_Citizen_Science_Contribution_Rates_through_Optional_Registration)>.

KULHANEK, Kelly. [online]. 2017 [cit. 2018-05-08]. A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA. Dostupné z WWW: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2017.1344496>>.

PETTIS, S. Jeffery. [online]. 2013 [cit. 2018-05-08]. Crop Pollination Exposes Honey Bees to Pesticides Which Alters Their Susceptibility to the Gut Pathogen *Nosema ceranae*. Dostupné z WWW: <<http://journals.plos.org/plosone/%0Barticle?id=10.1371/journal.pone.0070182>>.





## **PŘÍLOHY**

# SEZNAM PŘÍLOH

## Vázané přílohy:

- Příloha 1: Hustota zavčelení a úhyny včelstev (bivariační kartogram) 2016–2017
- Příloha 2: Hustota zavčelení a úhyny včelstev (bivariační kartogram) 2015–2016
- Příloha 3: Majoritní zastoupení krajinného pokryvu
- Příloha 4: Deformita křídel 2014–2015
- Příloha 5: Deformita křídel 2015–2016
- Příloha 6: Deformita křídel 2016–2017
- Příloha 7: Shluky intenzity zavčelení 2014–2015
- Příloha 8: Shluky intenzity zavčelení 2015–2016
- Příloha 9: Shluky intenzity zavčelení 2016–2017
- Příloha 10: Loupeže mezi včelstvy 2015–2016
- Příloha 11: Loupeže mezi včelstvy 2016–2017
- Příloha 12: Výskyt melecitózové snůšky a ztráty 2014–2015
- Příloha 13: Výskyt melecitózové snůšky a ztráty 2015–2016
- Příloha 14: Výskyt melecitózové snůšky a ztráty 2016–2017
- Příloha 15: Poslední nektarová snůška 2015–2016
- Příloha 16: Poslední nektarová snůška 2016–2017
- Příloha 17: Výskyt nosematózy a pokálená 2016–2017
- Příloha 18: Výskyt melecitózové snůšky a pokálená 2014–2015
- Příloha 19: Výskyt melecitózové snůšky a pokálená 2015–2016
- Příloha 20: Výskyt melecitózové snůšky a pokálená 2016–2017
- Příloha 21: Poslední pylová snůška 2016–2017
- Příloha 22: Poslední pylová a nektarová snůška 2016–2017
- Příloha 23: Reprezentativnost 15
- Příloha 24: Reprezentativnost 16
- Příloha 25: Reprezentativnost 17
- Příloha 26: Významná snůška z rostlin 2014–2015
- Příloha 27: Významná snůška z rostlin 2015–2016
- Příloha 28: Významná snůška z rostlin 2016–2017
- Příloha 29: Shluky úhynů včelstev 2014–2015
- Příloha 30 Shluky úhynů včelstev 2015–2016
- Příloha 31 Shluky úhynů včelstev 2016–2017
- Příloha 32: Včelaři 2014–2015
- Příloha 33: Včelaři 2015–2016
- Příloha 34: Včelaři 2016–2017
- Příloha 35: Vhodné plochy pro včelaření

## **Volné přílohy**

- Příloha 36: Mapa intenzity zavčelení 2015–2017
- Příloha 37: Mapa úhynů včelstev 2015–2017
- Příloha 38: Mapa intenzity a úhynů včelstev 2015–2017
- Příloha 39: Článek v časopise Moderní včelař 7/2017
- Příloha 40: Článek v časopise Moderní včelař 12/2017
- Příloha 41: Článek v časopise Moderní včelař 3/2018
- Příloha 42: Článek v časopise Včelařství 4/2018
- Příloha 43: Poster
- Příloha 44: DVD

## **Popis struktury DVD**

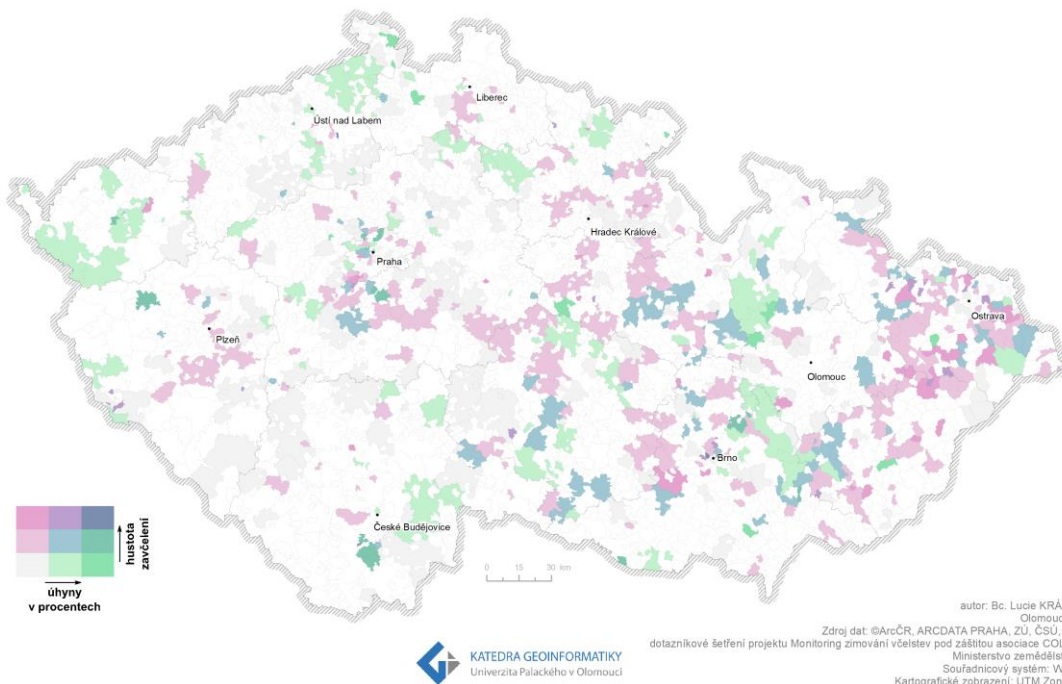
Adresáře:

- Metadata
- Text\_Prace
- Mapove\_vystupy
- WEB

.....

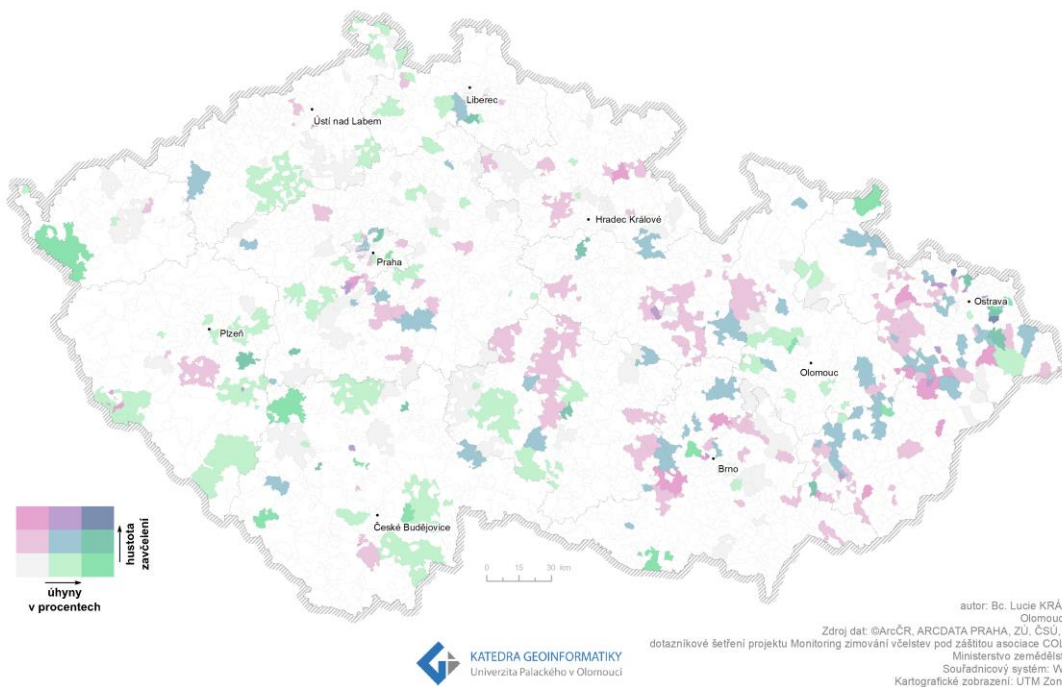
Veškerá použitá data z dotazníkového měření asociace COLOSS a z Ministerstva zemědělství ČR byla poskytnuta pro účely zpracování magisterské práce. Jejich další využití je možné jen se souhlasem vlastníka těchto dat.

## HUSTOTA ZAVČELENÍ A ÚHYNY VČELSTEV v České republice v letech 2016–2017



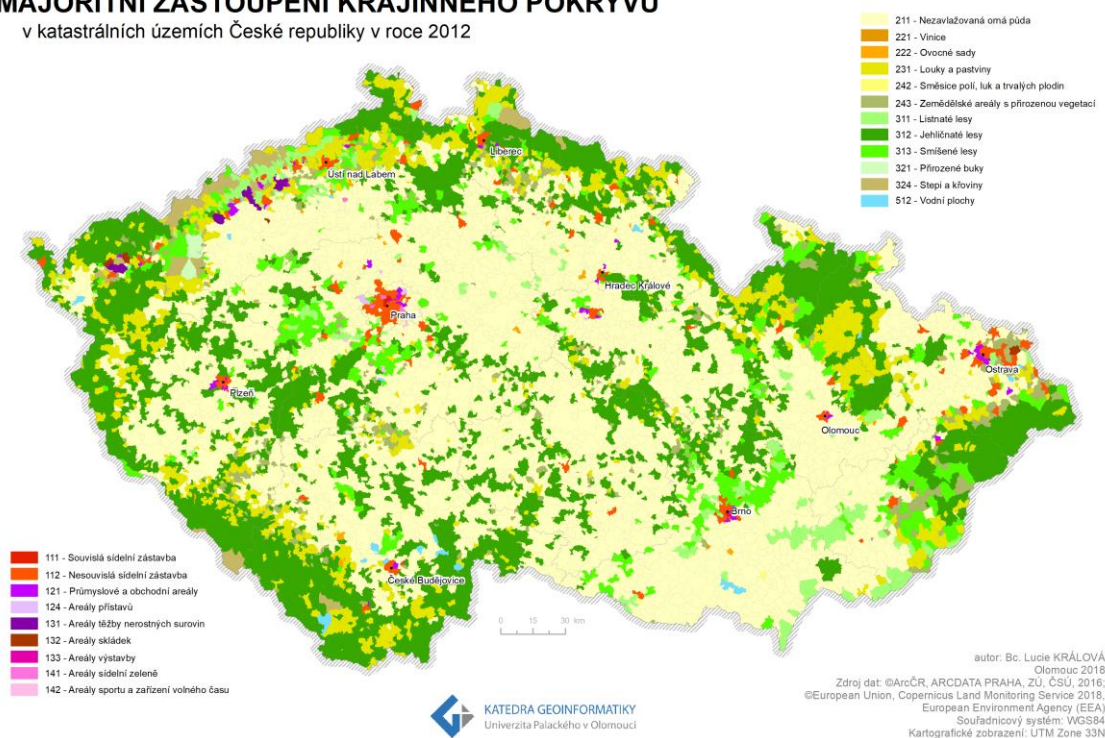
### Příloha 1: Hustota zavčelení a úhyny včelstev (bivariační kartogram) 2016–2017

