

**Univerzita Karlova v Praze**  
**Přírodovědecká Fakulta**

Studijní program: Geografie  
Studijní obor: Geografie a kartografie



Tereza Kadeřábková

**Identifikace potenciálně vhodných habitatů pro výskyt sysla obecného (*Spermophilus citellus*) s využitím dálkového průzkumu Země**

Identification of potentially suitable habitats for occurrence of European Ground Squirrel (*Spermophilus citellus*) using remote sensing

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Lucie Kupková, Ph. D.

Konzultant: RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Akademický rok 2018/2019

# Zadání bakalářské práce

**pro** Terezu Kadeřábkovou  
**obor** Geografie a kartografie

**Název tématu:** Identifikace potenciálně vhodných habitatů pro výskyt sysla obecného (*Spermophilus citellus*) s využitím dálkového průzkumu Země

## Zásady pro vypracování

Sysel obecný (*Spermophilus citellus*) je ohrožený druh, jeden z nejvzácnějších savců Evropy. Na jeho výzkum a ochranu je zaměřen projekt Sysli pro krajinu, krajina pro sysly podpořený v rámci programu Interreg (Slovenská republika – Česká republika), jehož hlavním řešitelem je ALKA Wildlife o.p.s. V rámci tohoto projektu jsou v modelovém území pěti krajů na hranicích Česka a Slovenska (Jihomoravský, Zlínský, Bratislavský, Trenčianský a Žilinský) hledány metody monitoringu výskytu sysla obecného. K identifikaci potenciálně vhodných habitatů sysla byly až dosud využívány prakticky výhradně metody terénního botanického a zoologického mapování (mapování biotopů, mapování syslích nor apod.). Cílem bakalářské práce je testovat možnosti dat DPZ s různým prostorovým rozlišením (data z UAV o velikosti pixelu v řádu centimetrů, data družice RapidEye s rozlišením 6,5 m a data družice Sentinel-2A s prostorovým rozlišením 10 m) a různých metod DPZ (neřízená klasifikace, řízená klasifikace, vegetační indexy) pro identifikaci potenciálně vhodných habitatů výskytu sysla obecného. Potenciálně vhodné biotopy (jejich vlastnosti) budou definovány na základě botanického mapování, a poté bude cílem DPZ přístupu nalézt charakteristické spektrální vlastnosti těchto biotopů. Možnosti/vhodné metody DPZ pro identifikaci výskytu sysla budou nejprve testovány v užším zájmovém území v části obce Velké Pavlovice, pro něž jsou k dispozici data terénního mapování biotopů a mapování nor sysla obecného. Tato terénní data budou využita pro navržení, případně verifikaci metody identifikace vhodných habitatů výskytu sysla z dat DPZ. Navržená metoda bude následně (pro data Sentinel-2) aplikována na širší zájmové území, kde dosud nebylo terénní mapování provedeno. Výstupem práce bude mapa potenciálně vhodných míst výskytu sysla obecného pro širší území výše zmíněných krajů. Spolehlivost metody bude ověřena jednak v několika dalších menších zájmových územích, kde proběhlo shodné terénní mapování (biotopy, nory), a dále v celém širším území, kde dosud mapování neproběhlo.

**Rozsah grafických prací:** cca 5 stran

**Rozsah průvodní zprávy:** přibližně 60–70 stran

**Seznam odborné literatury:**

BRADLEY, B. A. a kol. (2012): Species detection vs. habitat suitability: Are we biasing habitat suitability models with remotely sensed data? *Ecological Modelling*, 244, 57-64.

GRULICH, I. (1960): Sysel obecný *Citellus citellus* L. v ČSSR. *Acta academie scientarum Čechoslovenicae basis Brunensis*, 32, 11, 473-561.

HE, K. S. a kol (2015): Will remote sensing shape the next generation of species distribution models? *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 1, 1, 4-18.

KOLÁŘ, J. (1990): Dálkový průzkum Země. Populární přednášky o fyzice – svazek 35. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 176.

MATEJŮ, J. a kol. (2007): Záchranný program sysla obecného (*Spermophilus citellus*) v České republice. Katedra zoologie PŘF UK Praha, Biologická fakulta JČU České Budějovice, Ochrana fauny ČR Votice, AOPK ČR Praha, Daphne ČR, Praha, 52.

PAYERO, J. O., NEALE, C. M. U., WRIGHT, J. L. (2004): Comparison of Eleven Vegetation Indices for Estimating Plant Height of Alfalfa and Grass. *Applied Engineering in Agriculture*, 20, 3, 385-393.

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Lucie Kupková, Ph. D.

Konzultant bakalářské práce: RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20.12.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: červenec 2019

*Platnost tohoto zadání je po dobu jednoho akademického roku*

.....

Vedoucí bakalářské práce

.....

Vedoucí katedry

V Praze dne

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Jsem si vědoma toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Příbrami dne

.....

Tereza Kadeřábková

### **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí práce RNDr. Lucii Kupkové, Ph. D. za odborné vedení a cenné rady v průběhu tvorby celé práce. Také bych ráda poděkovala panu RNDr. Dušanu Romportlovi, Ph.D. za poskytnuté datové podklady využité v práci. Dále prof. RNDr. Jakubu Langhammerovi, Ph.D. za poskytnutá data z UAV a poté společnosti Planet (<https://www.planet.com/>) za poskytnutí dat družice RapidEye.

## **Abstrakt**

Cílem práce bylo testovat možnosti dat DPZ s různým prostorovým rozlišením (data z UAV s rozlišením 5 cm, data družice RapidEye s rozlišením 5 m a data družice Sentinel-2A s rozlišením 10 m) a různých metod DPZ (neřízená klasifikace, řízená klasifikace, vegetační indexy NDVI a TVI) pro identifikaci potenciálně vhodných habitatů výskytu sysla obecného. Analýza byla prováděna v užším zájmovém území Velkých Pavlovic a následně v širším zájmovém území 5 krajů Moravy a Slovenska a využívala data terénního mapování biotopů a nor sysla, které prováděli biologové v rámci projektu „Sysli pro krajinu, krajina pro sysly“. Metody DPZ byly nejprve testovány v užším území na datech RapidEye. Metoda vykazující nejpřesnější výsledek z hlediska detekce nor byla poté aplikována v širším zájmovém území, kde byla využita data Sentinel-2A. Přesnost výsledků byla vyjádřena jako podíl detekovaných nor ve výsledné vrstvě získané z dat DPZ ku celkovému počtu zmapovaných nor v terénu. Nejlepšího výsledku dosáhla metoda definice intervalu vycházející z výpočtu průměru a směrodatné odchylky hodnot TVI v místě výskytu nor (přesnost 68,91 % pro zájmové území Velkých Pavlovic a data RapidEye při pokrytí 51,69 % užšího území; přesnost 49,89 % pro území pěti krajů a data Sentinel-2A při pokrytí 11,66 % širšího území). Výstupy byly validovány s využitím Nálezové databáze Agentury ochrany přírody a krajiny ČR a porovnány s vrstvou mapování ekosystémů KVES (jediný zdroj využívaný dosud biology k odhadu možného výskytu sysla obecného) a dalšími datovými zdroji.

**Klíčová slova:** dálkový průzkum Země, identifikace potenciálně vhodných habitatů, sysel obecný (*Spermophilus citellus*), vegetační indexy, RapidEye, Sentinel-2A, Velké Pavlovice, pohraničí Moravy a Slovenska

## **Abstract**

The aim of the thesis was to evaluate the possibilities of remote sensing (RS) data with different spatial resolution (UAV data with 5cm resolution, RapidEye satellite data with 5m resolution and Sentinel-2A data with 10m resolution) and of remote sensing methods (unsupervised and supervised classifications, vegetation indices NDVI and TVI) to identify potentially suitable habitats for European ground squirrel. The analyses were first carried out in Velké Pavlovice small area of interest and consequently in a broader area of interest comprised of five regions of Moravia and Slovakia. Data from mapping of biotopes and squirrels' burrows collected within a project „Sysli pro krajinu, krajina pro sysly“ (European ground squirrels for landscape, landscape for European ground squirrels) were also used for the analyses. Remote sensing methods were first tested in Velké Pavlovice area using RapidEye data. The method providing the best results in the detection of European ground squirrel burrows was then used for a burrows detection in the broader area of interest (five regions) using Sentinel-2A data. The accuracy

of results was defined as a proportion of the burrows detected by the resulting layer derived from RS data to the overall number of burrows mapped in the field. Best results were obtained for the vegetation index TVI, specifically for the interval derived based on the mean and standard deviation calculation of TVI in places above the burrow locations (68,91% accuracy with 51,69% coverage of Velké Pavlovice area for RapidEye data; 49,89% accuracy with 11,66% coverage of five regions area for Sentinel-2A data). Final outputs were validated using the Finding Database of Nature Conservation and compared with the Consolidated layer of ecosystems of the Czech Republic (the only source used so far by biologists for the determination of potential European ground squirrel occurrence) and with other data sources.

**Key words:** remote sensing, identification of potentially suitable habitats, European ground squirrel (*Spermophilus citellus*), vegetation indices, RapidEye, Sentinel-2A, Velké Pavlovice, border of Moravia and Slovakia

# Obsah

Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	9
Seznam zkratk.....	11
1. Úvod a cíle práce.....	12
2. Literární rešerše a úvod do problematiky .....	13
2.1 Dálkový průzkum Země .....	13
2.1.1 Metody DPZ.....	14
2.1.2 Principy distančního snímkování.....	14
2.1.3 Odrazivé vlastnosti objektů.....	17
2.2 Klasifikace.....	19
2.3 Neřízená klasifikace.....	19
2.4 Řízená klasifikace .....	20
2.5 Vegetační indexy.....	21
2.6 Výzkum a identifikace habitatů za pomoci metod DPZ.....	23
2.7 Sysel obecný ( <i>Spermophilus citellus</i> ).....	25
2.7.1 Taxonomické zařazení .....	25
2.7.2 Biologická charakteristika.....	25
2.7.3 Socialita a životní strategie .....	26
2.7.4 Potravní návyky .....	28
2.7.5 Nároky na prostředí.....	28
2.7.6 Současný výskyt sysla obecného ve světě.....	29
2.7.7 Současný výskyt sysla obecného v Česku a na Slovensku.....	30
3. Zájmové území.....	31
4. Data .....	33
4.1 Data DPZ.....	33
4.1.1 Data UAV .....	34
4.1.2 Data družice RapidEye.....	35
4.1.3 Data družice Sentinel-2 .....	35
4.2 Další použitá data .....	37
4.2.1 Data mapování biotopů .....	37
4.2.2 Data o výskytu nor .....	37
4.2.3 Nálezová databáze ochrany přírody AOPK ČR.....	38
4.2.4 Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR.....	38
4.2.5 Travinné biotopy Slovenska .....	39
4.2.6 Grassland — Copernicus Land Monitoring Service .....	39
5. Metody .....	40
5.1 Předzpracování dat.....	40
5.1.1 Data UAV .....	40



5.1.2	RapidEye .....	41
5.1.3	Sentinel-2A.....	42
5.1.3.1	Odmaskování oblačnosti a vodních ploch .....	43
5.1.3.2	Odmaskování konsolidované zástavby.....	44
5.2	Analýza zájmového území Velkých Pavlovic.....	45
5.2.1	Detekce vhodných biotopů výskytu sysla na základě výskytu nor .....	46
5.2.2	Neřízená klasifikace ISOData .....	47
5.2.3	Řízená klasifikace Maximum Likelihood .....	48
5.2.4	Vegetační indexy.....	49
5.2.4.1	NDVI pro RapidEye.....	49
5.2.4.2	TVI pro RapidEye.....	51
5.2.4.3	TVI pro data z UAV.....	54
5.3	Analýza širšího zájmového území Moravy a Slovenska .....	54
5.4	Porovnání výsledků mapování potenciálního výskytu sysla pomocí TVI z dat S-2A s jinými datovými zdroji potencionálního výskytu sysla.....	55
5.4.1	Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR.....	55
5.4.2	Travné biotopy na Slovensku .....	56
5.4.3	Grassland — Copernicus Land Monitoring Service .....	56
6.	Výsledky .....	56
6.1	Analýza zájmového území Velkých Pavlovic.....	56
6.1.1	Neřízené klasifikace ISOData .....	56
6.1.2	Řízená klasifikace Maximum Likelihood .....	59
6.1.3	Vegetační indexy.....	61
6.1.3.1	NDVI pro RapidEye.....	61
6.1.3.2	TVI pro RapidEye.....	61
6.1.3.3	TVI pro data z UAV.....	67
6.2	Analýza širšího zájmového území 5 krajů.....	68
6.2.1	TVI pro S-2A .....	68
6.2.2	Validace výsledků mapování na úrovni 5 krajů.....	68
6.2.2.1	Hodnocení přesnosti mapování na základě výskytu nor ve 4 kontrolních lokalitách .....	68
6.2.2.2	Hodnocení přesnosti mapování na základě Nálezové databáze ochrany přírody AOPK ČR69 .....	68
6.3	Porovnání výsledků mapování potenciálního výskytu sysla pomocí TVI z dat S-2A s jinými datovými zdroji potencionálního výskytu sysla.....	72
6.3.1	Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR.....	72
6.3.2	Travné biotopy na Slovensku .....	77
6.3.3	Grassland — Copernicus Land Monitoring Service .....	78
7.	Diskuze.....	78
8.	Závěr .....	83
9.	Zdroje.....	85
10.	Přílohy.....	94

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Složky elektromagnetického záření.....	15
Obrázek 2: Vlnová délka.....	15
Obrázek 3: Závislost rozptylu záření v atmosféře na vlnové délce.....	16
Obrázek 4: Graf průměrných denních hodnot NDVI mezi lety 2001-2015 pro území Velkých Pavlovic, okres Břeclav, Jihomoravský kraj.....	22
Obrázek 5: Širší zájmové území 5 krajů Moravy a Slovenska.....	32
Obrázek 6: Užší zájmové území Velké Pavlovice.....	33
Obrázek 7: Rozmístění 4 modelových lokalit snímaných pomocí UAV ve Velkých Pavlovicích....	34
Obrázek 8: Schéma pracovního postupu.....	40
Obrázek 9: Předzpracovaná data RY pro užší zájmové území Velkých Pavlovic v termínu 29.5.2015 (barevné zobrazení RGB).....	42
Obrázek 10: Masky zástavby, oblačnosti, stínů a vodních ploch pro snímky S-2A pro širší zájmové území Moravy a Slovenska v termínu 28.5.2017.....	44
Obrázek 11: Porovnání přirozených zlomů křivky histogramu hodnot VI pro zářiový termín; vlevo NDVI, vpravo TVI.....	52
Obrázek 12: Porovnání přirozených zlomů křivky histogramu hodnot VI pro květnový termín; vlevo NDVI, vpravo TVI.....	53
Obrázek 13: Výřez z mapy překryvu vrstvy oblastí výskytu sysla NDOP AOPK ČR a intervalu TVI dle biotopů a intervalu TVI.....	71
Obrázek 14: Výřez z mapy překryvu vrstvy oblastí výskytu sysla NDOP AOPK ČR a intervalu TVI pro SMODCH 1.....	72
Obrázek 15: Výřez z mapy překryvu vrstev KVES – kategorie rezistence 1 a intervalu TVI dle biotopů.....	74
Obrázek 16: Výřez z mapy překryvu vrstev KVES – kategorie rezistence 1 a intervalu TVI pro SMODCH 1.....	75
Obrázek 17: Histogram hodnot TVI pro KVES – 1.....	76
Obrázek 18: Histogram hodnot TVI pro KVES – 2 a KVES – 3.....	76
Obrázek 19: Výřez z mapy překryvu vrstev travinných biotopů na Slovensku a intervalu TVI pro SMODCH 1.....	77
Tabulka 1: Charakteristika spektrálních pásem družic RapidEye.....	35
Tabulka 2: Charakteristika spektrálních pásem družic Sentinel-2.....	36
Tabulka 3: Podíl jednotlivých biotopů a zastoupení nor sysla v biotopech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic.....	46
Tabulka 4: Počet trénovacích pixelů jednotlivých tříd biotopů na základě jejich procentuálního zastoupení v území.....	48
Tabulka 5: NDVI intervaly zcela holé půdy pro 4 termíny snímků RY.....	50
Tabulka 6: Hranice klasifikovaných kategorií intenzit vegetace pomocí TVI.....	51
Tabulka 7: Podíl vyklasifikovaných biotopů a počty nor v biotopech, metoda ISOData (snímek z 29.5.2015).....	57
Tabulka 8: Zmapované biotopy v terénu shodné s vyklasifikovanými třídami metodou ISOData, podíl počty nor v těchto biotopech.....	57

Tabulka 9: Podíl vyklasifikovaných a mapovaných biotopů a počty nor v biotopech, metoda MLC (29.5.2015) .....	59
Tabulka 10: Rozpětí intervalů TVI s největším podílem nor pro systém preferované biotopy .....	64
Tabulka 11: Podíl nor detekovaných intervaly TVI na základě metody biotopů a rozloha těchto intervalů v jednotlivých termínech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic.....	64
Tabulka 12: Rozmezí hodnot intervalů TVI pravděpodobného výskytu sysla na základě výpočtu průměrů a směrodatných odchylek čtyř termínů RY.....	65
Tabulka 13: Podíl nor detekovaných intervaly TVI pro SMODCH 1 a rozloha těchto intervalů v jednotlivých termínech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic .....	66
Tabulka 14: Podíl nor detekovaných intervaly TVI pro SMODCH 1/2 a rozloha těchto intervalů v jednotlivých termínech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic .....	66
Tabulka 15: Rozmezí hodnot výsledných dvou intervalů TVI pravděpodobného výskytu sysla pro velikost SMODCH = 1 a SMODCH = 1/2, podíl detekovaných nor a rozloha intervalu na datech z UAV .....	67
Tabulka 16: Rozloha květnového intervalu dle biotopů a květnového intervalu pro SMODCH 1 a podíl na celkové rozloze širšího zájmového území 5 krajů .....	68
Tabulka 17: Podíl nor detekovaných květnovým intervalem dle biotopů a květnovým intervalem pro SMODCH 1 ve 4 kontrolních lokalitách.....	69
Tabulka 18: Podíl nor detekovaných květnovým intervalem TVI dle biotopů a květnovým intervalem TVI pro SMODCH 1 a rozloha těchto intervalů na území Jihomoravského kraje (JHM) pro data S-2A (validace dle vrstvy výskytu nor NDOP) .....	70
Tabulka 19: Průnik intervalu dle biotopů a statistického intervalu pro SMODCH 1 s vrstvou výskytu stanovišť sysla obecného NDOP v Jihomoravském kraji.....	70
Tabulka 20: Rozloha KVES – 1, intervalu dle biotopů a intervalu pro SMODCH 1 na území 2 krajů, podíl detekovaných nor na 4 kontrolních lokalitách v Jihomoravském kraji .....	73
Tabulka 21: Průnik KVES – 1 s intervalem dle biotopů a statistickým intervalem pro SMODCH 1 na snímku S-2A pro území 2 krajů.....	73
Graf 1: Průběh spektrálních křivek modelových kategorií povrchu: holá suchá půda, zelená vegetace, čirá voda.....	17
Graf 2: Podíl klasifikovaných biotopů na rozloze vybraných zmapovaných biotopů (zpracovatelská přesnost) na snímku RY 25.5.2015 (ISOData) .....	58
Graf 3: Podíl klasifikovaných biotopů na rozloze zmapovaných biotopů na snímku RY 25.5.2015 (MLC).....	60
Graf 4: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI v biotopech 29.5.2015.....	62
Graf 5: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI v biotopech 20.6.2017.....	62
Graf 6: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI na biotopech 29.7.2017 .....	63
Graf 7: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI v biotopech 30.9.2016.....	63

## Seznam zkratek

<b>BOA</b>	Bottom Of Atmosphere
<b>BVN</b>	Bodová vrstva nor
<b>DPZ</b>	Dálkový průzkum Země
<b>ISODATA</b>	Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique
<b>JHM</b>	Jihomoravský kraj
<b>KVES ČR</b>	Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR
<b>MB</b>	Mapování biotopů
<b>MLC</b>	Maximum Likelihood Classification
<b>NDOP AOPK ČR</b>	Nálezová databáze ochrany přírody Agentury ochrany přírody a krajiny ČR
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index
<b>NIR</b>	Near-Infrared Reflectance
<b>OP</b>	Orná půda
<b>QUAC</b>	QUick Atmospheric Correction
<b>RGB</b>	red, green, and blue
<b>RY</b>	Rapideye
<b>S-2A</b>	Sentinel-2A
<b>S-2B</b>	Sentinel-2B
<b>SMODCH</b>	Směrodatná odchylka
<b>SWIR</b>	Short Wave Infrared Reflectance
<b>TB</b>	Travné biotopy
<b>TOA</b>	Top Of Atmosphere
<b>TP</b>	Travní porost
<b>TVI</b>	Transformed Vegetation Index
<b>UAV</b>	Unmanned Aerial Vehicle
<b>VI</b>	Vegetační index
<b>VP</b>	Velké Pavlovice

## 1. Úvod a cíle práce

Sysel obecný (*Spermophilus citellus*, Linnaeus 1766) je jedním z nejvzácnějších a nejohroženějších evropských druhů hlodavce obývajícího střední a východní Evropu. Vyhláškou č. 395/1992 Sb. byl sysel obecný v seznamu zvláště chráněných druhů zařazen mezi „kriticky ohrožené“ a v současnosti je chráněn prostřednictvím Směrnice Rady 92/43/EEC o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin ve všech členských státech, na jejichž území se jeho populace nacházejí (Matějů a kol. 2007).

Na jeho výzkum a ochranu na území Česka a Slovenska je zaměřen projekt „*Sysli pro krajinu, krajina pro sysly*“ (<https://www.alkawildlife.eu/projects/sysli-pro-krajinu-krajina-pro-sysly>), jehož hlavním řešitelem je nezisková nevládní organizace ALKA Wildlife, o.p.s. ve spolupráci s Institutem aplikované ekologie DAPHNE. V rámci projektu jsou realizována terénní mapování zájmového území 5 krajů na hranicích Česka a Slovenska (Jihomoravský, Zlínský, Bratislavský, Žilinský, Trenčianský), která mají za cíl monitorovat výskyt sysla obecného v krajině.

Hlavním cílem práce je testovat možnosti různých dat dálkového průzkumu Země (data z UAV, data družice RapidEye, data družice Sentinel 2) a různých metod DPZ (neřízená klasifikace, řízená klasifikace, vegetační indexy) pro identifikaci potenciálně vhodných oblastí výskytu sysla obecného. Metody DPZ jsou testovány nejprve v užším zájmovém území Velkých Pavlovic (Jihomoravský kraj) na datech z družice RapidEye. Na základě detailního terénního mapování nor a biotopů ve Velkých Pavlovicích (uskutečněného v rámci projektu) jsou definovány vlastnosti potenciálně vhodných habitatů pro sysla. Cílem přístupu DPZ bylo poté nalézt charakteristické spektrální vlastnosti těchto biotopů a s využitím metody, která dosáhla nejlepšího výsledku v užším zájmovém území zmapovat oblasti se stejnými spektrálními vlastnostmi vegetace v datech z UAV (pro nasnímané lokality ve Velkých Pavlovicích) a v datech Sentinel 2 pro širší území 5 krajů, kde doposud žádné terénní mapování provedeno nebylo.

Výsledky získané s pomocí dat a metod DPZ byly verifikovány jednak na základě porovnání s bodovou vrstvou výskytů nor sysla obecného ve Velkých Pavlovicích a v dalších 4 lokalitách v rámci širšího území 5 krajů (bylo určeno, jaký podíl nor z celkového počtu byl výslednou vrstvou potenciálně vhodných habitatů sysla zmapován). K verifikaci byla dále využita Nálezová databáze ochrany přírody AOPK ČR, která obsahovala jednak bodovou vrstvu výskytu nor a dále polygonovou vrstvu stanovišť sysla v Jihomoravském kraji.

Výsledkem práce je návrh vhodné metody identifikace vhodných habitatů pro výskyt sysla obecného a 5 map znázorňujících oblasti potenciálního výskytu sysla obecného vymapované z dat DPZ, a to jednak pro území Velkých Pavlovic (2 mapy), dále pro lokality nasnímané pomocí UAV

(1 mapa) a také pro širší území 5 krajů (2 mapy). *Shapefile* obou vymapovaných intervalů (potenciálních habitatů pro sysla obecného) pro 5 krajů je nahrán na příloženém CD.

Právě identifikace potenciálně vhodných habitatů živočichů může být klíčovým nástrojem pro iniciativy na ochranu a obnovu ohrožených druhů a jejich stavů (He a kol 2015; Markle, Chow-Fraser 2016; Evans, Li 2017; Evans, Malcom 2019). Terénní průzkumy nedokáží udržovat tempo s rychlostí, s jakou se krajina kolem nás neustále mění, což dává podnět k nalezení nových metod, schopných zmapovat rozsáhlá území v krátkém čase (Osborne, Alonso, Bryant 2001). Zmapováním těchto oblastí můžeme nalézt doposud neznámé lokality aktuálního výskytu druhů a vylepšit tak jejich management pro navýšení populací. Zároveň nám mapování nabídne přehled míst potenciálně vhodných pro reintrodukcii populací, jelikož takto zmapovaná území budou splňovat předem zadaná kritéria esenciální pro existenci druhu.

## 2. Literární rešerše a úvod do problematiky

### 2.1 Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země (DPZ), z ang. „*remote sensing*“, je pojem vymezený od poloviny 50. let 20. stol. americkou geografkou Evelyn L. Pruitt (1918–2000), působící v U.S. Office of Naval Research. Zcela první letecký snímek byl však pořízen již o 102 let dříve roku 1858 francouzským fotografem a portrétistou Gaspard-Félix Tournachonem (později známým též jako *Nadar*) z horkovzdušného balónu nad Bièvre Valley (Baumann 2014).

DPZ v obecném slova smyslu je souhrnem všech metod a přístupů pro pozorování objektů a jevů na zemském povrchu, aniž by došlo k jejich přímému fyzickému kontaktu – jedná se o tzv. distanční metody (Plánka 2019a).

Svého uplatnění DPZ nalezne v široké řadě oborů lidské činnosti, od vědeckých účelů přes státní správu až po průmysl či agentury životního prostředí. Metody dálkového průzkumu umožňují sledovat náhlé změny v přírodním i antropogenním prostředí stejně tak jako pozvolné trendy v čase. Díky nim je možno získat vysoce kvalitní data i z těžko dostupných míst (Žížala, Novák 2011). Mimo tradičního mapování změn a stavu vegetace je DPZ široce využíváno pro monitoring rozličných krajinných struktur či jevů, jako např. potenciálních záplavových oblastí (Wu a kol. 2012), půdní salinity (Alkhaier 2003), minerálního potenciálu (Bonham-Carter 1989), detekci podpovrchových vodních vírů (Aleynik, Chepurin, Goncharov 2002) či mapování hrozby lavin (Eckerstorfer a kol. 2014) atd.

Velmi významným nástrojem je dálkový průzkum v oblasti environmentálních a ekologických studií (He a kol. 2015; Cohen, Goward 2004; Tucker a kol. 1985; Kerr, Ostrovsky

2003; Weng 2009; Xie, Sha, Yu 2008). Zcela novým přístupem ve výzkumu environmentálně-ekologických otázek je aplikace družicových dat o vysokém prostorovém i spektrálním rozlišení, pokrývající území, které by jinak nebylo možno zmapovat terénními metodami. Dostupné snímky tak vstupují do řady ekologických aplikací zaměřených na detekci přirozených i antropogenních změn v krajině na všech prostorových úrovních, predikci šíření druhů, vliv krajinné mozaiky na druhovou rozmanitost a identifikaci a detekci biologicky-fyzikálních charakteristik habitatů živočišných druhů (Kerr, Ostrovsky 2003).

### 2.1.1 Metody DPZ

DPZ se zabývá pořizováním leteckých a družicových snímků, jejich zpracováním na přijímacích stanicích a následnou interpretací či klasifikací tematických a topografických charakteristik objektů na snímku. Metody DPZ můžeme dělit na základě různých kritérií. Jedním z možného dělení je dle způsobu záznamu obrazu na **a) konvenční**, kde výsledkem je analogový záznam (fotografie) vyvolaný v jednom konkrétním časovém okamžiku, kvalita obrazu přímo závisí na počasí a je geometricky přesný, a za **b) nekonvenční**, kdy finálním produktem je postupně vznikající digitální snímek složený z elementárních obrazových částí – pixelů – nesoucí odrazivé informace o snímaném povrchu, kvalita jeho obrazu je méně ovlivněna stavem počasí (Dobrovolný 1998).

Jinými možnostmi dělení metod DPZ mohou být na základě zdroje zachycované energie na **a) aktivní** – zachycení umělého záření vyslaného samotným přístrojem (radar) či **b) pasivní** – záznam odraženého přirozeného slunečního záření. Dále také podle druhu nosiče (letadlo, družice, ...), dle zaznamenané části elektromagnetického spektra či dle velikosti snímaného území (Dobrovolný 2019).

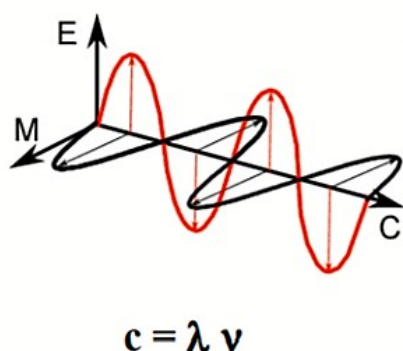
### 2.1.2 Principy distančního snímkování

Principem družicového snímkování je zaznamenávání intenzity odraženého či emitovaného elektromagnetického záření od zemského povrchu v určitém intervalu elektromagnetického spektra (Čapek 1987). Elektromagnetické záření je tak v DPZ nositelem informace (Plánka 2019b).

Elektromagnetické pole je tvořeno vlnami s elektrickou a magnetickou složkou, jejichž vektory jsou na sebe navzájem kolmé (obrázek 1) při šíření v homogenním izotropním prostředí (Kolář 1990). Velikost elektrické složky  $E$  i magnetické složky  $H$  se nazývá **amplituda**, přičemž velikost se mění periodicky v čase  $t$ :

$$E = E \sin(t), H = H \sin(t).$$

Obrázek 1: Složky elektromagnetického záření



E = vlna elektrického pole  
M = vlna magnetického pole  
c = rychlost světla

Charakteristiky záření:  
 $\lambda$  = vlnová délka  
 $\nu$  = frekvence (f)

Zdroj: Dobrovolný 2019a

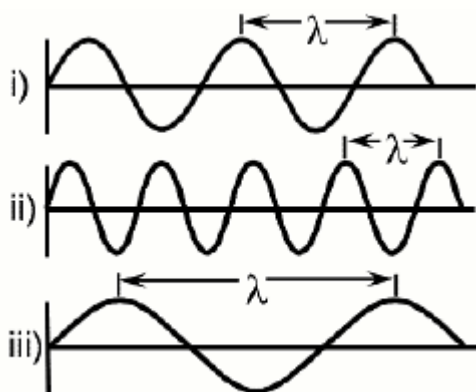
Skalárním součinem obou velikostí složek získáme intenzitu záření  $M$  [W/m<sup>2</sup>]:

$$M = E \cdot H.$$

Vlnová délka  $\lambda$  [μm], pomocí které se udává rozsah elektromagnetického spektra, je vzdáleností mezi sousedními vrcholy sinusoid, přičemž platí:

$$\lambda = c \cdot T = c/f$$

Obrázek 2: Vlnová délka



**Jednotky vlnové délky:**

- nanometr 10<sup>-9</sup> m (nm)
- mikrometr 10<sup>-6</sup> m (μm)
- centimetr 10<sup>-2</sup> m (cm)
- metr 10<sup>0</sup> m
- kilometr 10<sup>3</sup> m (km)

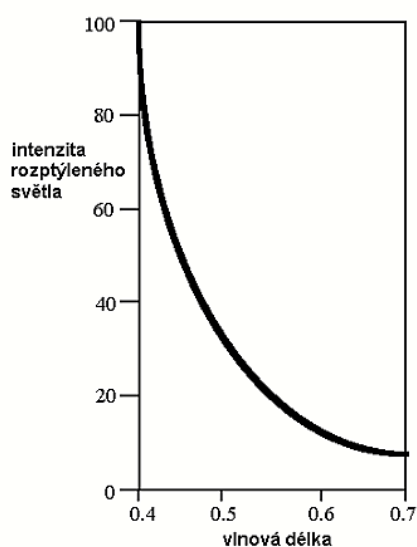
Zdroj: Dobrovolný 2019a

kde c je rychlost světla (cca 3×10<sup>8</sup> km.s<sup>-1</sup>) a T [s] je doba jedné periody (Plánka 2019b). Perioda T je doba jednoho cyklu mezi následnými stejnými velikostmi složky sinusoidy (vrcholy). Frekvence f [Hz] udává počet cyklů za sekundu:

$$f = 1/T$$



Elektromagnetická energie je generována rozličnými mechanismy, jakými jsou např. změny v energetické hladině elektronů, rozpad radioaktivních částic či tepelný pohyb atomů a molekul. Nukleární reakce probíhající na Slunci produkují kompletní spektrum elektromagnetického záření, jehož charakteristiky se mění při průchodu zemskou atmosférou (Campbell, Randolph 2011). Před dosažením zemského povrchu dochází k částečnému rozptylu, refrakci a pohlcování záření. Vliv atmosféry na změny vlastností záření závisí na a) délce dráhy, jakou záření prochází atmosférou, b) velikosti emitovaného signálu, c) atmosférických podmínkách a d) vlnové délce. S rostoucí vlnovou délkou se snižuje množství obsažené energie (viz obrázek 3) (Dobrovolný 1998).



Obrázek 3: Závislost rozptylu záření v atmosféře na vlnové délce

**Pozn.:** Intenzita molekulárního rozptylu je nepřímo úměrná čtvrté mocnině vlnové délky.

Modré světlo ( $\lambda = 0,4 \mu\text{m}$ ) je rozptylováno 16krát více než IR záření o  $\lambda = 0,8 \mu\text{m}$ .

Zdroj: Dobrovolný 2019b

Širší úseky elektromagnetického spektra, jež leží za hranicí lidského vnímání, vyžadují nasazení přístrojové techniky, která je schopna jevy nejen registrovat, ale zároveň kvantifikovat jejich velikost – tj. zaznamenat informaci v číselné podobě. Tato číselná hodnota udává velikost odrazivosti či emisivity, jedná se o tzv. *digital number* (DN) (Lillesand a kol. 2004, cit. Honková 2008, s. 11). Celkový rozsah frekvence elektromagnetického záření je cca 10<sup>4</sup> Hz – 10<sup>23</sup> Hz (Plánka 2019b).

Campbell a Randolph (2011) uvádějí, že na základě poznatků o intenzitě odráženého/emitovaného záření, jeho chování během průchodu zemskou atmosférou a následnou interakcí se zemskými prvky můžeme charakterizovat společné znaky určitých tříd povrchu, jakými jsou vegetace, půda, vodní plochy atd. a na základě automatizovaných klasifikací tyto poznatky analogicky aplikovat na širší oblast zájmu.

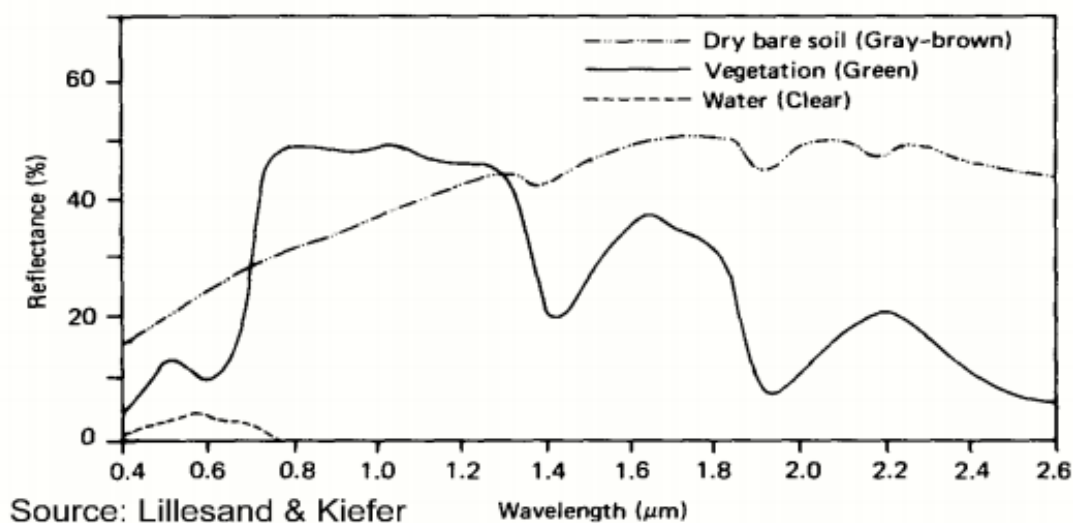
### 2.1.3 Odrazivé vlastnosti objektů

Elektromagnetické záření, jež při průchodu atmosférou nebylo absorbováno ani rozptýleno, dosáhne zemského povrchu – hovoříme o tzv. interakci se zemským povrchem (Ajith a kol. 2016). Dopadající elektromagnetická vlna vyvolá na povrchu tělesa oscilační pohyb elektrických nábojů, který zapříčiní vznik sekundární elektromagnetické vlny. Dle směru šíření se sekundární vlny liší na prošlé (pokračují ve svém pohybu), rozptýlené, odražené či pohlcené (Plánka 2019c). DPZ zkoumá tu část záření, u něhož došlo k odrazu od povrchu objektu. Množství odražené energie elektromagnetického záření závisí jednak na druhu objektu (chemickém složení) a jeho fyzikálním stavu (obsah vlhkosti), tak i na okolních podmínkách prostředí (propustnost atmosféry). Množství odraženého záření je charakterizováno tzv. **spektrální odrazivostí**  $\rho(\lambda)$  (Kolář 1990). Ta udává poměr mezi intenzitou záření odraženého ( $M_r$ ) ku intenzitě záření dopadajícímu ( $M_i$ ) na daném intervalu vlnové délky  $\lambda$ :

$$\rho(\lambda) = \frac{M_r(\lambda)}{M_i(\lambda)} \cdot 100 [\%]$$

Každá existující látka na zemském povrchu se vyznačuje vlastní spektrální charakteristikou neboli spektrálním chováním (Honková 2008). Spektrální chování objektů napříč intervalem vlnové délky popisuje **spektrální křivka odrazivosti**. Křivka vyjadřuje vztah mezi hodnotou odrazivosti v závislosti na  $\lambda$ . Na základě průběhu křivky je možno definovat takový interval  $\lambda$ , v němž lze daný hledaný povrch odlišit od ostatních povrchů nejznatelněji. Zároveň platí, že stejné kategorie povrchů (vegetace, voda, zástavba, ...) mají vždy svůj typický spektrální průběh (Dobrovolný 2019c).

