

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

**IDENTIFIKACE A PROSTOROVÉ ANALÝZY
ROZMÍSTĚNÍ KOMÁŘÍCH LÍHNIŠŤ V CHKO
LITOVELSKÉ POMORAVÍ**

Diplomová práce

David ŠULC

Vedoucí práce: RNDr. Jakub Miřijovský, Ph.D.

Olomouc 2018
Geoinformatika

ANOTACE

Diplomová práce se zaměřuje na identifikaci vodních tůní, jakožto potenciálních komářích lánů, v oblasti Chráněné krajinné oblasti Litovelského Pomoraví, a to ze snímků dálkového průzkumu Země (DPZ) a následném sestavení prostorových analýz z těchto dat. Účelem je vytvoření podpůrného systému umožňujícího redukci komářích populace v území.

Jednotlivé cíle práce jsou tvorba a příprava dat pro systém mobilní a webové mapové aplikace, jejich otestování, včetně správné interakce s databází. Dále identifikace nových vodních tůní a toků z leteckých snímků. Na závěr jsou nad těmito daty vykonány prostorové analýzy, které jsou zaměřeny na další využití v boji s výrazným výskytem komářích jedinců. Veškeré postupy jsou koncipovány tak, aby mohly být v budoucnu opakovaně použity. Proto jsou, kromě výsledků analýz a nové datové sady tůní, výstupem této práce i tři modely vytvořené v aplikaci ModelBuilder.

Hlavním vytvořeným modelem je model predikce terénních depresí z Digitálního modelu reliéfu (DMR), který v ploše maximálního rozlivu vodního toku vyhledává snížená místa reliéfu, ve kterých může docházet k soustředění vody a následném překročení lánů komářích.

KLÍČOVÁ SLOVA

Komáři, databáze, testování, analýza, DMR

Počet stran práce: 79

Počet příloh: 4 (z toho 2 volné a 1 elektronické)

ANOTATION

The diploma thesis focuses on the identification of water pools, as potential mosquito hatching areas, in the region of protected landscape area Litovelske Pomorav. The identification is created from photos of remote sensing and sequential assembly spatial analysis from these data. The purpose is creating of a support system which enables reduction of mosquito population in the area. The individual aims of the work are creation and preparation of data for system of mobile and web applications, testing of applications and correct interaction with database. The next goal is the identification of new water pools and flows from aerial shots. In conclusion there are done spatial analysis, that are concentrated on further use in fight against considerable incidence of mosquitoes. The entire processes are conceived in the way to enable their usage repeatedly in the future. This is the reason why the result of this work are also three prototypes created in the application ModelBuilder apart from the results of analyses and new data sets of pools. The main created model is the prediction of field slums model from Digital model of terrain which seeks after lowered places in relief in the flooded area of waterway, where the accumulation of water and sequential precipitate hatching of mosquitoes can occur.

KEYWORDS

Mosquitos, database, testing, analysis, Digital model of terrain

Number of pages: 79

Number of appendixes: 4

PROHLAŠUJI, ŽE

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu,

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

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

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

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

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

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

V Olomouci dne:

David ŠULC

Chtěl bych v první řadě poděkovat za vedení diplomové práce, cenné rady a podporu svému vedoucímu práce RNDr. Jakubu Miřijovskému, Ph.D. Dále bych rád vyzdvihl přínos RNDr. Libora Mazánka, Ph.D. z KHSOL, který byl hlavním projektovým odborníkem na komáří tematiku, a RNDr. Jana Bruse, Ph.D. za konzultace na prostorových analýzách a poskytnutí nezbytných dat pro výpočet. Na závěr bych rád poděkoval Ing. Josefu Faltysovi z Magistrátu města Olomouc za sdělení hydrologických údajů.

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

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

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	11
1 CÍLE PRÁCE.....	12
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	13
2.1 Projekt Mosquito.....	13
2.2 Postup zpracování.....	15
2.2.1 Proces tvorby mapových dlaždic.....	15
2.2.2 Příprava dat a import do databáze	17
2.2.3 Beta testování	17
2.2.4 Identifikace tůní.....	18
2.2.5 Prostorové analýzy	19
2.3 Použitá data	19
2.4 Použité programy	21
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	24
3.1 CHKO Litovelské Pomoraví.....	24
3.1.1 Geologie a geomorfologie oblasti.....	24
3.1.2 Vodopis.....	24
3.1.3 Klima.....	25
3.1.4 Flóra a fauna	26
3.2 Charakteristika čeledi komárovití.....	26
3.2.1 Vývojová stádia a morfologie.....	27
3.2.2 Bionomie komárů.....	28
3.3 Studie tématu.....	29
3.3.1 Studie prováděné v ČR	29
3.3.2 Zahraniční studie.....	31
4 TVORBA A PŘÍPRAVA DAT	33
4.1 Proces tvorby mapových dlaždic	33
4.2 Příprava a import dat do databáze	38
4.3 Beta testování.....	43
4.3.1 Charakteristika mobilní aplikace Mosquito	44
4.3.2 Testovací scénáře	45
4.4 Identifikace tůní 2017.....	48
4.4.1 Klasifikace leteckých snímků.....	48
4.4.2 Ruční identifikace	49
4.4.3 Postprocesní úprava tůní.....	53
5 PROSTOROVÉ ANALÝZY	58
5.1 Predikce terénních depresí.....	58
5.1.1 Ověření terénním průzkumem	63
5.1.2 Deprese v záplavových zónách řeky Moravy	64
5.2 Ostatní analýzy.....	66