## HUSTOTA ZAVČELENÍ A ÚHYNY VČELSTEV v České republice v letech 2014–2015



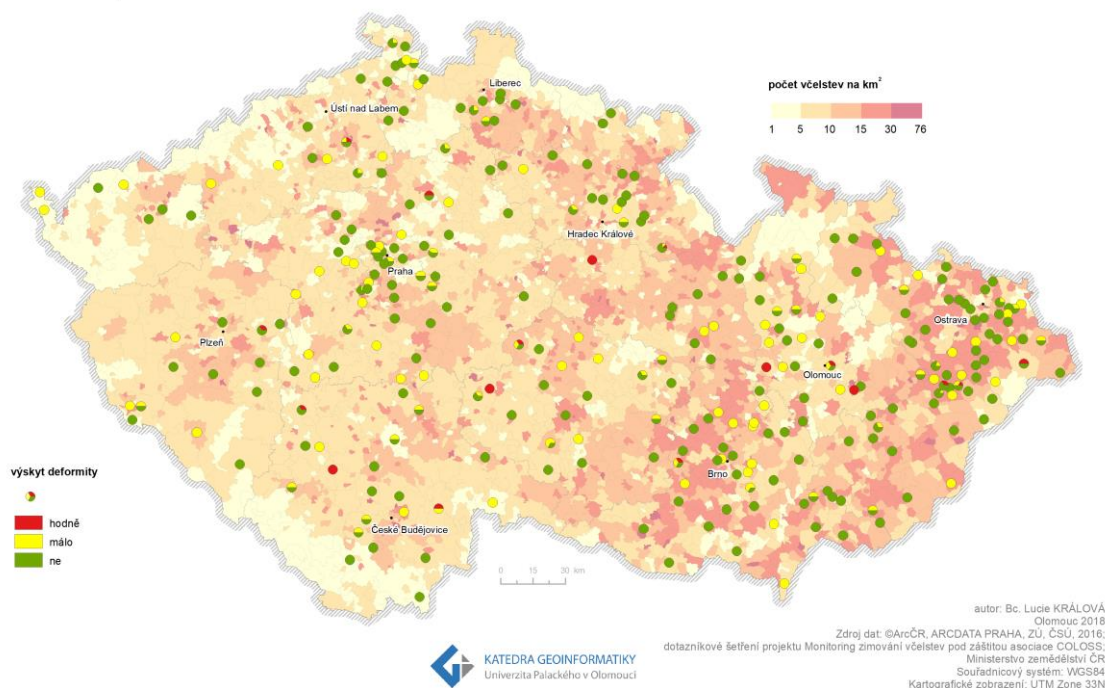
### Příloha 2: Hustota zavčelení a úhyny včelstev (bivariační kartogram) 2015–2016

## MAJORITNÍ ZASTOUPENÍ KRAJINNÉHO POKRYVU v katastrálních územích České republiky v roce 2012



### Příloha 3: Majoritní zastoupení krajinného pokryvu

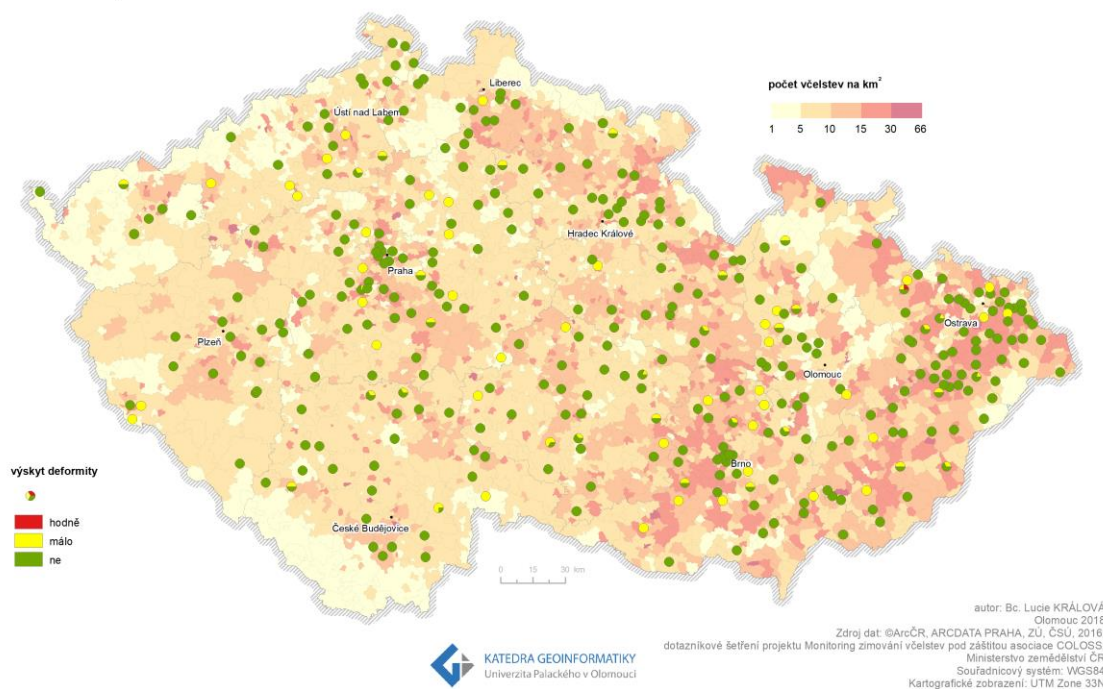
## DEFORMITA KŘÍDEL A HUSTOTA ZAVČELENÍ v České republice v letech 2014–2015



### Příloha 4: Deformita křídel 2014–2015

## DEFORMITA KŘÍDEL A HUSTOTA ZAVČELENÍ

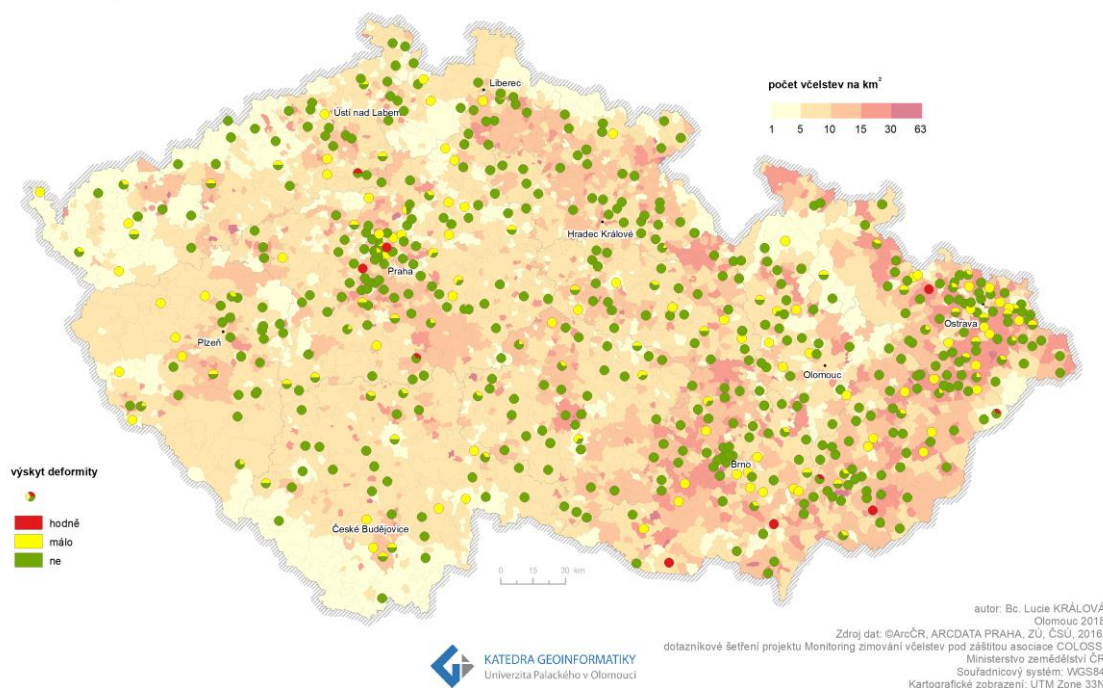
v České republice v letech 2015–2016



### Příloha 5: Deformita křídel 2015–2016

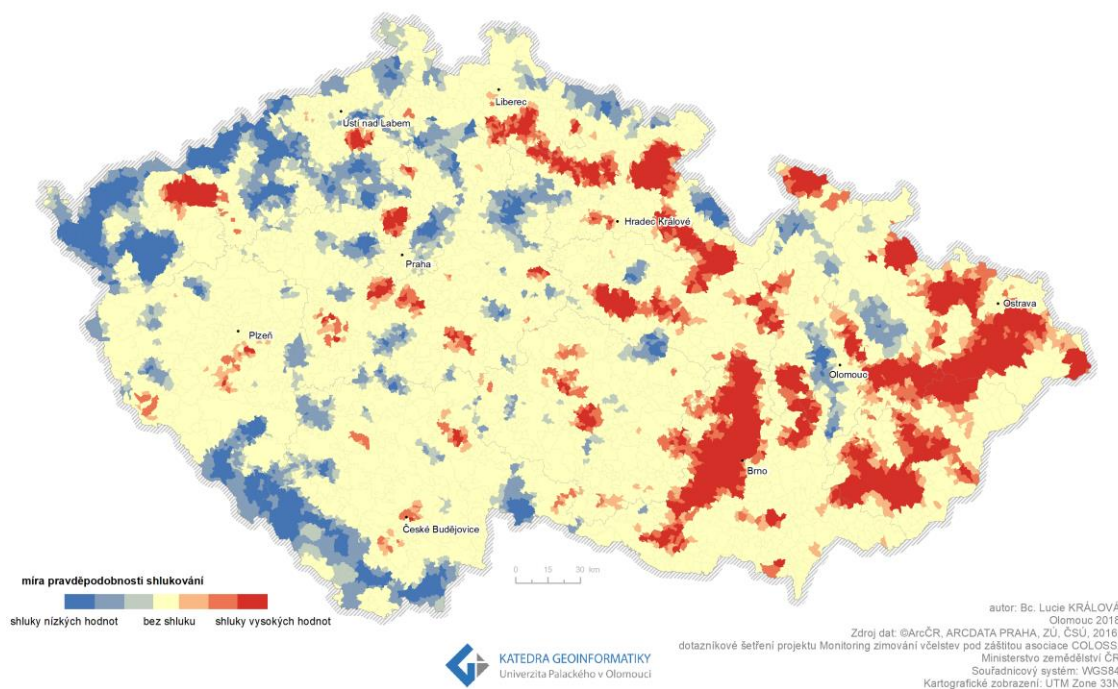
## DEFORMITA KŘÍDEL A HUSTOTA ZAVČELENÍ

v České republice v letech 2016–2017



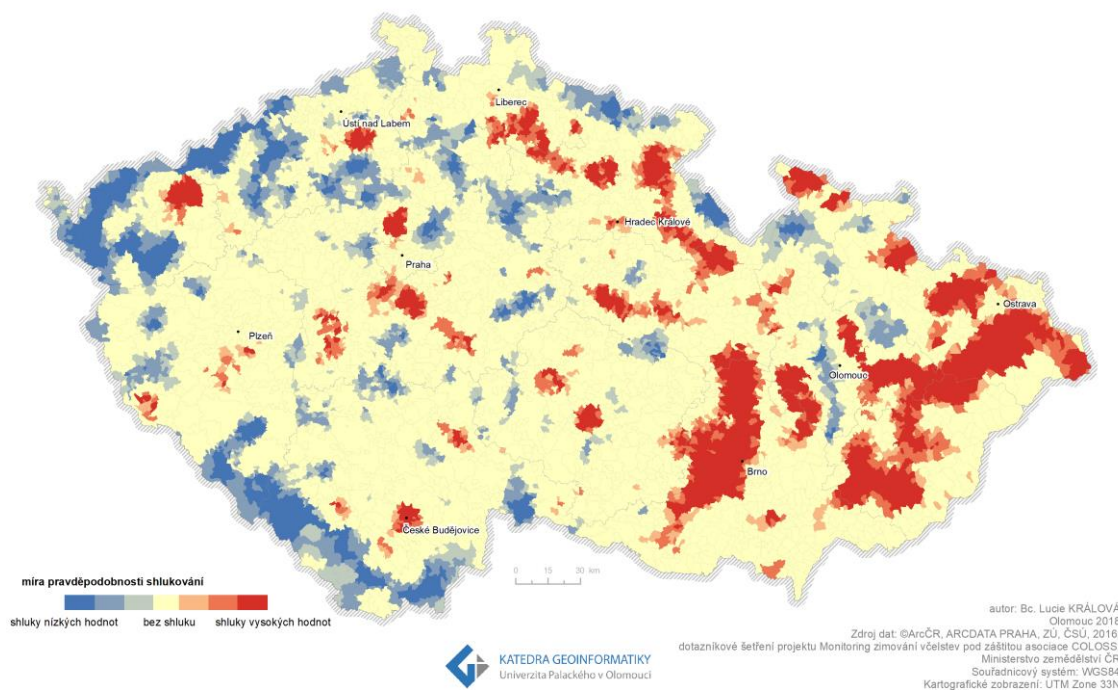
### Příloha 6: Deformita křídel 2016–2017