*Graf 1: Průběh spektrálních křivek modelových kategorií povrchu: holá suchá půda, zelená vegetace, čirá voda*



Průběh hodnot odrazivosti holé půdy je oproti spektrální křivce vegetace a vody podstatně vyrovnanější (graf 1). Odrazivost holé půdy je ovlivněna několika faktory, které spolu navzájem souvisí, nejsou však vázány na konkrétní spektrální pásma. Těmito faktory mohou být půdní vlhkost, půdní textura (podíl písku, jílu, ...), hrubost či obsah oxidů železa a organické hmoty. Obsah půdní vody je přímo ovlivněn půdní texturou – hrubší písčité půdy mají zhoršenou retenční schopnost a jsou tak sušší, přičemž čím více vody půda obsahuje, tím více její odrazivost klesá (Humboldt State Geospatial online 2018).

Voda mimo skutečnost, že se v krajině vyskytuje samostatně a v různých skupenstvích, může také modifikovat spektrální chování látek, v nichž je obsažena (Dobrovolný 1998). V kapalném skupenství má voda velmi nízkou odrazivost na všech vlnových délkách, typickým rysem je její vysoká propustnost elektromagnetického záření s maximem v modré a zelené části spektra (Ajith a kol. 2016). „V infračervené části spektra se voda chová téměř jako absolutně černé těleso – intenzivně pohlcuje záření a na snímcích se jeví jako nejtmaší“ (Dobrovolný 2019c). Se zvýšeným obsahem příměsí sedimentů způsobených erozí je odrazivost vod ve viditelné části spektra přirozeně vyšší (Ajith a kol. 2016).

Pro odrazivost přírodních povrchů se také využívá pojmu **albedo**. **Albedo** je charakterizováno jako podíl slunečního záření o všech vlnových délkách odraženého od povrchu ku záření dopadajícímu (The Encyklopedia of Earth 2018). „Albedo ve výšce  $h$  je dáno poměrem toku záření odcházejícího z atmosféry pod výškou  $h$  směrem nahoru k toku záření přicházejícího na této výšce do atmosféry směrem k Zemi. Definice albeda tak nezahrnuje jen přímé sluneční záření, ale také záření rozptýlené atmosférou“ (Plánka 2019c).

### **Spektrální projev vegetace**

Odrazivost zdravé a zelené vegetace je převážně formována třemi znaky: a) obsahem pigmentačních látek, především chlorofylu, b) morfologií listu a c) obsahem vody souvisejícím se zdravotním stavem rostlin. Na základě těchto charakteristik definujeme 3 oblasti intervalu vlnové délky, ve kterých dochází k proměnám v odrazivosti vegetace (Dobrovolný 1998).

Oblast pigmentační absorpce (0,4 – 0,7  $\mu\text{m}$ ) je charakterizována nízkou odrazivostí ve viditelné části spektra. Chlorofyl a karoteny obsažené v listech pohlcují 70–90 % dopadajícího záření v modré a červené části spektra. Lidskému oku se proto taková vegetace jeví jako zelená. Oblast buněčné struktury (0,7 – 1,3  $\mu\text{m}$ ) naopak zaznamenává vysoký nárůst hodnot odrazivosti v IR části spektra. Zde je spektrální chování vegetace ovlivňováno morfologií listů, lze proto odlišit mezi jednotlivými druhy rostlin, které se ve viditelné části jeví jako totožné. Odrazivost vegetace v oblasti vodní absorpce (1,3 – 3,0  $\mu\text{m}$ ) je nepřímou úměrná obsahu vody v listu. Interval této  $\lambda$  se využívají při hodnocení zdraví, popř. stresu rostlin (Kolář 1990).

S výzkumem odrazivých vlastností objektů, zejména pak vegetace, se často setkáváme v souvislosti se zemědělstvím. Automatizovaného a celoplošného snímání ve zvolených spektrálních intervalech je nejvíce využíváno při detekci konkrétních plodin či nechtěného plevele a zhodnocení místních přírodních podmínek pro zefektivnění půdního managementu. Příkladem takových studií mohou být monitoring stavu a zdraví rýžových polí při rozličném zacházení za využití spektrální odrazivosti chlorofylu obsaženého v listech rostlin (Zhang a kol. 2011), zjištění závislosti objemu úrody obilí na půdní vlhkosti a teplotě (Gizaw, Garland-Campbell, Carter 2016), detekce a efektivní management plevele na základě spektrálních znaků typických pro odlišné rostlinné typy (Akbarzadeh a kol. 2018) či sledování zdraví polí a boj s počínajícími chorobami rostlin (Bravo a kol. 2003).

Kvantifikace odlišností ve spektrálních charakteristikách látek tak umožňují diferenciovat jednotlivé kategorie pokryvů. Obdobné spektrální projevy různých typů povrchů však vedou k zavádějícím klasifikacím (Ajith a kol. 2016).

## 2.2 Klasifikace

Klasifikace je automatizovaný proces, při němž dochází k rozřazování jednotlivých obrazových prvků (pixelů) do informačních tříd (Roubalová 2017). Automatické klasifikace lze rozdělit do dvou skupin dle principu fungování na bodové klasifikace (*per-pixel*) a objektové klasifikace (prostorové). Bodové klasifikace vyhodnocují obrazová data na základě spektrálního chování pixelů tvořících jednotlivé objekty. Oproti tomu objektové klasifikace zahrnují do rozhodovacích pravidel také geografické a kontextuální informace o objektu. Rozhodovací pravidla jsou souhrnem kritérií definujících naše požadavky na provedení klasifikace, obecně nazývaných klasifikátory. Pomocí klasifikátoru jsou obrazové prvky rozřazovány do předem stanovených informačních (popř. spektrálních) tříd (Kolář 1990).

Klasifikace a mapování vegetace je významným nástrojem pro management přírodních zdrojů, jelikož vegetace poskytuje jednak základ pro život veškerým živým organismům na Zemi, ale také hraje přední roli v ovlivňování globálních změn klimatu (Xiao a kol. 2004, cit. Xie, Sha, Yu 2008, s. 9). Kvantifikování vegetačního pokryvu napomáhá k lepšímu porozumění vztahu mezi přirozeným a člověkem pozmeněným prostředím. Pravidelnou analýzou změn krajinné struktury na lokální/globální úrovni můžeme sledovat dlouhodobý vývoj prostředí a detekovat oblasti se zvýšenou potřebou ochrany a obnovy přirozených habitatů (He a kol. 2005).

## 2.3 Neřízená klasifikace

Neřízenou klasifikací rozumíme takovou *per-pixel* klasifikační metodu, ve které nedochází k tvorbě ani užití tzv. trénovacích ploch (viz kapitola 2.4). Principem těchto algoritmů

je přiřazování neznámých pixelů ve scéně do skupin na základě své vzájemné blízkosti ve vícerozměrném, neboli příznakovém, prostoru dle svých spektrálních vlastností (Dobrovolný 1998). Blízké pixely stejných spektrálních skupin tvoří v příznakovém prostoru shluky. Pixely ostatních skupin jsou naopak od sebe dobře rozlišitelné. Pro detekci jednotlivých spektrálních tříd využívá neřízená klasifikace vícerozměrnou statistickou metodu tzv. **shlukové analýzy** (Kolář 1990).

Shluková analýza rozdělí pixely do navzájem odlišných spektrálních tříd, jejichž počet je na počátku zadán uživatelem. Počet tříd by měl mnohonásobně převyšovat počet hledaných kategorií. Algoritmus nejprve určí počáteční polohy centroidu každého shluku a následně k centroidům přiřazuje takové pixely, jež k nim mají v příznakovém prostoru nejbližší. Naopak maximalizuje vzdálenost mezi jednotlivými centroidy navzájem. Z nově vytvořených shluků dojde k vygenerování nového centroidu, přičemž celý proces je opakován tolikrát, dokud nedojde ke splnění některých z limitních podmínek stanovených na počátku v klasifikátoru – počet iterací (=opakování), míra změny polohy centroidu či hraniční počet pixelů měnících svoji polohu vůči shluku (Dobrovolný 1998). Finálním krokem je agregace výsledných spektrálních tříd do požadovaných tříd informačních (Kolář 1990).

Nejběžněji používanými algoritmy neřízené klasifikace jsou **K-means** a **ISOData**, přičemž algoritmus ISOData je rozšířením algoritmu K-Means, obsahujícím v klasifikátoru také specifikace o homogenitě/heterogenitě klasifikovaných shluků a podmínek jejich slučování, popř. rozdělování (Dobrovolný 1998).

## 2.4 Řízená klasifikace

Řízená klasifikace se skládá ze dvou fází – trénovací etapy a vlastního výpočtu klasifikace. Cílem první fáze je vytvoření tzv. trénovacích ploch (množin), představujících zástupce známých kategorií pokryvu, které by měly být na snímku identifikovány. Tvorba trénovacích množin je nejdůležitější částí klasifikačního procesu. Trénovací data podléhají řadě podmínek, které musejí splňovat. Data musejí být jednak kompletní, tj. nasbírány musí být pixely ze všech kategorií hledaných tříd, a jednak reprezentativní. Reprezentativnost zahrnuje kritéria od správného počtu a velikosti ploch, rovnoměrného rozložení až po spektrální homogenitu jednotlivých polygonů (tj. neobsahovat pixely okrajů ploch). Minimální počet pixelů tvořících jednu plochu musí podléhat pravidlu  $N + 1$ , kde  $N$  je počet spektrálních pásem vstupujících do klasifikace (Dobrovolný 1998).

Pro každou kategorii definovanou trénovacími množinami jsou následně vypočítány statistické charakteristiky spektrálních příznaků, na základě kterých jsou dle zvoleného klasifikátoru rozdělovány pixely obrazu do určitých tříd v příznakovém prostoru (Dobrovolný

1998). Mezi využívané algoritmy pro výpočet řízené klasifikace patří: minimální vzdálenost, k-nejbližších sousedů (KNN), klasifikátor pravouhelníků, metoda maximální pravděpodobnosti (Maximum Likelihood), Bayesovský klasifikátor či Support Vector Machine (SVM) (Kolář 1990; Kotsiantis 2007).

## 2.5 Vegetační indexy

Vegetační indexy (VI) jsou nástroje spektrálního zvýraznění obrazových složek vyvinuté ke kvalitativnímu a kvantitativnímu zhodnocení vegetace (Bannari a kol. 1995). Principem výpočtu vegetačních indexů jsou matematické operace využívající většinou poměry hodnot odrazivosti vegetace v pásmu maximálního odrazu (NIR) a v pásmu intenzivního pohlcení (Red) (Dobrovolný 1998). Spektrální odrazivost území pokrytých vegetací je ovlivněna souborem vlivů vlastností vegetace, půdní vlhkosti, půdního zbarvení, stínů a environmentálních a atmosférických efektů (Bannari a kol. 1995). Do současnosti bylo definováno značné množství VIs (dle Bannari a kol. (1995) bylo vyvinuto více než 40 VIs), od velmi jednoduchých po složité a komplexní výpočty různých kombinací pásem, snažících se eliminovat vlivy výše zmíněných externích činitelů (Payero, Neale, Wright 2003). VIs jsou široce využívanými instrumenty k hodnocení stavu a změn land use, zjištění hustoty vegetačního pokryvu či ke zlepšení výsledků klasifikací (Baret 1986, cit. Payero, Neale, Wright 2003, s. 96). Výběr správného VI pro analýzu zkoumaného pokryvu je silně vázán na druh vegetace, jaký chceme měřit. Řada výzkumů se zabývá porovnáním výkonů různých indexů na hodnocení stavu odlišných vegetačních druhů (Payero, Neale, Wright 2003, Purevdorj a kol. 2010, Raghavendra, Aslam 2016).

Níže je uveden výčet některých nejčastěji užívaných vegetačních indexů:

- **RVI (Ratio Vegetation Index)**

Index byl poprvé definovaný roku 1972 Pearsonem a Millerem jako jeden ze dvou prvních poměrových vegetačních indexů:

$$RVI = R/NIR$$

kde R je průměrná odrazivost v červeném pásmu a NIR hodnota odrazivosti v IR pásmu (Bannari a kol. 1995). RVI je schopen monitorovat intenzitu vegetace, je však náchylný k atmosférickým vlivům a jeho citlivost je velmi malá při vegetačním pokryvu méně než 50 % (Jackson, Slater, Pinter 1983).

- **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)**

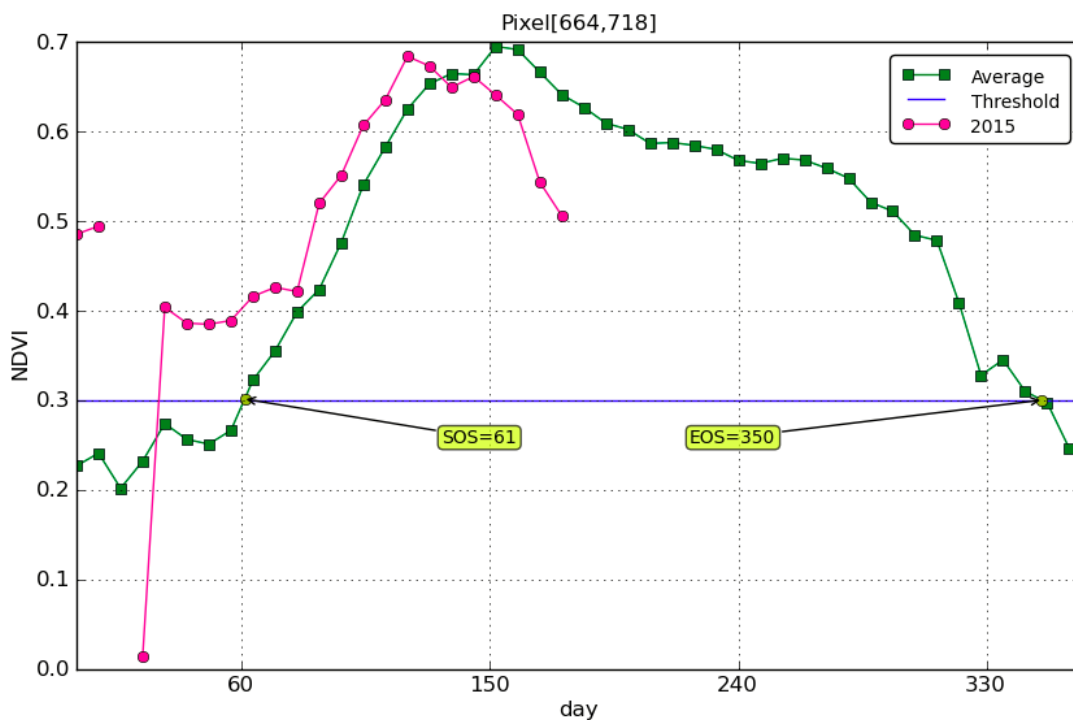
Za poslední desetiletí dosáhl významného rozvoje index NDVI (Rouse a kol. 1974):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

který vyjadřuje poměr mezi rozdílem odrazivých hodnot chlorofylu v IR a červené části spektra ku jejich součtu. NDVI se teoreticky pohybuje v rozmezí od -1 do 1 (Dobrovolný 1998). Zdravé zelené listy vegetace silně pohlcují viditelnou část elektromagnetického spektra, zejména v červeném a modrém intervalu, zatímco v IR části nedochází k téměř žádné absorpci (Jensen 2007, cit. Pettoreli a kol. 2011, s. 16). Zdravá a hustá vegetace tak dosahuje kladných hodnot NDVI (prakticky od 0,05 do 0,8). Hodnoty NDVI kolem nuly vykazují zejména pokryvy jako holá půda, sníh, oblačnost a zástavba, zatímco záporné hodnoty indikují vodní plochy (Neight a kol 2008, cit. Pettoreli a kol 2011, s. 16). NDVI poskytuje přibližný odhad zdravotního stavu vegetace a fotosyntetické aktivity. Umožňuje nám sledovat proměny intenzit vegetace v čase a prostoru a hodnotit dopady přírodních disturbancí jako sucho, požáry, povodně či škůdci (Pettoreli a kol 2011).

Zejména díky široké dostupnosti extrahovaných dat NDVI charakterizující oblasti různých prostorových úrovní, poskytovaných již od roku 1981, se NDVI dostává oblibě v ekologii a výzkumech dlouhodobých změn krajiny stejně tak jako rozšíření živočišných druhů (Pettoreli a kol. 2005). Jednou z možných platforem

Obrázek 4: Graf průměrných denních hodnot NDVI mezi lety 2001-2015 pro území Velkých Pavlovic, okres Břeclav, Jihomoravský kraj



**Pozn.:** SOS – začátek sezóny (start of season), EOS – konec sezóny (end of season)  
**zdroj:** Land surface phenology of Europe 2012

ke zjištění průměrné hodnoty NDVI pro zvolený pixel v rámci území Evropy mezi lety 2001-2015 je aplikace *Land surface phenology of Europe* (de Beurs, de Beurs 2012). Mimo graf zobrazující průběh hodnot NDVI data poskytují informace o začátku a konci sezóny a 95% interval spolehlivosti pro zjištění temporální proměnlivosti hodnot (Obrázek 4).

- **TVI (Transformed Vegetation Index)**

TVI byl svým výpočtem odvozen z již dříve definovaného NDVI pomocí vztahu:

$$TVI = (NDVI + 0,5)^{0,5}$$

zejména pro eliminování záporných hodnot (Rouse a kol. 1974). Roztažením původních hodnot NDVI jsou tak v praxi výstupy TVI mnohem citlivější na odlišení krátkostébelných pokryvů (Payero, Neale, Wright 2003). Během výzkumu Payera, Neale a Wrighta (2003) bylo zjištěno, že TVI vykazovalo velmi podobné hodnoty pro porosty dosahující výšky 0,45 m a výše, zatímco u nižších porostů byly odchylky hodnot mezi porosty lišící se výškou minimálně velmi vysoké. Teoreticky se hodnoty TVI nachází v rozmezí od -0,707 do 1,225.

- Další rozšířené vegetační indexy: **DVI** (Difference Vegetation Index), **SAVI** (Soil-adjusted Vegetation Index), **EVI** (Enhanced Vegetation Index), **LAI** (Leaf Area Index), ...

## 2.6 Výzkum a identifikace habitatů za pomoci metod DPZ

Mapování habitatů za pomoci analýz satelitních snímků napomáhalo biologům a ekologům již od 80. let minulého století a s postupně rostoucími nároky na monitoring a ochranu přírody nabývá stále většího významu (He a kol. 2015; Laperriere a kol. 1980; Belward a kol. 1988; Avery a Haines-Young 1990; Craighead a kol. 1988; Chen, Liew, Kwoh 2017; Zharikov a kol. 2018). Přesto je však využití DPZ v ekologii oproti jiným disciplínám spíše v pozadí. Důvodem mohou být dle prof. Davida W. Johnstona z Duke University's Nicholas School of the Environment (cit. Connif 2017) tradiční přístupy ekologů upřednostňující spíše terénní průzkum objektu zájmu.

Do dnešní doby byla objevena řada komplexních modelovacích nástrojů pro předvídání výskytu a rozšíření živočišných, ale také rostlinných druhů, v literatuře označovaných jako *Species Distribution Models* (modely rozšíření druhů), zkráceně *SDMs* (He a kol. 2015), a *Habitat Suitability Models* (modely vhodnosti habitatů), zkr. *HSMs* (Bradley a kol. 2012). Do SDMs i HSMs vstupují vždy zpravidla dvě proměnné tzv. *response variable* (data o aktuálním výskytu druhu) a *predictor variable* (data kategorizující analyzované území do informačních tříd – land cover, land



use, klimatické mapy, ...) (Bradley a kol. 2012). Prostorová data o výskytu druhů mohou existovat ve dvou formách, jako bodové vrstvy či polygonové mapy rozšíření. V případě, že do modelu vstupují bodová data, hovoříme o SDMs, které vyhodnocují rozšíření druhu na základě souhrnu všech environmentálních proměnných (typu pokryvu, vegetace, teploty atp.) v konkrétních lokalitách osídlených jedinci. Pokud model vzájemně kombinuje environmentální proměnné s polygonovými hranicemi výskytu druhu, jedná se o HSMs. Přístup skrze HSMs je nutno v závěru validovat dle bodové vrstvy výskytů pro zjištění přesnosti modelu (Boitani a kol. 2011).

Existují dva nejrozšířenější přístupy pro analýzu habitatů z hlediska předmětu výzkumu: **a) monitoring změn** stavu habitatů (McCarthy, Halls 2013; Evans, Li 2017; Evans, Malcom 2019) a **b) detekce vhodnosti** mapovaného území být daným habitatem, tj. přístup skrze HSMs (Jobin, Grenier, Laporte 2005; Hayes a kol. 1985; Laperriere a kol. 1980). Je mnoho studií popisující metody, jakými lze identifikovat potencionální habitaty živočichů. Výzkum Fergusona (1990) pro detekci a klasifikaci habitatů pižmoně využívá 2 klasifikačních metod – řízené a neřízené klasifikace (pomocí algoritmu *Maximum likelihood*) – aplikovaných na 1.-5. a 7. pásmo snímků Landsat TM. Důraz byl kladen na přesné vyklasifikování předem známého vegetačního pokryvu, na nějž je pižmoň svým výskytem silně vázán. Metody využití ve výzkumu dostupnosti hnízdních habitatů ohroženého ťuhýka amerického (Jobin, Grenier, Laporte 2005) se zaměřovaly na lokaci oblastí s četným zastoupením pastvin (pokryv spjatý s výskytem druhu) a následného výpočtu vybraných krajinných metrik na vyselektované vrstvě pastvin pro celé sledované území. Kritéria výskytu (tj. hodnoty krajinných metrik důležité pro existenci habitatu) byla nejprve vypočítána na předem známých hnízdních lokalitách ťuhýka, až poté analogicky aplikována na celek. Obdobné postupy využívali také Hayes a kol. (1985) během studie habitatů larev komára s využitím časové řady snímků Landsat 1 a 2. Cílem bylo vyklasifikování zkoumané oblasti kolem Lewis a Clark Lake mezi Jižní Dakotou a Nebraskou pomocí metody řízené klasifikace. Trénovací data byla postupně nasbírána mezi lety 1975-1976 a obsahovala záznamy o existujících typech vegetace, vyskytujících se v místech nejhustšího výskytu komářích larev. Klasifikační výstup byl poté konfrontován s reálnými daty, přičemž snaha byla o co nejpřesnější detekci periodicky či občasně zavodněných oblastí.

Studie využívající pro vstup do modelů SDMs či HSMs satelitní snímky se obvykle řídí stejným schématem. Prvním krokem je terénní průzkum oblastí s aktuálním výskytem druhu. Druhým krokem je digitalizace získaných dat a na jejich základě definování kritérií, jež limitují existenci jedinců na daném místě. Poté následuje výběr konkrétního klasifikačního schématu, dle kterého dojde ke kategorizaci povrchu na základě spektrálních příznaků do tříd ekologicky relevantních danému druhu (Aspinall, Veitch 1993). Finálním krokem je validace obdržených výsledků skrze jejich zpětnou konfrontaci s reálným pokryvem či vrstvou výskytu druhu. Podmínkou výše zmíněných analýz habitatů byl předpoklad, že se zkoumaný druh vyskytuje

na předem známé konkrétní kategorii/kategoriích pokryvu (louky a graminoidní tundry u pižmoně, pastviny u tůhýka, vodní společenstva u komára, ...), které bylo možno s dostatečnou přesností vyklasifikovat. Problém nastává v momentu, kdy se daný živočišný druh vyskytuje nezávisle na třídě pokryvu, ale jeho osídlování je podmíněno jinými mechanismy, jako např. intenzitou vegetace, dostupností potravy, krajinnou strukturou, návazností na pravidelný management lokality apod., jako tomu je u sysla obecného. V takovém případě je nutno využít obecného postupu modelování HSMS. Některé studie se sice blíže zaměřují na zhodnocení závislosti vertikální struktury vegetace na výběru habitatu, zdrojem dat však bylo radarové snímání, nikoliv družicové snímky (Vierling a kol. 2013).

## 2.7 Sysel obecný (*Spermophilus citellus*)

### 2.7.1 Taxonomické zařazení

Sysel obecný *Spermophilus Citellus* je jediným u nás žijícím zástupcem tribu<sup>1</sup> *Marmotini* Pockock, 1923, tzv. zemních veverek (Matějů 2012), poprvé popsáným roku 1766 švédským přírodovědcem Linném v knize *Systema naturæ* (Linnaeus 1766).

Tribus Marmotini je významným taxonem monofyletické<sup>2</sup> čeledi *Sciuridae* (veverkovití), řádu *Rodentia* (hlodavci). *Sciuridae* je jedna z nejvíce rozmanitých a nejrozšířenějších čeledí savců (Herron 2003; Stepan, Storz, Hoffmann 2003). Dle Nowaka (1999) a McKenna a Bell (1997, cit. Herron 2003, s. 1015) zde nalezneme přes více než 270 druhů z 50 rodů obývajících všechny kontinenty vyjma Austrálie a Antarktidy, od aridních pouští přes mírné a tropické deštné lesy až po alpínskou květenu (Hayssen 2008).

### 2.7.2 Biologická charakteristika

Sysel obecný je drobnější hlodavec žlutohnědé, rezavohnědé až šedožluté barvy srsti s mírně světlými skvrnami na hřbetní straně těla. Spodní část těla nabývá jednolitě žlutého zbarvení, zatímco bílé zůstávají pouze břicho, krk a blízké okolí očí. O náležitosti druhu k řádu hlodavci svědčí zejména jeho „hlodavý chrup“, který je tvořen 22 zuby s nápadně dlouhými dlátovitými předními řezáky, jež nepřetržitě dorůstají během celého životního cyklu sysla (Uhlíková a kol. 2009).

Charakteristickými znaky jsou dále krátký ocas a malé ušní boltce nepatrně vyčnívající z přiléhající srsti (Anděra 2003). Krátký ocas je častým společným znakem všech příslušníků

---

<sup>1</sup> Tribus = taxonomické kategorie; hierarchicky níže než čeleď a zároveň výše než rod (Wikipedia 2019).

<sup>2</sup> Monofyletismus = stav, kdy určitá taxonomická skupina zahrnuje členy jedné fylogenetické linie.

ekologicko-energetického profilu zemních veverka (Hayssen 2008) ovlivněným fylogenezí<sup>3</sup>, způsobem pohybu jedinců a prostředím, ve kterém k pohybu dochází (na zemi; v korunách stromů), a nakonec pohlavím (březost samic a tím jejich zvýšená fyzická zátěž má přímé dopady na externí morfologické znaky, jakými je např. délka ocasu).

Váha sysla obecného je v průběhu roku značně variabilní a přímo závislá na pohlaví, věku jedince a ročním období (Millesi a kol. 1999). Obecně zůstávají samci těžší během celého roku, a to až o 1/3 hmotnosti samic (Matějů a kol. 2007; Uhlíková a kol. 2009). Nejnižších hodnot dosahuje jejich tělesná hmotnost bezprostředně po probuzení z hibernace během března až dubna a liší se vzájemně u samců (min = 280 g) a samic (min = 145 g) (Matějů 2008). Během hibernace ztrácí jedinci sysla obecného ¼ až 1/3 své hmotnosti (Uhlíková a kol. 2009). Naopak nejvyšších hodnot nabírá váha syslů těsně před nástupem hibernace, kdy maximální zjištěná hmotnost samce v nejzápadněji se vyskytující kolonii v Olšových Vratech byla 520 g, hmotnost samice pouze 430 g (Matějů 2008). V tomto období je tělesná hmotnost dospělých ( $\geq 2$  roky) i ročních samců totožná, přestože těsně po hibernaci jsou dospělí jedinci výrazně těžší než jednoletá zvířata (Millesi a kol. 1999). Průměrná hmotnost samic sysla obecného byla na základě analýzy Hayssen (2008) tělesných znaků veverkaovitých, kdy bylo zkoumáno celkové množství 4 614 jedinců čeledi, zjištěna na 202,3 g, váha samců se pohybovala okolo 255,7 g.

Průměrná délka těla i s ocasem se pohybuje v rozmezí 181 až 237 mm (Grulich 1960).

### 2.7.3 Socialita a životní strategie

Sysel obecný žije pospolitě ve více či méně početných koloniích, jejichž rozšíření napříč Evropou kontinuálně klesá (Hulová, Sedláček 2007). Členové kolonie mezi sebou udržují stálý vizuální kontakt a dorozumívají se pomocí pachových značek a celé škály hlasových projevů různého významu. V rámci kolonie si každý jedinec vymezuje svá teritoria a rozsáhlejší domovské okrsky. Velikost teritorií je dána především pohlavím a kvalitou potravy dostupné na dané lokalitě (Uhlíková a kol. 2009). Poměrové rozložení pohlaví sysla obecného je u reprodukčně aktivních jedinců v rámci kolonie ve prospěch samic, přestože u mladých jedinců ( $\leq 1$  rok) je jejich poměr téměř vyrovnan. Důvodem převahy samičího pohlaví v dospělosti je zejména vysoká ztrátovost počtu samců v době aktivní sezóny, kdy mnoho jednoletých jedinců opouští své rodné kolonie ještě před dovršením pohlavní zralosti či se stane obětí predátorů. Roli hraje i úmrtnost mladých samců během první hibernace (Millesi a kol. 1999).

Na rozdíl od většiny savců se jedná o druh s denní aktivitou, přičemž 1/2 až 2/3 času stráveného na povrchu tráví hledáním potravy ve vzdálenosti do 30 m od své nory (Matějů a kol.

---

<sup>3</sup> Fylogenze = historický vývoj druhů.

2007). Denní aktivita sysla dosahuje 2 maxim, první nastává kolem 11. hodiny dopolední, druhé mezi 15-16 hodinou odpoledne, a jsou přímo závislé na klimatických faktorech (Kosnar 1979, cit. Novotná 2013, s. 10). Sysel si nevytváří zásoby potravy, vše, co zkonsumuje, se ukládá formou tukových zásob na zimu (Matějů 2008).

Stejně jako zbylí členové tribu zemních veverek sysli hnízdí, rozmnožují se a hibernují v norách (Hayssen 2008). Existují dva typy nor v závislosti na své funkci: úkrytové (dočasné) a trvalé (hnízdni) (Uhlíková a kol. 2009; Matějů a kol. 2007; AOPK ČR 2019a). Dočasné nory poskytují krátkodobý úkryt před potencionálním nebezpečím. Mají pouze jeden východ a dosahují délky 30-40 cm s rozšířeným na konci chodby. Trvalé nory vznikají postupným rozšiřováním nory úkrytové. Nacházejí se obvykle 30-50 cm pod povrchem, některé její části dosahují až do hloubky 1 metru (Matějů a kol. 2007). V optimálních místech nalezneme tzv. hnízdni komoru – jednu či více dutin o průměru 17-30 cm vystlaných stelivem, nejčastěji listy kostřavy (*Festuca pseudovina*) (Janák, Marhoul, Matějů 2013). Na noc a v době zimního spánku dochází k jejímu zaizolování odhrabanou zeminou (Uhlíková a kol. 2009; Matějů a kol. 2007)

Ihned po probuzení na přelomu března/dubna nastává období páření, která trvá 20–25 dní (Ružić 1978) nebo až 38 dní (Kosnar 1979, cit. Matějů a kol. 2007, s. 18). Samice dosahují pohlavní dospělosti již po první hibernaci, samci v prvním až druhém roce života (Millesi a kol. 1999). V jednom vrhu se může narodit až 11 mlád'at (v průměru však 5) o váze 4-6 g. Růst a dospívání mlád'at je velmi rychlé, již 17. den jsou zcela osrstěna a s vyrůstajícími řezáky, ve 28 dnech poprvé opouští noru za účelem hledání vlastní rostlinné stravy a ve stáří 50 dnů se plně osamostatňují a zakládají vlastní noru či obsadí již vytvořenou ve vzdálenosti 200-500 m od nory mateřské (Matějů a kol. 2007).

Maximální reálný věk dožití syslů obecných je 3-5 let (Grulich 1960, Ružić 1978). V terénu byl věk dožití samců zjištěn na 4 roky, samice se dožívaly déle, kolem 6 let (Hoffmann a kol. 2003). V laboratorních podmínkách se sysel může dožít až 9 let (Andjus a kol. 2000, cit. Janák, Marhoul, Matějů 2013, s. 11). Fakticky je věk syslů ve volné přírodě výrazně kratší z důvodu působení negativních vnějších vlivů, jakými jsou nemoci, predace, parazité či náhodné klimatické jevy, jež limitují věk jedince na pouhých 14 měsíců (Uhlíková a kol. 2009). Druh je přenašečem série zoonóz<sup>4</sup>, mezi něž náleží například mor (*Yersinia pestis*) či parazitičtí červi, jež byli předmětem výzkumu Stefanova a kol. (2001). V průměru zmizí v kolonii během roku až 70 % mladých jedinců, z toho více jak 20 % je zabito predátory. Velké procento ztrát je zapříčiněno přirozenou migrací členů do blízkých lokalit a liší se u jednotlivých pohlaví (Millesi a kol. 1999).

---

<sup>4</sup> Zoonóza = nákaza zvířat přenosná na člověka (SZÚ 2016).

#### 2.7.4 Potravní návyky

Hlavní složku potravy sysla (až 80 % celkového příjmu, Matějů a kol. 2007) tvoří desítky druhů rostlin a jejich částí, od listu až po semena či květy (AOPK ČR 2019a). Výjimečně sysel zkonsumuje také různé druhy obilí či části brambor nebo spadané ovoce (Janák, Marhoul, Matějů 2013). Březí a kojící samice požívají zejména smetánku lékařskou (*Taraxacum officinale*) (Uhlíková a kol. 2009).

Přestože sysla považujeme za výhradního býložravce, velký význam má i živočišná složka jeho potravy. Ta u samců tvoří 1/5 a u březích samic až 2/3 celkového objemu přijímané potravy a tvoří jí převážně hmyz ze skupiny *Caelifera* (saranče), *Ensifera* (kobyłka), *Lepidoptera* (motýli), *Coleoptera* (brouci) a *Hymenoptera* (blanokřídlí), dále například ponravy chroustů (druh *Melolontha*), larvy chroustů čeledi *Elateridae* (kovaříkovití), cvrčci (*Gryllus campestris*) či různé druhy mravenců čeledi *Formicidae* (Grulich 1960; Matějů a kol. 2007).

Příležitostně byly ve výkalech syslů nalezeny pozůstatky některých drobných obratlovců, jmenovitě *Microtus arvalis* (hraboš polní), *Mus spicilegus* (myš panonská), hmyzožravci *Talpa europaea* (krtek obecný), *Sorex araneus* (rejsek obecný), mlád'ata ježka *Erinaceus concolor* (ježek maloasijský), a nakonec vejce některých zemních ptáků a plazů rodu *Lacerta* (ještěrky) (Danila 1989, Straka 1961, cit. Janák, Marhoul, Matějů 2013, s. 11)

#### 2.7.5 Nároky na prostředí

Sysel obecný je původem stepní druh vázaný převážně na suché travnaté pláně s nízkým vegetačním pokryvem (Novotná 2010). Přesto je však na typicky stepní prostředí adaptován méně než jeho východní příbuzný *Spermophilus suslicus*. *S. citellus* je totiž schopen velmi dobré adaptace na relativně široké spektrum habitatů, pokud jsou kromě zcela základních požadavků na prostředí lokalit, jakými jsou klima, hladina podzemní vody, hloubka půdy a vegetační pokryv, splněny také dva určující faktory: a) minimální velikost stanoviště a za b) adekvátní dostupnost všech zdrojů potřebných k přežití druhu (Janák, Marhoul, Matějů 2013).

Rozšíření může být sysel na všech typech půd s dostatečnou soudržností pro hrabání nor. Potencionálně vhodná je také kamenitá půda, silniční či železniční násypy nebo šterkopískové násypy hrází (Grulich 1960). „Protože většinu života sysel stráví ve svém podzemním systému nor, je podmínkou jeho výskytu nízká hladina podzemní vody“ (Uhlíková a kol. 2009). Kromě dobré retenční schopnosti je stěžejní vlastností půd také střední míra aerace (provzdušnění) (Janderková a kol. 2011, cit. Janák, Marhoul, Matějů 2013, s. 7).