5.2.1	Krajinné metriky	68
6	VÝSLEDKY	72
6.1	Tvorba a příprava dat.....	72
6.2	Prostorové analýzy	74
7	DISKUZE	76
8	ZÁVĚR	78
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
API	Application Programming Interface
AWMSI	Area Weighted Mean Shape Index
bpv	Balt po vyrovnání
CPU	Central Processing Unit
CS	Coordinate system
ČSÚ	Český statistický úřad
ČR	Česká republika
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DDT	Dichlor-Difenyl-Trichlorethan
DIBAVOD	DIgitální BÁze VOdohospodářských Dat
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální Model Terénu
DPZ	dálkový průzkum Země
EPSG	European Petroleum Survey Group
ESRI	Environmental System Research Institute
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GIS	geografický informační systém
GPL	General Public License
GPX	GPS eXchange Format
HTML	HyperText Markup Language
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IBM	International Business Machines Corporation
ID	Identifikátor
JPG	Joint Picture Group
KHSOL	Krajská hygienická stanice Olomouckého kraje
LiDAR	Light Detection And Ranging
MAX	maximum
MIN	minimum
MPAR	Mean Perimeter Area Ratio
MPE	Mean Patch Edge
MPS	Mean Patch Size
MS	Microsoft
OGC	Open Geospatial Consortium
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
OSM	OpenStreetMap
PDA	Personal Digital Assistant
PHP	Personal Home Page
PNG	Portable Network Graphics

QGIS	Quantum GIS
RAM	Random Access Memory
ROI	Regions Of Interest
SCP	Semi-Automatic Classification Plugin
SHP	Shapefile
SQL	Structured Query Language
TE	Total Edge
TIFF	Tagged Image File Format
TIN	Triangular Irregular Network
TMS	Tile Map Standard
UTM	Universal Transverse Mercator
VÚV T.G.M.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
WGS 84	World Geodetic System 1984
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service

ÚVOD

Komárovití (Culicidae) náleží k řádu hmyzu dvoukřídlého. Jejich typickým znakem je výrazné sací ústrojí, které je u samic uzpůsobeno také k sání krve hostitelů (Kramář, 1958). Jejich přilet je doprovázen nepříjemným pištivým zvukem, který značí blížící se nebezpečí svědivého bodnutí na pokožce lidského těla. Komáři již po tisíciletí trápí lidský druh. Hmyz, s jehož existencí je spjata šíření velkého počtu smrtelných nemocí. Malárie, žlutá zimnice, horečka Dengue, Zika. To je jen krátký výčet onemocnění, která každoročně stojí život miliony lidí. Původci všeho jsou samičky komárů, které pro vývoj svých vajíček potřebují bílkoviny z krve živočichů, kterou sají z vyhlédnutých hostitelů a nevědomky tak mezi nimi šíří zárodky nemocí. Paradoxní přitom je, že samečci jsou nenápadní a živí se pouze nektarem z květů rostlin.

Ideálním životním prostorem komárů jsou teplá a vlhá místa, s periodicky zaplavovanými vodními tůňemi, která jsou klíčová pro přeměnu vajíček v dospělé. Vajíčka jsou kladena do míst, kde se nachází, nebo v blízké budoucnosti bude nacházet, vodní hladina. Příkladem takovéto optimální krajiny je v České republice Chráněná krajinná oblast Litovelské Pomoraví. Vyznačuje se jedinečným ekosystémem teplomilných lužních lesů se sítí rozvětvených ramen řeky Moravy a dalších méně významných toků, které napájejí velké množství tůní a mokřadů, jež s různou intenzitou pokrývají celou oblast.

V Litovelském Pomoraví bylo různými studii identifikováno kolem třiceti druhů komárů. Několik z nich je označováno za kalamitní druhy, které se v jarních a letních měsících houfně líhnou a poté páří. Obyvatele sousedních obcí a návštěvníci lesů jsou poté doslova terorizováni nálety stovek krvežíznivých jedinců. Jelikož byla situace dále neúnosná, dohodli se starostové patřičných obcí ke spolupráci s Krajskou hygienickou stanicí Olomouckého kraje a založili Spolek pro hubení komárů. Jeho cílem je redukce množství komárů. Inspirace Spolku je německá organizace German Mosquito Control Association, která se stejným problémem v okolí řeky Rýn již nějaký čas zabývá.

Cílem Spolku pro hubení komárů je mapování komářích líhnišť, která mají být ošetřována biologickým postřikem (způsob ošetření popsán v kapitole 3.3.2 *Zahraniční studie*). Za tímto účelem byla navázána spolupráce s Katedrou geoinformatiky na Univerzitě Palackého v Olomouci, kde pod vedením RNDr. Jakuba Miřijovského, Ph.D. vznikl systém mobilní a webové aplikace pro mapování a sběr dat o komářích líhništích. Tato diplomová práce se zabývá vytvořením dat, které systém obsahuje, testováním kompatibility aplikací a následném provedení prostorových analýz, jejichž výsledky jsou zaměřeny na další praktická použití ve snaze o redukci zejména kalamitních druhů komárů, což zajistí následně příjemnější život v místních obcích žijícím obyvatelům.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem magisterské práce je sestavit technický postup pro správnou identifikaci komářích líhnišť z dat DPZ v kombinaci s daty z vlastního sběru pomocí GPS aplikace. Nad daty budou provedeny prostorové analýzy rozmístění líhnišť a zejména bude vypracován detailní postup mapování a identifikace s ohledem na koncového uživatele systému. Autor se bude mimo jiné zabývat:

- testování Android aplikace pro sběr dat,
- testování propojení s online aplikací pro správu líhnišť,
- vyhodnocení dat DPZ z leteckého snímkování,
- terénní ověření výskytu líhnišť,
- prostorové rozmístění líhnišť v závislosti na DMR a výšce hladiny.