## SHLUKY INTENZITY ZAVČELENÍ v České republice v letech 2014–2015



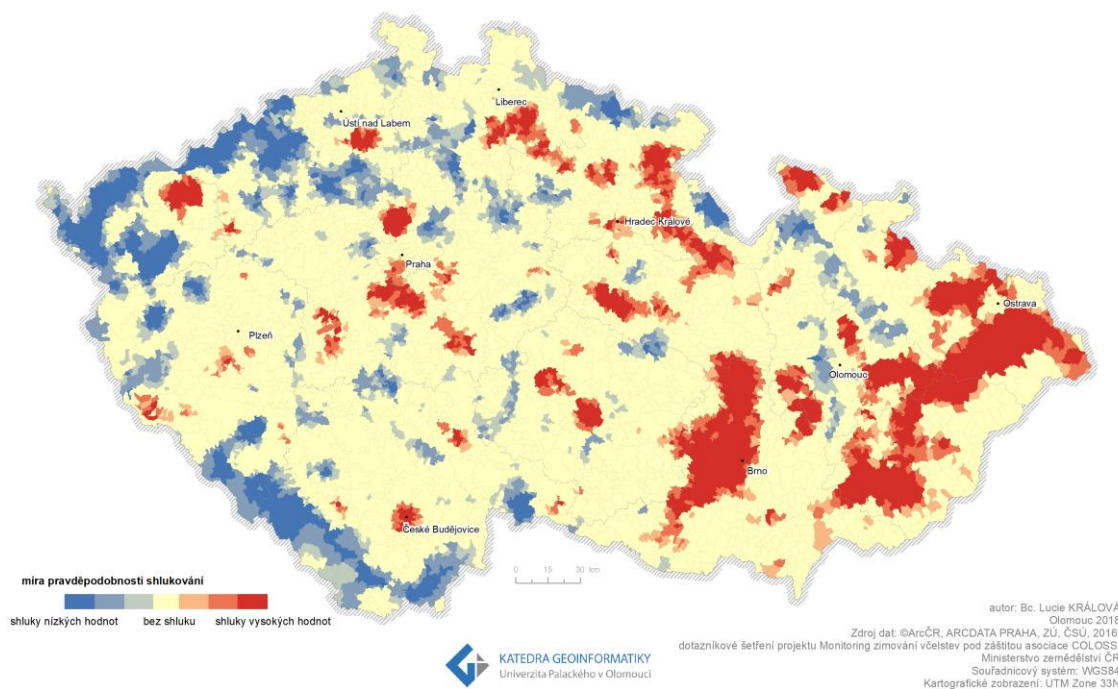
### Příloha 7: Shluky intenzity zavčelení 2014–2015

## SHLUKY INTENZITY ZAVČELENÍ v České republice v letech 2015–2016



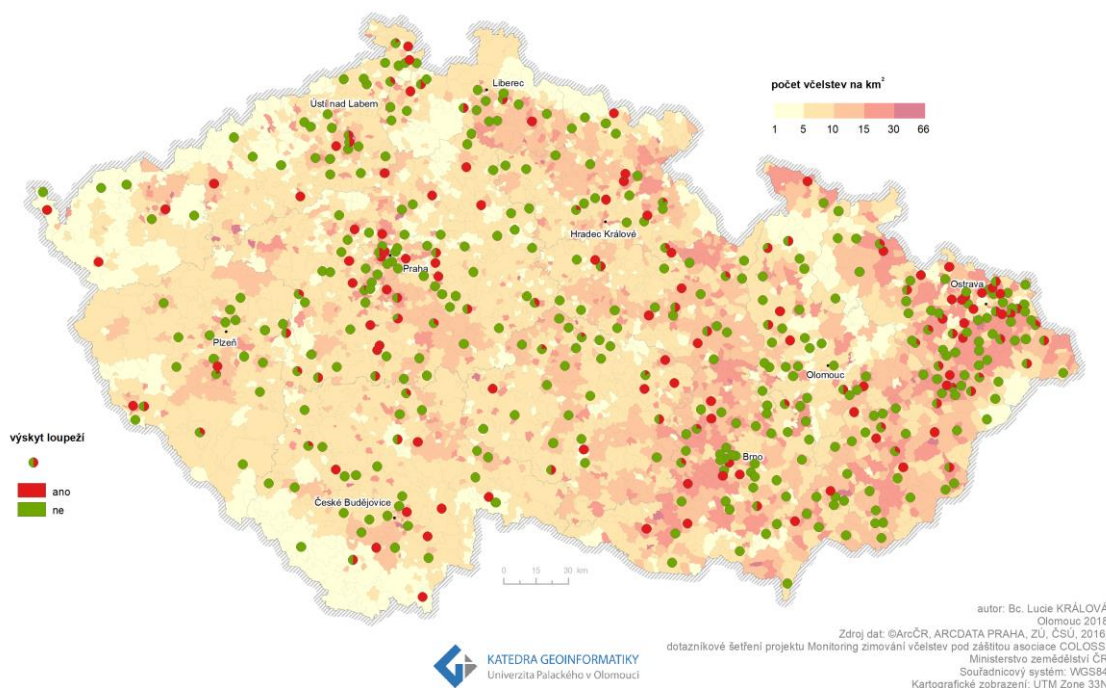
### Příloha 8: Shluky intenzity zavčelení 2015–2016

## SHLUKY INTENZITY ZAVČELENÍ v České republice v letech 2016–2017



### Příloha 9: Shluky intenzity zavčelení 2016–2017

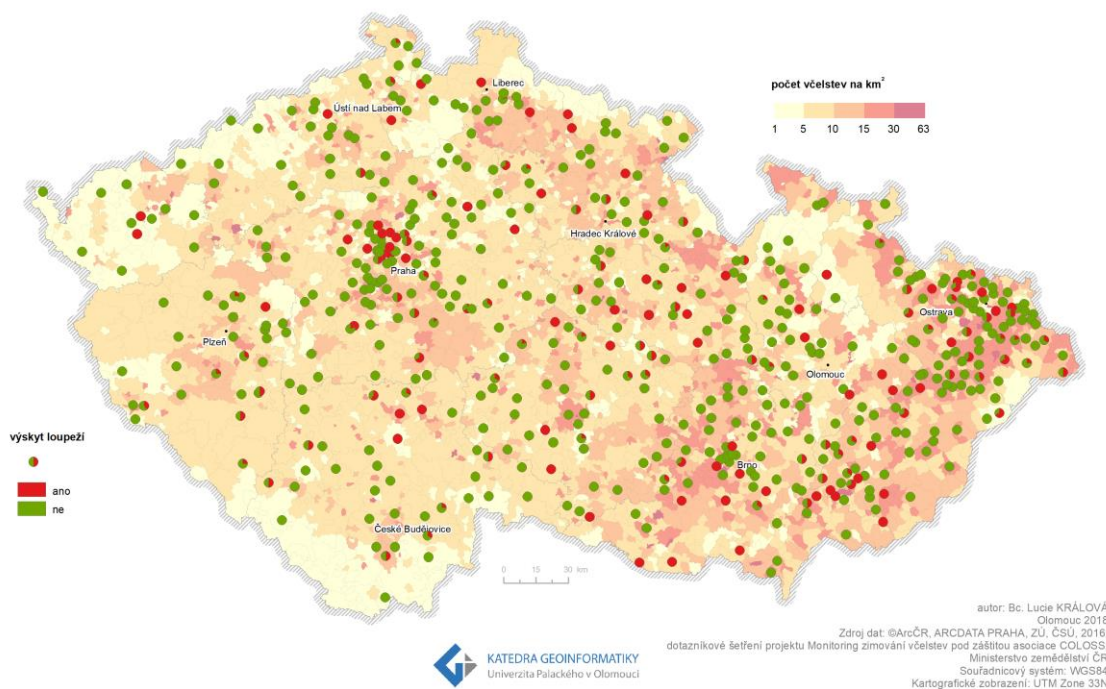
## LOUPEŽE MEZI VČELSTVY A HUSTOTA ZAVČELENÍ v České republice v letech 2015–2016



### Příloha 10: Loupeže mezi včelstvy 2015–2016

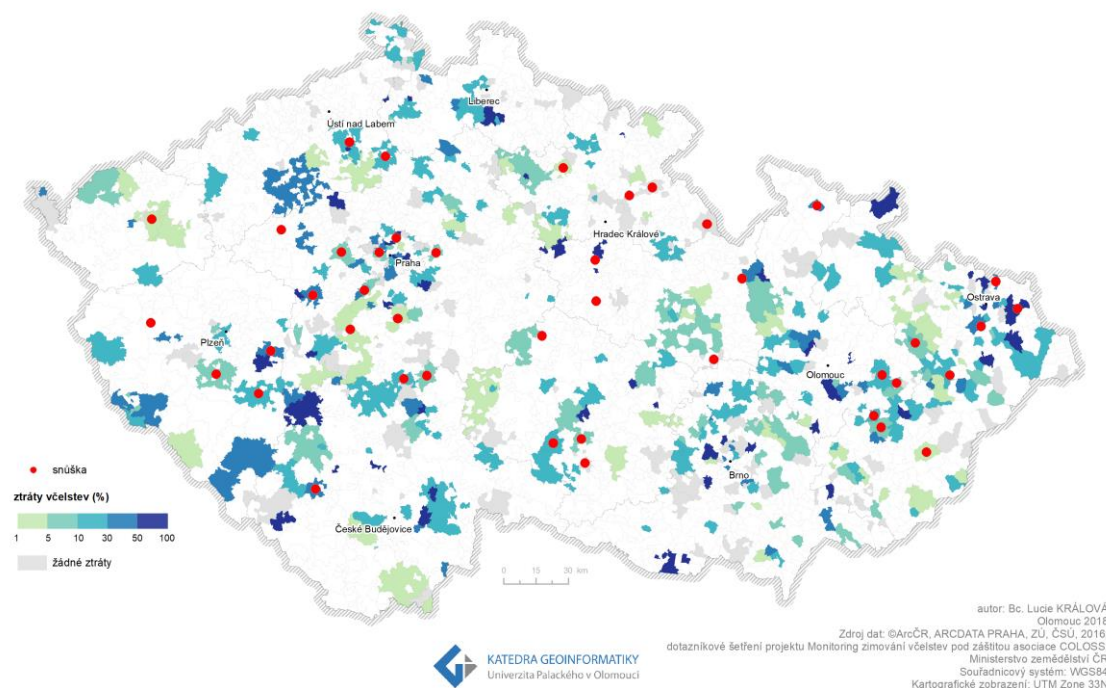


## LOUPEŽE MEZI VČELSTVY A HUSTOTA ZAVČELENI v České republice v letech 2016–2017



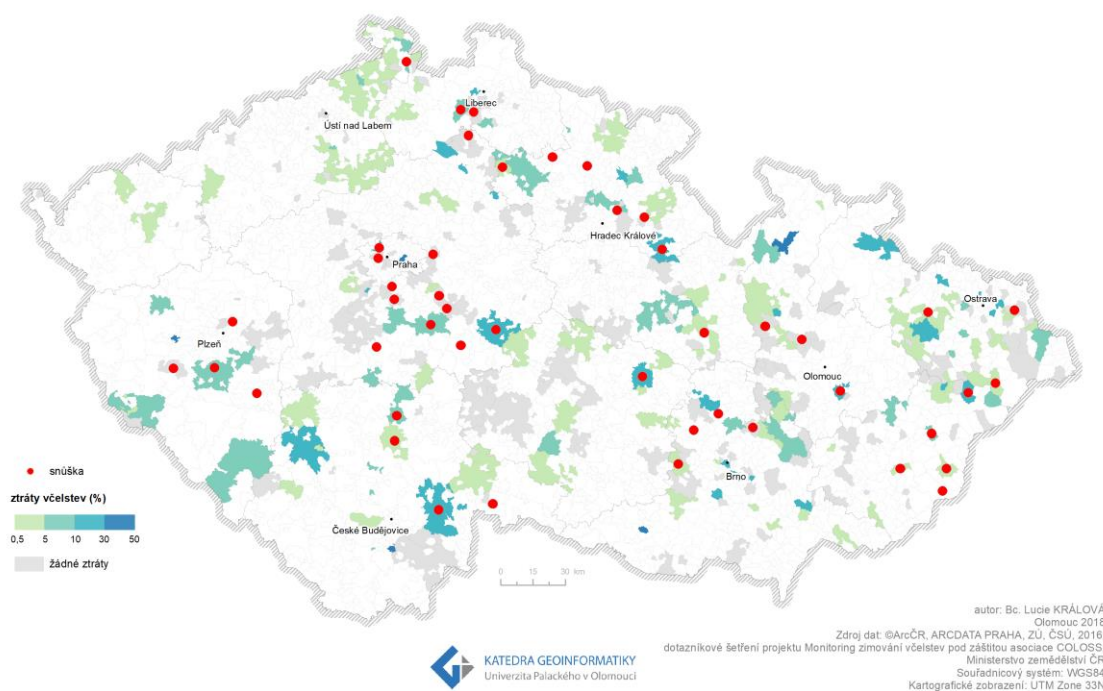
### Příloha 11: Loupeže mezi včelstvy 2016–2017