V rámci lokality výskytu preferuje sysel obecný vyvýšeniny a mírné svahy (Matějů a kol. 2007). Průměrná nadmořská výška lokalit se napříč Evropou značně liší. Většina kolonií na našem

území se od minulosti až dodnes vyskytovala ve výšce od 500 do 700 m n.m. (Uhlíková a kol. 2009). V Bulharsku se rozmezí výskytu pohybuje až do poloh 2 300-2 600 m n.m., současně nejvyšší lokalita se nachází v pohoří Rila ve výšce 2 592 m n.m. Nejvýše položený objevený habitat sysla na Slovensku byl nalezen na jihovýchodních svazích pohoří Kral'ova skala (1 250 m n.m.), dnes se hranice snížila na 960 m n.m. a leží nedaleko obce Telgárt (Janák, Marhoul, Matějů 2013).

Jednou z dalších podmínek určujících vhodnost území k výskytu sysla je klima, definované ročním úhrnem srážek a teplotou (Matějů a kol. 2007). V Česku a na Slovensku jsou lokality habitatů rozmístěny v zóně ohraničené červencovou izotermou 17 °C. Grulich (1960) ve svém výzkumu uvádí, že oblasti výskytu sysla s vysokou populační hustotou nezasahují do míst s průměrnou červencovou teplotou chladnější než 18,5 °C (Janák, Marhoul, Matějů 2013). Grulich také našel spojitost mezi výskytem sysla a průběhem roční isohyety 500 mm (Uhlíková a kol. 2009). Hulová (2001) však toto tvrzení popírá a označuje limity za ne zcela přesné. Dle dat získaných na území Česka a Slovenska je rozsah průměrného ročního úhrnu srážek na lokalitách výskytu sysla obecného v rozmezí 500-700 mm, místy dosahují hodnoty až k 1 000 mm za rok (Kral'ova hoľa v Nízkých Tatrách) (Sládek 1963, cit. Janák, Marhoul, Matějů 2013, s. 9).

Krátkostébelné travní porosty mu umožňují vizuální kontakt s ostatními jedinci kolonie (AOPK ČR 2019a), což je esenciální jednak pro vzájemnou komunikaci členů kolonií a jednak pro jeho ochranu vůči predátorům, které tak snáze spatří. Výška vegetace na stanovišti je dle Kise a kol. (1998, cit. Janák, Marhoul, Matějů 2013, s. 8) hodnocena jako významnější faktor výskytu sysla než samotné druhové složení rostlin vegetace. Avšak současně probíhající výzkum vedený neziskovou organizací ALKA Wildlife, o.p.s. na území Česka a Slovenska naznačuje, že spíše než výška vegetace je pro existenci sysla určující jemná krajinná struktura s širokým spektrem vegetačních pokryvů, které mu zajišťují dostatek potravy v průběhu celého aktivního období. Mezi nejvíce preferované habitaty tak podle organizace patří vinice, sady a kosené travníky.

Dle Hulové a Sedláčka (2008) je dnes převážná většina kolonií na našem území lokalizována na extenzivně kosených plochách s dlouhodobě nízkým travním porostem v rozmezí 10–20 cm, jakými jsou sportovní letiště, tábořiště, chatové kolonie či hřiště. Vegetace dosahující výšky okolo 20 cm je ideálním porostem poskytujícím požadovaný úkryt před dravci ale zároveň nebrání průniku světla na zem (Hoffmann a kol. 2008, cit. Janák, Marhoul, Matějů 2013, s. 7).

### **2.7.6 Současný výskyt sysla obecného ve světě**

Sysel obecný je v současnosti endemickým druhem obývajícím oblasti ve střední a jihovýchodní Evropě mezi 12° 40` a 29° 00` východní délky a 40° 20` a 51° 00` severní šířky (Ružić 1978) v nadmořských výškách mezi 0 – 2 500 m n.m.

Jeho areál výskytu je rozdělen na dvě zóny. První, severozápadní, se rozkládá napříč Českem, Rakouskem, Slovenskem, Maďarskem a zasahuje dále do severního Srbska a Černé hory až po západní Rumunsko. Oproti tomu druhá oblast, východní, zahrnuje části jižního Srbska, Makedonie, Řecka a pokračuje skrze Bulharsko a jižní Rumunsko do turecké Thrákie, Moldávie a Ukrajiny (Coroiu a kol. 2008). Nejzápadnější kolonie se nalézají v Česku v obci Olšová Vrata (okres Karlovy Vary) (Matějů 2008). Nejsevernější hranici výskytu sysla tvoří Raná v Roudnici nad Labem, Mladá Boleslav a Hodkovice nad Mohelkou. Nejdále na jihu můžeme pozorovat populace v severním Řecku a v evropské části Turecka, nejvýchodnější hranice probíhá západní Ukrajinou (Ružić 1978). Zcela vyhynuly populace sysla obecného v Chorvatsku a Německu. Naopak v Polsku jsou zaznamenávány pozitivní výsledky v rámci reintrodukčních iniciativ (Coroiu a kol. 2008).

### **2.7.7 Současný výskyt sysla obecného v Česku a na Slovensku**

K roku 2007 bylo v České republice zaznamenáno celkem 34 izolovaných lokalit výskytu sysla obecného. Jednotlivé lokality zmapovaných habitatů spolu s počty kolonií výskytu sysla byly následující: letiště (15 kolonií), zahrádkářské kolonie a vinice (4 kolonie), stepní lokality v rámci ploch maloplošně chráněných území (4 kolonie), kulturní louky a pastviny (4 kolonie) a dále trávníky poblíž hotelů, prostory kempů, jedna kolonie na golfovém hřišti a jedna na vojenské střelnici. Žádné kolonie se nevyskytovaly v oblasti východních Čech a severní Moravy (Matějů a kol. 2007).

Během mapování stanovišť sysla obecného na území Slovenska v letech 1996-2008 byl zjištěn výskyt na 120 lokalitách v průměrné nadmořské výšce 90-1010 m n. m. Nejvyšší koncentrace výskytu sysla se nacházela ve východním Slovensku, naopak k destrukci původních habitatů došlo v oblasti západního Slovenska jako důsledek mohutné industrializace od 50. let 20. stol. Za nejperspektivnější lokality vzhledem k zachování a rozvoji stavů kolonií sysla obecného autoři mapování považují oblast Cerové vrchoviny, Slovenského krasu a Hornádske kotliny (Spiš), na které by měly být soustředěny budoucí záchranné iniciativy druhu (Ambros 2008).

Právě izolovanost a malá početnost kolonií je hlavní příčinou ohrožení druhu v Česku a na Slovensku. Mizení původních kolonií sysla obecného je spojené zejména s absencí odpovídajícího managementu stanovišť sysla, rozvojem staveb a infrastruktury či s dopady intenzivních výkyvů počasí (Matějů a kol. 2007).

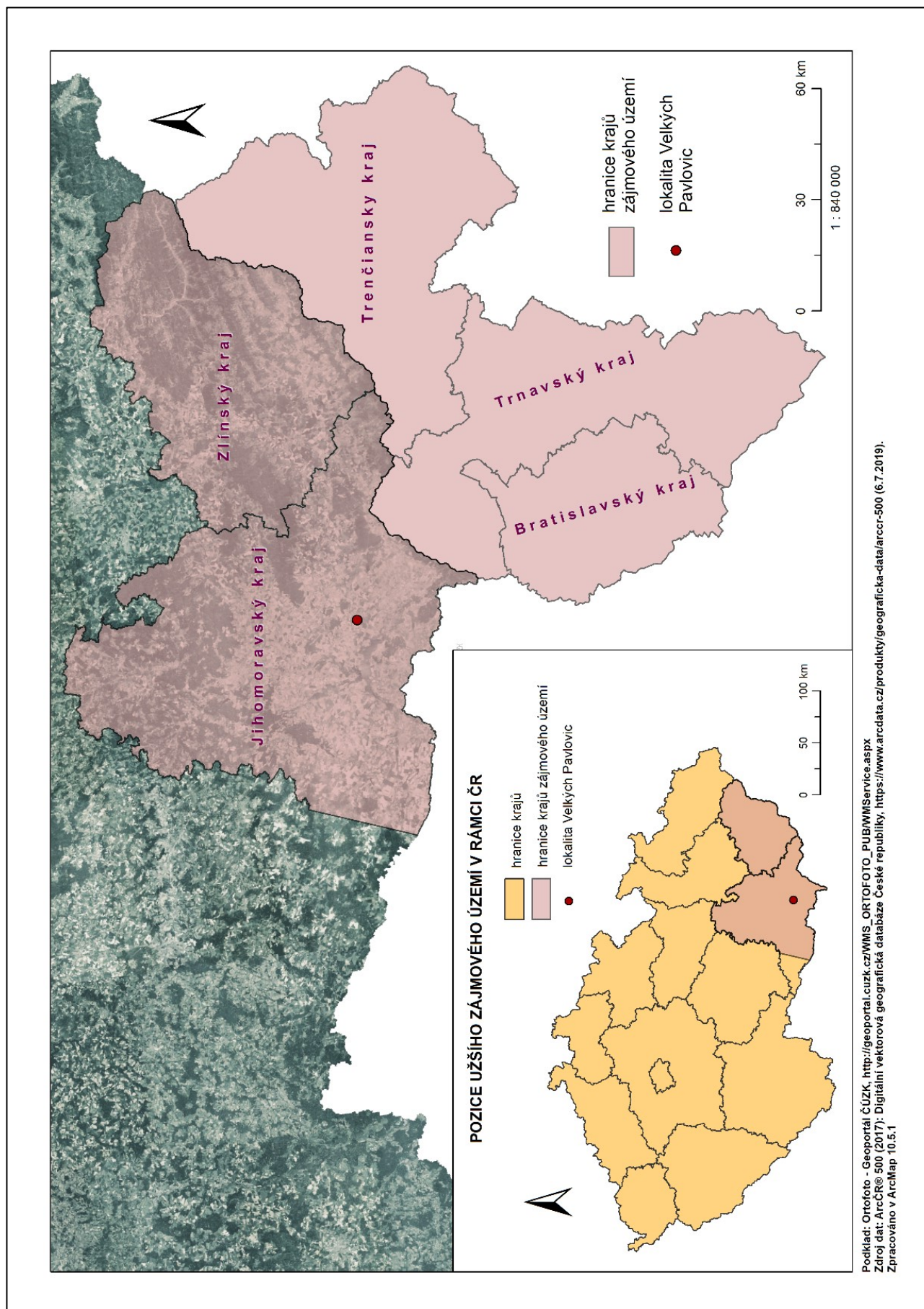
### 3. Zájmové území

Výskyt sysla obecného v Česku a na Slovensku byl zkoumán na dvou územních úrovních. První úroveň bylo užší zájmové území v obci Velké Pavlovice v Jihomoravském kraji (obrázek 6). Jedná se území s velmi jemnou krajinnou mozaikou tvořenou převážně úzkými řádky vinic s různou intenzitou zatravnění řádků. Mimo vinice zde nalezneme ve větší míře sady a pole, místy tvoří porost křovinaté sukcese a kosené trávníky. Toto území o rozloze 449,32 ha je dlouhodobě monitorováno jako oblast známého výskytu sysla obecného na Moravě. Během celorepublikového monitoringu stavů sysla obecného v roce 2011 se na lokalitě ve Velkých Pavlovicích vyskytovalo odhadem 50 jedinců převážně na vinicích a zahradách (Matějů, Schnitzerová 2011, cit. Bína 2011, s. 15).

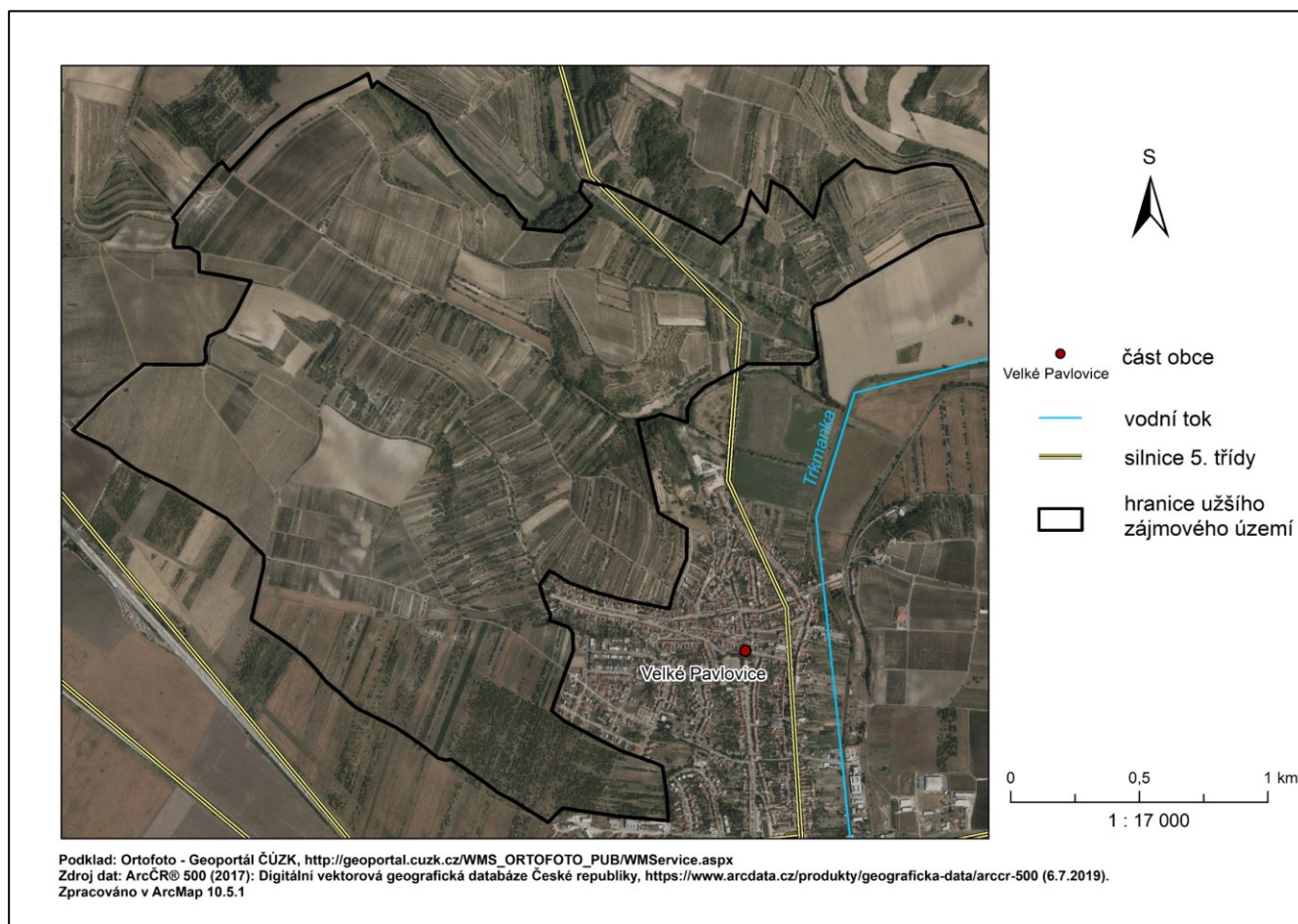
Druhou analyzovanou úrovní je širší oblast zahrnující 2 moravské kraje (Jihomoravský, Zlínský) a 3 slovenské kraje (Bratislavský, Žilinský, Trenčianský) o celkové rozloze 2 185 342,56 ha (obrázek 5). Celé širší zájmové území zmíněných 5 krajů Moravy a Slovenska je předmětem výzkumu neziskové nestátní organizace ALKA Wildlife, o.p.s. ([www.alkawildlife.eu/](http://www.alkawildlife.eu/)) ve spolupráci s Institutem aplikované ekologie DAPHNE ([www.daphne.cz/](http://www.daphne.cz/)). Cílem tohoto výzkumu je jednak monitoring a ochrana známých lokalit výskytu ohroženého sysla obecného v Česku a na Slovensku, ale také mapování jeho zbývajících populací s cílem udržet existenci populací na těchto nalezených lokalitách pomocí jejich efektivního managementu (ALKA Wildlife, o.p.s. 2019). Dle tiskové zprávy ALKA Wildlife a DAPHNE z 24. dubna 2019 „je možné, že některé menší kolonie syslů zatím unikaly pozornosti odborníků. Proto se v jarním období snaží pátrat po syslech také v nových územích, a to jak hledáním nor, tak pozorováním“.



Obrázek 5: Širší zájmové území 5 krajů Moravy a Slovenska



Obrázek 6: Užší zájmové území Velké Pavlovice



Zdroj: vlastní zpracování

## 4. Data

V bakalářské práci byla využita jednak data DPZ – snímky získané s pomocí UAV *DJI Inspire 1 Pro* a poté snímky družic *RapidEye* a *Sentinel-2A*. Dále byla využita data terénního mapování biotopů a nor, Nálezová databáze AOPK ČR a některé datové vrstvy potenciálně vhodných lokalit k výskytu sysla obecného.

### 4.1 Data DPZ

Snímky jsou v DPZ pořizovány tzv. dálkovými senzory. Dálkový senzor je klíčové zařízení pro získání dat o objektu na dálku bez přímého kontaktu s ním. Jelikož každý objekt, včetně vegetace, zaznamenaný na družicový snímek má své vlastní charakteristické spektrální projevy (př. odrazivost), je možné jej na základě těchto znaků zpětně identifikovat pomocí automatizovaných přístupů. Za poslední půl století bylo snímkování prováděno za pomoci řady senzorů s různými parametry (spektrální, radiometrické, prostorové rozlišení). Senzory mohou být nesené letadly, družicemi nebo v poslední době často využívanými tzv. UAV (*Unmanned Aerial*

*Vehicle*) nosiči. Výběr vhodného senzoru pro vlastní účely je závislý na několika faktorech jako jsou charakter objektu mapování, cena snímku či klimatické podmínky v místě zájmu (Xie, Sha, Yu 2008).

#### 4.1.1 Data UAV

Poskytnuté snímky z UAV byly pořizovány v rámci snímkovací kampaně probíhající 31.5.2018 na 4 vytipovaných lokalitách ve Velkých Pavlovicích, spadajících do hraničního území terénního mapování biotopů (viz 4.1.2). Snímkování probíhalo v návaznosti na projekt bezpilotního snímkování habitatu sysla ve vybraných lokalitách u Velkých Pavlovic z listopadu 2017 (Langhammer 2018).

Snímkování bylo provedeno za pomoci bezpilotního snímkovacího systému (UAV) *DJI Inspire 1 Pro* se stabilizovaným tříosým závěsem se dvěma typy senzorů: Zenmuse X3 RGB umožňující snímání ve viditelné části spektra, a Zenmuse X3 NIR umožňující snímání v blízkém infračerveném pásmu. Oba senzory pracovaly s prostorovým rozlišením 5 cm a ohniskovou vzdáleností 24 mm. Lety UAV byly uskutečňovány ve výšce 140 m nad terénem dle předem naprogramovaných letových parametrů. Paralelně se snímkováním probíhalo také pozemní kalibrační měření, které bylo potřebné pro následnou kalibraci a fotogrammetrickou rekonstrukci (Langhammer 2018). Výsledné 4 snímky modelových lokalit pokrývaly území o velikostech 38,61 ha (plocha A), 22,96 ha (plocha B), 9,76 ha (plocha C) a 11,94 ha (plocha D) (viz obrázek 7).

Obrázek 7: Rozmístění 4 modelových lokalit snímaných pomocí UAV ve Velkých Pavlovicích



#### 4.1.2 Data družice RapidEye

RapidEye (RY) představuje sestavu 5 družic vlastněných německou společností RapidEye. Mise odstartovala 29.8.2008 a jednalo se o zcela první komerční družice umožňující snímání ve spektrálním pásmu Red Edge (0,690-0,730  $\mu\text{m}$ ) (Gisat 2019b). Snímky RY obsahují 5 spektrálních pásem (Red, Green, Blue, Red Edge a NIR) s 5m prostorovým rozlišením (6,5 před ortorektifikací) v kartografické projekci UTM/WGS 84 (tabulka 1). Každá z družic je vybavena snímacím senzorem *REIS – RapidEye Earth Imaging System* – se záběrem 77 km. Díky svému počtu 5 družic se zcela identickými senzory a možností pořizování šikmých snímků lze za pomoci RY monitorovat téže území s jednodenní frekvencí (ESA 2019b).

Družicový systém RY je tak unikátní svojí schopností pořizovat snímky rozsáhlého území (4 mil.  $\text{km}^2/\text{den}$ ) o vysokém prostorovém rozlišení na denní bázi. Životnost satelitů je odhadována na 7 let (Satellite Imaging Corporation 2019).

Tabulka 1: Charakteristika spektrálních pásem družic RapidEye

Označení pásma	Rozsah od [ $\mu\text{m}$ ]	Rozsah do [ $\mu\text{m}$ ]	Kódování spektrálního pásma	Prostorové rozlišení [m]
1	0,440	0,510	BLUE	6,50
2	0,520	0,590	GREEN	6,50
3	0,630	0,685	RED	6,50
4	0,690	0,730	RED EDGE	6,50
5	0,760	0,850	NIR	6,50

Zdroj: Gisat 2019b

Snímky RY byly získány z volně dostupné databáze Planet (<https://www.planet.com/explorer/>) shromažďující družicová data ze satelitů PlanetScope, RapidEye a SkySat od roku 2009. V práci byly využity celkem 4 snímky družice RY z termínů 29.5.2015, 20.6.2017, 29.7.2017 a 30.9.2016 pro oblast Velkých Pavlovic. Hlavním kritériem pro výběr snímků bylo množství oblačnosti, které nesmělo přesáhnout hranici 0 % nad zkoumaným územím. Termíny mezi květnem a zářím spadají do tzv. aktivního období sysla obecného, kdy dochází k jeho páření, hnízdění, vyvádění mladých a tvorbě tukových zásob, stav krajiny v těchto měsících je proto určující pro jeho výskyt.

#### 4.1.3 Data družice Sentinel-2

Mise evropského programu Copernicus Sentinel-2, realizovaná ve spolupráci s Evropskou komisí a Evropskou kosmickou agenturou ESA, se skládá ze dvou polárních družic: Sentinel-2A (S-2A) a Sentinel-2B (S-2B). Mise Sentinel-2 byla zahájena 23. června 2015 a od té doby poskytuje satelitní snímky zemského povrchu v rozmezí 56° j.z.š. až 84° s.z.š. v kartografické projekci WGS

1984 UTM Zone 33N o vysokém prostorovém, spektrálním i temporálním rozlišení (ESA 2019a). Temporální rozlišení družice S-2A je 10 dní, spolu s družicí S-2B snímají téže území jednou za 5 dní. Snímání je prováděno za pomoci optického senzoru MSI – *MultiSpectral Instrument* se záběrem 290 km o prostorovém rozlišení 10, 20 či 60 m v závislosti na vlnové délce. Senzor je schopen snímat celkem 13 spektrálních pásem – viz tabulka 2 (Gisat 2019). Satelitní snímky Sentinelu 2 jsou veřejnosti přístupné na 2 úrovních. Produkt Level-1C zaznamenává odrazivé hodnoty Top Of Atmosphere (TOA), čili odrazivé hodnoty povrchu dopadající na senzor ovlivněné atmosférou. Naopak úroveň Level-2A je produkt Bottom Of Atmosphere (BOA), odvozený z produktu Level-1C a eliminující atmosférický vliv (ESA 2019a).

Tabulka 2: Charakteristika spektrálních pásem družic Sentinel-2

Označení pásma	Rozsah od [ $\mu\text{m}$ ]	Rozsah do [ $\mu\text{m}$ ]	Kódování spektrálního pásma	Prostorové rozlišení [m]
2	0,458	0,523	BLUE	10,00
3	0,543	0,578	GREEN	10,00
4	0,650	0,680	RED	10,00
8	0,785	0,900	NIR	10,00
5	0,698	0,713	RED EDGE	20,00
6	0,733	0,748	NIR	20,00
7	0,773	0,793	NIR	20,00
8b	0,855	0,875	NIR	20,00
11	1,565	1,655	SWIR	20,00
12	2,100	2,280	SWIR	20,00
1	0,433	0,453	COASTAL	60,00
9	0,935	0,955	NIR	60,00
10	1,365	1,395	NIR	60,00

Zdroj: Gisat 2019a

Analýza širšího zájmového území Moravy a Slovenska byla provedena na družicových snímcích Sentinel-2 volně dostupných na webových stránkách Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). I zde byly stěžejními podmínkami výběru nízká oblačnost a pořízení mezi květnem až zářím. Snímky S-2A měly většinou mnohem větší podíl oblačnosti než data RY. Pro účely analýz vegetace bylo nakonec vybráno 5 snímků na úrovni Level 1C z termínu 28.5.2017, zahrnující převážnou většinu zájmového území 5 krajů. Podíl oblačnosti byl do 0,40 % a to převážně v zalesněných horských oblastech česko-slovenských hranic, které z hlediska fyzickogeografických podmínek nesplňovaly kritéria pro výskyt sysla (viz kapitola 2.7.5), odmaskování této oblačnosti proto nemělo vliv na analýzu jeho výskytu.

## 4.2 Další použítá data

### 4.2.1 Data mapování biotopů

Polygonová vrstva terénního mapování biotopů (MB) v užším zájmovém území Velkých Pavlovic byla poskytnuta organizací ALKA Wildlife, o.p.s. v souřadnicovém systému S-JTSK\_Krovak\_East\_North a pokrývala oblast o rozloze 445,73 ha. Data byla sesbírána a zmapována v rámci projektu „*Sysli pro krajinu, krajina pro sysly*“. Vrstva byla tvořena polygony reprezentujícími jednotlivé zmapované biotopy v oblasti. Kategorie nalezených biotopů byly stanoveny následovně: akátina, alej, křoviny, pastvina, plantáž, pole, ruderál, sad, stavba, suché stepní trávníky, suché širokolisté trávníky, sukcese, trávník kosený, trávník vysokostébelný, úhor, vinice a záhumenka. Kromě informace o typu biotopu byla ve vrstvě zaznamenána také data o druhu hospodaření na lokalitě a o vyskytujícím se typu plodin, popřípadě doplňující popis charakterizující recentní vývoj biotopu či strukturu a uspořádání porostu. Sloupec „významné“ zahrnoval výpis všech nalezených vzácných či významných druhů rostlin.

Vrstva MB pokrývala téměř celé užší zájmové území Velkých Pavlovic. Malé odlišnosti v rozloze se nacházely zejména v okrajových částech Velkých Pavlovic. Zde některé úseky nebyly biology zmapované, přestože spadaly do užší zájmové oblasti. Naopak existovalo pár oblastí zmapovaných biotopy vně hranic sledovaného území. Celkový rozdíl rozlohy užšího zájmového území a zmapovaného území botaniky uvnitř hranic Velkých Pavlovic byl 7,97 ha. Z toho důvodu se v budoucích analýzách součty rozloh analyzovaných území mohly lišit řádově v jednotkách ha.

### 4.2.2 Data o výskytu nor

Druhým souborem poskytnutým organizací ALKA Wildlife, o.p.s. byla bodová vrstva všech zmapovaných lokalit výskytu nor (BVN) sysla obecného v oblasti Velkých Pavlovic a poté na dalších 4 lokalitách v Jihomoravském kraji. Tyto čtyři lokality byly pojmenovány následovně: Biskoupky, Čejč, Miroslav vinice a PP Nad řekami. Terénní mapování nor bylo prováděno v termínu od 8. května až do 28. června 2018. Zmapováno bylo celkem 930 výskytů nor na všech pěti lokalitách, z toho 476 nor bylo detekováno ve Velkých Pavlovicích. Na zbylých 4 lokalitách byl výskyt nor následovný: Biskoupky 262 nor, Čejč 5 nor, Miroslav vinice 72 nor a PP Nad řekami 114 nor. Zjišťovanými informacemi v terénu bylo stáří nor, typ nory, GPS souřadnice a nadmořská výška.

### 4.2.3 Nálezová databáze ochrany přírody AOPK ČR

Nálezová databáze ochrany přírody AOPK ČR (NDOP) je rozsáhlý soubor lokalizovaných dat o výskytu druhů rostlin, hub i živočichů. Databáze schraňuje informace o nálezech exemplářů druhů v dané lokalitě, záznamy o výskytu druhu v rámci ČR ale také pozorování jedinců druhu ve volné přírodě (AOPK ČR 2019b). Data jsou shromažďována o všech existujících druzích na území ČR, primárně je však výzkum zaměřen na druhy ohrožené. V současnosti databáze obsahuje více než 20 milionu záznamů tvořených jak historickými podklady, tak současnými terénními průzkumy (AOPK ČR 2019c). Dostupné vrstvy z databáze o výskytu sysla obecného, zmapovaného na území Jihomoravského kraje, byly využity pro validaci nalezených výsledků potenciálních míst výskytu sysla obecného pomocí metod DPZ. První validační vrstvou byla bodová vrstva výskytů nor sysla v Jihomoravském kraji o celkovém počtu 17 výskytů, druhou byla polygonová vrstva areálů výskytu sysla v témže území. Pomocí NDOP bylo celkem zmapováno 55 stanovišť o celkové rozloze 50,08 ha.

### 4.2.4 Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR

Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR (KVES ČR) je ucelenou a podrobnou vrstvou všech ekosystémů na území Česka, sestavenou na základě rozličných datových zdrojů o území ČR během let 2012-2013. Primárním zdrojem při tvorbě konsolidované vrstvy byla Vrstva mapování biotopů VMB 2012, jež byla následně kombinována s datovými vrstvami ZABAGED (Základní báze geografických dat), Urban Atlas 2006, DIBAVOD (Digitální báze vodohospodářských dat), LPIS či CORINE Land Cover. KVES obsahuje celkem 41 různých kategorií krajinného pokryvu dělených do 4 hierarchických úrovní. Na základě podrobného dělení je možno rozlišovat také mezi přirozeným a antropogenním typem ekosystému. Data jsou v současnosti poskytována ve formátu *ESRI shapefile* v souřadnicovém systému S-JTSK EPSG: 5514 (ESRI: 102067) agenturou AOPK ČR (AOPK ČR, CzechGlobe 2013).

KVES ČR byla v rámci projektu organizace ALKA Wildlife, o.p.s. poskytnuta pro účely BP v upravené podobě. Dostupná KVES pokrývala pouze území 2 zkoumaných českých krajů (Jihomoravský, Zlínský). Ve vrstvě byly ponechány informace o 1. a 4. úrovni ekosystémů, do nichž je oblast rozčleněna, spolu s popisem daného ekosystému. Oproti původní verzi zde byl navíc přidán atribut *Rezistence*. Rezistence vycházela z ekosystémové klasifikace a na škále od 1 do 3 hodnotila vhodnost ekosystému k výskytu a šíření sysla (1 nejvhodnější, 3 nejméně vhodný). Na základě rezistence patří mezi nejméně vhodné oblasti pro výskyt a šíření sysla lesní ekosystémy, mokřady, urbánní systémy, vodní ekosystémy a travinné ekosystémy aluviální a vlhké louky. Naopak lokalitami, které nejlépe splňují podmínky výskytu sysla, jsou travinné

ekosystémy hospodářské louky, mezofilní louky a suché trávníky, a zemědělské ekosystémy, ovocné sady, zahrady a vinice.

#### 4.2.5 Travinné biotopy Slovenska

Polygonová vrstva travinných biotopů na Slovensku je součástí mapování biotopů v rámci programu Natura 2000. Natura 2000 je soustavou chráněných území v rámci všech států Evropské unie, jejímž cílem je ochrana ohrožených druhů rostlin, živočichů a přírodních stanovišť. V ČR je mapování Natura 2000 zaštiťováno agenturou AOPK ČR (NATURA 2000 2006), na Slovensku organizací Štátna ochrana prírody SR (ŠOPSR 2019).

Prvotní mapování biotopů na Slovensku bylo zahájeno v roce 2001 v rámci projektu Budovanie sústavy Natura 2000 v Slovenskej republike a dokončeno v roce 2004 (Enviroportal 2007). Od té doby dochází k průběžným aktualizacím a zpřesňování pomocí terénního mapování. Mimo aktualizace samotné vrstvy jsou analyzovány také změny v rozloze a struktuře biotopů v průběhu let. V roce 2007 byla zahájena první aktualizace biotopů, plánovaná na celkem 12 let (NATURA 2000 2007).

Polygonová vrstva travinných biotopů na Slovensku byla poskytnuta v souřadnicovém systému S-JTSK\_Krovak\_East\_North a zahrnovala oblast tří slovenských krajů: Bratislavského, Trnavského a Trenčianského.

#### 4.2.6 Grassland — Copernicus Land Monitoring Service

*Pan-European Copernicus HRL Grassland layer* je konsolidovaná vrstva uceleného spektra intenzit travin (od přirozených po uměle vytvořené) pokrývajících celou oblast Evropy. Vrstva byla vytvořena roku 2017 v rámci evropského programu Copernicus. Výsledkem projektu mapování evropských travin jsou celkem 3 produkty: **Grassland** (GRA) – binární mapa znázorňující oblasti travin a mimotravní vegetaci s 20m a 100m rozlišením, **Grassland Vegetation Probability Index** (GRAVPI) – pravděpodobnostní mapa výskytu travin na škále od 0-100 s rozlišením 20 m, slouží jako rozšíření k binární mapě travin a vyjadřuje spolehlivost zmapování dané oblasti, **Ploughing indicator** (PLOUGH) – mapa s 20m rozlišením znázorňující na škále od 1 do 6 počet let, kdy byla oblast naposledy zorána, čímž lze dodatečně odlišit pole od travinných porostů (Copernicus 2019).

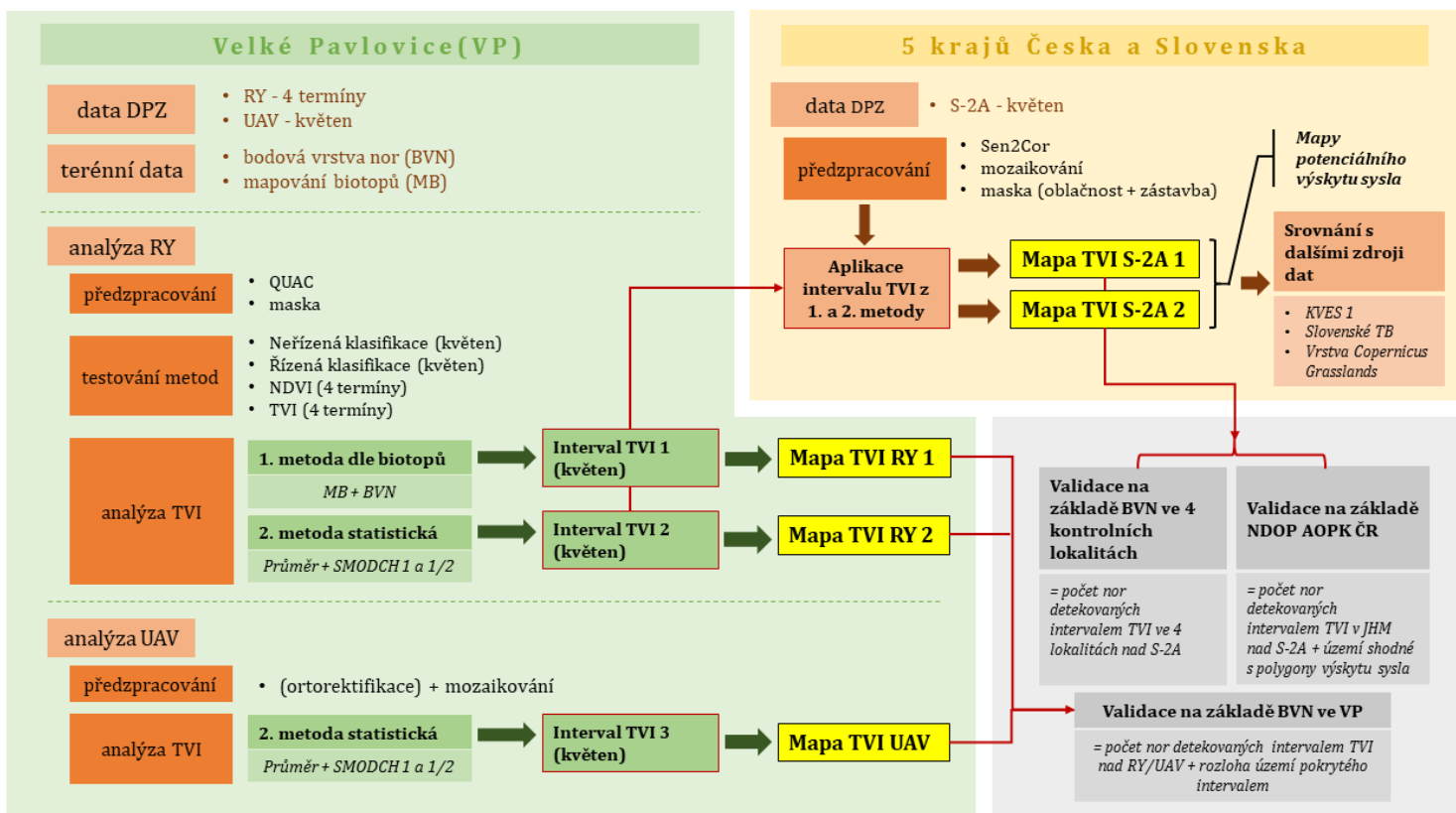
Vrstva byla průběžně tvořena jednak na základě časové řady odlišných družicových snímků a jednak na základě radarových dat (SAR) k referenčnímu roku 2015. Poskytuje tak doposud nejpřesnější a nejaktuálnější datový zdroj výskytu travních porostů v Evropě (Copernicus 2019).



## 5. Metody

V práci bylo využito několik typů dat DPZ a několik typů pomocných dat (viz kapitola Data) jednak pro užší zájmové území Velkých Pavlovic a jednak pro širší zájmové území 5 krajů. Data byla předzpracována a analyzována různými metodami. Celý pracovní postup přehledně znázorňuje schéma na obrázku 8. Jednotlivé kroky postupu jsou podrobně popsány v následujících kapitolách metodiky.