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

Výsledkem bude soubor technických doporučení pro mapování a provedení prostorových analýz zohledňující technické vybavení.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Následující podkapitoly obsahují informace a postupy, které popisují dílčí fáze řešení této diplomové práce. Nejprve je představen projekt Mosquito v rámci něhož je práce řešena. Poté je nastíněna posloupnost řešení dílčích kroků s na závěr uvedeným výčtem a popisem použitých dat a programů, jež byly při zpracování využity.

2.1 Projekt Mosquito

Diplomová práce je řešena v rámci projektu Mosquito, na kterém se podílí tři spolupracující subjekty. Spolek pro hubení komárů (sdružení starostů obcí v okolí Litovelského Pomoraví), Krajská hygienická stanice Olomouckého kraje (KHSOL – představitelem je RNDr. Libor Mazánek, Ph.D.) a Katedra geoinformatiky při Univerzitě Palackého v Olomouci. Společným cílem je redukce množství komárů v Pomoraví.

Úkolem Katedry geoinformatiky bylo provedení leteckého snímkování oblasti ve dvou obdobích – v březnu roku 2016 i v březnu 2017 a následném zjištění vodních ploch (tůní i vodních toků) ze snímků. Dále byl vytvořen systém webové a mobilní aplikace. Webová aplikace slouží zejména k nahlížení a editaci dat. Oproti tomu mobilní aplikace je určena pro sběr dat v terénu (ověření tůní, zda jsou zde líníště komárů, či nikoliv, případně ověření jeho charakteristik). Na pozadí obou aplikací je navržena databáze MySQL, která shromažďuje veškerá data, jež jsou v aplikacích používána. Leteckým snímkováním, zpracováním projektu leteckého snímkování, návrhem a programovým sestavením aplikací a databáze se tato diplomová práce nezabývá (to bylo zaměřením dalších zaměstnanců katedry). Cílem práce byla tvorba a příprava dat, jež obsahuje databáze, a které jsou zobrazovány v aplikacích (mapové dlaždice, vrstvy tůní a vodních toků, oblastí a podoblastí výskytu vodních ploch), testování mobilní aplikace a její kompatibility s ostatními prvky systému (zejména s databází). Závěrečným krokem bylo provedení prostorových analýz z vytvořených dat, jež charakterizují vlastnosti a prostorové rozložení tůní, včetně sestavení modelu predikce terénních depresí. Analýzy byly koordinovány s RNDr. Liborem Mazánkem, Ph.D. (KHSOL) tak, aby jejich výsledky byly co nejvíce prakticky využitelné.

Systém projektu Mosquito je tedy tvořen webovou a mobilní aplikací. Jejich prostředníkem je databáze uchovávající veškerá získaná data, zejména objekty vodních tůní – potenciálních komářích líníšť. Vodní tůně je terénní deprese, která je naplněna vodou. Komářích líníšť je tůně s potvrzeným výskytem komářích larev.

Prvotní identifikování rozmístění tůní v prostoru proběhlo z dat leteckého snímkování. Následně terénní ověření vyškoleným týmem tzv. sběračů je již plně v kompetenci Spolku pro hubení komárů (neprováděno v rámci této práce). Sběru je prováděn kvůli odlišení tůní, ve kterých se vyskytují komářích larvy, a ve kterých nikoliv. Pro vkládání sesbíraných dat do systému je používána mobilní aplikace Mosquito. Z mobilní aplikace jsou data odesílána do databáze, skrze kterou jsou vizualizována ve webové aplikaci, kde mohou být dále upravována, a to uživateli s patřičným oprávněním. Sběrač má za úkol ověřit, zda se v daném místě tůně skutečně vyskytuje, popsat její vlastnosti přednastavenými atributy a uvést množství a stádium vývoje komářích larev, což je důležitý parametr pro následné aplikování postřiku. Pokud je líníště odhaleno s larvami ve velmi pokročilém stádiu vývoje, není již možné postřik vykonat. Naopak pokud se ve vodě žádné larvy nevyskytují, je zbytečné tůni zahrnovat do seznamu k ošetření. Sběr bude prováděn v každoroční periodě. První probíhal v období dokončení této diplomové práce (jarní měsíce roku 2018). Zmapovaná líníště budou letecky ošetřena biologickou látkou.

Spolek pro hubení komárů

Již od nepaměti jsou lidé žijící v blízkosti Litovelského Pomoraví souženi nálety komárů. Po prvním jarním oteplení se v, na vodu bohaté krajině, začnou líhnout larvy prvních jedinců. To spustí řetězovou reakci, jejímž výsledkem jsou roje hmyzu napadajícího lidská obydlí a okolí. V určitých fázích roku je pomalu nemožné navštívit zdejší lesy. Proto se starostové dotčených obcí rozhodli pro řešení situace.