## VÝSKYT MELECITOSOVÉ SNŮŠKY A ZTRÁTY ZAZIMOVANÝCH VČELSTEV v České republice v letech 2014–2015



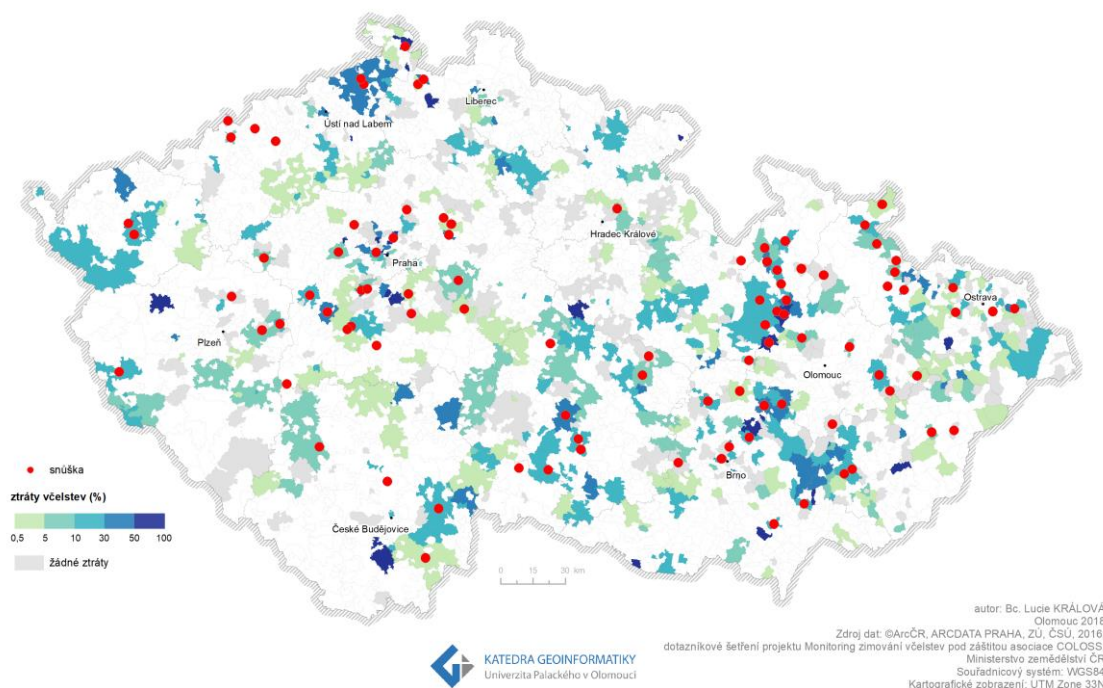
### Příloha 12: Výskyt melecitózové snůšky a ztráty 2014–2015

## VÝSKYT MELECITOSOVÉ SNŮŠKY A ZTRÁTY ZAZIMOVANÝCH VČELSTEV v České republice v letech 2015–2016



### Příloha 13: Výskyt melecitózové snůšky a ztráty 2015–2016

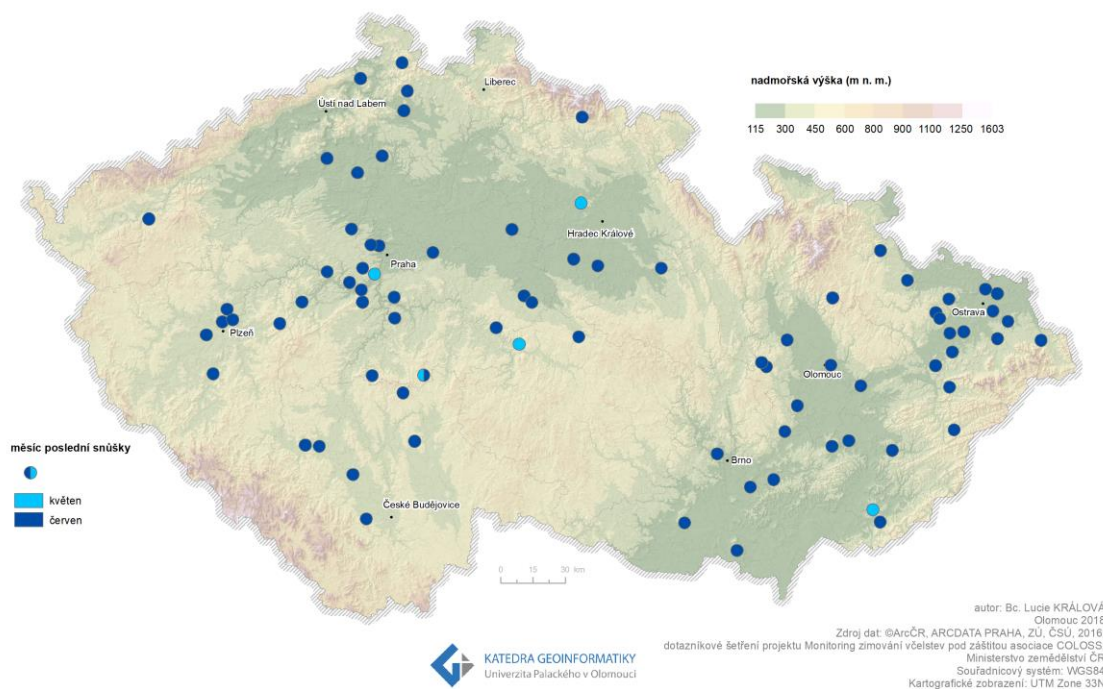
## VÝSKYT MELECITOSOVÉ SNŮŠKY A ZTRÁTY ZAZIMOVANÝCH VČELSTEV v České republice v letech 2016–2017