Obrázek 8: Schéma pracovního postupu



**Pozn.:** Mapa TVI RY 1 – viz příloha 1, Mapa TVI RY 2 – viz příloha 2, Mapa TVI UAV – viz příloha 3, Mapa TVI S-2A 1 viz příloha 4, Mapa TVI S-2A viz příloha 5.

**Zdroj:** vlastní zpracování

### 5.1 Předzpracování dat

#### 5.1.1 Data UAV

Pořízené bezpilotní snímky 4 modelových lokalit ve Velkých Pavlovicích byly zpracovány pro vytvoření podrobných ortofotomap v RGB a NIR týmem J. Laghammera, který data poskytl. Postup zpracování snímků je popsán v Průběžné zprávě o projektu bezpilotního snímkování habitatu sysla ve vybraných lokalitách u Velkých Pavlovic z 31.5.2018, Langhammer (2018). Pro fotogrammetrickou rekonstrukci byl využit nástroj *Agisoft Metashape Pro*. Neuspořádané

snímky byly nejprve zarovnány, ortorektifikovány dle vlíčovacích bodů a zkorigovány na základě optických parametrů kamery. Poté následovalo vytvoření hustého bodového mračna, klasifikace bodového mračna a generování překryvné sítě, ze které byl vytvořen digitální model povrchu a následně ortofotomapy snímaných lokalit v RGB a NIR. Nástrojem QGIS byly rastry oříznuty dle masky 4 zájmových ploch s bufferem 5 m.

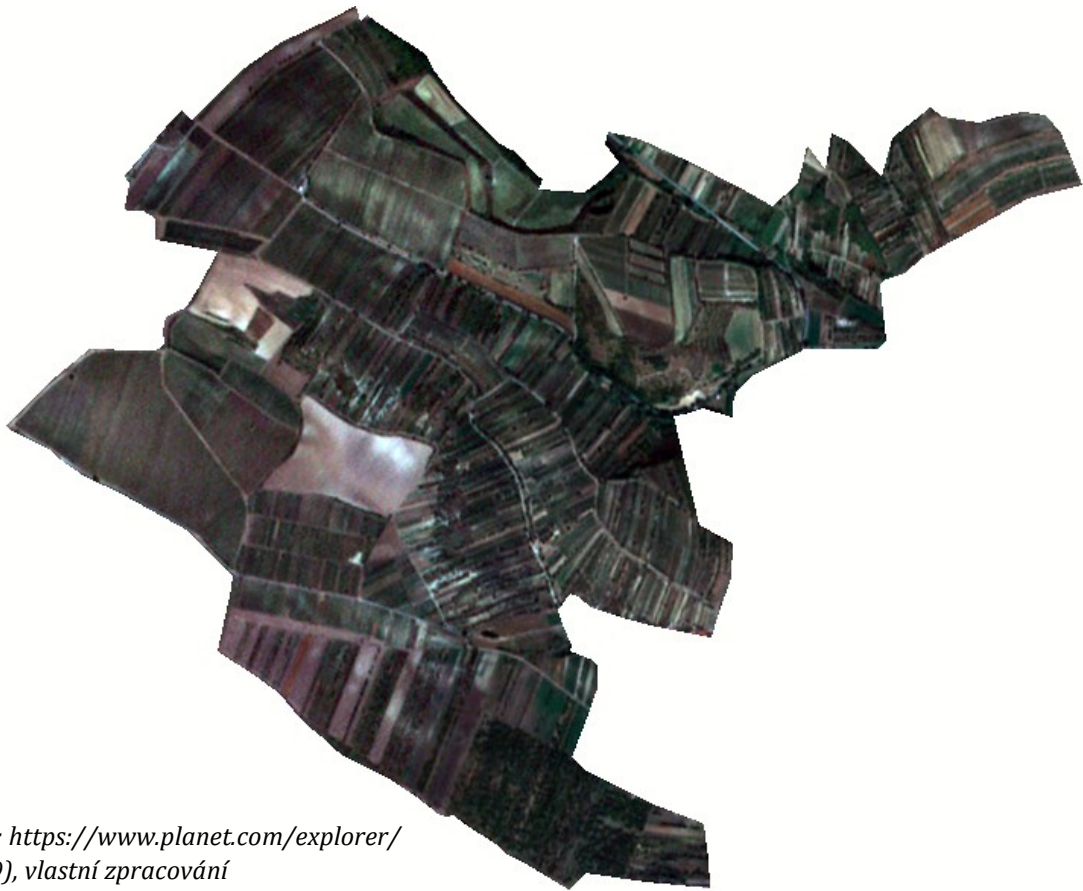
Pro účely následných analýz DPZ byly rastry v RGB a NIR sloučeny nástrojem *Layer Stacking* v programu ENVI 5.3 pro každou modelovou lokalitu zvlášť. Výsledné 4 multispektrální snímky modelových lokalit byly poté mozaikovány do jednoho snímku.

### 5.1.2 RapidEye

Dostupné snímky RY pro území Velkých Pavlovic ve všech 4 termínech (produkt 3A Analytic) byly atmosféricky nezkorigované, tzn. hodnoty odrazivosti snímané senzorem byly poznamenány vlivem atmosféry, ve které došlo k částečnému pohlcení či rozptylu odraženého záření od zemského povrchu. K získání přímých hodnot odrazivosti povrchu bez zásahu atmosféry byl v ENVI 5.3 využit modul radiometrické korekce QUAC (*QUick Atmospheric Correction*). QUAC je metoda atmosférické korekce pro multispektrální a hyperspektrální snímky pracující s viditelným, NIR a SWIR pásmem vlnové délky (Harris Geospatial Solutions 2019).

Snímky pro všechny 4 termíny byly následně oříznuty dle hranic obce Velkých Pavlovic, jelikož původní velikost snímku by zatěžovala výpočetní procesy využitých funkcí. Výsledná podoba snímků je znázorněna na obrázku 9.

Obrázek 9: Předzpracovaná data RY pro užší zájmové území Velkých Pavlovic v termínu 29.5.2015 (barevné zobrazení RGB)



Zdroj: <https://www.planet.com/explorer/> (2019), vlastní zpracování

### 5.1.3 Sentinel-2A

Obdobně jako u snímků RY, i snímky Sentinel-2 pro nalezený květnový termín byly dostupné pouze v nezkorigované podobě, tedy na úrovni Level-1C. Data navíc nebylo možno zobrazit v software ENVI 5.3. Pro účely předzpracování snímků Sentinel-2A byla využita platforma *SNAP* – *Sentinel Application Platform* (<https://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>), vyvinutá pro zpracování a analýzu snímků družic Sentinel.

Nejprve byla provedena atmosférické korekce pomocí rozšíření *Sen2Cor* (<http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>), nástroje určeného pro produkty Sentinel-2A na úrovni Level 1C. *Sen2Cor* převedl vstupní snímky TOA do formátu BOA s předem definovaným prostorovým rozlišením, které bylo nastaveno na 10 m. Výstupním produktem byl Level 2A. Pro možnost nahrání dat do ENVI byl zkorigovaný snímek převzorkován do formátu kompatibilního s programem ENVI. Převzorkování bylo uskutečněno pomocí algoritmu *Nearest Neighbour*, díky kterému byly původní DN hodnoty pixelů ponechány (Dobrovolný 1998). Aby byla výsledná kvalita snímku co nejlepší a obraz si tak ponechal maximální počet pixelů, byl obraz převzorkován podle pásma B2 o rozlišení 10980x10980 pixel, čímž se sjednotilo prostorové rozlišení všech 13 pásem Sentinel-2A na 10 m. Převzorkovaná spektrální pásma byla uložena

do samostatných vrstev (pásma B1–B12 + *quality\_cloud\_confidence*, *quality\_scene\_classification* a *quality\_snow\_confidence*). V ENVI 5.3 byla pásma B1–B12 s využitím funkce *Layer Stacking* sloučena u všech 5 snímků květnového termínu. Snímky byly poté zmozaikovány (*Seamless Mosaic*), čímž došlo ke sloučení jednotlivých 5 květnových snímků do jednoho snímku pro širší zájmové území Moravy a Slovenska. Také zde byl pro účely urychlení algoritmů funkcí proveden ořez a odmaskování dle hranic 4 krajů, následující kroky již probíhaly pouze na takto oříznutém snímku:

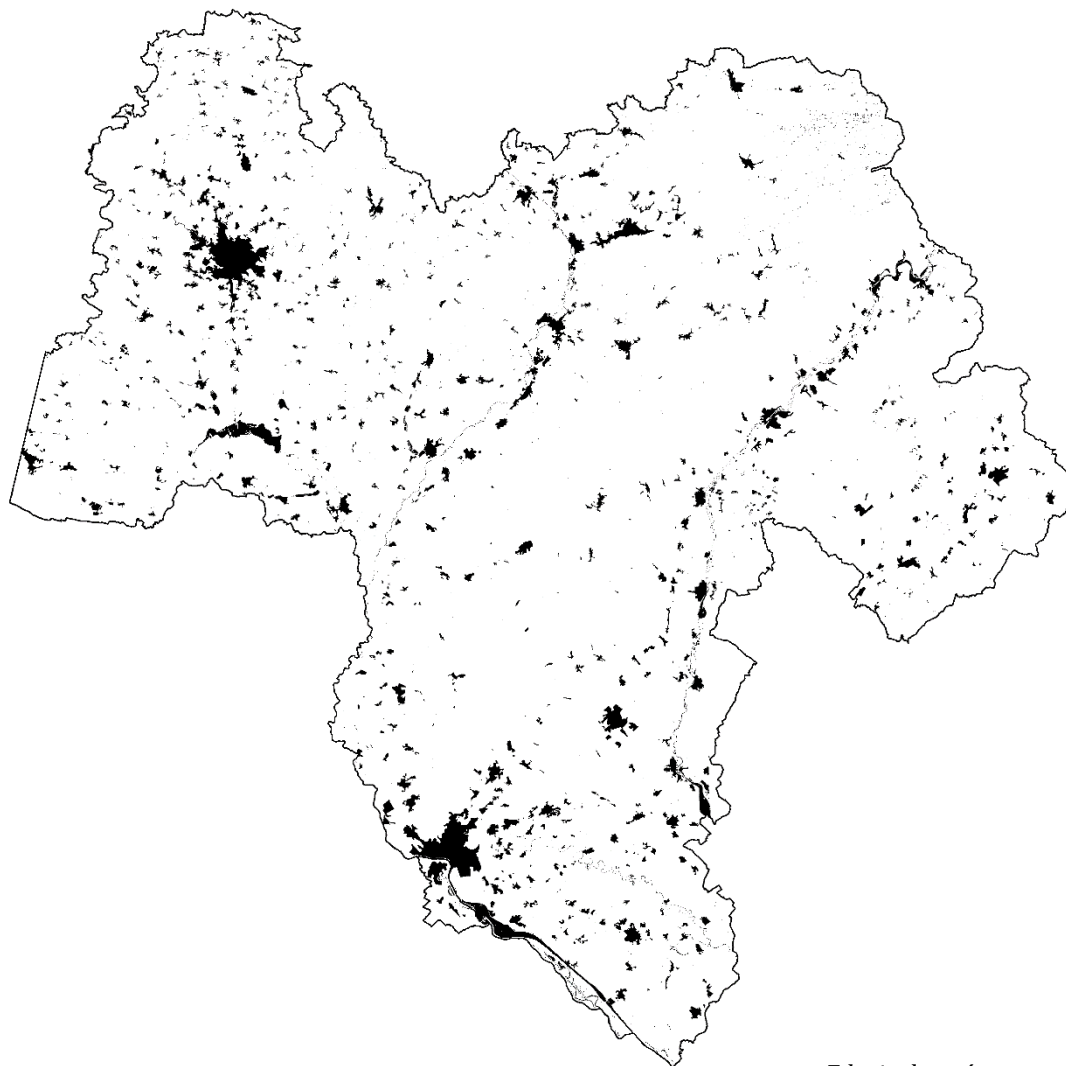
#### **5.1.3.1 Odmaskování oblačnosti a vodních ploch**

Květnový snímek byl na 0,40 % území zasažen oblačností, která by zkreslovala výsledky funkcí pracujících s hodnotami odrazivosti obrazových objektů, musela proto být z původního snímku odmaskována. K detekci oblačnosti bylo využito radiometrického zvýraznění obrazu, které skrze zobrazovací funkci přiřadí původní DN hodnotě pixelu objektu novou hodnotu ve zvýrazněném obrazu (Dobrovolný 1998). Tímto způsobem bylo možné na základě odlišného spektrálního chování objektů nalézt a vizuálně zvýraznit požadovaná data. Ke zvýraznění oblačnosti posloužilo pásmo *quality\_scene\_classification*, které vzniklo jako vedlejší produkt atmosférické korekce *Sen2Cor*, vyjadřující pravděpodobnost výskytu oblačnosti ve scéně. V zobrazovací funkci *Raster Color Slices* byla oblačnost stanovena intervalem 6–11. Ke zvýraznění stínů vržených oblaky a vodních ploch bylo využito pásmo B11. Pásmo B11 (1,565 – 1,655  $\mu\text{m}$ ) spadá do oblasti SWIR. Díky němu je možno měřit obsah vody v jiných látkách, například v půdě či vegetaci, ale také dokáže odlišit sněhovou pokrývku, led a oblačnost (Sentinel Hub 2019). V zobrazovací funkci byly vodní plochy a stíny oblačnosti vymezeny intervalem 0,000 – 0,515  $\mu\text{m}$ . Funkcí *Build Mask* byla z nalezeného intervalu vytvořena maska pro oblačnost, stíny vržené oblaky a vodní plochy.

### 5.1.3.2 Odmaskování konsolidované zástavby

Plochy na snímku pokryté souvislou zástavbou (města a velké obce) nejsou slučitelné s výskytem sysla obecného. Jejím odmaskováním tak zabráníme zavádějícím výsledkům klasifikací, které by hodnotily i malé zatravněné plochy uvnitř měst (parky, městské zahrady). Výběr konsolidované zástavby probíhal ruční vektorizací zastavěného území nad snímkem S-2A (pro slovenskou část území) a nad ortofotem (pro českou část území) v programu ArcMap 10.5.1. Při vektorizaci musely být ponechány zahrady okrajových částí obcí, stejně tak i záhumenky, jelikož oblasti spravované a obhospodařované člověkem jako jsou zahrady, vinice či pravidelně kosené trávníky, jsou sysly významně preferovány nad ostatními habitaty. Z vektorové vrstvy zástavby byla v ENVI 5.3 vytvořena maska, použitá pro následné odmaskování zástavby z květnového snímku. Finální maska zástavby, oblačnosti, stínů a vodních ploch je zobrazena na obrázku 10.

*Obrázek 10: Maska zástavby, oblačnosti, stínů a vodních ploch pro snímky S-2A pro širší zájmové území Moravy a Slovenska v termínu 28.5.2017*



*Zdroj: vlastní zpracování*

## 5.2 Analýza zájmového území Velkých Pavlovic

Pro predikci potenciálních míst výskytu sysla z dat DPZ (data z UAV, data RY a data S2-A) byly v práci pro úroveň území Velkých Pavlovic využity dva pomocné datové podklady. Jednak bodová vrstva výskytů nor (BVN), u nichž se předpokládá, že jsou v místech, která sysel preferuje. Dále mapování biotopů (MB, které proběhlo v rámci projektu „*Sysli pro krajinu, krajina pro sysly*“ – viz kapitola Data) v užším zájmovém území Velkých Pavlovic. V datech DPZ byly testovány spektrální příznaky v místech výskytu nor a v biotopech, o nichž biologové předpokládali, že jsou vhodné pro výskyt sysla. Předpokladem dále bylo, že metody DPZ, které se ukáží jako vhodné k detekci biotopů pravděpodobného výskytu sysla v zájmovém území Velkých Pavlovic, bude možné využít pro vytipování potenciálních míst výskytu sysla obecného v širším zájmovém území Moravy a Slovenska s využitím dat S-2A.

Pro určení míst vhodných pro výskyt sysla v datech DPZ v zájmovém území Velkých Pavlovic byly využity dvě metody (viz schéma postupu analýzy – obrázek 8):

A) V první metodě bylo využito pomocných podkladů – MB v kombinaci s mapou BVN a z metod DPZ byla testována a) neřízená klasifikace s využitím algoritmu ISOData (viz kapitola 5.2.2), b) řízená klasifikace s využitím metody Maximum Likelihood (viz kapitola 5.2.3) a c) klasifikace vegetace za pomoci vegetačních indexů NDVI a TVI (viz kapitoly 5.2.4.1 a 5.2.4.2 *Definice intervalu hodnot TVI pro detekci nor na základě biotopů*). Klasifikační metody byly nejprve natrénovány na datech RY. Data RY jednak pokrývala celé užší zájmové území a zároveň disponovala větším prostorovým rozlišením než data S-2A. Zároveň byla data RY k dispozici pro více termínů. To bylo důležité pro porovnání výpočtů vegetačních indexů z různých termínů aktivního období sysla, jelikož hustota vegetace se v průběhu sezóny v biotopech mění a nory se tak mohou v průběhu sezóny vyskytovat na místech s různou hustotou vegetace. Metoda DPZ, která vykazala nejpřesnější výsledek v užším zájmovém území Velkých Pavlovic na datech RY byla poté testována i pro detekci potenciálně vhodných habitatů výskytu sysla obecného v širším zájmovém území pěti krajů Česka a Slovenska nad daty S-2A (viz kapitola 5.3).

B) Druhá metoda (viz kapitola 5.2.4.2 *Definice intervalu hodnot TVI pro detekci nor na základě průměru a směrodatné odchylky*) nebyla závislá na mapování biotopů. Z pomocných podkladů využívala pouze vrstvu BVN. Tato metoda zahrnovala statistické vyhodnocení průměru a směrodatné odchylky hodnot vegetačního indexu TVI v místech výskytu nor. Na základě směrodatné odchylky od průměru byly stanoveny intervaly TVI s největším výskytem nor sysla, které byly následně testovány na datech RY a na datech z UAV pro užší zájmové území (viz kapitola 5.2.4.3) a poté na datech S-2A pro širší zájmové území Moravy a Slovenska (viz kapitola 5.3). Pro data UAV nebyla metoda stanovení intervalu TVI za pomoci biotopů

testována, jelikož data UAV nepokrývala celé užší zájmové území a z většiny náležela pouze jednomu biotopu.

### 5.2.1 Detekce vhodných biotopů výskytu sysla na základě výskytu nor

S využitím dat poskytnutých neziskovou organizací ALKA Wildlife, o.p.s. z území ve Velkých Pavlovicích bylo nejprve zjišťováno, zda sysli preferují určitý biotop. Tyto preferované biotopy by následně mohly být spektrálně charakterizovány (natrénovány) a detekovány v datech DPZ. Jediný zdroj dat, který pro tento účel mohl být využit, byla bodová vrstva nor v území (BVN).

V prostředí ArcGIS byla BVN překryta přes vrstvu MB (polygonová vrstva mapovaných biotopů pokrývající téměř celou sledovanou oblast) a na základě analýzy překryvu byly určeny biotopy výskytu nor a četnost nor v biotopech – viz tabulka 3.

Tabulka 3: Podíl jednotlivých biotopů a zastoupení nor sysla v biotopech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic

Biotop	Celková rozloha biotopu [m2]	Celková rozloha biotopu [ha]	Celková rozloha biotopu [%]	počet nor v biotopu	Podíl nor v biotopech [%]	Počet nor na ha
akátina	27 642,56	2,76	0,62	NENÍ	-	-
alej	47 344,62	4,73	1,06	4	0,84	0,84
křoviny	68 208,97	6,82	1,53	1	0,21	0,15
pastvina	21 136,35	2,11	0,47	NENÍ	-	-
plantáž	6 268,25	0,63	0,14	NENÍ	-	-
pole	520 124,52	52,01	11,67	32	6,72	0,62
ruderál	9 978,47	1,00	0,22	2	0,42	2,00
sad	769 188,62	76,92	17,26	166	34,87	<b>2,16</b>
stavba	15 219,94	1,52	0,34	NENÍ	-	-
suché stepní trávníky	83 662,81	8,37	1,88	NENÍ	-	-
suché širokolisté trávníky	54 966,02	5,50	1,23	1	0,21	0,18
sukcese	288 709,00	28,87	6,48	NENÍ	-	-
trávník kosený	142 410,02	14,24	3,20	36	7,56	<b>2,53</b>
trávník vysokostébelný	62 433,24	6,24	1,40	5	1,05	0,80
úhor	82 692,28	8,27	1,86	3	0,63	0,36
vinice	2 144 133,41	214,41	48,10	220	46,22	<b>1,03</b>
záhumenka	113 132,68	11,31	2,54	6	1,26	0,53
Celkový součet	4 457 251,78	445,73	100,00	476	100,00	
<b>Celková rozloha VP</b>	<b>4 493 150,00</b>	<b>449,32</b>				

Je zřejmé, že největší podíl nor z celkového počtu 476 výskytů se nalézá na vinicích (46,22 %). Hojně obydlen je také biotop sadů (34,87 %), s odstupem, ale stále významné, jsou biotopy pole (6,72 %) a kosené trávníky (7,56 %). Vyjma trávníku vysokostébelného se na zbylé

většinu biotopů vyskytuje méně než 1 % nor, což můžeme vzhledem k celkovému počtu nor považovat za spíše náhodný výskyt a pro budoucí analýzy je budeme považovat za zanedbatelné.

Ke zjištění míry vztahu mezi existencí nory a biotopem je zapotřebí porovnávat nejen četnost výskytu nor na stanovišti, ale také velikost území, jaké daný biotop pokrývá. Největší podíl nor, a tedy největší preferenci sysla, vykazovaly biotopy kosený trávník, sad a ruderal (2 a více nor na hektar). Velký podíl nor byl také na vinicích (i zde je často v podrostu tráva). Na detekci těchto biotopů bylo tedy důležité se zaměřit při klasifikaci dat DPZ. Na biotop ruderal jsme se při detekci nezaměřovali z důvodu jeho malé rozlohy (0,22 % celkového území) a vysoké heterogenity.

## 5.2.2 Neřízená klasifikace ISOData

Prvním testovaným klasifikačním přístupem byla neřízená klasifikace ISOData v software ENVI 5.3. Do klasifikace vstupoval předzpracovaný snímek RY z 29.5.2015. Květnový snímek byl vybrán z toho důvodu, že květen je hlavním obdobím, kdy u sysla dochází k výběru hnízdních stanovišť a budování nor, přičemž výběr stanoviště je podmíněn krajinným pokryvem a jeho strukturou (viz kapitola 2.7.5). V tomto termínu byla také prováděna první etapa terénního mapování nor (květen až červen 2018), druhá etapa byla plánována na květen 2019. Předpokládali jsme proto, že by klasifikace květnového termínu pomohla s vytipováním vhodných oblastí pro výskyt nor.

V nastavení klasifikátoru ISOData byl testován minimální a maximální počet vyklasifikovaných kategorií pokryvu, který byl nakonec definován v rozmezí 17–30 tříd. Testován byl také počet iterací, který přinášel podobné výsledky pro cyklus 5 opakování, stejně tak jako pro cyklus 10 opakování. Z hlediska vyšší časové náročnosti při výpočtu 10 iterací bylo proto 5 iterací zvoleno za optimální. Minimální počet pixelů v jedné třídě byl stanoven na 3 pixely. Hraniční podíl pixelů měnících svoji polohu v rámci třídy byl ponechán ve výchozím nastavení 5 %. Pokud by se ve třídě měnilo méně pixelů, než je hraniční hodnota, došlo by k předčasnému ukončení procesu. Na závěr proběhlo sloučení vyklasifikovaných spektrálních kategorií do tříd dle zmapovaných biotopů a bylo zjišťováno, do jaké míry se vyklasifikované třídy shodují s třídami terénního mapování biotopů.

Porovnání vrstev zmapovaných a vyklasifikovaných biotopů bylo provedeno geometrickým průnikem v programu ArcGIS (*Intersect*) a následným grafickým vyjádřením výsledků. Přesnost neřízené klasifikace byla vyjádřena jako podíl rozlohy vyklasifikovaného biotopu na rozloze mapovaného biotopu téže třídy.



### 5.2.3 Řízená klasifikace Maximum Likelihood

Druhou metodou analýzy území Velkých Pavlovic byla řízená klasifikace Maximum Likelihood (MLC). Při ní bylo obdobně jako v klasifikaci ISOData (kapitola 5.2.2) snahou vyklasifikovat povrch dle kategorií zmapovaných biotopů v květnovém termínu snímku RY. Na rozdíl od neřízené klasifikace bylo předem možno definovat všech 17 tříd mapovaných biotopů, do kterých budou obrazové prvky snímku rozděleny. Počty trénovacích pixelů byly určeny podle podílu rozlohy jednotlivých biotopů (mapovaných botaniky) na celkové rozloze klasifikovaného území (viz tabulka 4). Minimální počet pixelů pro nejméně zastoupené biotopy ( $\leq 1\%$  území Velkých Pavlovic) byl zvolen na základě pravidla pro nejmenší počet pixelů v trénovací množině  $MIN = N + 1$ , kde  $N$  je počet spektrálních pásem vstupujících do klasifikace (Dobrovolný 1998). Pro biotopy s rozlohou od  $1 \leq 2\%$  bylo využito 7 pixelů, od  $2 \leq 3,5\%$  8 pixelů. Maximální počet pixelů pro nejrozsáhlejší biotop vinic byl určen na 120.

Tabulka 4: Počet trénovacích pixelů jednotlivých tříd biotopů na základě jejich procentuálního zastoupení v území

Biotop	Celková rozloha biotopu [ha]	Celková rozloha biotopu [%]	Počet trénovacích pixelů
akátina	2,76	0,62	6
alej	4,73	1,06	6
křoviny	6,82	1,53	7
pastvina	2,11	0,47	6
plantáž	0,63	0,14	6
pole	52,01	11,67	29
ruđerál	1,00	0,22	6
sad	76,92	17,26	43
stavba	1,52	0,34	6
suché stepní trávníky	8,37	1,88	7
suché širokolisté trávníky	5,50	1,23	7
sukcese	28,87	6,48	16
trávník kosený	14,24	3,20	8
trávník vysokostébelný	6,24	1,40	7
úhor	8,27	1,86	7
vinice	214,41	48,10	120
záhumenka	11,31	2,54	8
<b>Celkový součet</b>	<b>445,73</b>	<b>100,00</b>	<b>295</b>

Skupiny biotopů z poskytnuté polygonové vrstvy bylo nejprve nutno exportovat do samostatných vrstev a funkcí *Dissolve* sloučit jednotlivé *feature classes* každého biotopu. Vrstva náhodně vygenerovaných bodů byla získána funkcí *Create Random Points* v ArcGIS pro každý biotop zvlášť. Samostatným bodovým souborům byly přiřazeny atributy nesoucí textovou

informaci o biotopech. Do klasifikace MLC vstupovala sloučená bodová vrstva trénovačích pixelů všech biotopů. Jediným nastaveným parametrem klasifikátoru MLC byl *Data Scale Factor* vycházející z radiometrického rozlišení snímku. Radiometrické rozlišení snímků RY je 12 bit, Data Scale Factor je pak roven  $2^{12} = 4\ 095$ .

Přesnost klasifikace biotopů byla hodnocena analogicky jako v kapitole 5.2.2 pomocí geometrického průniku mapy biotopů s daty terénního měření.

#### 5.2.4 Vegetační indexy

Poslední testovanou klasifikační metodou byl výpočet vegetačních indexů NDVI a TVI pro 4 termíny snímků RY, data z UAV a květnový snímek S-2A. Pomocí VIs jsme nad daty RY nejprve hledali takové kategorie intenzity vegetace, které by z hlediska charakteru vegetace (zejména hustoty/pokryvnosti) odpovídaly biotopům nejvhodnějším pro výskyt sysla (tj. těm s největším podílem nor – tedy sadům, koseným trávníkům a vinicím vybraným z vrstvy MB – viz kapitola 5.2.1). U TVI jsme poté definovali druhý interval hodnot, který vycházel ze statistického průměru a směrodatné odchylky nejvíce osídlené hodnoty TVI bez ohledu na existující biotopy. Takto detekované území by zároveň mělo mít co nejmenší rozlohu, aby „zúžilo“ velikost sledovaného území a umožnilo tak zoologům zaměřit se pouze na místa s relativně vysokým potenciálem výskytu sysla (bez nutnosti analyzovat celou plochu sledovaného území).

Hustota vegetace se v průběhu sezóny na rozdíl od biotopů na lokalitách nor mění. Vegetační indexy byly proto spočítány pro časovou řadu snímků RY (květen-září), a v jednotlivých termínech jsme testovali, v jakých kategoriích hustot (tj. intervalech VI) se nory sysla v průběhu období vyskytují, popř. zda jsou některé intervaly VI preferovány. Po nalezení určitého sysla preferovaného intervalu VI v daném termínu na snímcích RY byl tento interval aplikován nad daty S-2A pro širší zájmové území Moravy a Slovenska a bylo testováno, do jaké míry je interval schopen detekovat známé lokality výskytu nor na těchto datech (viz Data o výskytu nor – 4 kontrolní lokality výskytu nor v Jihomoravském kraji a NDOP AOPK ČR).

Nad daty RY byly poté spočítány také intervaly vycházející ze statického vyhodnocení průměru a směrodatné odchylky hodnot TVI v místech výskytu nor, které byly následně testovány také nad daty z UAV a daty S-2A pro širší zájmové území.

##### 5.2.4.1 NDVI pro RapidEye

Vegetační index NDVI byl vypočten v ENVI 5.3 nástrojem *Band Math* pomocí vztahu definovaného níže:

$$NDVI = \frac{B1 - B2}{B1 + B2}$$

kde B1 představovalo 5. pásmo snímku RY v blízkém infračerveném intervalu vlnové délky, B2 reprezentovalo 3. pásmo snímku RY v červeném spektrálním intervalu. NDVI byl takto vypočten na všech čtyřech snímcích RY. Pro zpřesnění odlišení jednotlivých druhů vegetace byla pomocí NDVI nalezena a dále odmaskována (prahováním) z původních snímků místa zcela bez vegetace. Intervaly NDVI, které charakterizovaly zcela holou půdu, jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: NDVI intervaly zcela holé půdy pro 4 termíny snímků RY

Termín	Interval NDVI
29.5.	-0,006345 – 0,338484
20.6.	0,012874 – 0,304688
29.7.	0,001179 – 0,288839
30.9.	0,006512 – 0,292637

Na odmaskovaných snímcích zahrnujících pouze vegetaci různých intenzit byl proveden druhý výpočet NDVI, který byl následně rozdělen do konkrétních kategorií hustoty vegetace. O hranicích jednotlivých tříd hustoty vegetace bylo rozhodováno na základě přirozených zlomů křivky histogramu. Zlomy v průběhu odrazivosti povrchu znamenají přechody mezi vzájemně spektrálně odlišnými vegetačními pokryvy. Z NDVI bylo takto stanoveno následujících 6 kategorií hustoty vegetace:

- 1) téměř holá půda
- 2) velmi řídká vegetace/traviny
- 3) řídká vegetace/traviny
- 4) hustší vegetace
- 5) hustá vegetace
- 6) velmi hustá vegetace

Na základě porovnání BVN s vrstvami NDVI pro 4 termíny byly v každém termínu vybrány ty kategorie intenzity vegetace (nejvíce však 2, aby byla vytipovaná oblast co nejmenší), které nejvíce odpovídaly biotopům s vysokým podílem nor (travní biotopy, sady a vinice – též s travním podrostem). Tyto kategorie byly určeny jako vhodný typ pokryvu/hustoty vegetace pro výskyt, resp. hnízdění sysla. Funkcí *Reclassify* v ArcGIS byla těmto kategoriím přiřazena hodnota 1, ostatním kategoriím hodnota 0. Z každého snímku tak vznikla binární mapa o hodnotách 0 a 1. Pomocí nástroje *Raster Calculator* byl vypočítán součet všech 4 vrstev. Výsledkem byl průnik potenciálně vhodných lokalit pro výskyt nor sysla v rámci celého vegetačního období (na základě využitých snímků).

Mapa vhodných lokalit byla poté překryta s mapou lokalit syslích nor v terénu, aby bylo zjištěno, do jaké míry je vrstva průniku schopna pokrýt všechny výskyty nor sysla.

### 5.2.4.2 TVI pro RapidEye

Druhým testovaným vegetačním indexem byl *Transformed vegetation index* (TVI). Vzorec pro jeho výpočet vycházel z již předchozího výpočtu NDVI (kapitola NDVI pro RapidEye):

$$TVI = (NDVI + 0,5)^{0,5}$$

TVI byl spočten v software ENVI 5.3 za pomoci funkce *Band Math* pro každý ze 4 termínů snímků RY. Klasifikováno bylo celkem 10 tříd intenzit vegetace, o hranicích jednotlivých tříd hustoty vegetace bylo opět rozhodováno na základě přirozených zlomů křivky histogramu. Jelikož v každém snímku byly hranice kategorií různé, pro naše účely byl pro každou kategorii zaveden název, který zobecňoval/charakterizoval vlastnosti vegetace v dané kategorii. Námi definované názvy kategorií intenzit vegetace byly následující:

- 1) zcela holá půda
- 2) téměř holá půda
- 3) velmi řídká vegetace
- 4) řídká vegetace
- 5) řidší vegetace s velmi řídkým TP\*
- 6) řidší vegetace s řídkým TP
- 7) řidší vegetace s hustým TP
- 8) hustší vegetace – OP\*, vinice, keře, nízké stromy
- 9) hustá vegetace – OP, vinice, stromy, husté keře
- 10) velmi hustá vegetace – OP, velmi husté vinice, stromy

\*TP = travní porost, OP = orná půda

Hranice hodnot TVI kategorií intenzit vegetace jsou pro každý snímek uvedeny v tabulce 6.

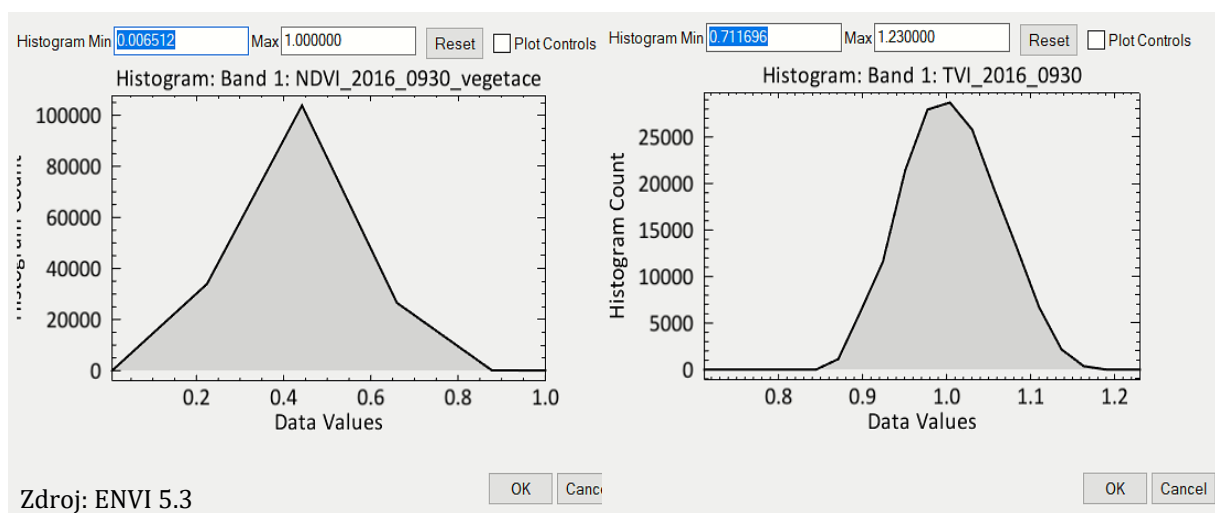
Tabulka 6: Hranice klasifikovaných kategorií intenzit vegetace pomocí TVI

Kategorie	Název kategorie	Hranice kategorií TVI květen		Hranice kategorií TVI červen		Hranice kategorií TVI červenec		Hranice kategorií TVI září	
1	zcela hola půda	0,7106	0,9157	0,7162	0,8524	0,7079	0,8106	0,7093	0,8254
2	temer hola půda	0,9157	0,9470	0,8524	0,8968	0,8106	0,8702	0,8254	0,9306
3	velmi ridka vegetace	0,9470	0,9954	0,8968	0,9346	0,8702	0,9206	0,9306	0,9679
4	ridka vegetace	0,9954	1,0373	0,9346	0,9807	0,9206	0,9710	0,9679	0,9995
5	ridsi vegetace s velmi ridkym TP	1,0373	1,0864	0,9807	1,0284	0,9710	1,0161	0,9995	1,0256
6	ridsi vegetace s ridkym TP	1,0864	1,1189	1,0284	1,0822	1,0161	1,0492	1,0256	1,0509
7	ridsi vegetace s hustym TP	1,1189	1,1357	1,0822	1,1189	1,0492	1,0890	1,0509	1,0713

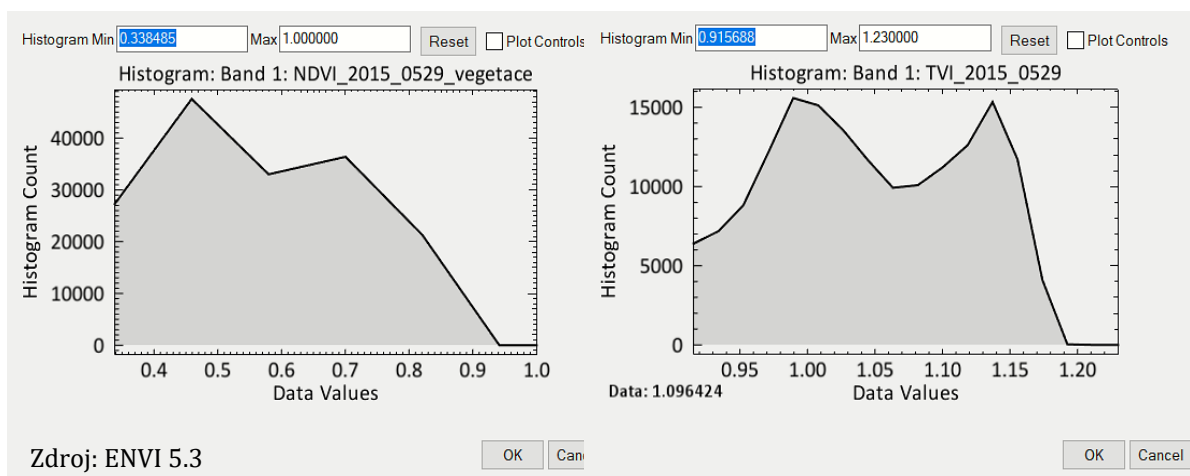
Kategorie	Název kategorie	Hranice kategorií TVI květen		Hranice kategorií TVI červen		Hranice kategorií TVI červenec		Hranice kategorií TVI září	
8	hustší vegetace – OP, vinice, kere, nízke stromy	1,1357	1,1557	1,1189	1,1513	1,0890	1,1301	1,0713	1,0978
9	husta vegetace – OP, vinice, stromy, huste kere	1,1557	1,1709	1,1513	1,1682	1,1301	1,1540	1,0978	1,1288
10	velmi husta vegetace – OP, velmi huste vinice, stromy	1,1709	1,2247	1,1682	1,2247	1,1540	1,2247	1,1288	1,2247

Z obrázků 11 a 12 je u hodnot TVI patrná podstatně ztelnější členitost přirozených zlomů křivky histogramu, než je tomu u křivky NDVI. TVI také dovolil rozklasifikovat nízké porosty do většího počtu navzájem odlišitelných intervalů, což je důležité pro identifikaci různých typů travních porostů (hustší, řidší apod.) významných pro sysla. Z tohoto důvodu byla metoda pomocí TVI určena za přesnější z hlediska odlišení hustoty vegetace než metoda NDVI. V následujících postupech již proto bylo pracováno pouze s výpočtem TVI.