Pod vedením starosty jedné z nejvíce paralyzovaných obcí (Střeň), byl ustanoven Spolek pro hubení komárů, jehož cílem je redukce komárů v oblasti. Inspirací Spolku je organizace German Mosquito Control Association, která se zabývá obdobným tématem v Porýní (Německo). Komáři líhniště jsou zde ošetřována biologickým postřikem z letadel na základě GPS (Global Positioning System) souřadnic tůní. Tento způsob umožňuje výrazné urychlení aplikace látky v porovnání s terénním ošetřováním. Také reakční doba se významně zkracuje. Více informací je uvedeno v kapitole 3.3.2 *Zahraniční studie*.

V následující tabulce (Tab. 1) je uveden výčet všech obcí a částí obcí, které se projektu účastní, včetně atributů *Počet obyvatel* (dohromady téměř 35 tisíc) a *Počet podoblastí*, jež ukazuje rozdělení oblastí do dílčích podoblastí na základě rozlohy jednotlivých území a počtu vodních tůní.

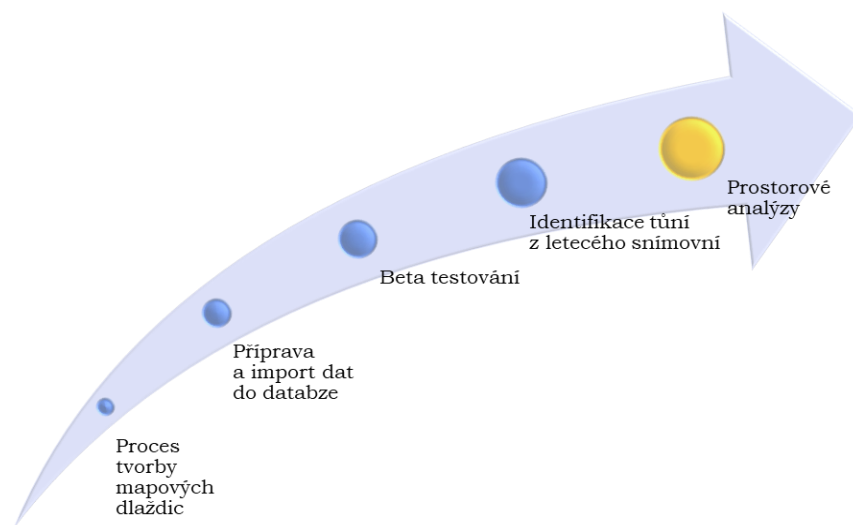
Tab. 1: Seznam obcí a obecních částí, které jsou zahrnuty do mapování komářích líhnišť. Ve druhém sloupci je uveden počet obyvatel (zdroj: ČSÚ – Sčítání lidu, domů a bytů v roce 2011, respektive Sčítání lidu, domů a bytů v roce 2001). Poslední atribut počtu podoblastí je údaj, který udává, na kolik částí byla oblast obce rozdělena.

Obec (část obce)	Počet obyvatel	Počet podoblastí
Březce	-	2
Břuchotín	186	1
Černovír	943	3
Červenka	1 437	1
Hlušovice	858	2
Horka nad Moravou	2 448	6
Hynkov	257	2
Chomoutov	1 007	1
Chořelice	270	1
Chválkovice	2 318	2
Křelov	1 636	2
Lhota nad Moravou	165	1
Litovel	9 901	3
Mladeč	736	4
Náklo	1 517	1
Pavlovičky	490	2
Pňovice	943	2
Příkazy	1 306	1
Rozvadovice	197	1
Řepčín	1 241	2
Řimice	296	1
Skrbeň	1 175	1

Střeň	605	4
Štěpánov u Olomouce	3 471	5
Tři Dvory u Litovle	268	1
Týneček	472	2
Unčovice	425	4
Viska u Litovle	93	1

2.2 Postup zpracování

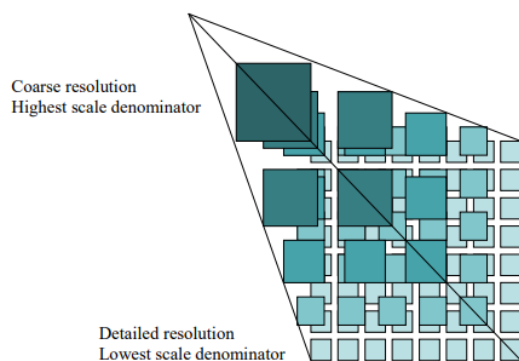
Postup zpracování této diplomové práce lze rozdělit do dvou skupin. První se týká přípravy a zpracování dat pro systém Mosquito, včetně jeho testování. Ve druhé části jsou nejen tato data analyzována (Obr. 1).



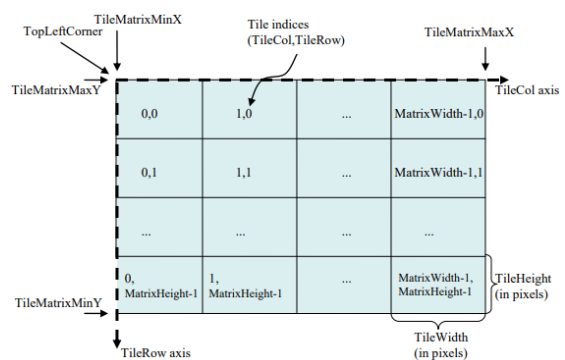
Obr. 1: Časový harmonogram postupu řešení diplomové práce.

2.2.1 Proces tvorby mapových dlaždic

Prvním úkolem řešení diplomové práce bylo studium standardu rastrových mapových dlaždic a následné provedení procesu tvorby za účelem otestování vybraných produktů z hlediska výsledné kvality a časové i paměťové náročnosti. Dlaždice jsou používány jako podkladové datové sady pro mapové aplikace.