### Příloha 14: Výskyt melecitózové snůšky a ztráty 2016–2017

## POSLEDNÍ NEKTAROVÁ SNŮŠKA

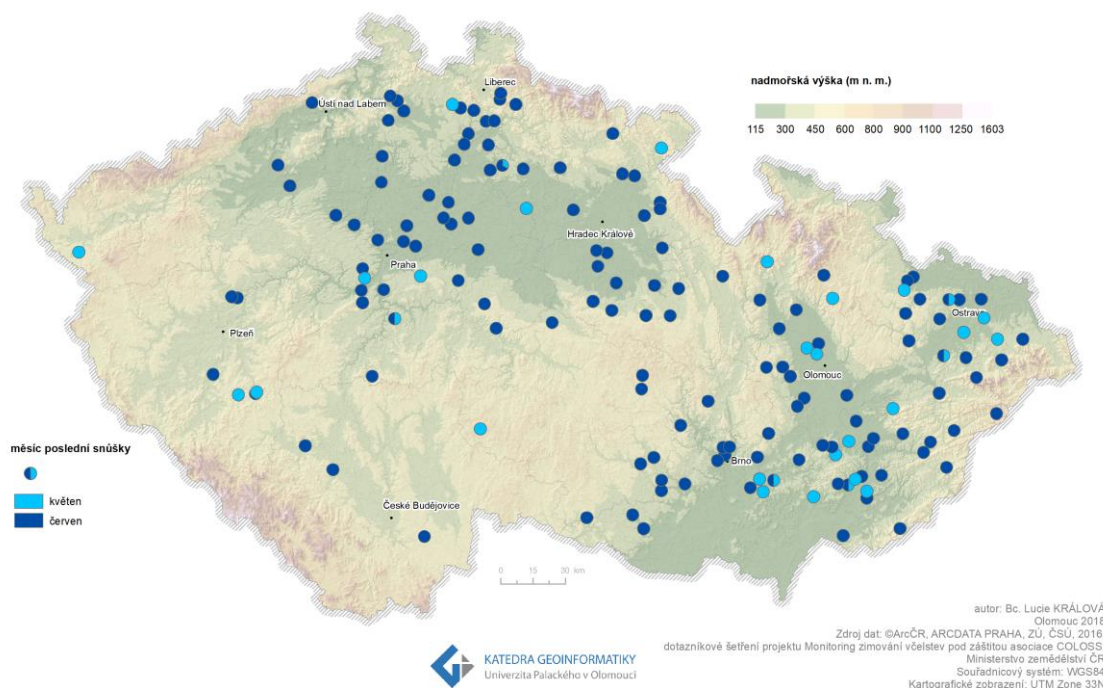
v České republice v letech 2015–2016



### Příloha 15: Poslední nektarová snůška 2015–2016

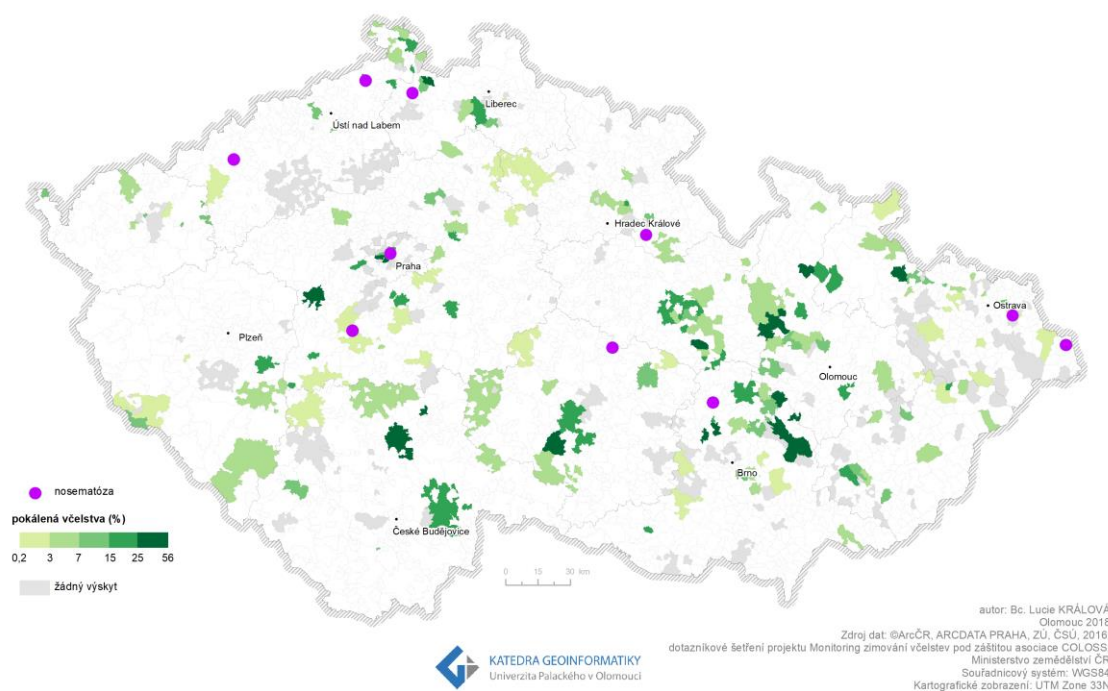
## POSLEDNÍ NEKTAROVÁ SNŮŠKA

v České republice v letech 2016–2017



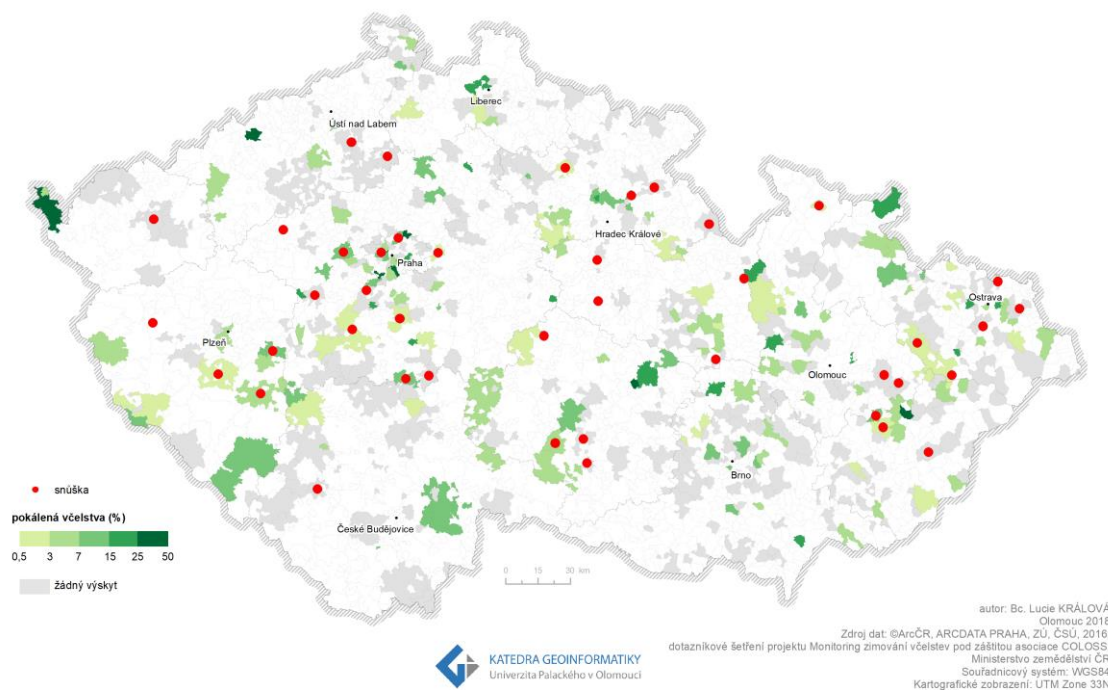
### Příloha 16: Poslední nektarová snůška 2016–2017

## VÝSKYT NOSEMATÓZY A POKÁLENÝCH VČELSTEV v České republice v letech 2016–2017



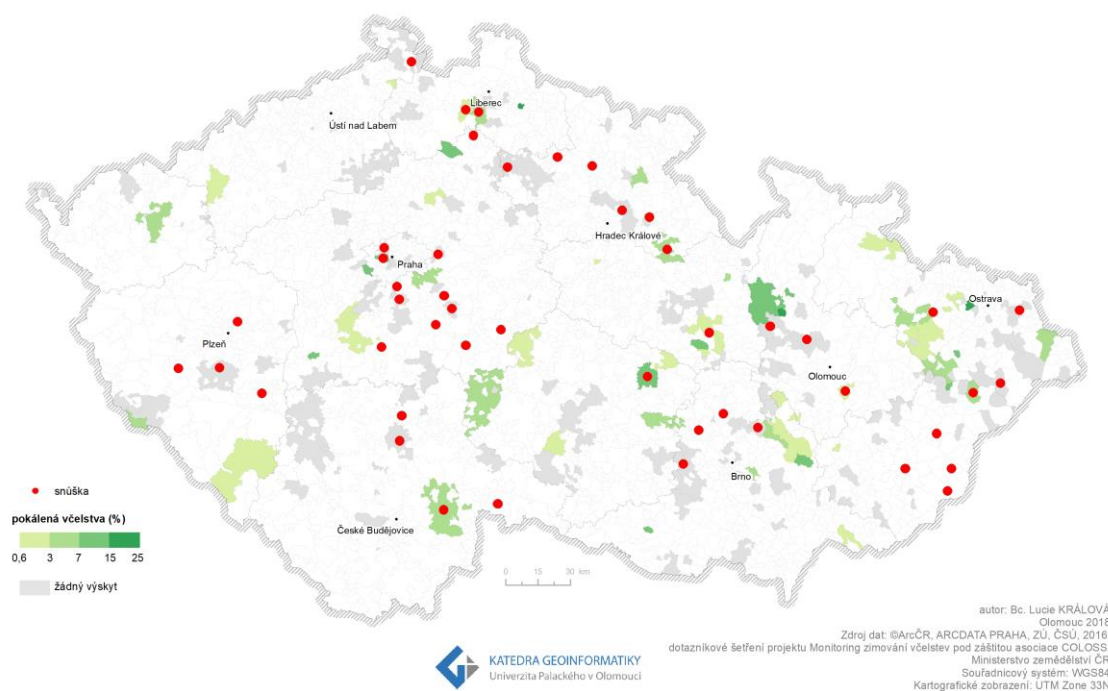
### Příloha 17: Výskyt nosematózy a pokálená 2016–2017

## VÝSKYT MELECITOSOVÉ SNŮŠKY A POKÁLENÝCH VČELSTEV v České republice v letech 2014–2015



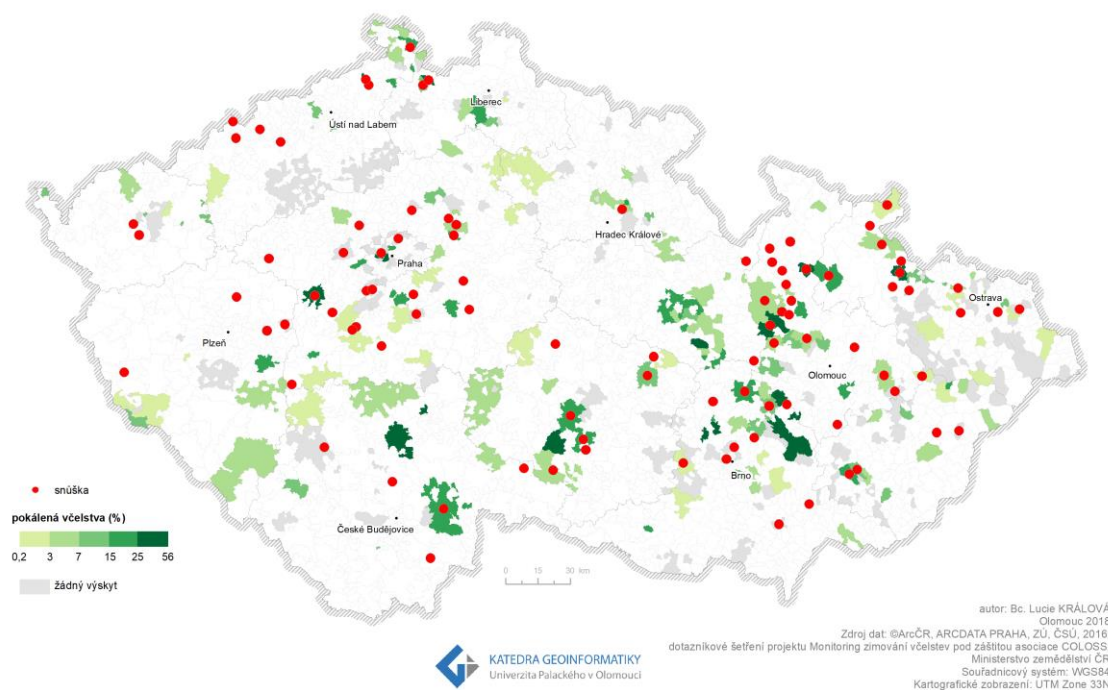
### Příloha 18: Výskyt melecitosové snůšky a pokálená 2014–2015

## VÝSKYT MELECITOSOVÉ SNŮŠKY A POKÁLENÝCH VČELSTEV v České republice v letech 2015–2016



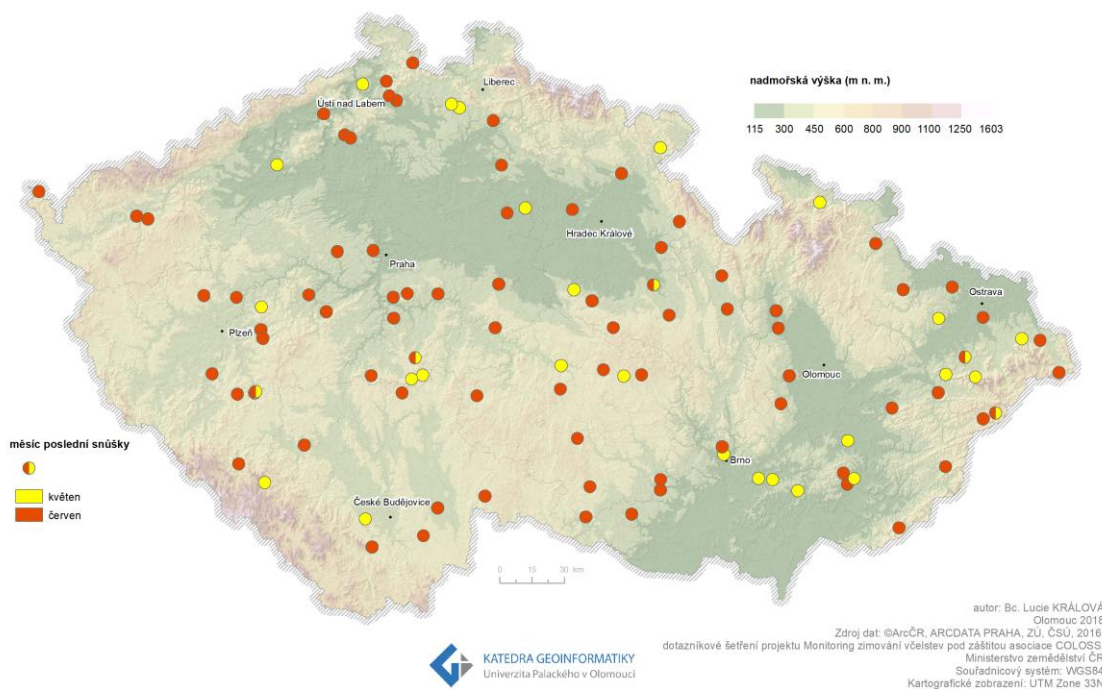
### Příloha 19: Výskyt melecitózové snůšky a pokálená 2015–2016