Obrázek 11: Porovnání přirozených zlomů křivky histogramu hodnot VI pro zářiový termín; vlevo NDVI, vpravo TVI



Obrázek 12: Porovnání přirozených zlomů křivky histogramu hodnot VI pro květnový termín; vlevo NDVI, vpravo TVI



### Definice intervalu hodnot TVI pro detekci nor na základě biotopů

V rámci první metody hledání intervalu hodnot TVI pro detekci nor byl pro snímky RY ze všech termínů hledán interval TVI v rámci systém preferovaných biotopů (sad, kosené trávníky a vinice) pomocí něhož by bylo možné zároveň pokrýt co největší počet nor. Na základě geometrického překryvu map intenzit vegetace (vypočtené na základě TVI) s BVN a MB byly v jednotlivých termínech vybrány z každého ze tří biotopů 2 kategorie intenzity vegetace s největším podílem nor (kategorie intenzity definovány v kapitole 5.2.4.2 TVI pro RapidEye). Tyto kategorie určovaly rozpětí intervalu TVI s největším podílem nor v biotopu. Velikost tohoto intervalu byla dána počáteční hodnotou TVI první kategorie a koncovou hodnotou TVI druhé kategorie intenzity. Dvě kategorie byly vybrány z toho důvodu, aby takto vymezený interval nezabíral příliš velkou rozlohu zájmového území. Z každého termínu tak vznikly 3 intervaly TVI s největším podílem nor (pro každý biotop 1 interval). Následně byly intervaly pro každý termín sloučeny nástrojem *Union* v ArcGIS a bylo zjišťováno, ve kterém termínu je intervalem možno pokrýt největší podíl nor. Metodou barevného zvýraznění byla v každém termínu vytvořena mapa zobrazující nalezený interval TVI v prostoru. Pro zjištění přesnosti intervalu TVI byla mapa rozšíření intervalu v prostoru překryta s BVN. Přesnost intervalu byla vyjádřena jako procento nor z celkového počtu výskytů na území Velkých Pavlovic, které byl nalezený interval v daném termínu schopen detekovat. Termín, ve kterém interval dosáhl lepšího výsledku z hlediska detekce nor a malé pokryvnosti území, byl dále využit v detekci nor na snímku S-2A pro širší zájmové území. Snahou bylo určení míst/oblastí s vysokou pravděpodobností výskytu sysla, resp. jeho nor v terénu, což by usnadnilo a urychlilo další monitoring sysla v terénu.

### **Definice intervalu hodnot TVI pro detekci nor na základě průměru a směrodatné odchylky**

Druhá testovaná metoda definice intervalu TVI pravděpodobného výskytu sysla vycházela z překryvu vrstvy vypočteného TVI pro každý ze 4 termínů RY s BVN. Funkcí *Extract Values to Points* byla všem norám přiřazena číselná hodnota TVI, na které se nachází, bez ohledu na vyskytující se biotop. Na základě překryvu byla v každém termínu statisticky vyhodnocena průměrná hodnota TVI na všech lokalitách výskytu nor. K průměrným hodnotám TVI byly následně vypočítány směrodatné odchylky o velikosti 1 a 1/2, které definovaly hranice nových intervalů TVI s největší koncentrací nor. Celkem tak byly stanoveny čtyři statistické intervaly pravděpodobného výskytu sysla pro směrodatnou odchylku = 1 a čtyři statistické intervaly pro směrodatnou odchylku = 1/2. Následně bylo testováno, ve kterém termínu a při jaké směrodatné odchylce detekoval statistický interval více nor a zároveň pokrýval co nejmenší území. Tento interval byl následně otestován i na datech S-2A.

#### **5.2.4.3 TVI pro data z UAV**

Na datech z UAV pro 4 modelové lokality ve Velkých Pavlovicích byla testována přesnost intervalu TVI pravděpodobného výskytu sysla vycházející z výpočtu průměru a směrodatné odchylky hodnot TVI v místě nor. Nalezení intervalu TVI probíhalo analogicky jako u statistického vyhodnocení intervalu TVI na datech RY ve Velkých Pavlovicích. Překrytím vrstvy nor s mapou rozšíření tohoto intervalu na lokalitách snímaných UAV byla vyhodnocena jeho přesnost.

### **5.3 Analýza širšího zájmového území Moravy a Slovenska**

Pro širší zájmové území (2 moravských a 3 slovenských krajů) byl z dat S-2A (květnový termín) též vypočten index TVI. Z vrstvy TVI pro širší zájmové území byl následně vybrán stejný interval, který dosáhl nejlepších výsledků pro území Velkých Pavlovic jednak na základě mapování biotopů a jednak na základě statistického hodnocení. Barevným zvýrazněním byla vytvořena mapa rozšíření těchto dvou intervalů v celém širším zájmovém území a byl zjišťován podíl jejich rozlohy na celkovém území. Přesnost obou intervalů byla hodnocena s využitím terénních dat mapování výskytu nor sysla ve 4 lokalitách v rámci širšího zájmového území. Kontrolními mapovanými lokalitami byly Biskoupky, PP Nad řekami, Čejč a Miroslav vinice (Jihomoravský kraj). Mapy obou intervalů byly poté validovány také za pomoci vrstev z NDOP (jednak pomocí bodové vrstvy výskytů nor a poté pomocí polygonové vrstvy stanovišť sysla v Jihomoravském kraji).

## **5.4 Porovnání výsledků mapování potenciálního výskytu sysla pomocí TVI z dat S-2A s jinými datovými zdroji potencionálního výskytu sysla**

Nalezené oblasti pravděpodobného výskytu sysla obecného z dat DPZ za pomoci výpočtu intervalu TVI na základě biotopů a statistického intervalu TVI byly v závěru porovnávány s jinými volně dostupnými datovými zdroji či zdroji přímo využívanými biologi a zoology při mapování výskytu sysla v terénu. Cílem porovnání bylo zjistit, do jaké míry se aktuálně používaná data pro nalezení potencionálních stanovišť sysla shodují s mapami potencionálních lokalit nalezených pomocí DPZ. Zjišťovány byly podobnosti a odlišnosti v datech, popř. jak se data mohou navzájem doplnit pro získání uceleného náhledu na vytipování vhodných lokalit pro výskyt sysla.

### **5.4.1 Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR**

Mapy nalezených oblastí možného výskytu sysla obecného, které vycházely z výpočtu intervalu TVI dle biotopů a statistického intervalu nad daty S-2A (pro širší zájmové území), byly porovnány s poskytnutou a upravenou vrstvou ekosystémů KVES – kategorie rezistence 1 a bylo zjišťováno, do jaké míry se tyto dva zdroje shodují ve smyslu vytipování vhodných oblastí pro výskyt sysla. Data byla porovnávána pouze pro oblast Jihomoravského a Zlínského kraje, které byly společné pro poskytnutou vrstvu KVES i širší zájmové území. Porovnání mezi KVES – 1 a intervaly vypočtenými nad snímky RY pro užší území Velkých Pavlovic nebylo provedeno, jelikož KVES – 1 v této lokalitě pokrývá 88,21 % celkového území a nalezené intervaly TVI spadají z více jak 95 % své rozlohy do této kategorie.

Data KVES byla nejprve vizualizována na základě atributu Rezistence. Kategorie rezistence s hodnotou 1, označující nejvhodnější ekosystémy pro šíření sysla, byla uložena do samostatné vrstvy a na základě jejího průniku s vytvořenými mapami pravděpodobného výskytu sysla (mapy TVI na základě biotopů a statistického intervalu nad daty S-2A) byla vyhodnocena shoda. Poté byly vytvořeny dvě mapy, které zobrazovaly místa průniku KVES – 1 s intervalem TVI dle biotopů a statistickým intervalem, místa zmapovaná pouze intervalem a oblasti pokryté pouze KVES – 1.

Nakonec bylo zjišťováno, na jakých hodnotách TVI se vyskytovala území zmapovaná KVES – 1 (a tedy dle biologů potenciálně vhodná pro výskyt sysla) a jaké hodnoty TVI jsou naopak typické pro oblasti mimo KVES – 1, tedy oblasti s kategorií rezistence 2 a 3, která již pro výskyt sysla podle biologů zcela příznivá nebyla. Četnosti hodnot TVI pro obě kategorie byly následně vyjádřeny histogramem. Rozmezí hodnot TVI typických pro území KVES – 1 byly porovnány s intervaly zjištěnými na základě biotopů a pomocí průměru a směrodatné odchylky. Porovnány byly také hodnoty TVI mezi KVES – 1 a zbylými kategoriemi KVES (rezistence 2 a 3). Cílem bylo zjistit, zda jsou oblasti určené KVES – 1 charakterizovány jinou skladbou TVI, či zda se rozmezí



hodnot TVI nijak neliší od kategorií 2 a 3. Tím by bylo zjištěno, zda je možné na základě DPZ tyto dvě kategorie odlišit, či zda jsou spektrálně totožné a tím pádem pomocí klasických metod DPZ nerozpoznatelné.

#### **5.4.2 Travinné biotopy na Slovensku**

Vrstva travinných biotopů Slovenska byla porovnáována s mapou statistického intervalu (směrodatná odchylka 1) nad snímkem S2A pro oblast 3 slovenských krajů (Bratislavský, Žilinský, Trenčianský).

Vrstva biotopů byla nejprve převedena do zobrazení WGS 1984 33N. K překrytí s mapou statistického intervalu nad snímkem S2A došlo pomocí funkce *Union*. Následně byly obě datové sady navzájem porovnávány a bylo zjišťováno, zda mezi nimi existuje shoda. Poté jsme se pokusili definovat, jak mohou oba zdroje pomoci ve vytipování potencionálních míst výskytu sysla.

#### **5.4.3 Grassland — Copernicus Land Monitoring Service**

Mapa statistického intervalu (směrodatná odchylka 1) vytvořená nad snímkem S-2A širšího zájmového území Moravy a Slovenska byla nakonec porovnáována také s vrstvou travin (grassland) Copernicus, přestože obě datové sady neznázorňují zcela totožné jevy. Zatímco mapa statistického intervalu není vázána na jeden určitý biotop ale na hustotu vegetace, vrstva Copernicus detekuje pouze oblasti s travinným biotopem. Přesto jsme se snažili zhodnotit souvislost mezi oběma zdroji a pokusili se zjistit, zda (a jak) by data vrstvy grassland mohla pomoci při výzkumech hledání stanovišť sysla.

## **6. Výsledky**

### **6.1 Analýza zájmového území Velkých Pavlovic**

#### **6.1.1 Neřízené klasifikace ISOData**

Výsledkem neřízené klasifikace byla mapa 30 vyklasifikovaných spektrálních tříd, které byly následně sloučeny do 6 tříd biotopů na základě kategorií zmapovaných v terénu botaniky. Vyklasifikované třídy biotopů zahrnovaly kategorie vinice, pole, křovinatá sukcese, sad, dřevinatá sukcese/akátiny a kategorie bez vegetace/zástavba – viz tabulka 7.

Tabulka 7: Podíl vyklasifikovaných biotopů a počty nor v biotopech, metoda ISOData (snímek z 29.5.2015)

Vyklasifikovaný biotop	Rozloha [ha]	Podíl na celkové rozloze VP [%]	Počet nor	Podíl nor [%]
bez vegetace, zástavba	10,74	2,43	2	0,42
dřevinatá sukcese, akátiny	59,82	13,55	40	8,39
křovinatá sukcese	105,72	23,95	101	21,17
pole	31,61	7,16	17	3,56
sad	4,18	0,95	1	0,21
vinice	229,28	51,95	315	66,25
<b>Celkem</b>	<b>441,35</b>	<b>100,00</b>	<b>476</b>	<b>100,00</b>

Tabulka 8: Zmapované biotopy v terénu shodné s vyklasifikovanými třídami metodou ISOData, podíl a počty nor v těchto biotopech

Zmapovaný biotop	Rozloha [ha]	Podíl na celkové rozloze VP [%]	Počet nor	Podíl nor [%]
pole	52,01	11,67	33	6,72
sad	76,92	17,26	166	34,87
stavba	1,52	0,34	NENÍ	NENÍ
vinice	214,41	48,10	220	46,22
<b>Celkem ve všech 17 biotopech</b>	<b>445,725</b>	<b>100,00</b>	<b>476</b>	<b>100,00</b>

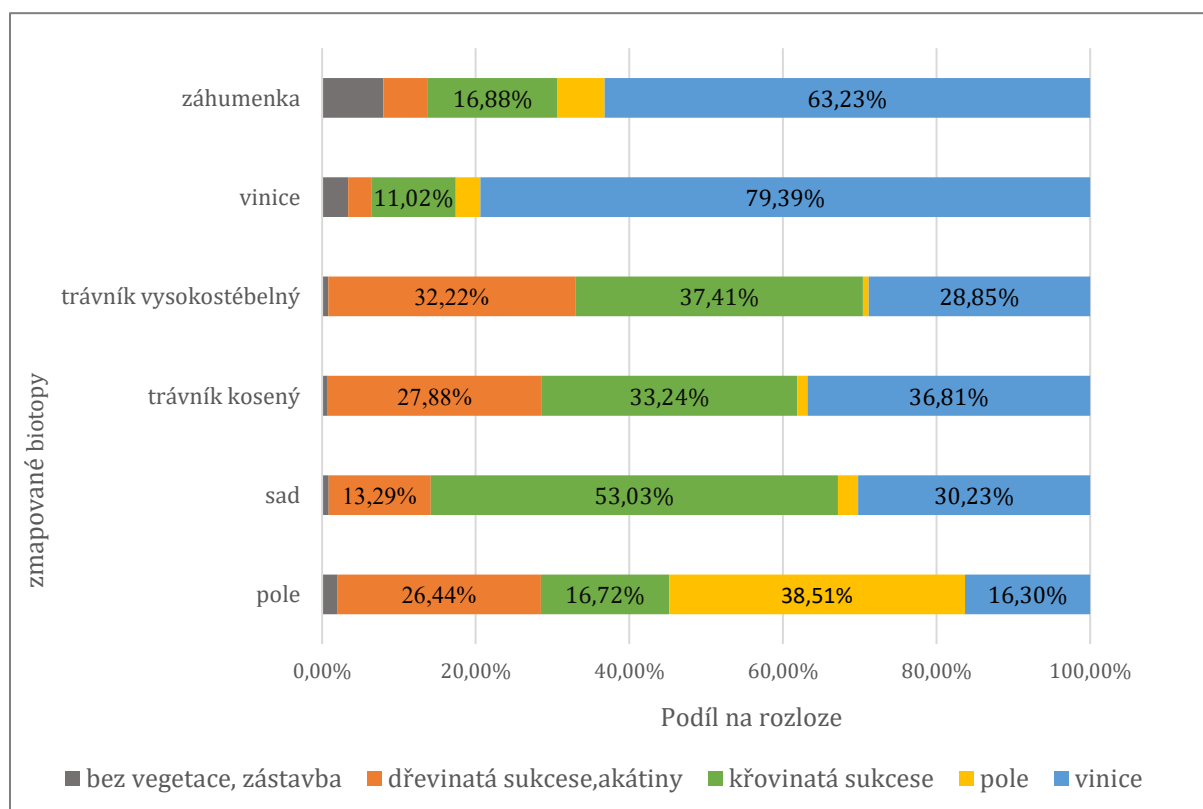
Nejrozsáhlejší vyklasifikovanou třídou byly vinice, které pokrývaly 51,95 % klasifikovaného území, poté následovala křovinatá sukcese s 23,95 % a dřevinatá sukcese/akátiny s 13,55 %. Nejmenší rozlohy dosáhla kategorie sad pokrývající pouhých 0,95 %. Z hlediska počtu nor dominovaly opět vinice, na kterých se nalézalo 66,25 % z celkového počtu 476 zmapovaných nor, s odstupem křovinatá sukcese s 21,17 % a dřevinatá sukcese/akátiny s 8,39 % nor. Nejméně nor se vyskytovalo v kategorii sad, a to pouhých 0,21 % (1 nora). Podíl rozlohy vyklasifikovaných vinic byl o 3,85 % větší než rozloha vinic zmapovaných, na klasifikovaných vinicích se také nalézalo o 20 % více nor než na vinicích zmapovaných. Naopak polí bylo na území vyklasifikováno méně, celkový rozdíl činí 4,51 % rozlohy, počet nor na polích po klasifikaci klesl z 6,72 % na 3,56 %. Nejvýraznější rozdíl vznikl mezi rozlohou mapovaných a klasifikovaných sadů, kdy z původně zmapovaných 17,26 % bylo klasifikací podchyceno pouze 0,95 % území.

Vyklasifikované třídy biotopů neodpovídaly zcela kategoriím mapovaných biotopů v terénu. Totožné zůstaly pouze kategorie vinice, pole, zástavba a sad (tabulka 8). Vyklasifikovaná kategorie sad pokrývala 18krát menší území VP, než jaké bylo v terénu zmapováno, a zahrnovala pouze 1 noru oproti 166 norám v terénu. Pro účely zhodnocení přesnosti proto byla třída sloučena s kategorií křovinatá sukcese, za kterou byla z 50 % zaměněna. Mapované kategorie trávník kosený, trávník vysokostébelný a záhumenka nebylo možno pomocí klasifikace ISOData odlišit.

Zbylé mapované kategorie biotopů nebyly do hodnocení přesnosti zahrnuty, jelikož na nich byl zanedbatelný nebo zcela nulový výskyt nor sysla.

Přesnost klasifikace biotopu lze hodnotit pouze v případě, kdy je klasifikovaná kategorie shodná se zmapovanou třídou. Šlo ji tedy určit pouze pro vyklasifikované kategorie vinice, pole a zástavba. Přesnost zástavby nicméně hodnocena nebyla, jelikož na ní byl výskyt nor v terénu nulový, nebyla tak pro rozšíření sysla relevantní. Výpočet přesnosti byl proveden geometrickým průnikem obou vrstev (viz graf 2).

*Graf 2: Podíl klasifikovaných biotopů na rozloze vybraných zmapovaných biotopů (zpracovatelská přesnost) na snímku RY 25.5.2015 (ISOData)*



*Zdroj: vlastní zpracování*

Nejlépe byla klasifikací zmapována kategorie vinic, která se ze 79 % shoduje s biotopem mapovaným v terénu (tzv. **zpracovatelská přesnost**). Z 11 % byl biotop vinic vyklasifikován jako křovinatá sukcese. **Uživatelská přesnost** vinic, udána jako podíl správně vyklasifikovaného území ku celkové rozloze vyklasifikované kategorie, byla 74,24 %. Pole byla vyklasifikována s přesností 39 %, zbytek biotopu byl klasifikací zaměněn převážně za dřevinatou sukcesí/akátiny, vinice a křovinatou sukcesí. Sady, přestože byly prvotně ponechány v samostatné klasifikované třídě, pokrývaly příliš malé území, než aby bylo možno hovořit o jejich detekci. Byly proto sloučeny s jejich spektrálně nejbližší třídou křovinatá sukcese, která tvoří zmapovaný biotop sadů z 53 %. System preferovaný biotop kosených trávníků nebylo možno klasifikací rozeznat, jelikož

byl na základě svého spektrálního chování vyklasifikován do tříd dřevinatá sukcese (27,88 %), křovinatá sukcese (33,24 %) a vinice (36,81 %). Záhumenky byly v 63 % vyklasifikovány jako vinice, ze 17 % jako křovinatá sukcese. Trávník vysokostébelný byl obdobně jako trávník kosený rozdělen mezi třídy dřevinatá sukcese (32,22 %), křovinatá sukcese (37,41 %) a vinice (28,85 %). Vinice se sice s reálným biotopem vinic shodují v téměř 80 % rozlohy, byly však často vyklasifikovány také na místě ostatních biotopů.

### 6.1.2 Řízená klasifikace Maximum Likelihood

Řízenou klasifikací MLC bylo území Velkých Pavlovic klasifikováno do 17 tříd biotopů shodných s třídami biotopů mapovaných botaniky – viz tabulka 9. Nejrozsáhlejší vyklasifikovanou třídou byl úhor pokrývající 97,53 ha z celkového území (22,23 %). Dalšími v pořadí byla pole zabírající 9,47 %, sukcese 8,63 %, sad a vysokostébelný trávník po 7 %, zbylé třídy biotopů tvořili od 1 % do 6 % klasifikovaného území. Nejmenší vyklasifikovanou kategorií byly akátiny, které tvořily 0,86 % rozlohy, což odpovídalo necelým 4 ha.

Klasifikovaný biotop úhor také obsahoval nejvíce mapovaných nor, a to 20,21 % (96 nor), vinice pokrývaly 12,42 % nálezů (59 nor), sukcese 8,42 % (40 nor), alej 7,37 % (35 nor), trávník vysokostébelný 7,16 % (34 nor). Třídou s nejmenším počtem nor byl ruderál, na němž se nacházelo celkem 7 nor (1,5 %).

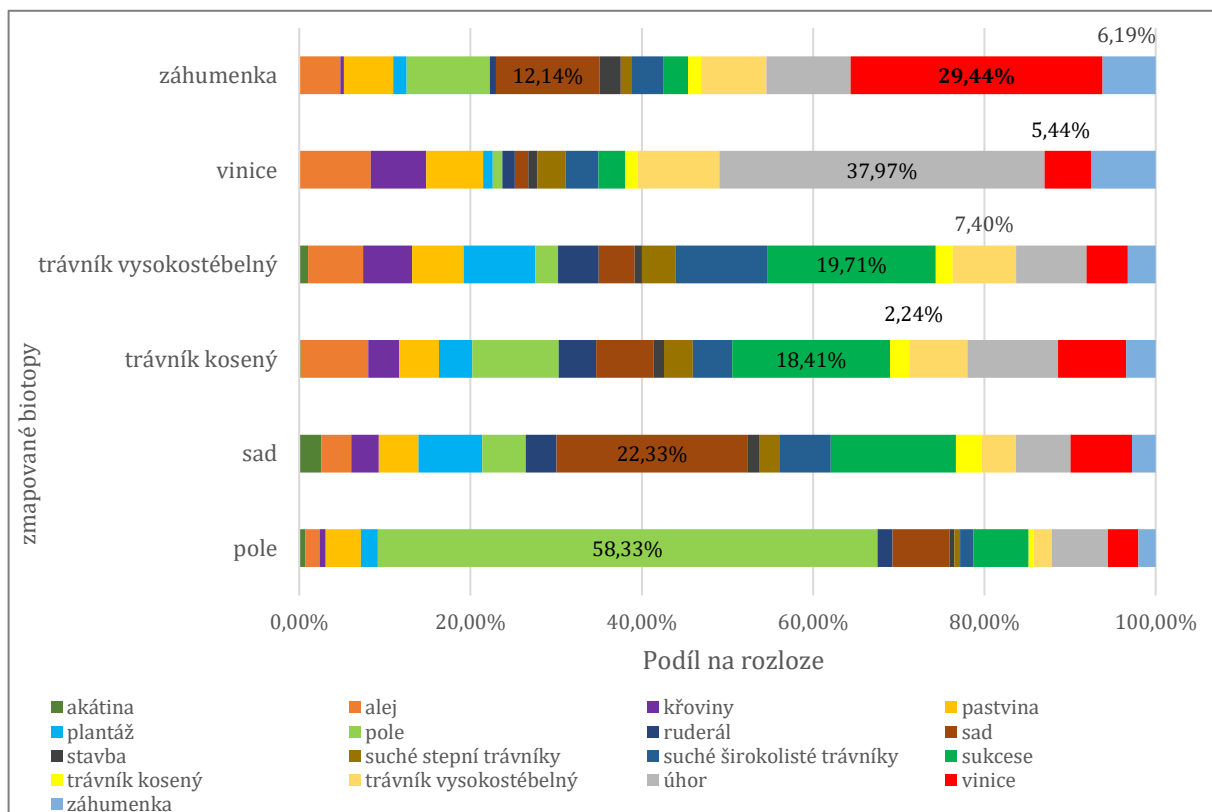
Tabulka 9: Podíl vyklasifikovaných a mapovaných biotopů a počty nor v biotopech, metoda MLC (29.5.2015)

Vyklasifikovaný biotop	Rozloha [ha]	Rozloha [%]	Počet nor	Podíl nor [%]	Zmapovaný biotop	Rozloha [ha]	Rozloha [%]	Počet nor	Podíl nor [%]
akátina	3,75	0,86	NENÍ	NENÍ	akátina	2,76	0,63	NENÍ	NENÍ
alej	26,57	6,06	35	7,37	alej	4,73	1,08	4	0,84
křoviny	20,96	4,78	16	3,37	křoviny	6,10	1,39	1	0,21
pastvina	25,54	5,82	30	6,32	pastvina	2,07	0,47	NENÍ	NENÍ
plantáž	15,66	3,57	12	2,53	plantáž	0,63	0,14	NENÍ	NENÍ
pole	41,55	9,47	29	6,11	pole	51,40	11,72	31	6,53
ruderál	10,77	2,46	7	1,47	ruderál	0,94	0,21	2	0,42
sad	31,08	7,08	20	4,21	sad	75,67	17,25	166	34,95
stavba	4,65	1,06	17	3,58	stavba	1,51	0,35	NENÍ	NENÍ
suché stepní trávníky	11,88	2,71	20	4,21	suché stepní trávníky	8,31	1,89	NENÍ	NENÍ
suché širokolisté trávníky	23,38	5,33	16	3,37	suché širokolisté trávníky	4,55	1,04	1	0,21
sukcese	37,85	8,63	40	8,42	sukcese	27,29	6,22	NENÍ	NENÍ
trávník kosený	7,80	1,78	12	2,53	trávník kosený	13,86	3,16	36	7,58
trávník vysokostébelný	30,75	7,01	34	7,16	trávník vysokostébelný	6,11	1,39	5	1,05
úhor	97,53	22,23	96	20,21	úhor	8,26	1,88	3	0,63

Vyklasifikovaný biotop	Rozloha [ha]	Rozloha [%]	Počet nor	Podíl nor [%]	Zmapovaný biotop	Rozloha [ha]	Rozloha [%]	Počet nor	Podíl nor [%]
vinice	26,87	6,13	59	12,42	vinice	213,69	48,71	220	46,32
záhumenka	22,08	5,03	32	6,74	záhumenka	10,79	2,46	6	1,26
<b>Celkový součet</b>	<b>438,67</b>	<b>100,00</b>	<b>475</b>	<b>100,00</b>	<b>Celkový součet</b>	<b>438,67</b>	<b>100,00</b>	<b>475</b>	<b>100,00</b>

Hodnocení přesnosti klasifikace MLC bylo možno provést u všech tříd legendy, jelikož klasifikované a mapované kategorie biotopů byly totožné, hodnoceny byly nicméně pouze zmapované třídy záhumenka, vinice, trávník vysokostébelný, trávník kosený, sad a pole. Na ostatních kategoriích byl výskyt sysla vzhledem k celkovému počtu zmapovaných nor zanedbatelný (do 1 % nor) či nulový. Geometrický překryv obou vrstev je vyjádřen v grafu 3.

Graf 3: Podíl klasifikovaných biotopů na rozloze zmapovaných biotopů na snímku RY 25.5.2015 (MLC)



Zdroj: vlastní zpracování

Průměrná přesnost (tj. průměr přesností jednotlivých biotopů) klasifikace MLC byla 14,43 %. Nejlépe vyklasifikovanou kategorií biotopu byla pole, která zmapovaný biotop pokrývala z 58,33 %. Sady byly správně vyklasifikovány z 22,33 %, nejčastěji byly klasifikací zaměněné za sukcesi a plantáže. Přesnost kosených trávníků dosáhla pouhých 2,24 %. Klasifikovány byly nejčastěji jako sukcese (18 %), pole a úhor. Vysokostébelné trávníky byly klasifikovány obdobně jako trávníky kosené, z 19,71 % byly chybně vyhodnoceny za sukcesi, 7,40 % bylo určených správně. Záhumenky byly klasifikovány jako vinice v 29,44 %, pouze

6,19 % rozlohy biotopu bylo správně určených jako záhumenka. Záhumenky byly často klasifikovány také jako sady (12,14 %). Jako úhor byly z necelých 38 % klasifikovány vinice, přičemž přesnost určení vinic dosáhla 5,44 %.

### **6.1.3 Vegetační indexy**

#### **6.1.3.1 NDVI pro RapidEye**

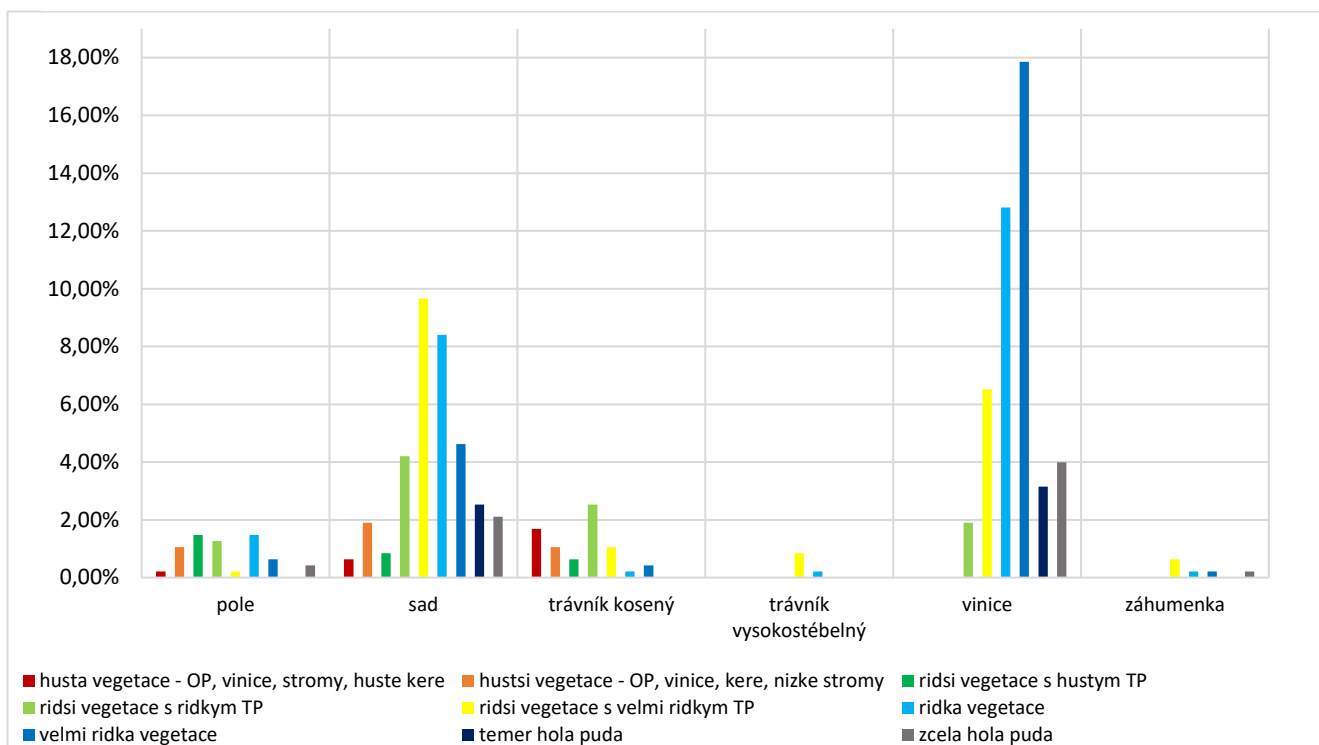
Na základě překryvu BVN s vrstvou potencionálně vhodných lokalit zjištěných z výpočtu NDVI bylo zjištěno, že oblasti, které byly pomocí NDVI vytipovány za traviny a porosty s travinným podrostem, detekovaly 120 nor z celkového počtu 476 nor ve Velkých Pavlovicích. Přesnost vrstvy v detekci nor tak byla 25,21 %. Jelikož z NDVI jsme byli schopni odlišit pouze 6 kategorií intenzit vegetace podle přirozených zlomů křivky histogramu, nebylo možno výsledky zpřesnit zvolením jiných kategorií intenzit vhodných pro výskyt sysla. Metoda detekce habitatů sysla pomocí NDVI proto nebyla dále využita.

#### **6.1.3.2 TVI pro RapidEye**

##### **Definice intervalu hodnot TVI pro detekci nor na základě biotopů**

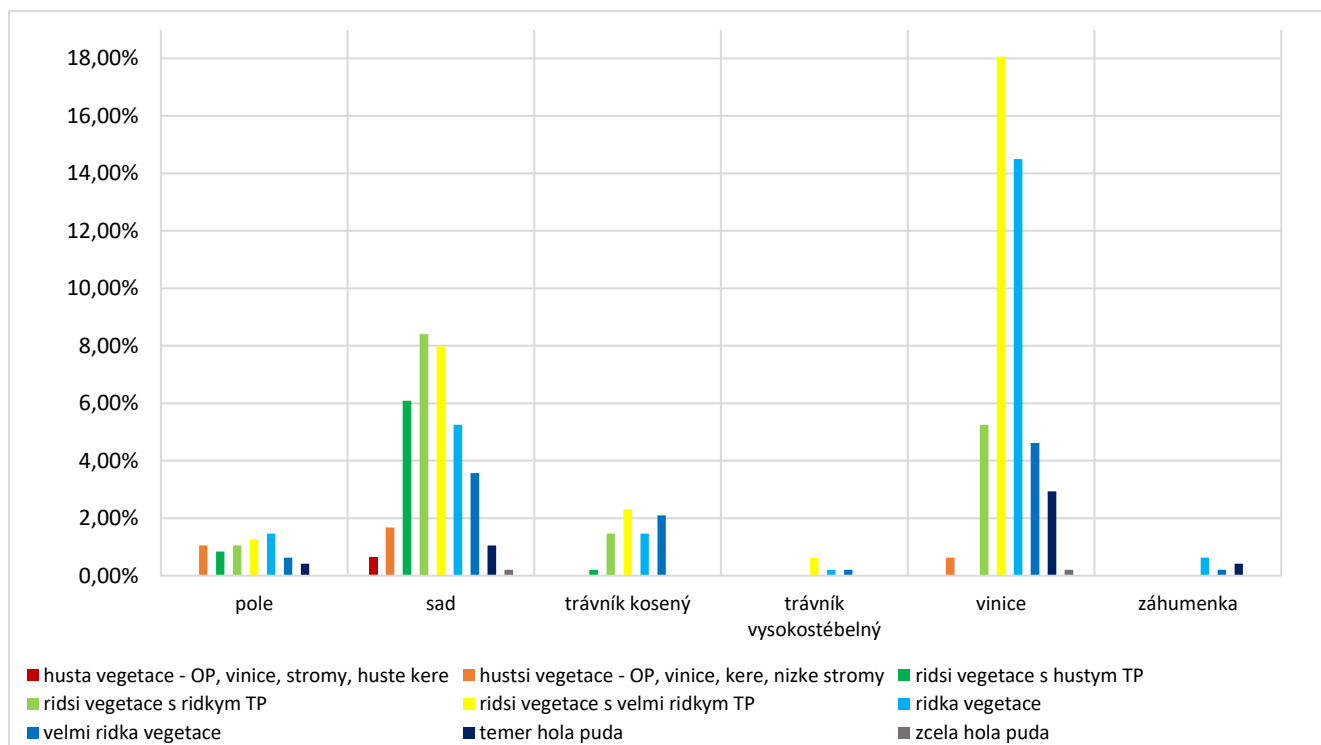
Odvození intervalu TVI pro detekci nor pro sysly preferované biotopy vinic, sadů a kosených trávníků vycházelo z průniku 4 map intenzit vegetace (ze 4 termínů) s vrstvou BVN a MB. Výsledky shrnují grafy 4–7. Každý graf reprezentující jeden klasifikovaný termín snímku RY ukazuje podíl nor v jednotlivých intervalech TVI, stanovených na základě přirozených zlomů křivky histogramu, v biotopech, na kterých byl zaznamenán výskyt nor sysla.