Obr. 2: Úrovně matic dlaždic.



Obr. 3: Maticové souřadnice dlaždic.

(Zdroj: https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35326)

Co jsou to vlastně mapové dlaždice? Jedná se o vícevrstvou digitální rastrovou mapu pokrývající dané území v nadefinovaných měřítkách (úrovních). V každé úrovni jsou vygenerovány výřezy vstupního obrazu o nastavené velikosti (nejčastěji 256 x 256 pixelů). Tento princip výrazně urychluje načítání dat a tím mnohem plynulejší reakci při přibližování či oddalování (zoom). Proto se metoda hojně využívá pro webové i mobilní mapové aplikace (Mapové dlaždice, 2018). Zařízení si načte snímky pouze z aktuální pozice obrazovky, a nikoliv celou vrstvu.

Principu dlaždic využívají služby TMS (Tile Map Standard) a novější WMTS (Web Map Tile Service). Jedná se o standardy vyvíjené organizacemi The Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), respektive Open Geospatial Consortium Inc. (OGC) pro rychlé načítání (renderování) georeferencovaných map. Rozdíl mezi standardy je zejména v orientaci maticových souřadnic dlaždic (Obr. 3).

Jak již bylo zmíněno, mapový prostor je rozdělen do diskretních částí – dlaždic – dle parametrů. Pro každé měřítko (úroveň přiblížení) je vygenerována matice dlaždic. Soubor všech matic tvoří celek zvaný sada matic. Jedna dlaždice, je tedy nejnižší jednotkou soustavy, a vždy vychází z nadřazené úrovně, který rozděluje na čtyři stejně velké plochy (Obr. 2). Každá dlaždice v matici má přiřazené maticové souřadnice, které se skládají z pozice TileCol (číslo sloupce), TileRow (číslo řádku) a tzv. identifikátoru úrovně (Joan Masó a kol., 2010).

Nezbytnými parametry při tvorbě dlaždic jsou:

- Měřítkový jmenovatel – neboli velikost jednoho pixelu v metrické soustavě (standardizovaná velikost renderování je jeden pixel rovná se 0,28 mm),
- velikost každé dlaždice v obrazových bodech (pixelech) – výška a šířka,
- levý horní vrchol bounding boxu (minimální prostor, kterým lze opsat všechny prvky (Minimum bounding box, 2017)) v souřadnicovém systému sady dlaždic – MIN X, MIN Y (informace o souřadnicovém systému jsou definovány v sadě matic),
- velikost matice dlaždic – odpovídá počtu dlaždic v matici,
- počet úrovní (měřítek).

(Joan Masó a kol., 2010).

Předchozí odstavce pojednávají o použití dlaždic mapového podkladu pro webové prostředí. Pro rychlé načítání podkladových dat v mobilních aplikacích je určen souborový formát tzv. MBTiles. Jedná se o specifikaci pro ukládání libovolných dlaždicových mapových dat v databázích SQLite pro okamžité a efektivní využití. Rozdíl mezi TMS či WMTS a MBTiles je na první pohled v uložení dat. Zatímco první dvě metody používají klasické souborové uložení do složek dle úrovní matic dlaždic, formát MBTiles je jeden archivovaný soubor (MBTiles Specification, 2018).

Pro praktické testování softwaru generování dlaždic byly vybrány následující programy a nástroje: MapTiler 8.0 Pro, Agisoft PhotoScan 1.4.0 Built version, GDAL2tiles a QTiles. Poslední dva jmenované nástroje jsou volně dostupné varianty k placeným možnostem. Oba jsou použitelné v QGIS (Quantum GIS) jako plugin, respektive nástroj z knihovny GDAL (Geospatial Data Abstraction Library). Více je uvedeno v kapitole 2.4 *Použité programy*.

2.2.2 Příprava dat a import do databáze

Druhým řešeným cílem diplomové práce byla příprava dat, a jejich následný import do databáze. Vstupními datovou sadou do procesu zpracování byl soubor ve formátu GeoJSON s tůněmi z roku 2016, který musel být nejprve převeden do formátu, který lze editovat v prostředí GIS. Poté Každé musela být každé tůni přiřazena lokalita výskytu (oblast a podoblast), vypočtena rozloha a doplněny povinné atributy, které vyžadovala databáze (14 z celkového počtu 34). Vrstva tůní získaných z leteckého snímkování v březnu 2016 byla vytvořena externím pracovníkem před začátkem řešení této práce.

Rozdělení Litovelského Pomoraví do oblastí a podoblastí provedl Spolek pro hubení komárů na základě konzultace s RNDr. Liborem Mazánkem, Ph.D. (KHSOL) zákresem do papírových map, které bylo nutné pro další použití v rámci této práce zdigitalizovat. Hranice oblastí jsou katastrálními územními obcí. Vnitřní hranice podoblastí jsou vedeny podél významného krajinného prvku (například řeky či komunikace).

Po dokončení přípravy byla data připravena k nahrání do databáze. Nejprve však bylo nutné se s databází seznámit a vyzkoušet nejlepší metodu importu, kterých systém umožňoval několik. Administrace databáze je prováděno skrze systém phpMyAdmin.