## VÝSKYT MELECITOSOVÉ SNŮŠKY A POKÁLENÝCH VČELSTEV v České republice v letech 2016–2017



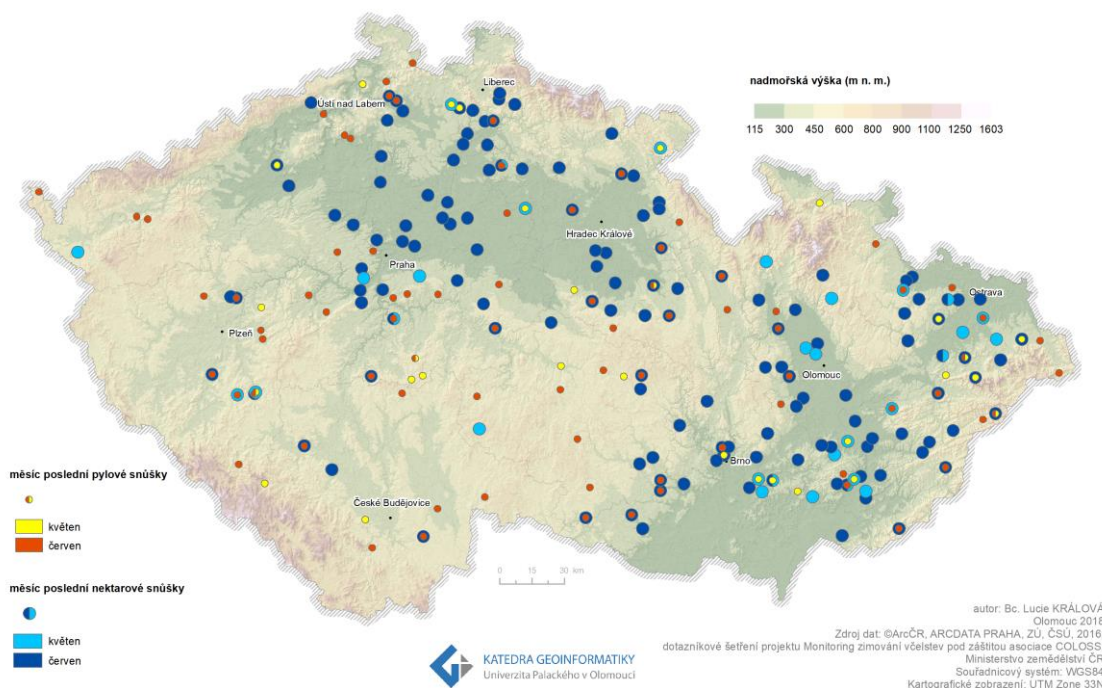
### Příloha 20: Výskyt melecitózové snůšky a pokálená 2016–2017

## POSLEDNÍ PYLOVÁ SNŮŠKA v České republice v letech 2016–2017



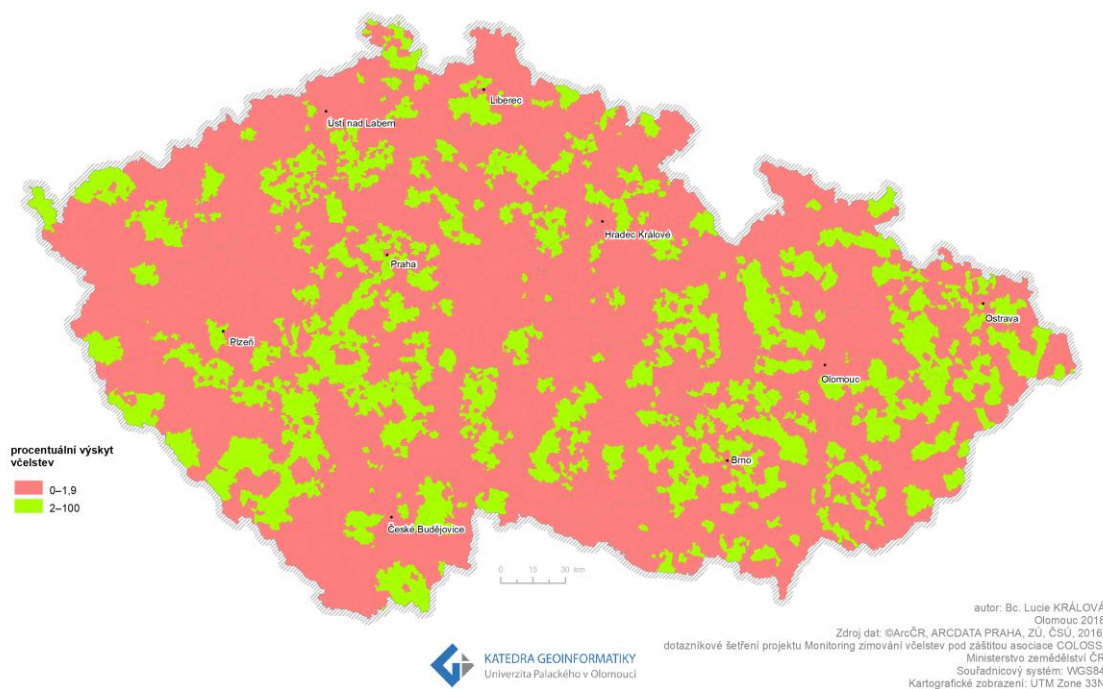
### Příloha 21: Poslední pylová snůška 2016–2017

## POSLEDNÍ PYLOVÁ A NEKTAROVÁ SNŮŠKA v České republice v letech 2016–2017



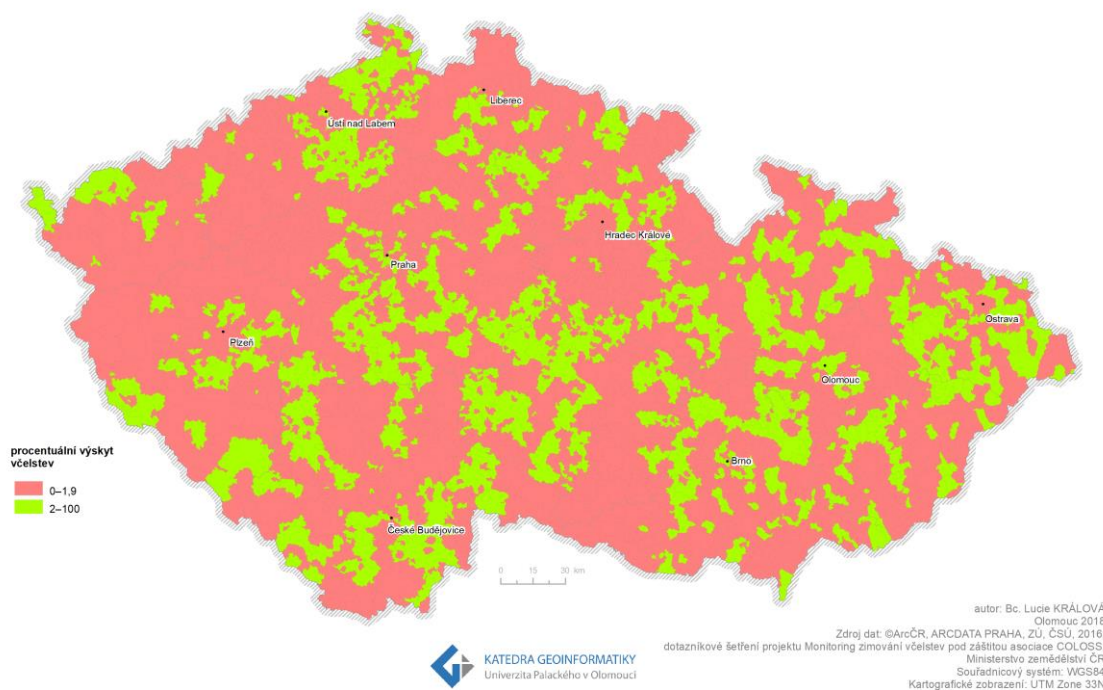
### Příloha 22: Poslední pylová a nektarová snůška 2016–2017