Graf 4: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI v biotopech 29.5.2015



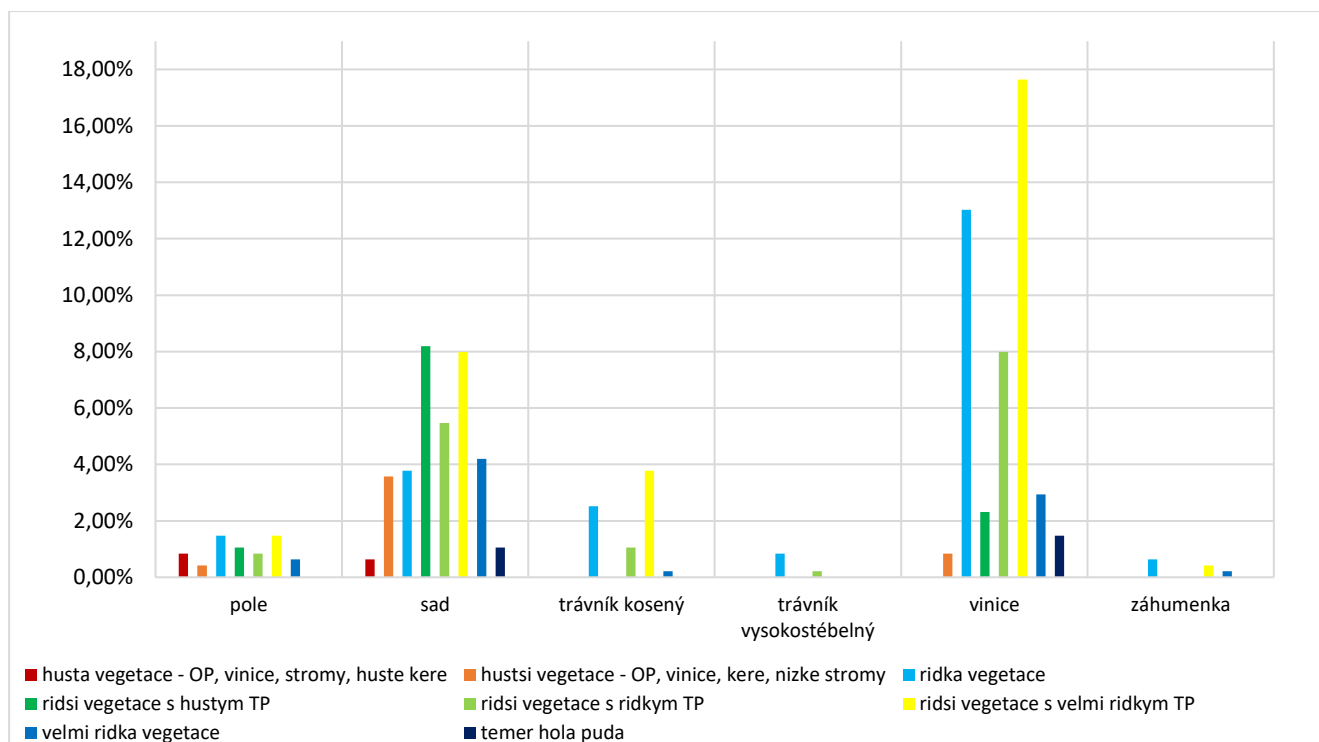
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 5: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI v biotopech 20.6.2017



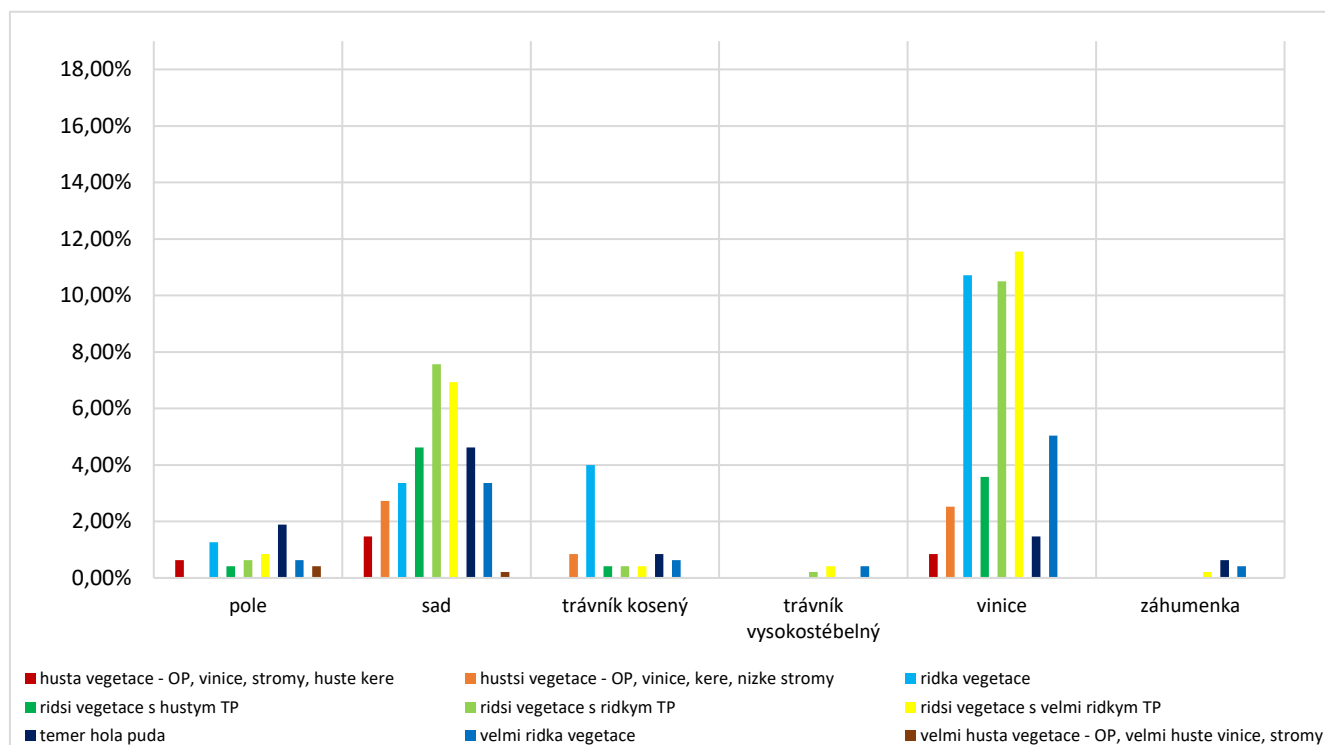
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 6: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI na biotopech 29.7.2017



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 7: Podíl nor sysla v jednotlivých intervalech TVI v biotopech 30.9.2016



Zdroj: vlastní zpracování

Zmapované nory sysla obecného ve Velkých Pavlovicích se vyskytují v širokém rozpětí intenzit TVI, přičemž v průběhu roku se tyto intenzity v místě nor mění. Nora se tak může během vegetačního období vyskytovat až ve třech intervalech TVI, hustá vegetace se však v místě výskytu



nory nenachází déle než 1 pozorované období. Z grafů je patrný vývoj struktury porostů v biotopech, zatímco jarní termíny jsou charakterizovány užší skladbou vegetačních hustot s dominancí řídkého porostu, podzimní termín má pokryv podstatně variabilnější. Hustou vegetaci nalezneme především v květnu na kosených trávnících před první sečbou, s blížícím se podzimem naopak v sadech a vinicích. Téměř holou půdu naopak nalezneme na vinicích a sadech po celý rok. Je to dáno strukturou uspořádání porostu, který je vysazován převážně v řádcích. Na snímku jsou tak vinice a sady tvořeny dvěma rozdílnými sadami pixelů, první charakterizující porost, druhé holou půdu. Žádná nora se nevyskytuje na konstantně vysokém vegetačním pokryvu.

Ze tří sysly preferovaných biotopů vinic, sadů a kosených trávníků byly následně v každém termínu vybrány dvě nejvíce norami osídlené kategorie intenzity vegetace. Přestože se nory vyskytovaly také na biotopech pole, trávník vysokostébelný a záhumenka, jejich výskyt nebyl vzhledem k rozloze těchto biotopů významný. Rozmezí hodnot TVI dvou kategorií intenzit jsou pro každý termín a biotop uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Rozpětí intervalů TVI s největším podílem nor pro systém preferované biotopy

termín	Rozpětí intervalů TVI					
	vinice		sad		trávník kosený	
29.05.	0,947019	1,037288	0,995403	1,086395	1,037288	1,118891
20.06.	0,93462	1,082147	0,980670	1,082147	0,852394	1,028444
29.07.	0,920617	1,016091	0,971006	1,089023	0,920617	1,016091
30.09.	0,96785	1,050904	0,999462	1,050904	0,96785	0,999462

Tabulka 11: Podíl nor detekovaných intervaly TVI na základě metody biotopů a rozloha těchto intervalů v jednotlivých termínech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic

termín	Rozloha zmapovaného území [ha]	Podíl zmapovaného území na celkové rozloze (%)	Počet nor ve zmapovaném území	Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)
29.05.	276,36	61,51	372	78,15
20.06.	346,14	77,04	419	88,03
29.07.	317,99	70,77	392	82,35
30.09.	214,79	47,80	286	60,08
<b>průnik termínů</b>	<b>136,59</b>	<b>30,40</b>	<b>217</b>	<b>45,59</b>

Celková rozloha VP [ha]: **449,32**  
 Celkem nor ve VP: **476**

Vytvořené mapy rozšíření těchto intervalů nad územím Velkých Pavlovic pro každý ze 4 termínů byly poté překryty s BVN a byl zjišťován celkový podíl nor detekovaných intervaly v daném termínů. Také byla vypočítána jejich rozloha v užším zájmovém území. Výsledky překryvu a výpočtu rozlohy jsou shrnuty v tabulce 11.

### Sjednocení intervalů

Na základě výsledků z tabulky 11 dosáhl interval zjištěný z květnového termínu snímku RY nejlepšího výsledku z hlediska detekce nor a pokryvnosti území (je žádoucí pokrytí co nejmenšího území). Z celkového počtu 476 nor byl schopen detekovat 78,15 % nor a zároveň pokrýval 61,51 % území. Testován byl také průnik vrstev intervalů všech termínů. Ten sice zúžil vytipované území na 30 %, poměr detekovaných nor se však také snížil na 45,59 %, čímž dosáhl horšího výsledku než květnový interval. Květnový interval byl proto dále využit pro určení pravděpodobného výskytu nor/sysla v datech S-2A v širším zájmovém území 5 krajů. Rozpětí hodnot květnového intervalu na základě biotopů leží ve sjednocení intervalů: **<0,947019; 1,037288> U <0,995403; 1,086395> U <1,037288; 1,118891>**, kde první interval vychází z preferovaného biotopu vinic, druhý interval ze sadů a třetí z kosených trávníků (viz tabulka 10). Vymapované oblasti potenciálního výskytu sysla obecného pomocí intervalu TVI dle biotopů pro užší zájmové území jsou znázorněny na mapě v příloze 1.

### Definice intervalu hodnot TVI pro detekci nor na základě průměru a směrodatné odchylky

Statistickou metodou výpočtu průměru a směrodatných odchylek (SMODCH) hodnot TVI v místech výskytu nor byly stanoveny 2 intervaly TVI pravděpodobného výskytu sysla pro velikosti směrodatných odchylek 1 a 1/2 v každém termínu. Rozmezí těchto intervalů pro jednotlivé termíny RY spolu s průměrnou hodnotou TVI v místech výskytu nor jsou uvedeny v tabulce 12.

*Tabulka 12: Rozmezí hodnot intervalů TVI pravděpodobného výskytu sysla na základě výpočtu průměrů a směrodatných odchylek čtyř termínů RY*

termín	průměr TVI	Rozpětí intervalu TVI			
		SMODCH = 1		SMODCH = 1/2	
29.05.	1,022131729	0,951651934	1,092611525	0,986891832	1,057371627
20.06.	0,996438823	0,932669724	1,060207921	0,964554273	1,028323372
29.07.	0,995675264	0,935478431	1,055872097	0,965576848	1,02577368
30.09.	1,007515119	0,954160787	1,060869451	0,980837953	1,034192285

V každém termínu byla následně vytvořena mapa rozšíření intervalů pro SMODCH 1 a SMODCH 1/2, které byly poté překryty s BVN a byl zjišťován podíl detekovaných nor těmito intervaly. Výsledky překryvu intervalů s BVN a výpočet rozlohy intervalů na celkové rozloze Velkých Pavlovic v jednotlivých termínech jsou shrnuty v tabulkách 13 a 14.

*Tabulka 13: Podíl nor detekovaných intervaly TVI pro SMODCH 1 a rozloha těchto intervalů v jednotlivých termínech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic*

<b>termín</b>	<b>Rozloha zmapovaného území [ha]</b>	<b>Podíl zmapovaného území na celkové rozloze (%)</b>	<b>Počet nor ve zmapovaném území</b>	<b>Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)</b>
29.05.	232,23	51,69	328	68,91
20.06.	249,14	55,45	318	66,81
29.07.	247,10	55,00	322	67,65
30.09.	262,66	58,46	331	69,54

Celková rozloha VP [ha]: **449,32**

Celkem nor ve VP: **476**

*Tabulka 14: Podíl nor detekovaných intervaly TVI pro SMODCH 1/2 a rozloha těchto intervalů v jednotlivých termínech v užším zájmovém území Velkých Pavlovic*

<b>termín</b>	<b>Rozloha zmapovaného území [ha]</b>	<b>Podíl zmapovaného území na celkové rozloze (%)</b>	<b>Počet nor ve zmapovaném území</b>	<b>Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)</b>
29.05.	136,21	30,31	177	37,18
20.06.	134,96	30,04	184	38,66
29.07.	139,61	31,07	200	42,02
30.09.	142,55	31,73	177	37,18

Celková rozloha VP [ha]: **449,32**

Celkem nor ve VP: **476**

Interval pro SMODCH 1 pokrýval průměrně kolem 50–60 % území Velkých Pavlovic, přičemž nejmenší rozlohy dosáhl interval v květnovém termínu (51,69 %). Nor bylo ve všech termínech detekováno necelých 70 %, nejvíce v září (69,54 %), vzhledem k podílu rozlohy na sledovaném území však květnový interval dosáhl nejlepšího výsledku, přestože detekoval 68,91 % nor. Interval pro SMODCH 1/2 nepřesáhl 32 % rozlohy Velkých Pavlovic, podíl detekovaných nor také klesl a pohyboval se mezi 37–42 %, vzájemný poměr mezi podílem území a podílem detekovaných nor je tak podobný. Z toho důvodu byl za nejlepší interval pro vytipování oblastí k výskytu sysla vybrán opět květnový interval pro SMODCH = 1, který byl dále využit pro detekci nor v datech S-2A. Rozpětí jeho hodnot je: **0,951651934 – 1,092611525**.

Vymapované oblasti potenciálního výskytu sysla obecného pomocí statistického intervalu TVI pro SMODCH 1 v užším zájmovém území jsou znázorněny na mapě v příloze 2.

Květnový interval pro SMODCH 1 se s květnovým intervalem dle biotopů nad daty RY pro užší modelové území překrývá z 84 % (překryv tvoří 232,23 ha), přičemž oba intervaly dohromady pokrývají území o velikosti 276,38 ha (61,51 % rozlohy VP). Oblasti vymezené intervalem pro SMODCH 1 se celým svým rozsahem nachází uvnitř území vymezeného intervalem dle biotopů.

### 6.1.3.3 TVI pro data z UAV

Rozsah statistického intervalu TVI pro SMODCH 1 nad daty z UAV leží v rozpětí hodnot 0,815179744 – 0,94748468 (tabulka 15). Interval na 4 modelových lokalitách pokryl 64 % celkové rozlohy a detekoval celkem 67 % z 247 nor. Naopak interval TVI pro SMODCH 1/2 leží mezi hodnotami 0,848255978 – 0,914408446, pokryl 34 % rozlohy území a detekoval 38 % nor. Pomocí intervalu pro SMODCH 1 bylo v datech z UAV vymapováno 67,21 % nor, oproti území Velkých Pavlovic nad daty RY zde tak byl podchycen nepatrně menší podíl nor (o 1,7 %). Výsledky jsou tak velmi podobné jako v případě dat RY. Interval však pokryl v datech UAV o 12,63 % více rozlohy než nad daty RY (64,32 % rozlohy v datech UAV, 51,69 % rozlohy v datech RY). Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného vymapované pomocí statistického intervalu pro SMODCH 1 pro lokality snímané UAV jsou znázorněny na mapě v příloze 3.

*Tabulka 15: Rozmezí hodnot výsledných dvou intervalů TVI pravděpodobného výskytu sysla pro velikost SMODCH = 1 a SMODCH = 1/2, podíl detekovaných nor a rozloha intervalu na datech z UAV*

	Rozpětí intervalu TVI		Rozloha zmapovaného území [ha]	Podíl zmapovaného území na celkové rozloze (%)	Počet nor ve zmapovaném území	Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)
<b>SMODCH = 1</b>	0,815179744	0,94748468	55,75	64,32	166	67,21
<b>SMODCH = 1/2</b>	0,848255978	0,914408446	29,04	33,51	93	37,65

Celková rozloha území [ha]: **86,68**  
 Celkem nor v území: **247**

## 6.2 Analýza širšího zájmového území 5 krajů

### 6.2.1 TVI pro S-2A

Výsledné rozlohy území potenciálního výskytu sysla obecného v 5 krajích získané na základě intervalů TVI jednak pomocí metody mapování biotopů a jednak pomocí metody statistického zhodnocení (na květnovém snímku S-2A) jsou uvedeny v tabulce 16. Vymapované oblasti potenciálního výskytu sysla obecného jsou zároveň znázorněny na mapách v přílohách 4 a 5 (shapefile vymapovaných oblastí je také nahrán na příloženém CD). Oba intervaly na širším zájmovém území pokrývají od 11,66 % do 13,48 % rozlohy. Intervaly by tak mohly usnadnit budoucí mapování výskytu sysla obecného na lokalitách, pro které chybí záznamy o aktuálním rozšíření druhu.

*Tabulka 16: Rozloha květnového intervalu dle biotopů a květnového intervalu pro SMODCH 1 a podíl na celkové rozloze širšího zájmového území 5 krajů*

Rozloha území 5 krajů [ha]	Rozloha květnového intervalu dle biotopů [ha]	Podíl zmapovaného území na celkové rozloze (%)	Rozloha květnového intervalu pro SMODCH 1 [ha]	Podíl zmapovaného území na celkové rozloze (%)
2 185 342,56	294 651,66	13,48	254 847,93	11,66

Sjednocení intervalu dle biotopů a intervalu pro SMODCH 1 na květnovém snímku S-2A pokrývá celkem 352 399 ha (16,13 % rozlohy 5 krajů). Oba intervaly se přitom překrývají na 56 % rozlohy jejich sjednocení.

### 6.2.2 Validace výsledků mapování na úrovni 5 krajů

Přesnost mapování oblastí potenciálního výskytu sysla nemohla být ověřena pro celé širší zájmové území pěti krajů, protože pro něj neexistují data o výskytu nor ani syslů. Přesnost byla ale hodnocena jednak na čtyřech menších kontrolních lokalitách, pro něž data o výskytu nor k dispozici byla, a poté také pro území Jihomoravského kraje na základě dat o výskytu sysla z Nálezové databáze ochrany přírody AOPK ČR (viz kapitola Data).

#### 6.2.2.1 Hodnocení přesnosti mapování na základě výskytu nor ve 4 kontrolních lokalitách

Překrytím mapy květnového intervalu TVI na základě biotopů s vrstvou zmapovaných nor ve 4 kontrolních lokalitách bylo zjištěno, že interval byl schopen detekovat 250 nor z celkového počtu 453 výskytů v území, což bylo okolo 55 % nor (tabulka 17). Květnový interval pro

SMODCH 1 detekoval 49,89 % nor. Interval dle biotopů detekoval o 24 nor více než interval pro SMODCH 1, z hlediska jednotlivých čtyř lokalit zmapovaného výskytu sysla jsou nory na lokalitách oběma intervaly detekovány v podobném poměru. Podíl rozlohy vymapovaného území pomocí intervalu TVI nemohl být na 4 lokalitách spočítán, jelikož zde neproběhlo mapování biotopů (jako v případě Velkých Pavlovic), proto neexistují data o hranicích jednotlivých zkoumaných lokalit.

*Tabulka 17: Podíl nor detekovaných květnovým intervalem dle biotopů a květnovým intervalem pro SMODCH 1 ve 4 kontrolních lokalitách*

	Počet nor na lokalitě	Počet nor v území zmapovaném květnovým intervalem dle biotopů	Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)	Počet nor v území zmapovaném květnovým intervalem pro SMODCH 1	Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)
Biskoupky	262	182	69,47	166	63,36
Čejč	5	4	80,00	4	80,00
Miroslav vinice	72	31	43,06	35	48,61
PP Nad řekami	114	33	28,95	21	18,42
<b>Celkem</b>	<b>453</b>	<b>250</b>	<b>55,19</b>	<b>226</b>	<b>49,89</b>

Nejvíce nor bylo oběma intervaly zmapováno na lokalitě Biskoupky, kde interval dle biotopů detekoval 69,47 % nor a interval pro SMODCH 1 detekoval 63,36 % nor z celkového počtu 262 nor. Přestože na lokalitě Čejč bylo intervaly detekováno 80 % nor, zmapováno zde bylo pouze 5 výskytů, což můžeme vzhledem k celkovému počtu 453 zmapovaných nor považovat za spíše náhodný výskyt. Podobný podíl nor byl intervaly detekován také na lokalitě Miroslav vinice. Nory na lokalitě PP Nad řekami nebyly dostatečně detekovány ani jedním z intervalů, lépe však intervalem dle biotopů, který zachytil necelých 29 % nor. Přesnost detekce nor napříč jednotlivými lokalitami je tak velmi proměnlivá.

#### **6.2.2.2 Hodnocení přesnosti mapování na základě Nálezové databáze ochrany přírody AOPK ČR**

Nejprve byly mapy květnového intervalu dle biotopů a statistického intervalu pro SMODCH 1 validovány pomocí bodové vrstvy nor NDOP v Jihomoravském kraji. Z celkového počtu 17 zmapovaných výskytů nor bylo pomocí intervalu dle biotopů detekováno 12 nor (71 %), přičemž interval zabíral 16 % rozlohy kraje (tabulka 18). Květnový interval pro SMODCH 1 detekoval o 3 nory méně než interval dle biotopů (53 %), zároveň zabíral 14 % rozlohy Jihomoravského kraje (o 2 % méně než interval dle biotopů). 17 zmapovaných výskytů nor je ale velmi nízký počet a výsledky jsou tím jistě ovlivněny.

Tabulka 18: Podíl nor detekovaných květnovým intervalem TVI dle biotopů a květnovým intervalem TVI pro SMODCH 1 a rozloha těchto intervalů na území Jihomoravského kraje (JHM) pro data S-2A (validace dle vrstvy výskytu nor NDOP)

	Rozloha zmapovaného území [ha]	Podíl zmapovaného území na celkové rozloze (%)	Počet nor ve zmapovaném území	Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)
interval dle biotopů v JHM kraji	106 304,54	16,11	12	70,59
interval pro SMODCH 1 v JHM kraji	94 207,11	14,27	9	52,94

**Celková rozloha JHM kraje [ha]:** 660 012,94  
**Celkem nor v JHM:** 17

Oba intervaly byly poté validovány s využitím polygonové vrstvy NDOP nálezů výskytu sysla obecného v Jihomoravském kraji a byl hodnocen podíl průniku obou vrstev na celkové rozloze území vymezeného vrstvou NDOP (tedy reálných oblastí výskytu sysla) – viz tabulka 19. Pomocí intervalu dle biotopů bylo možno zmapovat 78 % území reálného výskytu sysla obecného, intervalem pro SMODCH 1 bylo podchyceno 73 % rozlohy těchto oblastí. Průnik intervalů s polygonovou vrstvou výskytů sysla NDOP je znázorněn na obrázku 13 a 14.

Tabulka 19: Průnik intervalu dle biotopů a statistického intervalu pro SMODCH 1 s vrstvou výskytu stanovišť sysla obecného NDOP v Jihomoravském kraji

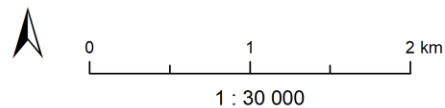
	Podíl průniku na celkové rozloze oblastí výskytu sysla dle NDOP (%)
interval dle biotopů v JM kraji	78,43
interval pro SMODCH 1 v JM kraji	72,58

**Celková rozloha oblastí výskytu sysla NDOP AOPK ČR [ha]:** 50,08

Obrázek 13: Výřez z mapy překryvu vrstvy oblastí výskytu sysla NDOP AOPK ČR a intervalu TVI dle biotopů a intervalu TVI



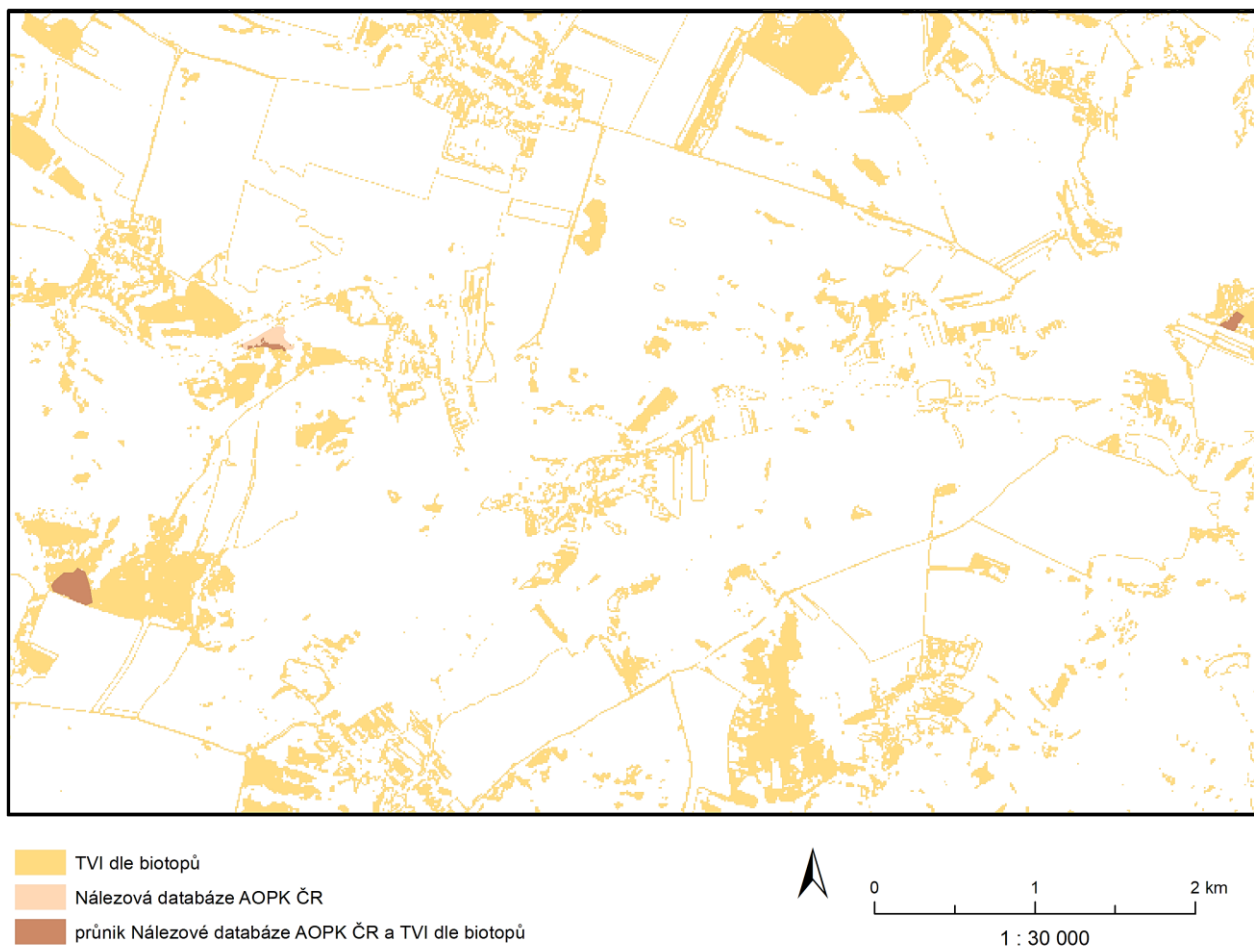
- TVI dle biotopů
- Nálezová databáze AOPK ČR
- průnik Nálezové databáze AOPK ČR a TVI dle biotopů



Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 14: Výřez z mapy překryvu vrstvy oblastí výskytu sysla NDOP AOPK ČR a intervalu TVI pro SMODCH 1



Zdroj: vlastní zpracování

### 6.3 Porovnání výsledků mapování potenciálního výskytu sysla pomocí TVI z dat S-2A s jinými datovými zdroji potencionálního výskytu sysla

#### 6.3.1 Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR

Celková rozloha KVES – kategorie rezistence 1 činila na území Zlínského a Jihomoravského kraje 15,26 % rozlohy území 2 krajů (tabulka 20). KVES – 1 zároveň pokryl 144 z 453 (31,79 %) nor zmapovaných biology v terénu na 4 kontrolních lokalitách v Jihomoravském kraji. Podíl území pokrytého KVES – 1 byl vyšší o 2–4 % než podíl území vymapovaného nalezeným intervalem dle biotopů a statistickým intervalem. Úspěšnost ve zmapování nor na 4 kontrolních lokalitách byla naopak nižší než u obou nalezených intervalů o 18–23 %.

Tabulka 20: Rozloha KVES – 1, intervalu dle biotopů a intervalu pro SMODCH 1 na území 2 krajů, podíl detekovaných nor na 4 kontrolních lokalitách v Jihomoravském kraji

	Rozloha zmapovaného území ve 2 krajích [ha]	Podíl zmapovaného území na celkové rozloze 2 krajů (%)	Počet nor ve zmapovaném území na 4 kontrolních lokalitách	Podíl nor ve zmapovaném území z celkového počtu (%)
<b>KVES – 1</b>	161 228,43	<b>15,26</b>	144	<b>31,79</b>
<b>Květnový interval dle biotopů</b>	145 385,29	<b>13,76</b>	250	<b>55,19</b>
<b>Květnový interval pro SMODCH 1</b>	124 498,20	<b>11,79</b>	226	<b>49,89</b>

**Rozloha území 2 krajů [ha]:** 1 056 401,60

Geometrický průnik KVES – 1 s intervalem TVI na základě biotopů na snímku S-2A dosáhl rozlohy 43 308,70 ha, což bylo 16,45 % z celkové rozlohy území pokrytého KVES – 1 a intervalem TVI dle biotopů (tabulka 21). Území vymezené oběma vrstvami bylo dále z 39 % tvořeno oblastmi pokrytými pouze intervalem na základě biotopů. Území zmapované pouze KVES – 1 tvořilo 45 %, z čehož vyplývá, že území vytipované pomocí KVES – 1 je nadhodnocené oproti území zmapovanému intervalem dle biotopů. V případě intervalu pro SMODCH 1 byl vzájemný průnik obou vrstev o necelé 1 % menší (15,46 %) než průnik KVES – 1 s intervalem dle biotopů. Podíl území pokrytého pouze KVES – 1 se zvýšil o 5 % (49,69 %) a nepatrně snížil pro oblasti zmapované pouze intervalem pro SMODCH 1 (34,85 %).

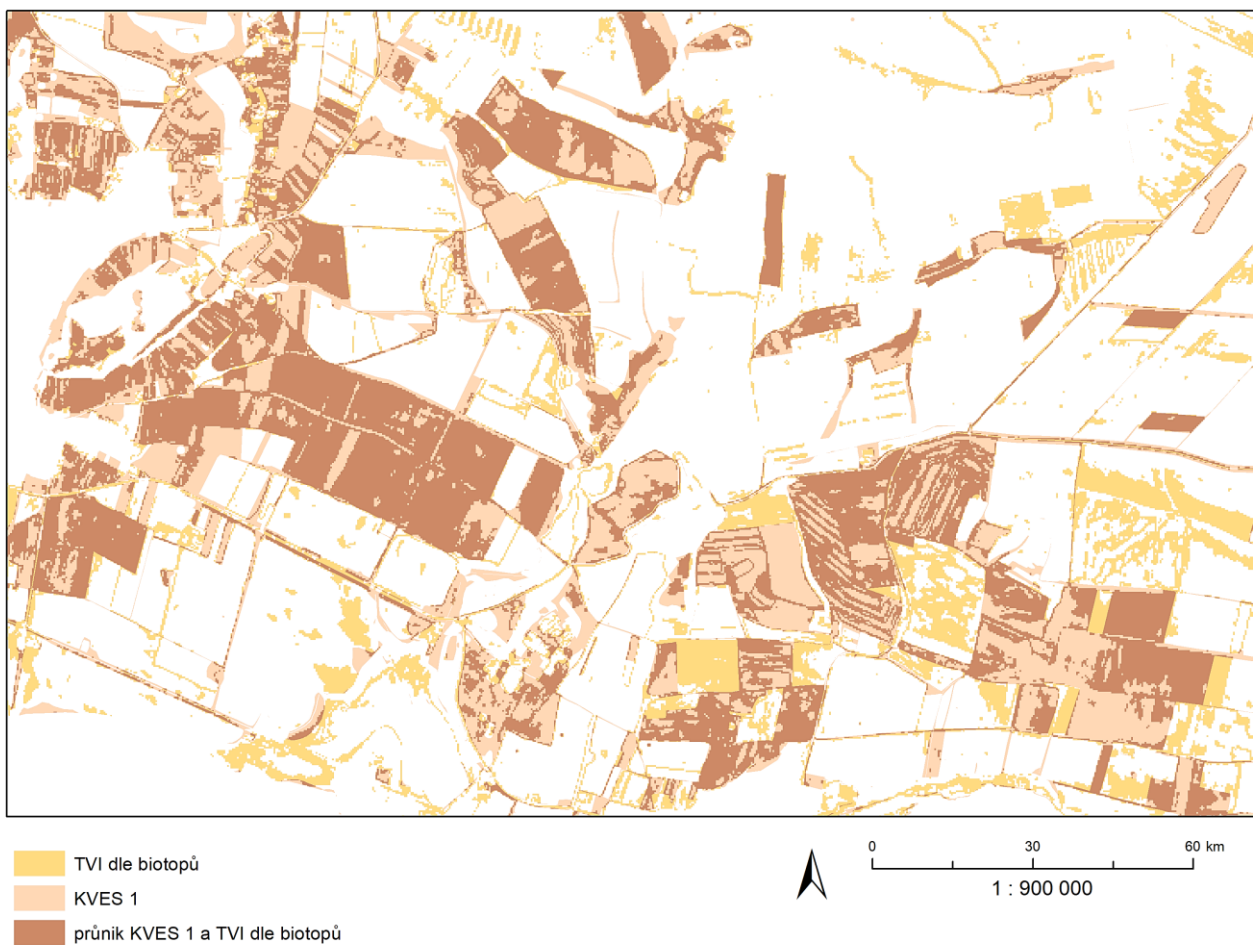
Tabulka 21: Průnik KVES – 1 s intervalem dle biotopů a statistickým intervalem pro SMODCH 1 na snímku S-2A pro území 2 krajů

	Shodné území s KVES – 1 (v %)	Podíl území, kde je KVES – 1 a není vymapované intervalem (v %)	Podíl území, které se vymapovalo intervalem a nepřekrývá se s KVES – 1 (v %)
<b>Interval na základě biotopů</b>	16,45	44,78	38,77
<b>Interval pro SMODCH 1</b>	15,46	49,69	34,85

Vizuálním porovnáním vyšlo najevo, že přestože oba datové zdroje (KVES – 1 a mapy intervalů dle biotopu a pro SMODCH 1) pokrývaly z většiny odlišná území, v místech vzájemného překryvu si byly hranice oblastí zmapovaných intervaly velmi podobné s hranicemi polygonů stanovenými KVES – 1 (viz obrázky 15 a 16). Oblasti detekované intervaly se na průniku s KVES – 1 často nacházely uvnitř polygonů zmapovaných kategorií KVES – 1, přičemž do jisté míry kopírovaly hranice těchto polygonů. Intervaly TVI dle biotopů a TVI pro SMODCH 1 do jisté

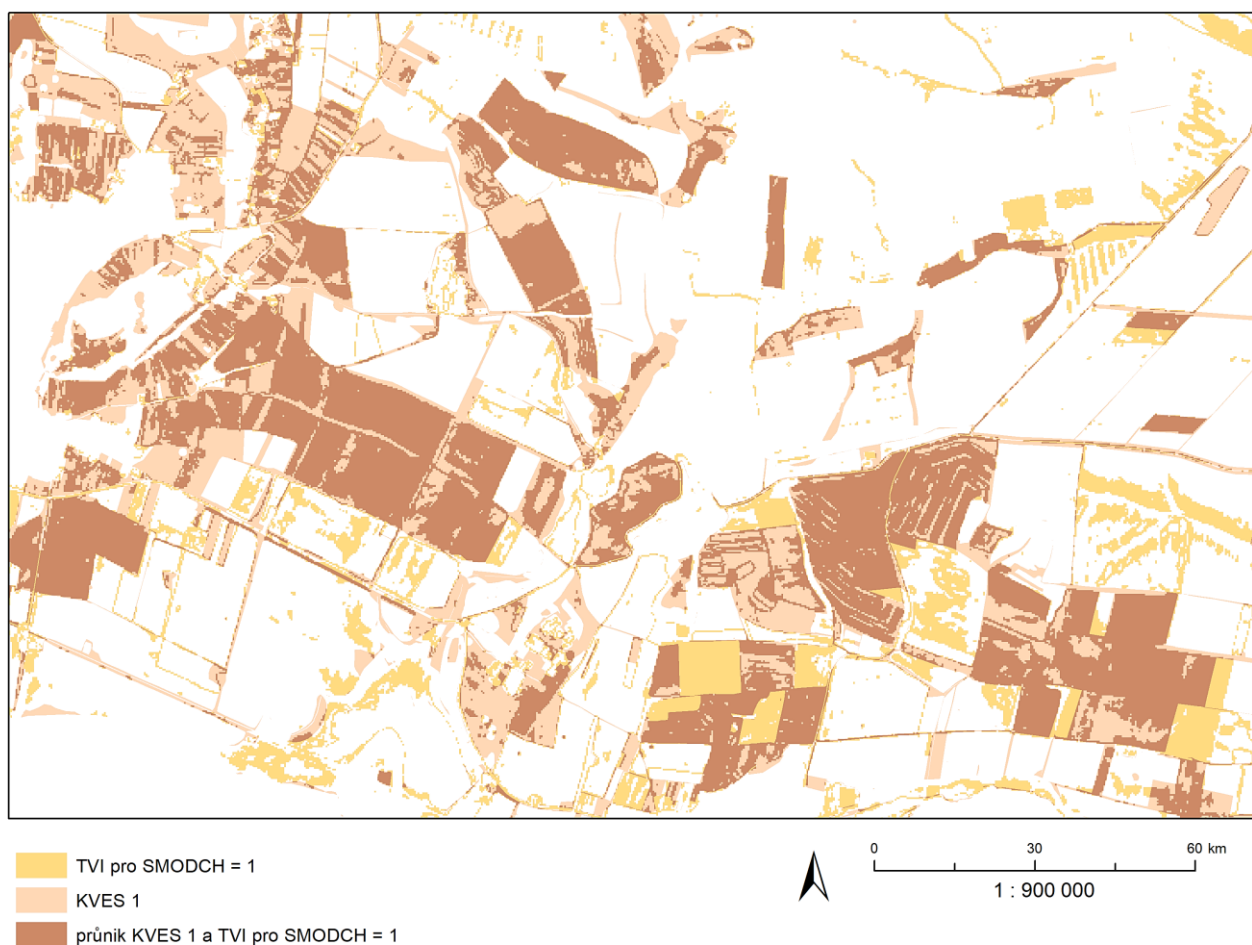
míry zpřesňovaly mapování KVES – 1, jelikož byly schopny vykreslit jednotlivé jemné struktury vegetace v rámci vymezených biotopů KVES – 1. Díky tomu by teoreticky bylo možné odhadnout potenciální migrační koridory pro sysla obecného, jelikož drobné krajinné vegetační struktury, které je intervaly na rozdíl od KVES možno vymapovat, jsou významné pro výskyt a šíření sysla obecného.