PhpMy Admin (dostupný pod licencí GNU General Public License – GNU GPL) je multiplatformní administrační programový systém vytvořený v jazyce PHP (Hypertextový preprocesor, původním významem Personal Home Page) pro manipulaci s obsahem databáze MySQL ve webovém prostředí. Umožňuje mimo jiné správu databáze, tabulek, atributů, vztahů, indexů, uživatelů a jejich práv, a to pomocí předdefinovaných možností či SQL (Structured Query Language) příkazů. Jedná se o jeden z nejoblíbenějších systému pro správu databází modifikovaný do 72 jazyků (PhpMyAdmin: Bringing MySQL to the web, 2018).

2.2.3 Beta testování

Poté, co byla databáze naplněna první sadou dat tůní z roku 2016, mohlo být přikročeno k testování funkčnosti systému Mosquito se zaměřením na mobilní aplikaci navrženou pro systémy Android, včetně její kompatibility s databází, potažmo s webovou aplikací.

Webová aplikace

Na následující adrese: KOMARI.GEOCENTRUM.CZ/MAPA/APP/_VEREJNOST.PHP je umístěna webová aplikace zobrazující data komářích líhnišť na mapovém podkladu (Obr. 4). Přístup do aplikace je možný bez přihlášení (pro veřejnost) nebo po přihlášení uživatele s různým nastavením rolí (kompletní správa/omezená editace/prohlížení). Primárním účelem této aplikace je vizualizace informací. Pro uživatele s rozšířenými pravomocemi je však umožněna i editace dat, která byla získána v terénu tzv. sběrači čili jedinci, kteří ověřovali výskyt vodní ploch (dříve identifikovaných z leteckých snímků), případně zjišťovali charakteristiku líhnišť a vývojové stádium komářích larev). Základní funkcionalita aplikace pro veřejného návštěvníka je následující:

- Filtrování: dle stavu změněno, sběrače, oblastí, úrovně zaplavení, typu vodní plochy, existence líhniště ve vodě, velikosti zaplavení a stavu ošetření,
- načtení datových vrstev: výběr z podkladových map (satelitní od ČÚZK, OpenStreetMap, Základní mapa ČR, nebarevná Open Street Map), načtení tůní z nabízeného roku snímání, zobrazení oblastí a podoblastí,
- přiblížení mapového okna na zvolenou obec,

- doplňující funkce: vyhledávání tůní dle ID a adresy, zoom, měření, tisk, zobrazení výchozí pozice.

Uživatelé s vyššími pravomocemi mají navíc, dle typu role, možnost úpravy geometrie a atributu, přiřazování či odebrání tůní jednotlivým sběračům a zobrazení leteckých snímků z roku 2017 i tří hladinoměřů umístěných v Hynkově, Střeni (řeka Morava) a Horce nad Moravou na vodním toku Mlýnský potok.



Obr. 4: Mapová aplikace projektu Mosquito v režimu pro veřejnost.

(Zdroj: https://komari.geocentrum.cz/mapa/app/_verejnost.php#filtry)

Mobilní aplikace Mosquito

Označení Beta testování se v pravém slova smyslu týká testování mobilní aplikace. Beta testování je fáze vývoje softwaru, při kterém se odhalují chyby a nedostatky funkcionality. Je mezistupněm mezi prvními verzemi a finálním produktem, který je již běžně uživateli používán. Výstupem z testování je soubor poznámek a chyb, které jsou předávány autorovi softwaru, který je následně implementuje a vytvoří tak novou, opravenou verzi. Tento postup se cyklicky opakuje až do té fáze, kdy jsou chyby odstraněny (nebo alespoň většina chyb, pokud je proces testování pečlivý).

2.2.4 Identifikace tůní

Po zpracování dat tůní získaných z leteckých snímků z roku 2016, následném importu do databáze a otestování součinnosti mezi aplikací, databází a webovou mapou, bylo dalším krokem řešení diplomové práce vytvoření nového, aktuálního stavu tůní pro rok 2017. Identifikace byla prováděna na základě leteckého snímkování z března 2017 a to dvěma metodami – automatickou klasifikací a ruční identifikací.

Klasifikace byla provedena v programu QGIS pomocí pluginu s názvem *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)* popsany v kapitole 2.4 *Použité programy*. Ruční identifikace byla provedena v ArcMap. Letecké snímky bylo nutné procházet v opravdu velkém rozlišení, aby byly odhaleny i ty nejmenší vodní plochy, které byly různě ukryté v terénu a pod vegetací. Pro ulehčení identifikace byla použita vrstva tůní 2016. Polygony tůní byly editovány, jeden po druhém, do stavu, jež odpovídal situaci z aktuálního snímku, a poté byl prozkoumán zbytkový prostor, díky čemuž byly odhaleny nové lokality, ve kterých se v předchozím roce tůně nevyskytovaly.

2.2.5 Prostorové analýzy

Závěrečným cílem diplomové práce bylo sestavení prostorových analýz s využitím dat získaných v přechozích krocích, v kombinaci s digitálním výškovým modelem DMR5G. Analýzy lze rozdělit do dvou skupin. První se zabývá predikcí terénních depresí a druhá obsahuje ostatní dílčí analýzy, které charakterizují prostor Litovelského Pomoraví v kombinaci tůní z let 2016 i 2017.

Prostorové analýzy byly koncipovány tak, aby jejich výsledky měly co největší praktické využití. Z toho důvodu byl sestaven model predikce terénních depresí, který předpovídá místa s potenciálem pro výskyt vodních tůní. Zájmovým územím, ve kterém dochází k predikci, je plocha maximálního rozlivu patřičného vodního toku (záplavová zóna). Model byl sestaven a otestován na dvou testovacích oblastech – Horka nad Moravou a okolí Mlýnského potoka u jezera Poděbrady, včetně provedení ověření výsledků terénním průzkumem.