## REPREZENTATIVNOST ODPOVĚDÍ Z DOTAZNÍKŮ v České republice v roce 2015



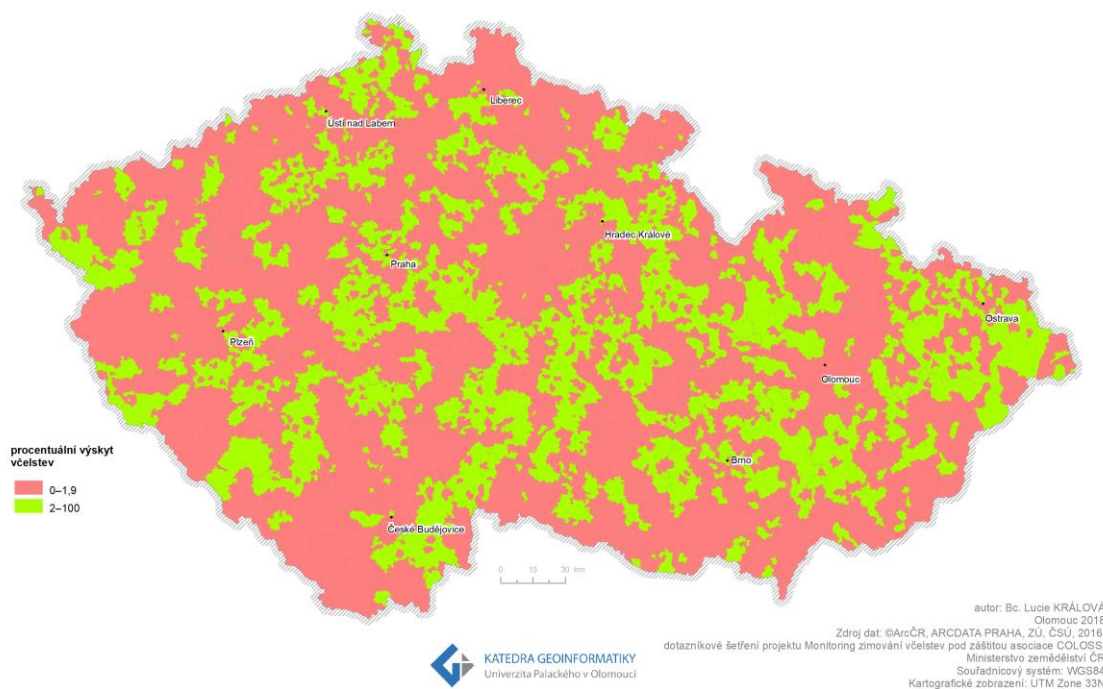
### Příloha 23: Reprezentativnost 15

## REPREZENTATIVNOST ODPOVĚDÍ Z DOTAZNÍKŮ v České republice v roce 2016



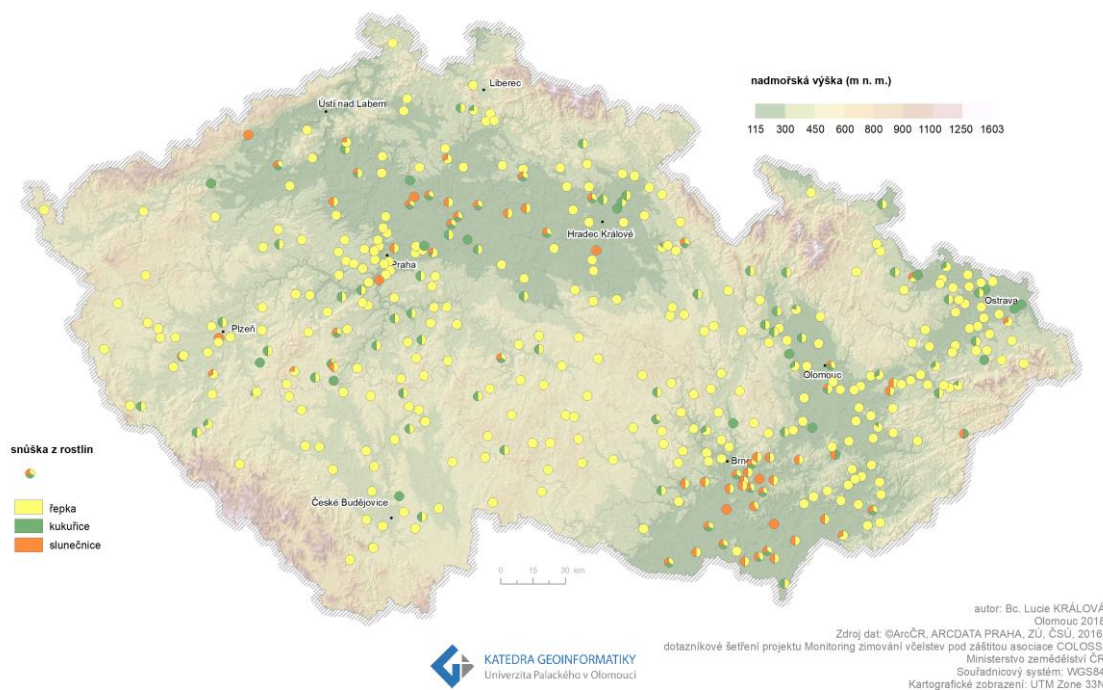
### Příloha 24: Reprezentativnost 16

## REPREZENTATIVNOST ODPOVĚDÍ Z DOTAZNÍKŮ v České republice v roce 2017



### Příloha 25: Reprezentativnost 17

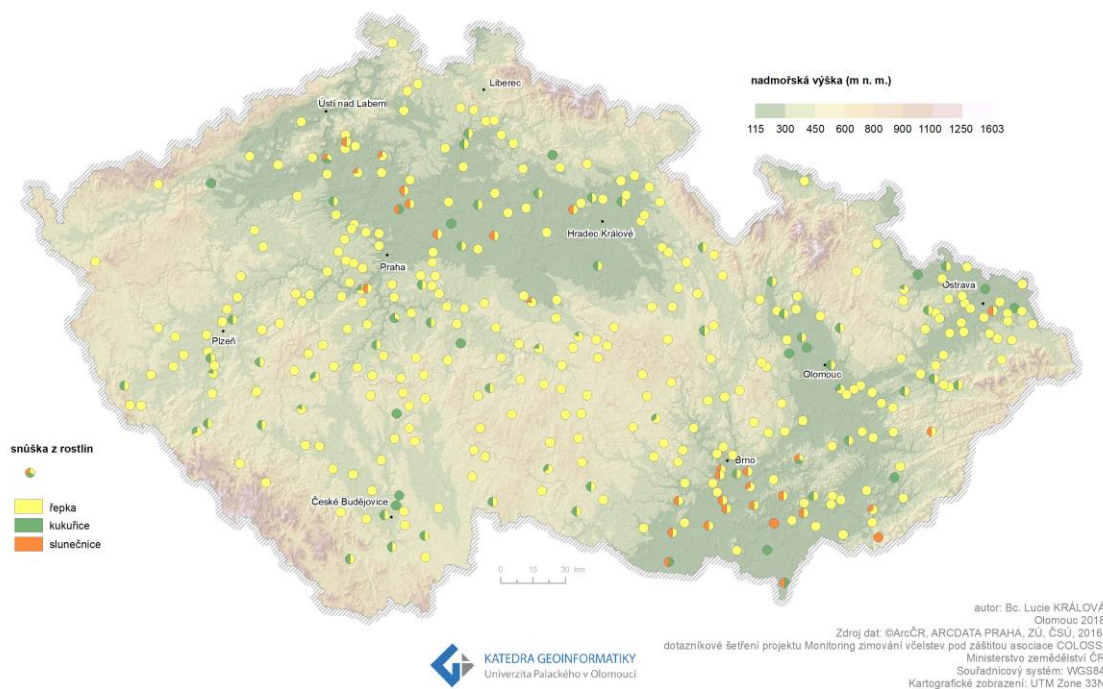
## VÝZNAMNÁ SNŮŠKA Z VYBRANÝCH ROSTLIN v České republice v letech 2014–2015



### Příloha 26: Významná snůška z rostlin 2014–2015

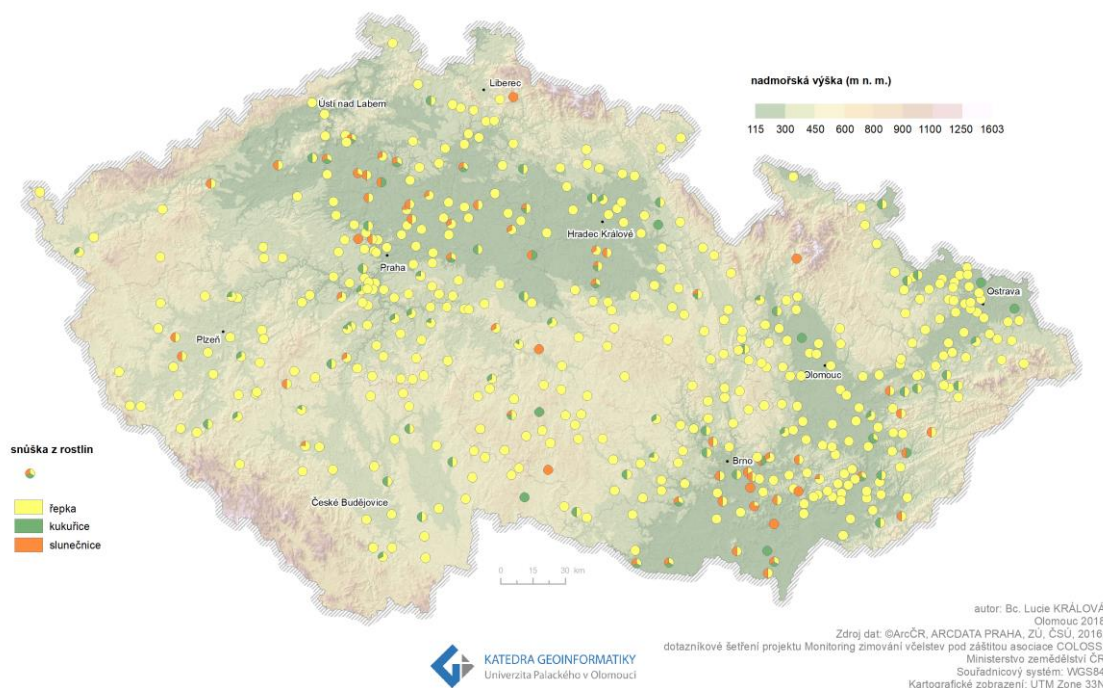


## VÝZNAMNÁ SNŮŠKA Z VYBRANÝCH ROSTLIN v České republice v letech 2015–2016



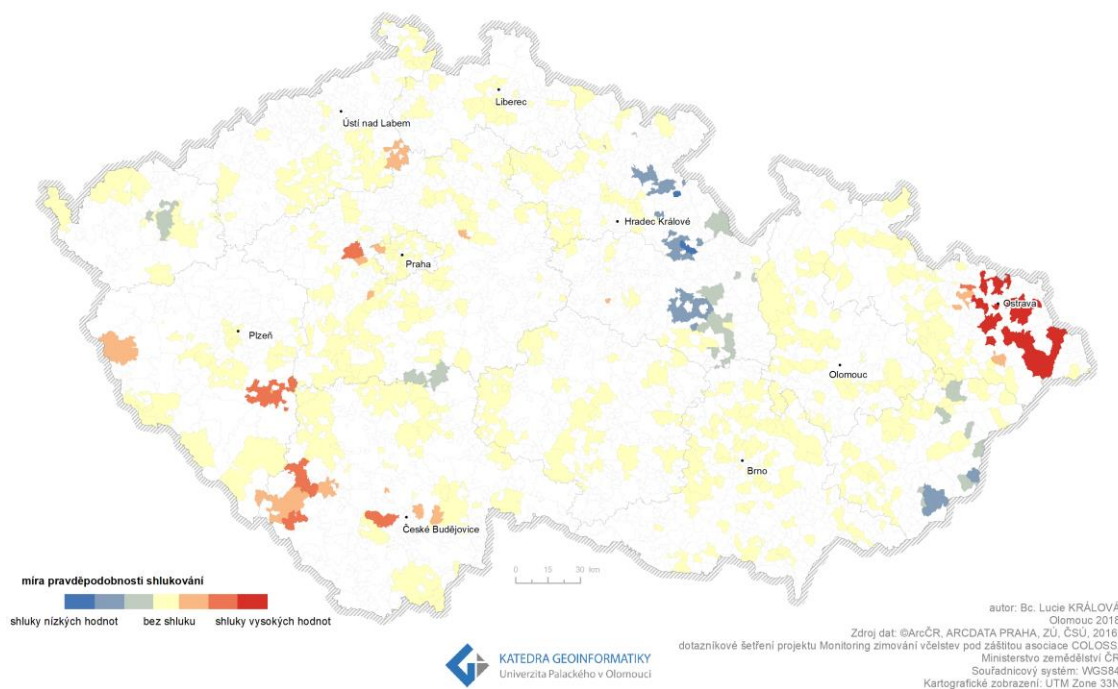
### Příloha 27: Významná snůška z rostlin 2015–2016

## VÝZNAMNÁ SNŮŠKA Z VYBRANÝCH ROSTLIN v České republice v letech 2016–2017



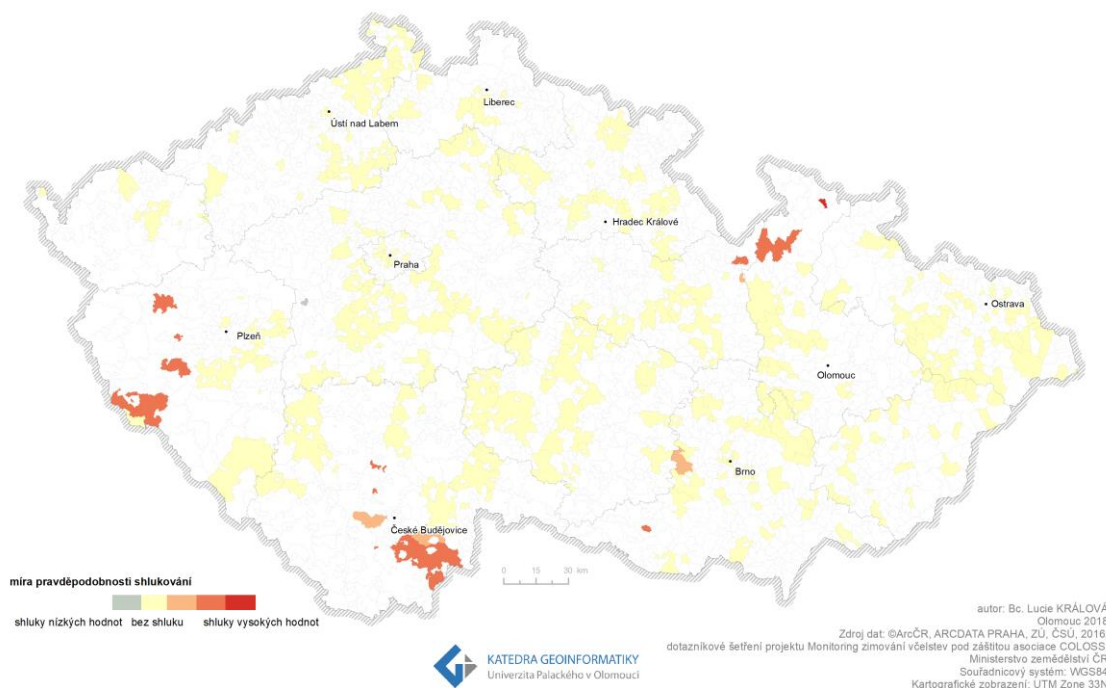
### Příloha 28: Významná snůška z rostlin 2016–2017