Obrázek 15: Výřez z mapy překryvu vrstev KVES – kategorie rezistence 1 a intervalu TVI dle biotopů



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 16: Výřez z mapy překryvu vrstev KVES – kategorie rezistence 1 a intervalu TVI pro SMODCH 1

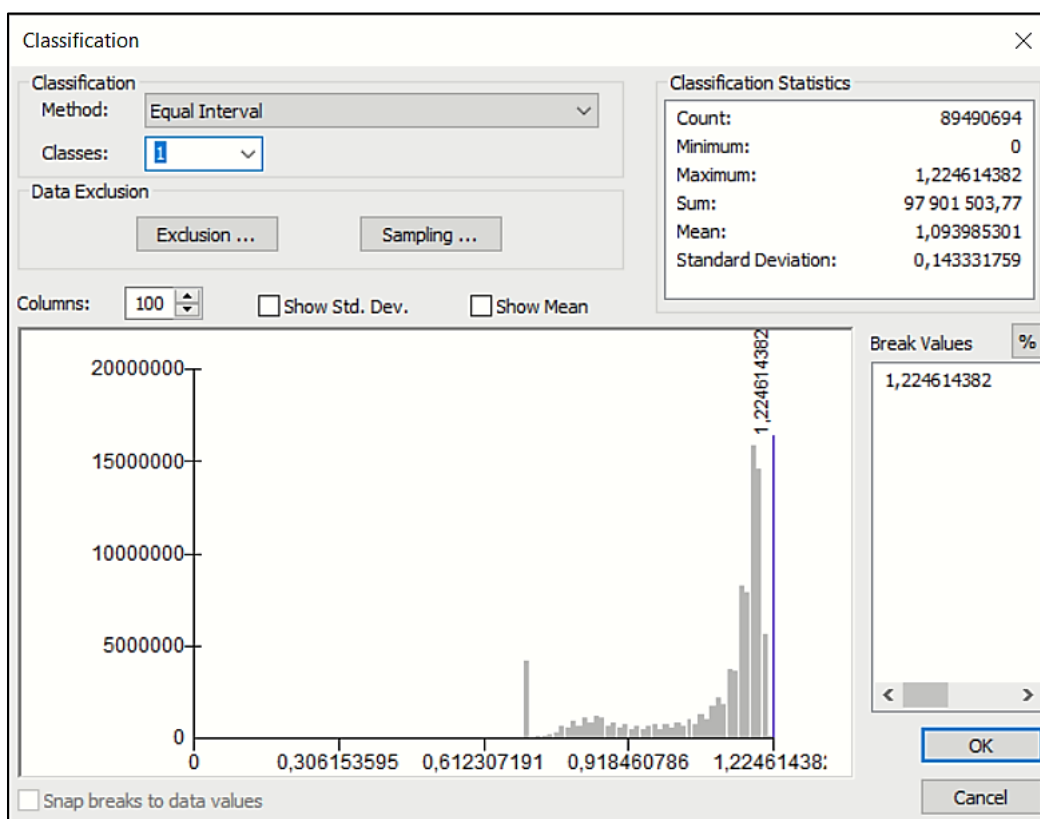


Zdroj: vlastní zpracování

Vrstva KVES – 1 byla poté hodnocena z hlediska rozložení hodnot TVI, které se vyskytují na území vymezeném touto kategorií, a byla porovnána s rozložením hodnot TVI nad kategoriemi KVES – 2 a 3.

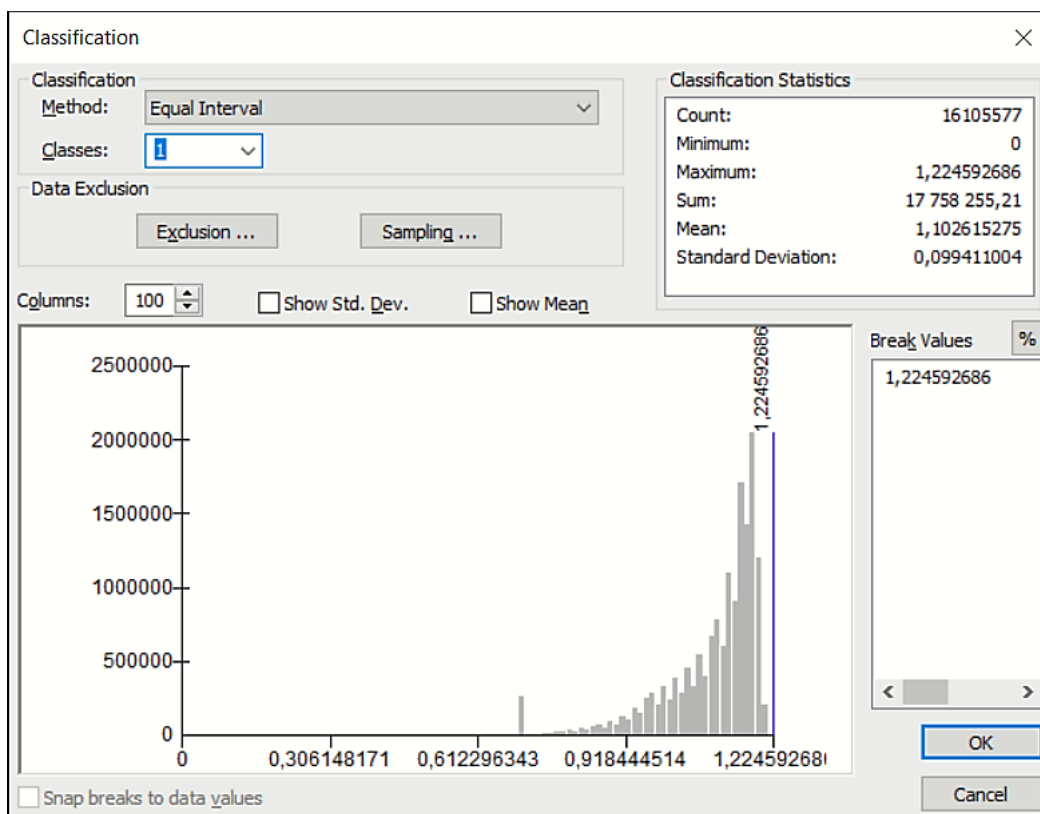
Z porovnání hodnot TVI vyšlo najevo, že hodnoty TVI jsou různě rozptýlené přes všechny biotopy zmapované KVES – 1 a KVES – 2, 3 (viz obrázky 17 a 18). Rozložení hodnot TVI nad biotopy zmapovanými KVES – 1 je velmi podobné rozložení hodnot nad kategoriemi KVES – 2 a 3. Nelze proto říci, že by biotopy označené biologii jako vhodné pro výskyt sysla v datech KVES měly v datech DPZ jiné vlastnosti než ty biotopy, které biologové za vhodné pro výskyt sysla nepovažují.

Obrázek 17: Histogram hodnot TVI pro KVES – 1



Zdroj: ArcMap 10.5.1, vlastní zpracování

Obrázek 18: Histogram hodnot TVI pro KVES – 2 a KVES – 3

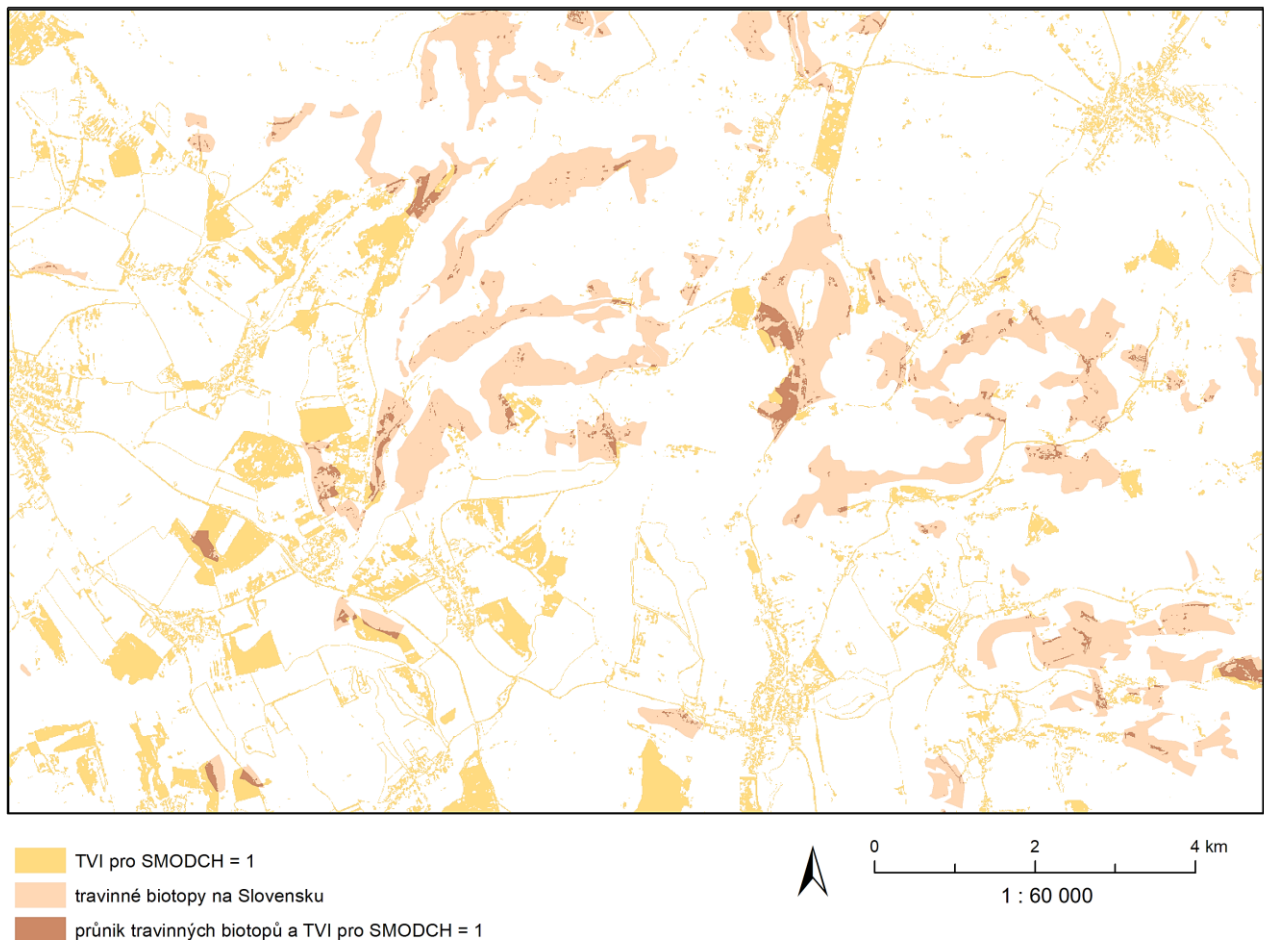


Zdroj: ArcMap 10.5.1, vlastní zpracování

### 6.3.2 Travinné biotopy na Slovensku

Travinné biotopy na území 3 slovenských krajů pokrývaly 36 065 ha (3,37 % území krajů), rozloha intervalu TVI pro SMODCH 1 na témže území byla 130 330 ha (12,18 % území krajů). Výsledný průnik obou vrstev dosáhl 3 508 ha, což bylo pouhých 2,15 % rozlohy celkového území pokrytého jak travinnými biotopy, tak intervalem. Vizuální interpretací bylo potvrzeno, že překryv obou vrstev byl spíše náhodný. Velká většina území zmapovaného vrstvou travin se vyskytovala nezávisle na vrstvě intervalu TVI. Pouze na velmi malém počtu lokalit si byly oblasti určené oběma zdroji za vhodné k výskytu sysla vzájemně podobné. Na snímku se vyskytovaly rozsáhlé zóny nezmapované pomocí TVI ale s intenzivním pokryvem travin. Výřez překryvu vrstev je zobrazen na obrázku 19.

Obrázek 19: Výřez z mapy překryvu vrstev travinných biotopů na Slovensku a intervalu TVI pro SMODCH 1



Zdroj: vlastní zpracování

### 6.3.3 Grassland — Copernicus Land Monitoring Service

Rozloha intervalu TVI pro SMODCH 1 nad snímkem S2A pro širší zájmové území Moravy a Slovenska činila 254 848 ha (11,66 %), vrstva travin zmapovaných programem Copernicus zabírala na širším zájmovém území menší rozlohu – 172 350 ha (7,89 %). Obě vrstvy celkem pokrývaly 17,91 % širšího zájmového území. Vzájemný průnik obou vrstev tvořil pouhých 9,17 % rozlohy sjednocení vrstev. Převážná většina obou vrstev tak pokrývala navzájem odlišná území, 35 % rozlohy sjednocení obou vrstev tvořily oblasti zmapované pouze travinami, 56 % tvořila území zmapovaná pouze intervalem. Na základě vizuální interpretace a analýzy průniku vrstev bylo zjištěno, že interval TVI pro SMODCH 1 se spíše překrývá s travinami Copernicus v místech, kde je pravděpodobnost výskytu travin přibližně 40–60 %.

## 7. Diskuze

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, zda, popřípadě do jaké míry, mohou data DPZ (data RY, data S-2A, data z UAV) a metody DPZ (neřízená klasifikace, řízená klasifikace, vegetační indexy) pomoci biologům s vytipováním potenciálně vhodných habitatů ohroženého sysla obecného. Analýzy probíhaly nejprve v užším zájmovém území sledované obce Velké Pavlovice, nacházející se v okrese Břeclav, Jihomoravský kraj. Analogicky s využitím stejných metod se poté práce snažila vytipovat potenciálně vhodná stanoviště pro výskyt sysla obecného v širším území 2 českých krajů (Zlínský, Jihomoravský) a 3 slovenských krajů (Bratislavský, Žilinský, Trenčianský), kde doposud žádná celoplošná mapování výskytu sysla provedena nebyla. Výchozím datovým podkladem pro analýzu dat DPZ byla data poskytnutá biology – jednak data mapující výskyt nor sysla obecného v užším zájmovém území Velkých Pavlovic. Dále bylo ze stejného území využito výstupů mapování biotopů, pro něž bylo na základě výskytu nor odhadnuto, které biotopy by mohly být pro sysla obecného vhodné. Výzkum habitatů sysla na území Česka a Slovenska navazuje na projekt neziskové organizace ALKA Wildlife, o.p.s. *Syslí pro krajinu, krajina pro sysly*.

Metody DPZ byly nejprve trénovány na snímcích družic RY pro území Velkých Pavlovic, kde byly předem známy aktuální výskyt nor sysla obecného a typy vegetačních pokryvů (biotopů) na těchto lokalitách. Pomocí DPZ jsme analyzovali spektrální projevy vegetačních pokryvů v místech výskytu nor a tyto poznatky byly následně využity pro charakterizování a detekci oblastí s obdobným spektrálním chováním v širším území 5 krajů na snímcích S-2A.

V první metodě, kterou byla neřízená klasifikace, bylo cílem zmapovat systlem preferované biotopy na území Velkých Pavlovic, kterými dle výskytu nor byly vinice, sady a kosené trávníky. Jak se ukázalo, přesnost klasifikace mohla být hodnocena pouze pro biotop vinice (potažmo pole

a zástavba), kde vyklasifikovaná kategorie biotopu byla shodná s kategorií zmapovanou v terénu. Zpracovatelská přesnost pro kategorii vinice dosáhla 79,39 % a uživatelská přesnost 74,24 %. Zbylé vyklasifikované kategorie byly do značné míry odlišné od kategorií biotopů zmapovaných v terénu. Sady byly z více jak 53 % vyklasifikovány jako kategorie křovinatá sukcese a ze 30 % jako vinice, biotop sad tedy vykazoval totožné spektrální chování jako další křovinaté, popř. nízké stromovité porosty. Trávník kosený byl často vyklasifikován jako vinice a křovinatá sukcese. Je tedy zřejmé, že trávníky měly podobný spektrální projev jako vinice či sady. Vinice i sady mají totiž často v podrostu traviny a na počátku vegetační sezóny mají převážně holé větve. Biotopy jsou botaniky často definovány na základě kritérií, jako jsou druhová skladba porostů typických v dané lokalitě, původ porostu, využití (land use) či vznik (přírozeně, antropogenně). Z toho důvodu je i více tříd biotopů z pohledu DPZ neodlišitelných (př. sad, záhumenka, akátina, sukcese, alej = křoviny). Metoda ISOData však vykazovala velmi dobré výsledky pro odlišení vinic v květnovém termínu.

Druhou metodou byla řízená klasifikace, kde bylo opět snahou odlišení sadů, vinic a kosených trávníků. Výhodou řízené klasifikace MLC bylo, že povrch mohl být rozklasifikován do kategorií shodných s třídami biotopů zmapovaných v terénu. Přitom trénovací množiny i validační data mohla být nasbírána přímo na mapě biotopů. Nejlépe byla klasifikací zmapována pole s přesností 58,33 %, vinice byly vyklasifikovány s přesností 5,44 % (ze 40 % byly vyklasifikovány jako úhor). Ani zde by však nebylo možné odlišit námi požadované sady a kosené trávníky z důvodu podobného spektrálního chování. Průměrná přesnost klasifikace dosáhla pouze 14,43 %. Důvodem nepřesných výsledků byla velmi malá spektrální odlišnost mezi jednotlivými kategoriemi zmapovaných biotopů. Je tedy zřejmé, že botanická definice biotopů je do značné míry odlišná od toho, jak jsou jednotlivé biotopy a v nich zahrnutá vegetace spektrálně charakterizovány („viděny“) v datech DPZ.

Posledním přístupem nalezení potenciálních oblastí výskytu sysla bylo využití vegetačních indexů. Pomocí VI jsme neklasifikovali kategorie krajinných pokryvů (biotopů) ale spíše pokryvnost a hustotu vegetace. Výsledky ukázaly, že žádný biotop není charakterizován jednou intenzitou vegetace a nory se tak v průběhu období sledovaných 4 měsíců vyskytují ve vegetaci s různou hustotou, častěji však spíše na krátkostébelné a křovinaté vegetaci než v hustém porostu. Roli tedy hrají i další faktory ovlivňující zbudování nory (dostupnost potravy, pestrost struktury vegetace, půdní vlastnosti, ...). Zde byl potvrzen výzkum Payera, Neale a Wrighta (2003), kteří porovnávali přesnost různých VIs pro odlišení krátkostébelné a nižší vegetace a zjistili, že nejlepšího výkonu dosáhl index TVI. Na základě TVI byly tedy nalezeny 2 intervaly hodnot indexu s největším výskytem nor, první na základě intenzit vegetace v místě nor u biotopů preferovaných syslem (vinice, sady, kosené trávníky), druhý na základě statistického průměru hodnot TVI v místech nor a směrodatných odchylek o velikosti 1 a 1/2, bez



ohledu na vyskytující se biotop. Přesnost nalezených výsledků zde byla vyjádřena jako podíl nor detekovaných výsledným intervalem z celkového počtu zmapovaných nor v území, jelikož toto byla jediná možnost, jak výsledky zhodnotit. Z tohoto pohledu vykazoval nejlepší výsledky **interval na základě biotopů nad květnovým snímkem**, který detekoval 78 % nor na 62 % z celkové rozlohy hodnoceného území VP. Tento interval zároveň pokryl 13,50 % rozlohy širšího zájmového území pěti krajů. Podobných výsledků bylo dosaženo pro **interval pro SMODCH 1 nad květnovým snímkem**, který detekoval 69 % nor na 52 % území VP. Tento interval zároveň pokryl 11,66 % rozlohy širšího zájmového území pěti krajů. Oba intervaly se na území VP překrývaly z 84 % (dohromady pokryly 61,51 % rozlohy VP), zbylých 16 % ze sjednoceného území zmapovaného oběma intervaly tvořil pouze interval dle biotopů. Na území 5 krajů se intervaly překrývaly z 56 % a dohromady pokryly 16,13 % rozlohy 5 krajů, což je o necelá 3 procenta více než podíl území zmapovaného pouze intervalem dle biotopů. Podíl detekovaných nor intervaly na území 5 krajů nemohl být hodnocen (neexistuje žádné mapování nor v tomto rozsahu). To bylo testováno pouze na 4 kontrolních lokalitách v Jihomoravském kraji, kde bylo detekováno 55 % nor intervalem dle biotopů a 50 % nor statistickým intervalem pro SMODCH 1. Na těchto 4 lokalitách nebylo možné zhodnotit rozlohu intervalů, jelikož nebyly známy jejich hranice. Verifikace nalezených intervalů dále proběhla na úrovni celého Jihomoravského kraje. Zde byla k dispozici data Nálezové databáze ochrany přírody AOPK ČR. Validace proběhla jednak na základě bodové vrstvy výskytů nor a jednak pomocí polygonové vrstvy zmapovaných stanovišť sysla obecného. V rámci Jihomoravského kraje pokryl interval dle biotopů 16 % území, detekoval 71 % nor a 78 % území z nálezové databáze sysla obecného (plošně mapovaná území) bylo tímto intervalem pokryto. Interval pro SMODCH 1 pokryl 14 % rozlohy Jihomoravského kraje, detekoval zde 53 % nor a pokryto jím bylo 73 % rozlohy území z nálezové databáze sysla obecného (plošně mapovaná území). Finálním výstupem metody mapování pomocí TVI jsou 2 mapy potenciálně vhodného území pro výskyt sysla obecného (zpracované s využitím dat S-2A) pro území pěti krajů Moravy a Slovenska, které mohou pomoci biologům v terénním průzkumu. Tyto mapy zužují celkovou rozlohu hodnoceného území na cca 13 %. Kromě již provedených výše zmíněných verifikací by bylo vhodné, aby biologové ve vybraných lokalitách takto zúženého území ověřili, do jaké míry se ve vytipovaném území skutečně sysel vyskytuje a zda je jeho výskyt ve vytipovaném území významně vyšší než ve zbylém území. Výsledné mapy obou intervalů jsou pro účely zobrazení a pozdějšího využití nahrány na přiloženém CD. Z časových důvodů nebylo možné toto přímé ověření výsledků v terénu provést před dokončením práce (přestože toto bylo s biologi diskutováno).

Pro účely dalšího využití biologi bylo území vymezené těmito dvěma intervaly následně porovnáno s vrstvou zmapovaných ekosystémů KVES – 1, které biologové považují za potenciálně vhodné pro výskyt sysla. Tento podklad byl dosud jediným vodítkem na úrovni širšího zájmového

území (resp. potenciálně celé ČR), který pro mapování potenciálního výskytu sysla biologové vytypovali a používali. Ovšem ani v případě tohoto podkladu není ověřeno, do jaké míry jsou takto vytypované ekosystémy skutečně pro sysla vhodné. V bakalářské práci bylo zjištěno, že každý zdroj vymezuje do značné míry odlišné území potenciálního výskytu sysla na území 2 českých krajů. Rozdílnost v datech je způsobena jejich charakterem, kdy každá vrstva znázorňuje jiné vlastnosti krajiny (KVES – 1 popisuje ekosystémy, intervaly určené na základě TVI naopak vyjadřují hustotu/pokryvnost vegetace). Významným zjištěním ale je, že oblasti zmapované na základě KVES – 1 pokrývají až o 4 % více rozlohy 2 sledovaných krajů, zachycují ovšem až o 23 % méně nor ve 4 kontrolních lokalitách než území v bakalářské práci vymezené intervalem dle biotopů a intervalem pro SMODCH 1. Samotné mapování KVES – 1 proto není dostatečným zdrojem pro detekci výskytu sysla. V místech vzájemného překryvu si však byly hranice oblastí zmapovaných vymezenými intervaly TVI velmi podobné s hranicemi polygonů stanovenými KVES – 1, přičemž polygony vymezené pomocí TVI ležely často uvnitř polygonů KVES – 1. KVES – 1 a mapování s využitím TVI se tak mohou do určité míry doplňovat. Důležitým zjištěním je (i podle vyjádření biologů, kteří viděli výsledky bakalářské práce), že pomocí metody TVI se podařilo vymezit jemné krajinné struktury, které mohou sloužit k migraci sysla v krajině. Tuto možnost KVES – 1 neposkytuje.

Na rozdíl od metod řízené a neřízené klasifikace, metoda pomocí vegetačního indexu umožnila popsat vlastnosti vegetace univerzálněji a spojitě bez vazby na člověkem do určité míry uměle vytvořené biotopy s pevně stanovenými hranicemi. Přístup na základě průměru a směrodatné odchylky byl více univerzální a aplikovatelný na různé datové zdroje libovolné velikosti bez potřeby využití dat terénního mapování biotopů ve zkoumané lokalitě (pro rozsáhlejší území není terénní mapování možné). Naopak přístup vycházející z mapování biotopů zohledňoval do určité míry právě biologický pohled na krajinu a její mapování. Další výhodou statistického přístupu je volnost ve výběru širšího či užšího intervalu v závislosti na požadavcích výzkumu. Statistická metoda umožňuje upravit hranice intervalů dle různých velikostí směrodatné odchylky. Čím větší směrodatná odchylka bude použita, tím více nor bude detekováno, zvětší se však rozsah vytypovaného území. Čím přísnější (užší) interval bude, tím bude pravděpodobnost zmapování nor menší, ale zúží se tím území pro budoucí terénní průzkum. Přestože byly výsledky obou metod v zájmovém území velmi podobné, z hlediska složitosti výpočtu a nároků na software je statistická metoda jednodušším řešením pro zmapování potenciálně vhodných lokalit výskytu sysla, jelikož je schopna pracovat bez využití dat terénního mapování biotopů a za využití jednoduchých softwarových operací.

Dle validace intervalů s poskytnutými daty BVN (pro území VP a čtyři kontrolní lokality) a s NDOP (pro Jihomoravský kraj) bylo zjištěno, že intervaly detekovaly poměrně vysoký podíl nor v terénu (průměrně 69 % intervalem dle biotopů a 57 % intervalem pro SMODCH 1)

při relativně malé pokryvnosti území. Jelikož zmapované lokality aktuálních stanovišť sysla na základě NDOP byly z cca 76 % rozlohy shodné a našimi intervaly, je toto dobrý předpoklad, že sysel v krajině do značné míry skutečně preferuje oblasti s vlastnostmi/typem vegetace, jaké podchycují nalezené intervaly.

Snímky S-2A se ukázaly být vhodným zdrojem dat DPZ pro zmapování potenciálně vhodných oblastí výskytu sysla na území 5 krajů Česka a Slovenska metodou TVI, jelikož bylo možno území pokrýt za využití pouhých 5 snímků. Desetimetrové prostorové rozlišení bylo v tomto měřítku dostačující a nezatěžovalo výpočetní operace. K tomu, abychom mohli identifikovat potenciální syslí stanoviště na takto velkém území je však potřeba hodnotit také další kritéria výskytu sysla, jakými je zejména krajinná struktura. Je zjištěno, že sysel v přírodě preferuje jemné krajinné mozaiky a pestrout strukturu porostů (ALKA Wildlife, o.p.s. 2019). Bylo by tedy vhodné data nalezená na základě námi definovaných postupů DPZ v budoucnu konfrontovat také s hodnocením využívajícím krajinné metriky (ideálně opět s využitím dat DPZ). To však už přesáhlo rámeček této práce.

Pro zmapování potenciálně vhodných habitatů sysla obecného na území o velkém měřítku (např. na úrovni obce) je vhodné využít snímky DPZ s vyšším prostorovým rozlišením (jak se např. v naší práci osvědčilo využití snímků RY s rozlišením 5 m) a na nich provádět výpočet intervalu TVI pro přesnější vyhodnocení potenciálně vhodných lokalit na menším území. Výhodou snímků RY byla zejména jejich teoretická 5,5denní frekvence pořízení (i když v praxi jsou data zejména kvůli oblačnosti dostupná s mnohem horším časovým rozlišením). Metoda TVI na datech z UAV detekovala podobný podíl nor jako na datech RY, nicméně pokrývala podstatně větší podíl rozlohy. Pomocí UAV bylo totiž mapováno území, kde se sysel hojně vyskytoval, což bylo předem známo. Toto území se nacházelo převážně na vinicích s podobnými hodnotami TVI, proto převážná většina dat z UAV spadala do námi nalezeného intervalu TVI. Pořízení dat z UAV je navíc oproti družicovým snímkům podstatně časově náročnější, je tak možné s nimi zmapovat pouze relativně malá území. Výhodou je však 5cm prostorové rozlišení, které dokáže odlišit veškeré vegetační struktury, včetně řádkování vinic.

Pomocí DPZ se podařilo nalézt metodu, která byla schopná detekovat relativně vysoký podíl nor zmapovaných v terénu na úrovni obce (Velké Pavlovice) a Jihomoravského kraje a s využitím navržené metody vytvořit mapy míst potenciálně vhodných pro výskyt sysla v úrovni 5 krajů v Česku a na Slovensku. Přestože se území zmapované na základě intervalů TVI ne zcela shodovalo s územím vymezeným dle dat biologů a zoologů ve dvou českých krajích, z hlediska detekce nor a rozlohy dosáhla metoda DPZ lepších výsledků. Oba zdroje se však do jisté míry shodovaly ve zmapování některých lokalit a mohou se tak navzájem doplňovat. Metoda detekce potenciálně vhodných habitatů sysla obecného na základě intervalů TVI, vycházejících z hodnot

indexu TVI v místě nor, tak poskytuje rozšířený náhled na potenciální výskyt sysla i v oblastech, kde byla do současnosti absence jiných zdrojů mapujících jeho výskyt. Význam má metoda zejména pro mapování výskytu sysla na Slovensku, kde není k dispozici ani mapování KVES. K přesnějšímu vytipování potenciálně vhodných lokalit by bylo vhodné doplnit data KVES – 1 a mapy intervalů TVI také o vrstvy charakterizující krajinnou strukturu (krajinné metriky).

## 8. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo testovat možnosti různých dat DPZ (data družice RapidEye, data Sentinel-2A, data z UAV) a různých metod DPZ (neřízená klasifikace, řízená klasifikace, vegetační indexy) pro nalezení potenciálně vhodných habitatů výskytu sysla obecného. Testování probíhalo v zájmovém území obce Velké Pavlovice. Metoda, která vykazovala nejpresnější výsledky v tomto užším zájmovém území, byla následně využita pro určení potenciálně vhodných habitatů pro sysla obecného v širším zájmovém území 5 krajů Česka a Slovenska. Cílem bylo detekovat co největší podíl nor v zájmovém území, přičemž rozloha takto detekovaného území měla být co nejmenší (pro zjednodušení terénního průzkumu). Dále bylo hodnoceno, do jaké míry jsou výsledky metod DPZ srovnatelné s dalšími podklady, které k určení potenciálních míst výskytu sysla využívají biologové.

Jako nejlepší metoda pro identifikaci potenciálně vhodných habitatů výskytu sysla obecného ve Velkých Pavlovicích se ukázala metoda vycházející z výpočtu vegetačního indexu TVI. TVI byl vypočten pro časovou řadu snímků RY pro Velké Pavlovice a pomocí dvou přístupů byly v každém termínu určeny intervaly hodnot TVI s největším počtem nor sysla obecného. Vrstva nor zmapovaných v terénu biologie byla podkladem, který dokládá výskyt sysla obecného v území, v konkrétním typu vegetace (s určitou hustotou, pokryvností) s charakteristickými spektrálními příznaky. Překryv vrstvy nor s mapou rozložení indexu TVI tak byl základním podkladem, který umožnil identifikovat oblasti potenciálně vhodných habitatů pro výskyt sysla. Vegetační index NDVI, který byl také testován, byl oproti TVI méně citlivý a rozlišení habitatů vhodných pro sysla nebylo dostatečné. Řízená a neřízená klasifikace byly pro účely identifikace potenciálních habitatů sysla obecného vyhodnoceny za nevhodné. Ani jednou z klasifikací nebylo možno vyklasifikovat/rozlišit sysly preferované (dle názoru biologů) biotopy vinice, sady a kosené trávníky do samostatné třídy s dostatečnou přesností (pouze metoda ISOData relativně přesně zmapovala vinice). Všechny tři kategorie se potýkaly s častou záměnou v legendě kvůli podobným spektrálním projevům. Důvodem těchto záměn bylo vymezení botanických tříd biotopů způsobem, který neodpovídá spektrálně homogenním třídám v datech DPZ. Botanické kategorie biotopů se neřídí spektrálním chováním, ale druhovým složením či využitím dané plochy.

Interval TVI určený v práci navrženými metodami (na základě mapování biotopů i na základě směrodatné odchylky) pokryl v užším zájmovém území největší počet nor v rámci relativně nejmenšího plošného rozsahu v případě květnového termínu. Oblasti zmapované oběma intervaly ve Velkých Pavlovicích byly z 84 % shodné. Květnový termín byl proto využit i pro širší zájmové území 5 krajů Česka a Slovenska. Pro širší zájmové území bylo TVI vypočítáno z dat S-2A. Byly vytvořeny dvě mapy potenciálního výskytu sysla v širším zájmovém území s využitím intervalů získaných metodami pro užší zájmové území. Výsledné rozlohy takto určeného území potenciálně vhodného pro výskyt sysla byly v případě obou metod podobné. Interval na základě mapování biotopů zahrnoval 13,50 % území 5 krajů, interval pro směrodatnou odchylku pak 12 % území 5 krajů. Oba intervaly dohromady (jejich sjednocení) pokrývaly na květnovém termínu snímku S-2A 16,13 % území 5 krajů, přičemž průnik obou intervalů tvořil 56 % z jejich sjednocení. S přihlédnutím k náročnosti výpočtu intervalu a požadavkům na software však byla metoda stanovení intervalu na základě průměru a směrodatné odchylky vyhodnocena za jednodušší a univerzálnější než metoda na základě biotopů. Výhodou této metody je relativní volnost ve stanovení velikosti intervalu, která závisí na zvolené velikosti směrodatné odchylky.