Po ověření funkčnosti byl model použit pro predikci tůní v Litovelském Pomoraví v záplavových zónách (Q5, Q25, Q100) řeky Moravy, která je páteřním vodním tokem oblasti s největším účinkem případných povodní.

Ostatní provedené analýzy měly za cíl prostorovou charakteristiku území Litovelského Pomoraví a v něm se vyskytujících tůní. Byly vytvořeny následující analýzy: Průměrná nadmořská výška tůní, Vzdálenost tůní od vodních toků a soubor krajinných metrik. Z krajinných metrik byly vybrány: Vážený index průměrného tvaru plošky, Průměrný poměr obvod – plocha, Index průměrné délky okrajů a Index průměrné velikosti ploše.

2.3 Použitá data

Pro řešení diplomové práce byly poskytnuty tři datové sady. Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR5G) a dvě sady vzniklé při projektu Mosquito. Vrstva tůní zjištěných z leteckého snímkování provedeného v březnu 2016 a sada leteckých snímků Litovelského Pomoraví z března roku 2017. Vše v předem stanoveném zájmovém území (na obrázku Obr. 5). Tůně tedy byly řešeny pouze v těchto hranicích. Rozloha území činí **7 172,55 hektarů**.

Tůně 2016

Jedná se o vrstvu polygonových objektů, které reprezentují tůně s viditelnou vodní hladinou. Vrstva byla vytvořena ruční digitalizací nad leteckými snímky pořízenými v březnu 2016, a to externím pracovníkem mimo řešení této diplomové práce. Polygony tedy odpovídají stavu v době snímání území. Souřadnicový systém obdržené vrstvy byl WGS 84 (World Geodetic System 1984) s EPSG kódem 4326 a jednotkami ve stupních.

Formátem dat byl GeoJSON (Geographical JavaScript Object Notation – formát pro geoprostorová data založený na neprostorovém JSON s definovanou strukturou pro souřadnice a atributy (Butler, 2016)). Velikost souboru na disku byla 704 kB.

Vrstva obsahuje 842 polygonů (Obr. 5), které autor (externí pracovník) vyhodnotil jako aktuální tůně, tedy místa s evidentní vodní plochou zjistitelnou z leteckého snímku. Nezahrnuty byly vodní toky, koryta s proudící vodou a některé rybníky. Suma rozloh ploch činí 1 082 250,20 m² (108,225 hektarů). Nejmenší tůně zabírá 2,13 m², oproti tomu nejrozsáhlejší 170 136 m² (17,01 hektarů). Součet délek hran je 144 624,37 metrů v rozmezí intervalu obvodů jednotlivých ploch mezi 6,08 m a 3 006,62 m.

Letecké snímkování oblasti proběhlo 17. 03. 2016. V tento den byla výška hladiny Moravy zjištěná z hladinoměřů v Moravičanech, respektive Hynkově, 101 cm a 114 cm. Tři dny před uvedeným datem nedošlo k výrazným změnám ve výšce hladiny.



Obr. 5: Vrstva tůní z roku 2016 na podkladu ortofotomapy ČÚZK. V pravém dolním rohu je viditelná část města Olomouc.

(Zdroj: vlastní tvorba)

Letecké snímkování 2017

V pořadí druhé letecké snímkování proběhlo přibližně rok po prvním snímkování (na základě něhož byla vytvořena vrstva tůní 2016). Záměrem bylo získání obrazu odlišného rozmístění vodních tůní na základě jiné výchozí situace zavodnění území. Tedy aby existovalo více vrstev tůní při různém stavu zaplavení. V roce 2016 bylo v Litovelském Pomoraví obecně více vody a tím pádem více líníšť s větší plošnou rozlohou. Následující rok byl naopak sušším, až na výjimku okolí Mlýnského potoka, který byl v době snímání z důvodu umělého lidského zásahu rozvodněný, což způsobilo velký výskyt tůní v jeho blízkosti.

Datová sada leteckého snímkování z roku 2017 se skládá ze 43 snímků o celkové velikosti na disku 43,8 GB (nejedná se o surový výstup z procesu snímkování, ale již o zpracovaná data, která byla oříznuta zájmovým územím). Prostorové rozlišení fotografií činí **8 cm**. Souřadnicový systém datové sady je WGS 84 UTM zone 33N (EPSG 32633). Formátem snímků je osmi bitový TIFF.

Let byl vykonán 27. 03. 2017. Výška hladiny Moravy byla v té době 100 cm při hladinoměru v Moravičanech a 113 cm v Hynkově. Tři dny před uvedenými daty nedošlo k výrazným změnám.

DMR5G

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace, zkráceně DMR5G, je abstrakce zemského povrchu v digitální formě. Jedná se o nepravidelnou trojúhelníkovou síť (TIN) diskretních výškových bodů o souřadnicích X, Y, H (H zastupuje nadmořskou výšku v systému Balt po vyrovnání – Bpv). Průměrná chyba výšky odpovídá hodnotě 18

centimetrů v nezalesněném terénu, respektive 30 cm v zalesněném (Digitální model reliéfu České republiky 5. generace, 2010).