## SHLUKY ÚHYNŮ VČELSTEV v České republice v letech 2014–2015



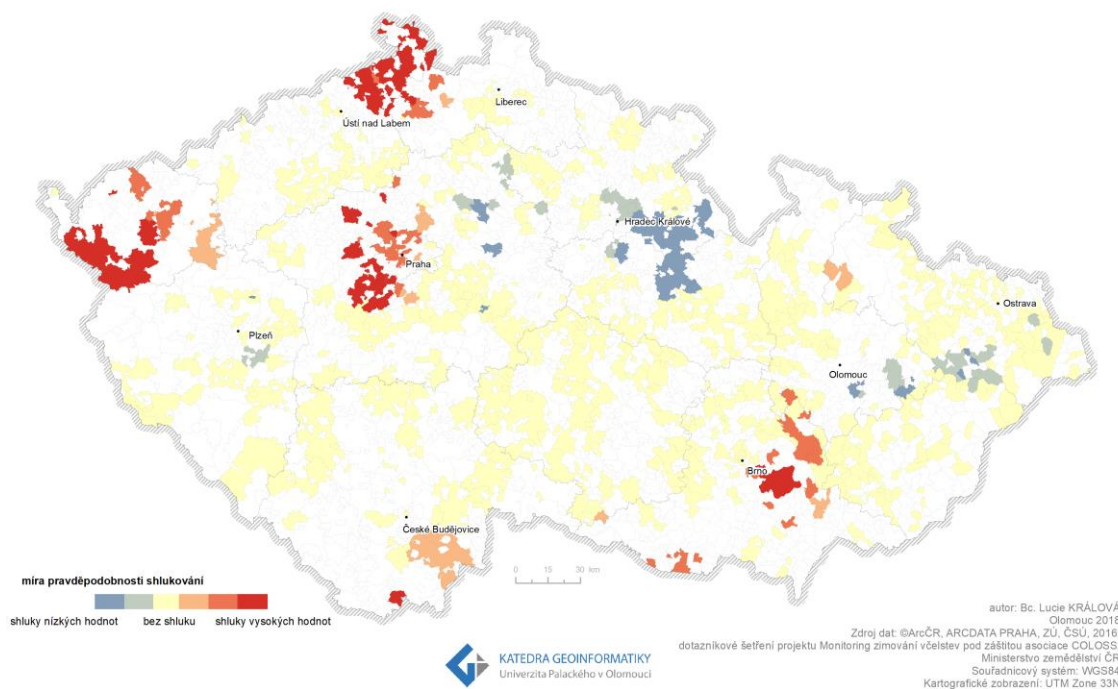
### Příloha 29: Shluky úhynů včelstev 2014–2015

## SHLUKY ÚHYNŮ VČELSTEV v České republice v letech 2015–2016



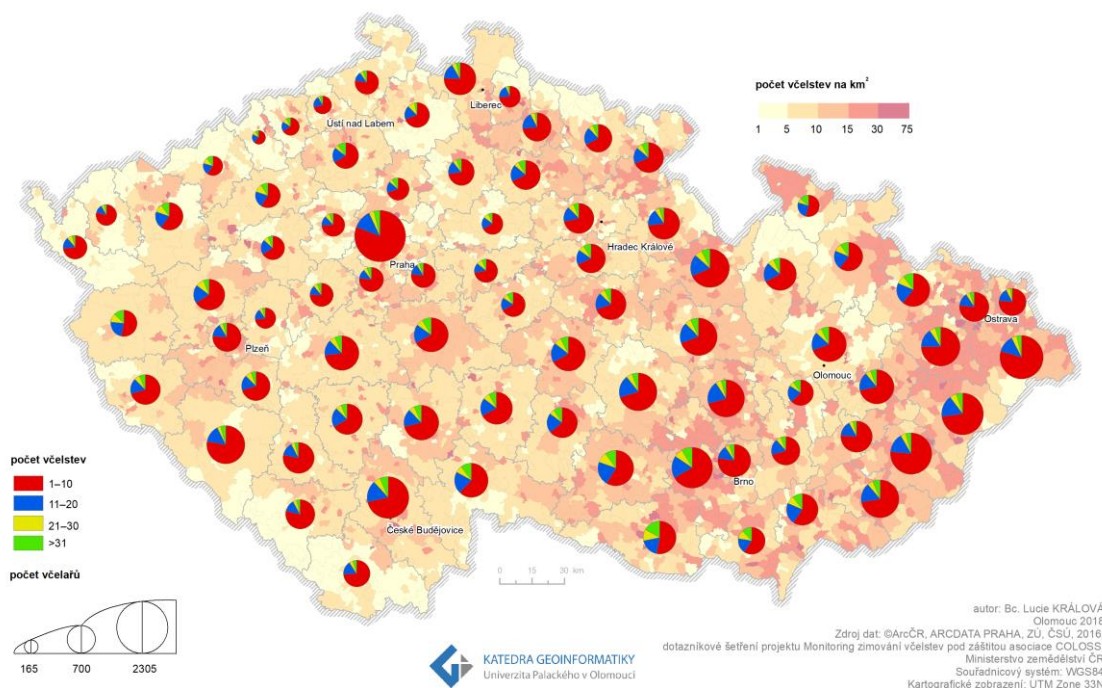
### Příloha 30 Shluky úhynů včelstev 2015–2016

## SHLUKY ÚHYNŮ VČELSTEV v České republice v letech 2016–2017



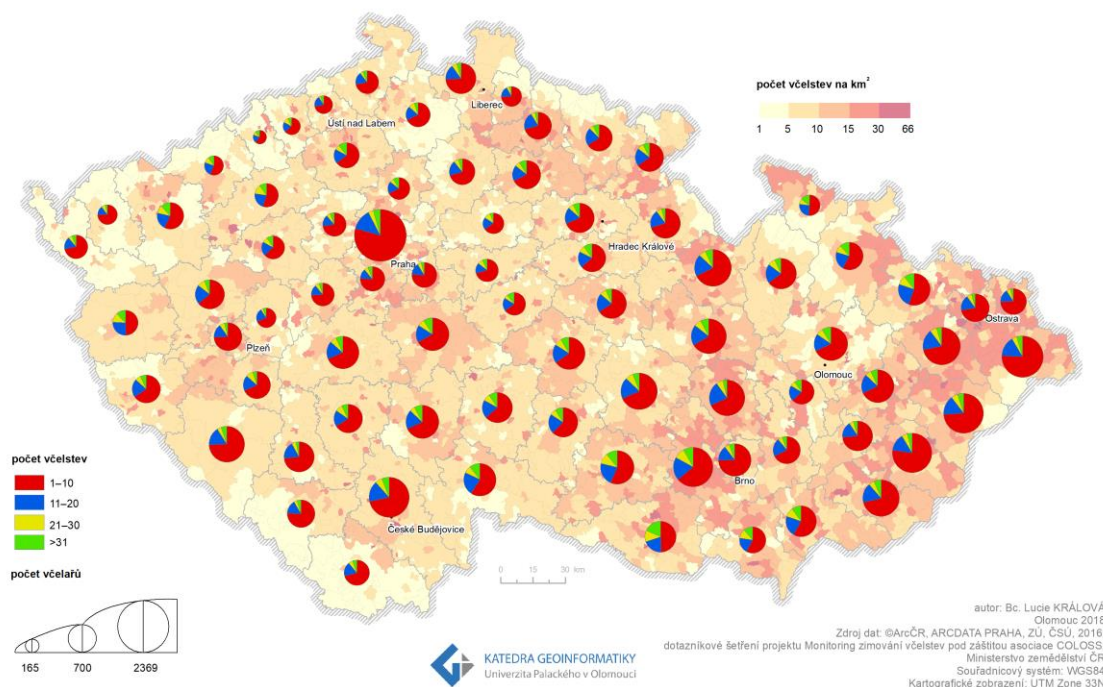
### Příloha 31 Shluky úhynů včelstev 2016–2017

## VČELAŘENÍ V ČESKÉ REPUBLICE v letech 2014–2015



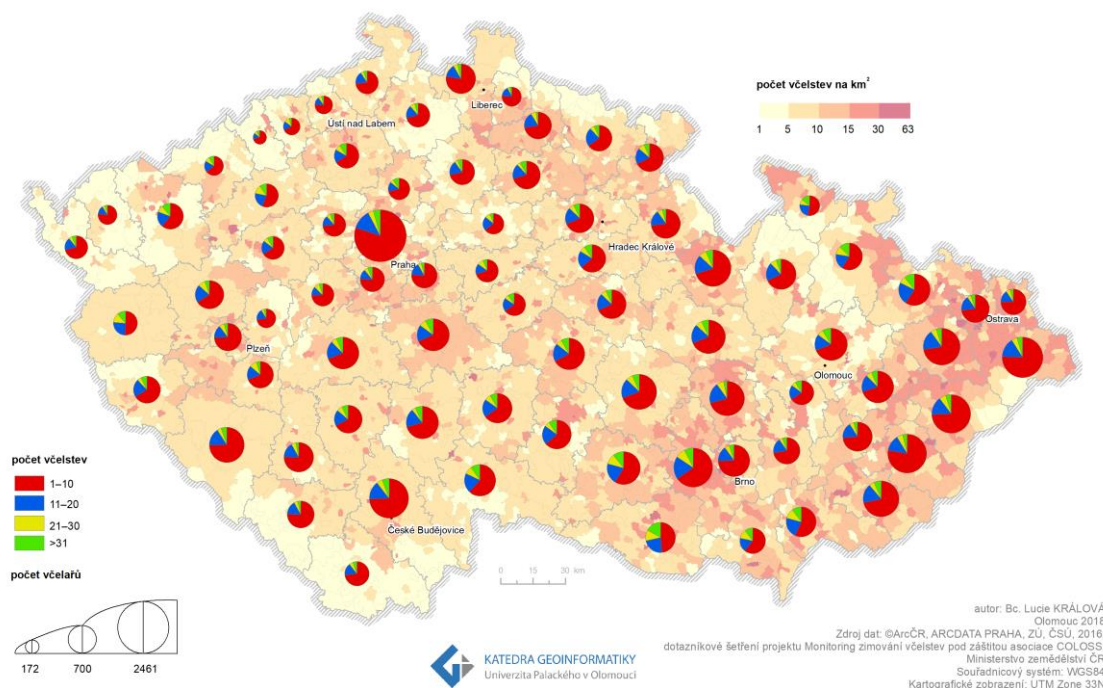
### Příloha 32: Včelaři 2014–2015

## VČELAŘENÍ V ČESKÉ REPUBLICĚ v letech 2015–2016



### Příloha 33: Včelaři 2015–2016

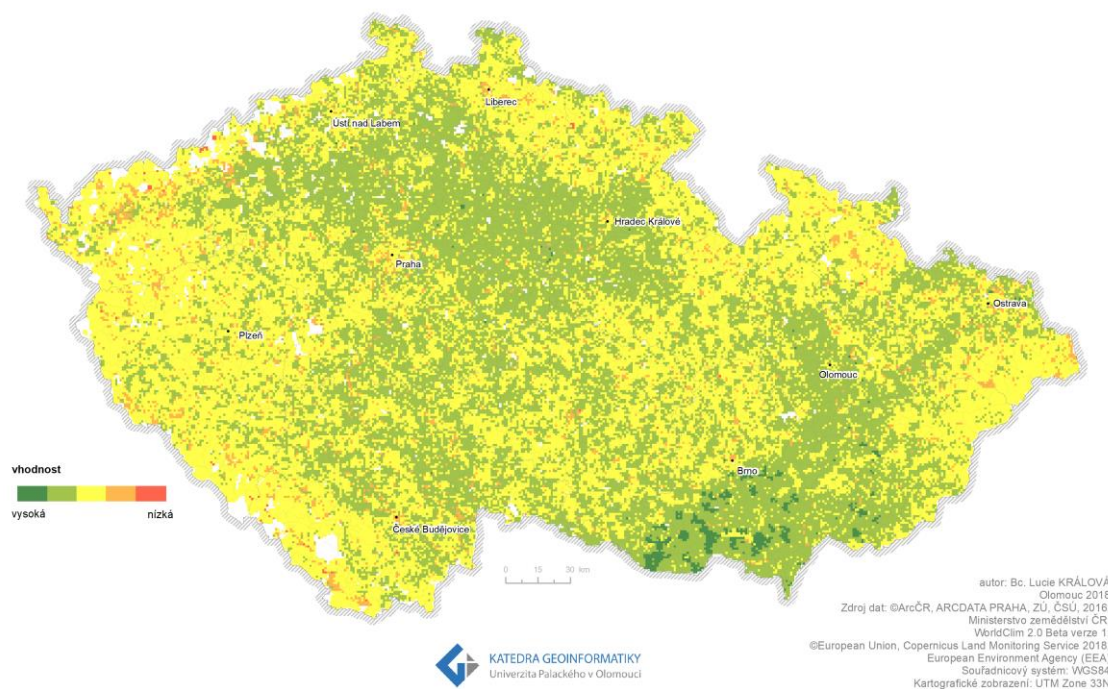
## VČELAŘENÍ V ČESKÉ REPUBLICĚ v letech 2016–2017



### Příloha 34: Včelaři 2016–2017

# VHODNÉ PLOCHY PRO VČELAŘENÍ

v České republice v roce 2017



## Příloha 35: Vhodné plochy pro včelaření