Porovnáním námi identifikovaného potenciálně vhodného území pro výskyt sysla na základě intervalů TVI s poskytnutou vrstvou mapování ekosystémů KVES – 1 byla i přes převažující nesoulad zjištěna určitá podobnost výsledných mapových výstupů v některých lokalitách. Území vymezené intervaly TVI v těchto lokalitách zpřesňuje mapování KVES – 1 a v rámci těchto ekosystémů zvýrazňuje jemnější vegetační struktury, které by mohly sloužit jako migrační koridory pro kolonie sysla. Mapování pomocí TVI se přitom oproti mapování KVES – 1 ukázalo jako přesnější. Na základě provedené validace lze říci, že oba intervaly detekovaly podobný podíl zmapovaných nor při zhodnocení na základě BVN pro VP (cca 78 % intervalem dle biotopů a 70 % intervalem pro SMODCH 1), stejně tak na 4 kontrolních lokalitách (cca 55 % intervalem dle biotopů a 50 % intervalem pro SMODCH 1). Interval dle biotopů detekoval průměrně na všech validačních lokalitách větší podíl nor, zabíral však také širší podíl území. Oba intervaly na úrovni 5 krajů významně zužují vytipované území pro potenciální výskyt sysla, přičemž v Jihomoravském kraji z cca 76 % pokrývaly oblasti aktuálního výskytu druhu na základě NDOP AOPK ČR. Je však důležité, aby byla dodatečná validace takto zúženého území provedena zoology přímo v terénu, což z časových důvodů nebylo do dokončení práce možné. Nebyla zjištěna významnější podobnost mezi vrstvou stanovených intervalů TVI a mapováním travinných biotopů na Slovensku či vrstvou Grassland Copernicus Land Monitoring Service.

Snímky družice S-2A se ukázaly jako vhodný datový podklad pro detekci potencionálních habitatů sysla v širším zájmovém území 5 krajů. Jejich výhodou je, že mohou být využity pro hodnocení v relativně velkém území rozsahu několika krajů s dostatečným prostorovým rozlišením (10 m). Ve větším měřítku je však rozlišení 10 m nedostačující, jelikož na území o malé

rozloze (např. na úrovni obce) nejsou z dat S-2A jemné krajinné struktury vykresleny s dostatečnou přesností. K analýze menšího území je tak vhodné využít data o vyšším prostorovém rozlišení, ve kterém budou drobné struktury a plošky lépe zmapované. Data družic RY se osvědčila pro detailní hodnocení užšího zájmového území Velkých Pavlovic, nicméně jejich prostorové rozlišení má svá omezení například v tom, že není možné rozlišit různé typy vinic. Data z UAV se svým 5cm rozlišením tento problém odstranila, pokrývala však pouze malou část území.

Pro přesnější mapování/identifikaci potenciálně vhodných habitatů pro výskyt sysla obecného s využitím DPZ by bylo do budoucna vhodné kombinovat navrženou metodu (intervaly TVI) dále s analýzou krajinných metrik. Metriky charakterizují strukturu krajiny, která může mít pro výskyt sysla také zásadní roli.

## 9. Zdroje

AKBARZADEH, S. (2018): Plant discrimination by Support Vector Machine classifier based on spectral reflectance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 148, 2018, 250-258.

ALEJNIK, D., CHEPURIN, Y. A., GONCHAROV, V.V. (2002): Subsurface Eddy Detection Using Satellite and Acoustic Data. Conference: Apr 2002 EGS-AGU-EUG Joint Assembly, 2002.

ALKA WILDLIFE, O.P.S. (2019): Tisková zpráva ALKA wildlife,o.p.s. a DAPHNE - inštitútu aplikovanej ekológie. Česko Slovensko hledá sysly. Po zimním spánku je mapují odborníci i veřejnost, <https://www.alkawildlife.eu/news/%C4%8Desko-slovensko-hled%C3%A1-sysly> (11.5.2019).

ALKHAIER, F. (2003): Soil Salinity Detection Using Satellite Remote Sensing. Thesis. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands, 61.

AMBROS, M. (2008): Stav poznania rozšírenia sysľa pasienkového (*Spermophilus citellus*) na Slovensku v rokoch 1996 až 2008. *Lynx (Praha)*, 39, 2, 219-233.

ANDĚRA, M. (2003): Sysel obecný. Z pronásledovaného škůdce kriticky ohrožený druh. *Vesmír*, 82, 9, 519-521.

AOPK ČR (2019a): Sysel obecný (*Spermophilus citellus*), <http://www.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/projekty-aopk-cr/obnova-nesnich-biotopu/life-stepi-lounskeho-stredohori/cilove-druhy-a-biotopy/sysel-obecny/> (2.2.2019).

AOPK ČR (2019b): Nálezová data, Portál informačního systému ochrany přírody, [https://portal.nature.cz/publik\\_syst/ctihtmlpage.php?what=1021&nabidka=rozbalit](https://portal.nature.cz/publik_syst/ctihtmlpage.php?what=1021&nabidka=rozbalit) (21.7.2019).

AOPK ČR (2019c): OS pro Nálezovou databázi ochrany přírody, <http://www.ochranaprirody.cz/o-aopk-cr/odborne-skupiny/os-pro-nalezovou-databazi-ochrany-prirody/> (21.7.2019).

AOPK ČR a CzechGlobe (2013): Konsolidovaná vrstva ekosystémů, [http://webgis.nature.cz/publicdocs/opendata/kves/Konsolidovana\\_vrstva\\_ekosystemu\\_popis.pdf](http://webgis.nature.cz/publicdocs/opendata/kves/Konsolidovana_vrstva_ekosystemu_popis.pdf) (7.6.2019).

ASPINALL, R., VEITCH, N. (1993): Habitat Mapping from Satellite Imagery and Wildlife Survey Data Using a Bayesian Modeling Procedure in a GIS. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 59, 4, 537-543.

AVERY, M. I., HAINES-YOUNG, R. H. (1990): Population estimates for the dunlin *Calidris alpina* derived from remotely sensed satellite imagery of the Flow Country of northern Scotland. *Nature*, 44, 3, 860-862.

BANNARI, A. a kol. (1996): A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, 13, 1, 95-120.

BAUMANN, P. R. (2014): History of remote sensing, aerial photography, <http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RS%20History%20I/RS-History-Part-1.htm> (5.5.2019).

BELWARD, A. S. a kol. (1990): An unsupervised approach to the classification of semi-natural vegetation from Landsat Thematic Mapper data. A pilot study on Islay. *International Journal of Remote Sensing*, 11, 3, 429-445.

BÍNA, P. (2011): Managementový Plán populace sysla obecného (*Spermophilus citellus*) v Českém středohoří v rámci projektu LIFE+. AOPK ČR, 27.

BOITANI, L. a kol. (2011): What spatial data do we need to develop global mammal conservation strategies? *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences*, 366, 1578, 2623-2632.

BRADLEY, B. A. a kol. (2012): Species detection vs. habitat suitability: Are we biasing habitat suitability models with remotely sensed data? *Ecological Modelling*, 244, 57-64.

BRAVO, C. a kol. (2003): Early Disease Detection in Wheat Fields using Spectral Reflectance. *Biosystems Engineering*, 84, 2, 137-145.

CAMPBELL, J. B., RANDOLPH, H. W. (2011): *Introduction to Remote Sensing. Fifth Edition.* The Guilford Press, New York, 683 s.

COHEN, W. B., GOWARD, S.N. (2004): Landsat's Role in Ecological Applications of Remote Sensing. *BioScience*, 54, 6, 535-545.

CONNIFF, R. (2017): Eyes on Nature: How Satellite Imagery Is Transforming Conservation Science, <https://e360.yale.edu/features/eyes-on-nature-how-satellite-imagery-is-transforming-conservation-science> (10.5.2019).

Copernicus Programme (2019): Grassland, <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/grassland> (8.5.2019).

COROIU, C. a kol. (2008): The IUCN Red List of Threatened Species, <https://www.iucnredlist.org/species/20472/9204055> (20.2.2019).

DE BEURS, DE BEURS (2012): Land surface phenology of Europe, <http://tethys.dges.ou.edu/europe/> (5.5.2019).

DOBROVOLNÝ, P. (1998): Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu. MU Brno, Brno, 210.

DOBROVOLNÝ, P. (2019a): Dálková průzkum Země (úvod, základní pojmy, historický přehled), [https://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky\\_dpz/DPZ\\_01\\_uvod.pdf](https://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky_dpz/DPZ_01_uvod.pdf) (28.4.2019).

DOBROVOLNÝ, P. (2019b): Fyzikální podstata DPZ, [https://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky\\_dpz/DPZ\\_02\\_fyzikalni\\_podstata.pdf](https://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky_dpz/DPZ_02_fyzikalni_podstata.pdf) (28.4.2019).

DOBROVOLNÝ, P. (2019c): Spektrální chování objektů, [https://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky\\_dpz/DPZ\\_03\\_spektralni\\_chovani.pdf](https://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky_dpz/DPZ_03_spektralni_chovani.pdf) (28.4.2019).

ECKERSTORFER, M. a kol. (2014): Avalanche debris detection using satellite-borne radar and optical remote sensing. Conference: International Snow Science Workshop 2014.

Enviroportál (2007): NATURA 2000 na Slovensku po piatich rokoch, <https://www.enviroportal.sk/clanok/natura-2000-na-slovensku-po-piatich-rokoch> (7.6.2019).

ESA Earth Online (2019a): Sentinel-2, <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-2> (10.5.2019).

ESA Earth Online (2019b): RapidEye, <https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/rapideye> (10.5.2019).



- EVANS, M., LI, Y.W. (2017): Monitoring Habitat Loss for Endangered Species Using Satellite Data: A Case Study of the Lesser Prairie-Chicken, [https://cci-dev.org/analysis/LPC\\_delisting/](https://cci-dev.org/analysis/LPC_delisting/) (10.5.2019).
- EVANS, M. J., MALCOM, J. W. (2019): Automated Habitat Change Detection Methods using Satellite Data to Improve Conservation Law Implementation. bioRxiv, <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/611459v1> (3.5.2019).
- FERGUSON, R.S. (1990): Detection and Classification of Muskox Habitat on Banks Island, Northwest Territories, Canada, Using Landsat Thematic Mapper Data. *Arctic*, 44, 1, 66-74.
- GISAT (2019a): Sentinel-2 A, <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu/satelite/sentinel-2-a> (10.5.2019).
- GISAT (2019b): RapisEye, <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu/satelite/rapideye> (10.5.2019).
- GIZAW, S. A., GARLAND-CAMPBELL, K., CARTER, A. H. (2016): Evaluation of agronomic traits and spectral reflectance in Pacific Northwest winter wheat under rain-fed and irrigated conditions. *Field Crops Research*, 196, 2016, 168-179.
- GRULICH, I. (1960): Sysel obecný *Citellus citellus* L. v ČSSR. *Acta academie scientarum Čechoslovenicae basis Brunensis*, 32, 11, 473-561.
- HARRISON, R.G. a kol. (2003): Phylogeny and Evolutionary History of the Ground Squirrels (Rodentia: Marmotinae). *Journal of Mammalian Evolution*, 10, 3, 249-276.
- HAYES, R.O. a kol. (1985): Detection, identification, and classification of mosquito larval habitats using remote sensing scanners in earth-orbiting satellites. *Bull World Health Organ*, 63, 2, 361-374.
- HAYSEN, V. (2008): Patterns of Body and Tail Length and Body Mass in Sciuridae. *Journal of Mammalogy*, 89, 4, 852-873.
- HE, C. a kol. (2005): Zoning grassland protection area using remote sensing and cellular automata modeling—A case study in Xilingol steppe grassland in northern China. *Journal of Arid Environments*, 63, 4, 814-826.
- HE, K. S. a kol (2015): Will remote sensing shape the next generation of species distribution models? *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 1, 1, 4-18.
- HERRON, M. D. a kol. (2003): Sciurid phylogeny and the paraphyly of Holarctic ground squirrels (*Spermophilus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 31, 1015-1030.

- HONKOVÁ, M. (2008): Mapování vegetace s využitím spektrálních indexů. Diplomová práce. Geografický ústav Přf MUNI, Brno, 94.
- HULOVÁ, Š. (2001): Rozšíření a biotop sysla obecného (*Spermophilus citellus*) v současných podmínkách na území Čech. Bakalářská práce. Biologická fakulta JČU, České Budějovice, 29.
- HULOVÁ, Š., SEDLÁČEK, F. (2008): Population genetic structure of the European ground squirrel in the Czech Republic. *Conservation Genetics*, 9, 3, 615-625.
- Humboldt State Geospatial online (2018): GSP 216 – Introduction to Remote Sensing. [http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP\\_216\\_Online/lesson2-1/reflectance.html](http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP_216_Online/lesson2-1/reflectance.html) (8.5.2019).
- JACKSON, R. D., SLATER, P. N., PINTER, P. J. (1983) Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. *Remote Sensing of Environment*, 13, 3, 187-208.
- JANÁK, M., MARHOUL, P., MATĚJŮ, J. (2013): Action Plan for the Conservation of the European Ground Squirrel *Spermophilus citellus* in the European Union. European Commission, 61.
- JOBIN, B., GRENIER, M., LAPORTE, P. (2005): Using satellite imagery to assess breeding habitat availability of the endangered loggerhead shrike in Quebec. *Biodiversity and Conservation*, 14, 1, 81-95.
- KERR, J. T., OSTROVSKY, M. (2003): From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 6, 299-305.
- KONTSIANTIS, S. B. (2007): Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. In: Maglogiannis, I. G.: Emerging artificial intelligence applications in computer engineering: real word AI systems with applications in eHealth, HCI, information retrieval and pervasive technologies. IOS Press, Amsterdam, Washington, DC, 410.
- KOLÁŘ, J. (1990): Dálkový průzkum Země. Populární přednášky o fyzice – svazek 35. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 176.
- LANGHAMMER, J. (2019): Průběžná zpráva o projektu bezpilotního snímkování habitatu sysla ve vybraných lokalitách u Velkých Pavlovic. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, 8.
- LAPERRIERE, A. J. a kol. (1980): Use of Landsat Data for Moose-Habitat Analyses in Alaska. *Journal of Wildlife Management*, 44, 4, 881-887.

- LINNAEUS, C. (1766): *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio duodecima, reformata. Holmiae. (Laurentii Salvii), 532.*
- MARKLE, CH. E., CHOW-FRASER, P. (2016): An integrative approach to regional mapping of suitable habitat for the Blanding's turtle (*Emydoidea blandingii*) on islands in Georgian Bay, Lake Huron. *Global Ecology and Conservation*, 6, 219-231.
- MATĚJŮ, J. a kol. (2007): Záchranný program sysla obecného (*Spermophilus citellus*) v České republice. Katedra zoologie PŘF UK Praha, Biologická fakulta JČU České Budějovice, Ochrana fauny ČR Votice, AOPK ČR Praha, Daphne ČR, Praha, 52.
- MATĚJŮ, J. (2008): Ecology and space use in a relict population of the European Ground Squirrel (*Spermophilus citellus*) at the north-western edge of its distribution range. *Lynx (Praha)*, 39, 2, 263-276.
- MATĚJŮ, J. a kol. (2012): Socialita a ekologie zemních veverek tribu Marmotini. Disertační práce. Katedra zoologie PŘF UK, Praha, 238.
- MILLESİ, E. a kol. (1999): Sex And Age Differences In Mass, Morphology, And Annual Cycle In European Ground Squirrels, *Spermophilus Citellus*. *Journal of Mammalogy*, 80, 1, 218-231.
- NATURA 2000 (2006): Co je Natura 2000, <http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=2102&akce=&ssHledat=> (7.6.2019).
- NATURA 2000 (2007): Přírodní stanoviště, <http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=2594> (7.6.2019).
- NOVOTNÁ, K. (2010): Záchranné programy a opatření na ochranu zemních veverek tribu Marmotini. Bakalářská práce. Ústav pro životní prostředí PŘF UK, Praha, 52.
- NOVOTNÁ, K. (2013): Srovnání kondice populací sysla obecného v souvislosti se stanovištními podmínkami. Diplomová práce. Ústav pro životní prostředí PŘF UK, Praha, 90.
- NOWAK, R. M. (1999): *Walker's Mammals of the World. Volume II, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1936.*
- OSBORNE, P. E., ALONSO, J. C., BRYANT, R. G. (2001): Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with great bustards. *Journal of Applied Ecology*, 38, 2, 458-471.
- PAYERO, J. O., NEALE, C. M. U., WRIGHT, J. L. (2004): Comparison of Eleven Vegetation Indices for Estimating Plant Height of Alfalfa and Grass. *Applied Engineering in Agriculture*, 20, 3, 385-393.

PETTORELLI, N. a kol. (2005): Using the satellite-derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess ecological effects of environmental change. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 9, 503-510.

PETTORELLI a kol. (2011): The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. *Climate Research*, 46, 15-27.

PLÁNKA, L. (2019a): Dálkový průzkum Země. Úvod, [https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/planka/dpz/DPZ\\_01\\_UVOD\\_STUDENTI.pdf](https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/planka/dpz/DPZ_01_UVOD_STUDENTI.pdf) (28.4.2019).

PLÁNKA, L. (2019b): Dálkový průzkum Země. Fyzikální základy, [https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/planka/dpz/DPZ\\_02\\_FYZIKA\\_STUDENTI.pdf](https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/planka/dpz/DPZ_02_FYZIKA_STUDENTI.pdf) (28.4.2019).

PLÁNKA, L. (2019c): Dálkový průzkum Země. Spektrální vlastnosti krajinných objektů (spektrometrie), vegetační indexy, [https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/planka/dpz/DPZ\\_03\\_POVRCH\\_STUDENTI.pdf](https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/planka/dpz/DPZ_03_POVRCH_STUDENTI.pdf) (28.4.2019c).

PUREVDORJ, T.S. a kol. (2010): Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 18, 3519-3535.

RAGHAVENDRA, B. R., ASLAM, M.A.M (2016): Sensitivity of vegetation indices of MODIS data for the monitoring of rice crops in Raichur district, Karnataka, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 20, 187-195.

ROUBALOVÁ, M. (2017): Klasifikace vybraných vegetačních kategorií land cover v krkonošské tundře z dat sentinel-2a s využitím časové řady dat. Bakalářská práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie Přf UK, Jílové u Prahy, 52.

ROUSE, J.W. a kol. (1974): Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Freden, S.C., Mercanti, E.P. a Becker, M. (eds): *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations*, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., 309-317.

RUŽIĆ, A. (1978): *Citellus citellus* (Linnaeus, 1766) – Der oder das Europäische Ziesel. In: NIETHAMMER, J., KRAPP, F. (eds.): *Handbuch der Säugetiere Europas. Band 1. Rodentia I (Sciuridae, Castoridae, Gliridae, Muridae)*. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, 123-144.

SATELLITE IMAGING CORPORATION (2019): RapidEye Satellite Sensors (5m), <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/rapideye/> (18.5.2019).

SENTINEL Hub (2019): Band B11, <https://www.sentinel-hub.com/eoproducts/band-b11> (18.5.2019).

STEFANOV, V. a kol. (2001): New data on the species composition and distribution of heminth parasites of *Spermophilus citellus* L. (Rodentia, Sciuridae) in Bulgaria. In: Program and abstracts of Sixth National Conference of Parasitology, 5-7.10.2001, Sofia-Moskva Pensoft Publishers, Sofia, 31.

STEPAN, S. J., STORZ, B. L., HOFFMANN, R.S. (2003): Nuclear DNA phylogeny of the squirrels (Mammalia: Rodentia) and the evolution of arboreality from *c-myc* and *RAG1*. *Mol Phylogenetic Evol.*, 30, 3, 703-719.

SZÚ – Státní zdravotní ústav (2016): Zoonózy (nemoci zvířat přenosné na člověka), [www.szu.cz/tema/prevence/antropozoonozy](http://www.szu.cz/tema/prevence/antropozoonozy) (15.3.2019).

ŠOPR SR (2019): NATURA 2000, <http://www.sopsr.sk/web/?cl=0> (7.6.2019).

The Encyclopedia of Earth (2018): Albedo, [https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Albedo\\_\(Weather\\_%26\\_Climate\)](https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Albedo_(Weather_%26_Climate)) (8.5.2019).

TUCKER, C. J. a kol. (1985): Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the senegalese sahel: 1980–1984. *Remote Sensing of Environment*, 17, 3, 233-249.

UHLÍKOVÁ, J. a kol. (2009): Sysel obecný – hlodavec, který nesyslí. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 16.

VIERLING, A. a kol. (2013): Using Satellite and Airborne LiDAR to Model Woodpecker Habitat Occupancy at the Landscape Scale. *PLoS ONE*, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0080988> (10.5.2019).

Wikipedia (2019): Tribus, <https://cs.wikipedia.org/wiki/Tribus> (2.2.2019).

WENG, Q. (2009): Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64, 4, 335-344.

XIE, Y., SHA, Z., YU, M. (2008): Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology*, 1, 1, 9-23.

ZHANG, H. a kol. (2011): Monitoring Leaf Chlorophyll Fluorescence with Spectral Reflectance in Rice (*Oryza sativa* L.). *Procedia Engineering*, 15, 2011, 4403-4408.

ZHARIKOV, V. a kol. (2018): Application of Landsat Data for Mapping Higher Aquatic Vegetation of the Far East Marine Reserve. *Oceanology*, 58, 3, 521-531.

ŽÍŽALA, D., NOVÁK, P. (2011): Hodnocení historického vývoje land use s využitím DPZ. VÚMOP, v.v.i., Praha, 114.

## 10. Přílohy

Příloha 1: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území Velkých Pavlovic na snímku RY (29.5.2015), metoda na základě mapování biotopů..... 95

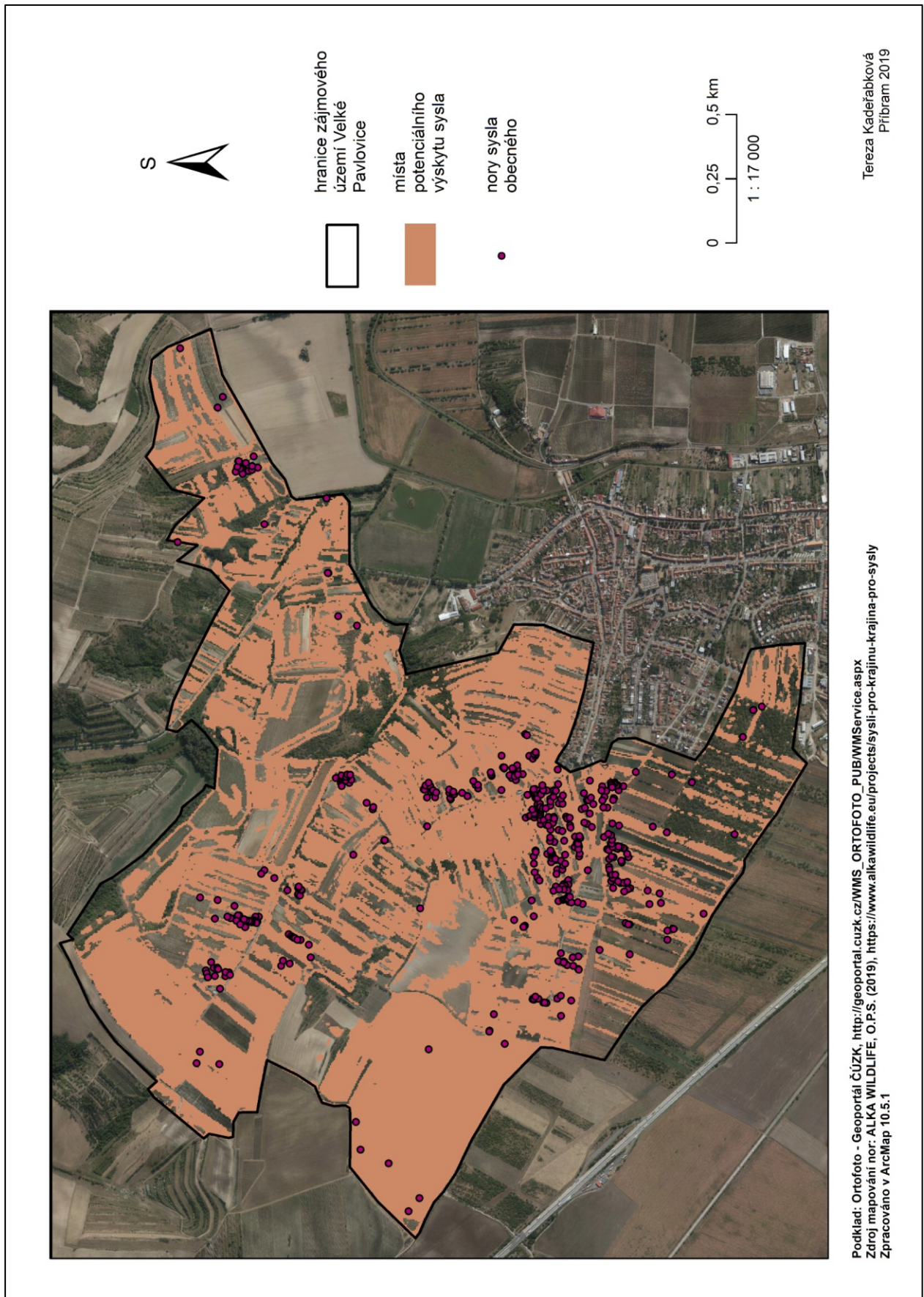
Příloha 2: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území pro území Velkých Pavlovic na snímku RY (29.5.2015), statistická metoda pro SMODCH = 1..... 96

Příloha 3: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území pro 4 modelové lokality ve Velkých Pavlovicích na datech z UAV, statistická metoda pro SMODCH = 1 ..... 97

Příloha 4: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území 5 krajů Česka a Slovenska na snímku S-2A (28.5.2017), metoda na základě mapování biotopů.. 98

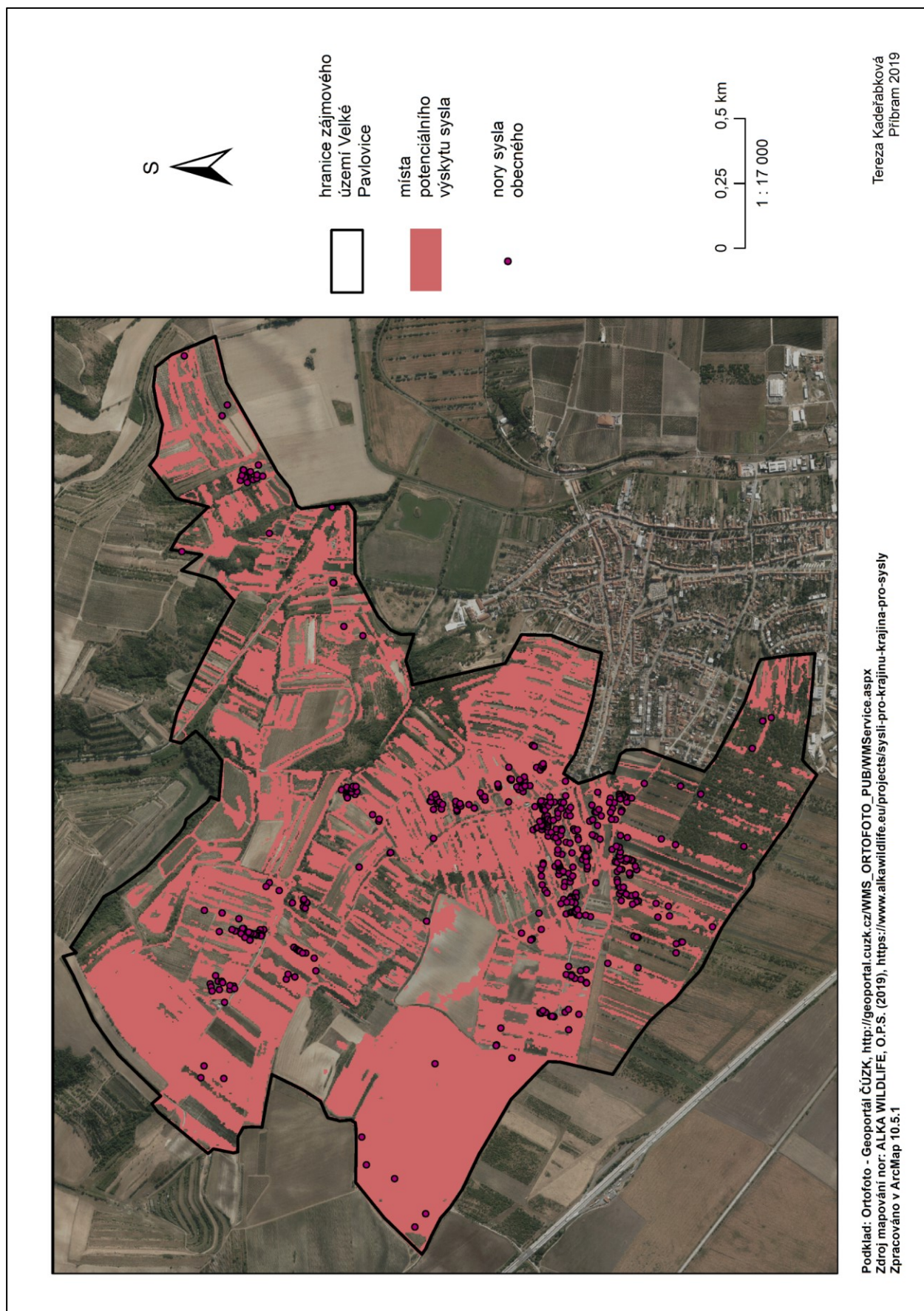
Příloha 5: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území 5 krajů Česka a Slovenska na snímku S-2A (28.5.2017), statistická metoda pro SMODCH = 1..... 99

Příloha 1: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území Velkých Pavlovic na snímku RY (29.5.2015), metoda na základě mapování biotopů





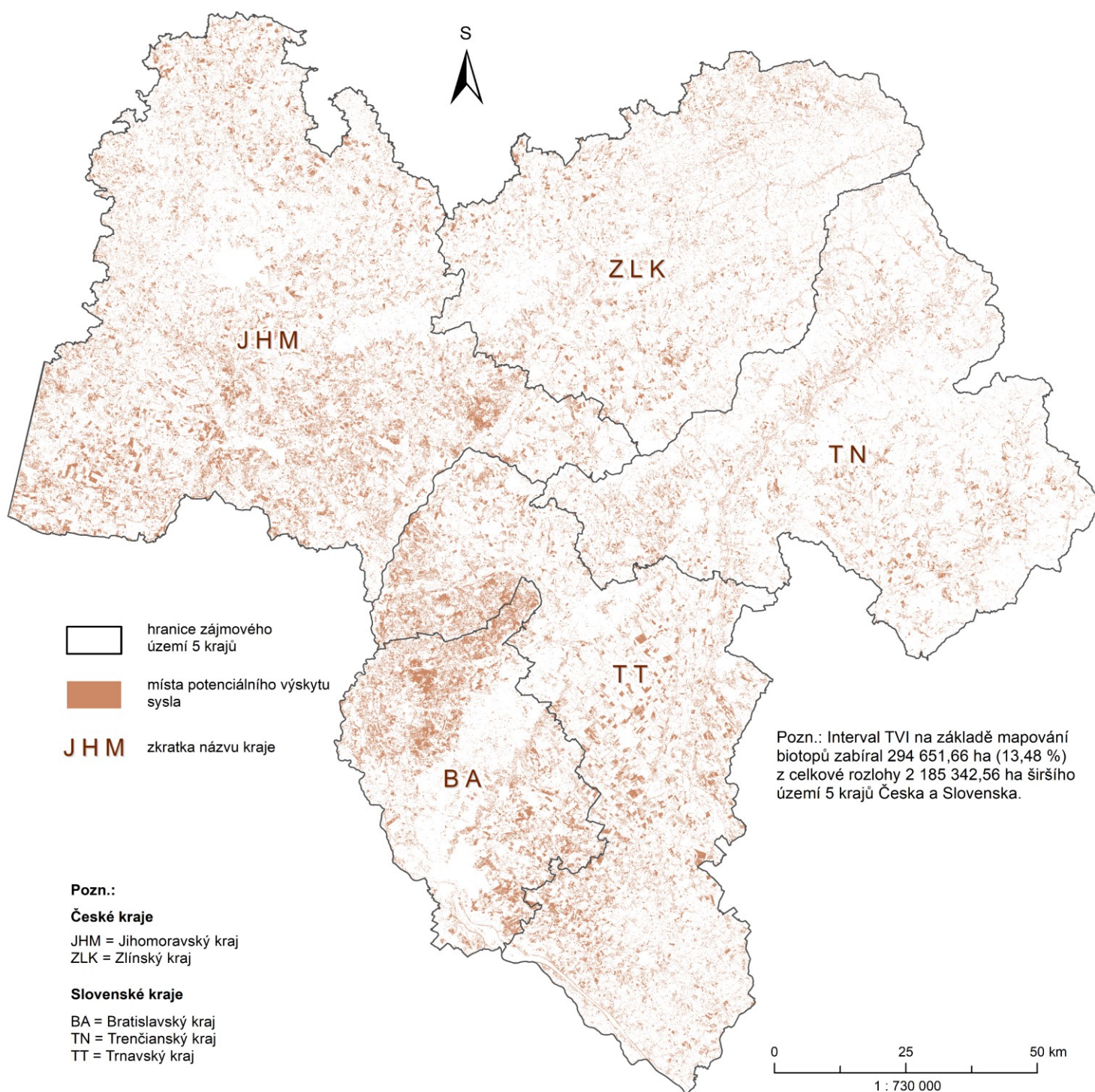
Příloha 2: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území pro území Velkých Pavlovic na snímku RY (29.5.2015), statistická metoda pro SMODCH = 1



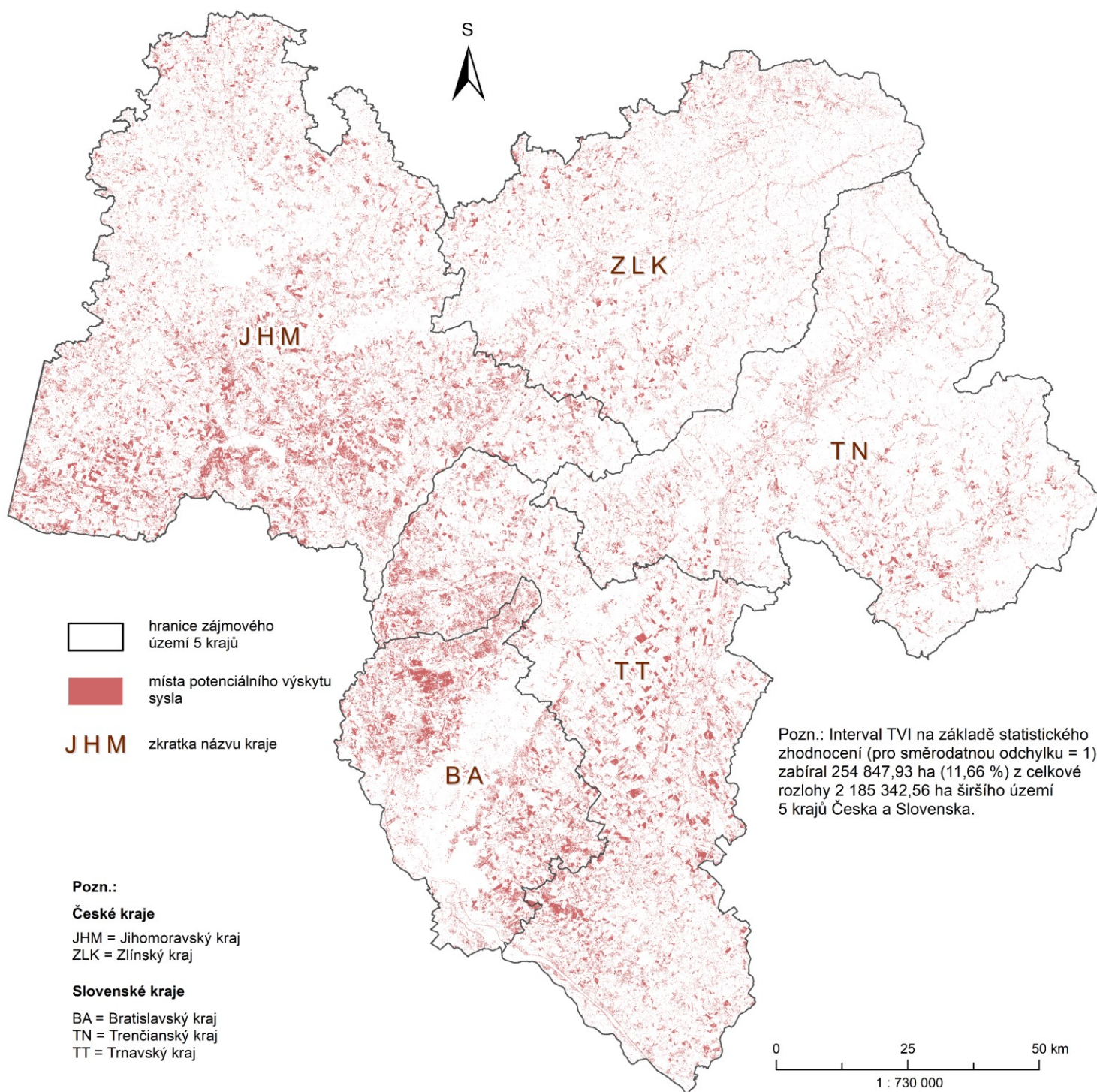
Příloha 3: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území pro 4 modelové lokality ve Velkých Pavlovicích na datech z UAV, statistická metoda pro SMODCH = 1



*Příloha 4: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území 5 krajů Česka a Slovenska na snímku S-2A (28.5.2017), metoda na základě mapování biotopů*



*Příloha 5: Oblasti potenciálního výskytu sysla obecného určené na základě indexu TVI pro území 5 krajů Česka a Slovenska na snímku S-2A (28.5.2017), statistická metoda pro SMODCH = 1*



Zdroj dat: ArcČR® 500 (2017): Digitální vektorová geografická databáze České republiky, <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (6.7.2019).  
 Zpracováno v ArcMap 10.5.1

Tereza Kadeřabková  
 Příbram 2019