Výškový model byl vytvořen z dat víceletého, celostátního projektu leteckého skenování výškopisu pomocí technologie LiDAR (Light Detection And Ranging) v rozmezí let 2009 a 2013, kdy byla celá Česká republika postupně nasnímána. Oblast kolem Olomouce byla vytvořena až v závěrečných fázích projektu, v roce 2013. Souřadnicovým systémem dat je S-JTSK. Pořizovatelem a správcem je ČÚZK neboli Český úřad zeměměřičský a katastrální (Digitální model reliéfu České republiky 5. generace, 2010).

Výlučně pro účely této diplomové práce byla výškopisná data oblasti Litovelského Pomoraví poskytnuta v rámci projektu **MK DG16P02B014 (NAKI II): Kulturní dědictví krajiny Arcidiecéze olomoucké – výzkum, prezentace a management.**

ArcČR 500 verze 3.3

Digitální databáze České republiky v měřítku 1:500 000 obsahující topografická a administrativní data (se socioekonomickými údaji), na jejímž vzniku spolupracovaly ARCDATA PRAHA, s.r.o.; ČÚZK a ČSÚ (Český statistický úřad). Distribuce dat je zdarma (ArcČR® 500, 2018). Z databáze byla použita vrstva katastrálních hranic obcí.

DIBAVOD

Digitální BÁze VOdohospodářských Dat je geografická databáze, která se zaměřuje na vodohospodářská data. Správcem produktu je Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M. (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka). Vybrané vrstvy jsou poskytovány zdarma (O projektu DIBAVOD, 2017). V této práci byly využity záplavové zóny Q5, Q20 a Q100.

2.4 Použité programy

ArcGIS for Desktop 10.4.1 a 10.5, licence ArcInfo

Jedná se o komerčně nejrozšířenější GIS software. Respektive soubor aplikací. Zde byl použit program ArcMap 10.4.1 a ArcMap 10.5 a to zejména při identifikaci vodních tůní z leteckého snímkování a k následnému vyhotovení prostorových analýz.

QGIS Desktop 2.18.16

Quantum GIS, zkráceně QGIS, je jeden z celosvětově nejoblíbenějších geografických informačních systémů. Jeho velkou výhodou je, že je nabízen jako Open source nástroj (software s veřejně otevřeným zdrojovým kódem), konkrétně s licencí General Public Licence (GNU), jež umožňuje uživatelské zásahy do zdrojového kódu i následnou distribuci. Dále je jeho nespornou výhodou velká modularita, kdy si uživatel může do programu doinstalovat velké množství tzv. pluginů (externě vytvořených nástrojů pro konkrétní účel), využít nástrojů z jiných open source systémů či knihovny Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) (QGIS – The Leading Open Source Desktop GIS, 2018). QGIS je vytvářen pod záštitou Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) a je multiplatformní. Aktuální verze nese označení Las Palmas.

QTiles 1.5.2.1

QTiles je volně dostupný plugin (licence GNU GPL v2) integrovatelný do QGIS. Slouží ke generování mapových dlaždic, buď pro webové nebo mobilní použití (MBTiles). Autorem nástroje je NextGIS (QTiles, 2018). Plugin byl v této práci zařazen do zástupců volně dostupného softwaru pro tvorbu dlaždic.

GDAL2tiles

V pořadí druhý Open-source nástroj pro generování dlaždic, vytváří adresáře a metadata dle OSGeo specifikace TMS (na rozdíl od QTiles neumí vytvářet MBTiles). Je součástí knihovny GDAL. Autorem je Petr Přidal ze společnosti Klokan, který nástroj sestavil v roce 2008, jakožto předchůdce svého komplexnějšího programu MapTiler, který je de facto grafickou a uživatelsky přívětivější nadstavbou, která je postupně doplňována o nové, rozšiřující funkce (GDAL2Tiles Project, 2008).

GDAL2tiles lze spustit pomocí příkazové řádky a ručním vypsáním parametrů renderování dlaždic nebo implementováním do GIS aplikace QGIS.

MapTiler 8.0 Pro

MapTiler je software primárně určený pro generování mapových dlaždic z velkého/velkých snímku(ů) – typicky z leteckých snímků. Dlaždice jsou mnohem menší než vstupní datová sada, proto jsou ideální jako podkladová vrstva do webových i mobilních mapových aplikací z důvodu rychlejšího načítání.

K dostání je pět modifikací softwaru lišících se funkcionalitou a samozřejmě cenou. Zdarma dostupná verze FREE s velice limitovanými funkcemi, je určená spíše pro výukové účely. Dále lze získat START, PLUS, PRO trial na 30 dní a PRO bez omezení. Studenti a akademici mohou zažádat o verzi PRO trial, která jim bývá udělena zdarma (v této práci je tak použita právě tato možnost). Při vytváření dlaždic je zde však vkládaný vodoznak do jednotlivých snímků, což prakticky znemožňuje jakékoliv jiné než studijní využití (Pricing, 2018). Zakladatelem společnosti Klokan Technologies GmbH, která se zabývá vývojem této aplikace, je již zmíněný Petr Přidal z České republiky.

Agisoft PhotoScan 1.4.0 Built version

„Plně automatizovaný profesionální fotogrammetrický nástroj“, tak zní oficiální slogan tohoto produktu. Jeho schopnostmi jsou mimo jiné letecká triangulace, vytváření 3D modelů, georeferencování DMT (Digitální Model Terénu), tvorba ortofotomap, vizualizace, metrické nástroje a nově od této verze i tvorba mapových dlaždic, k čemuž byl Agisoft v této práci použit (PhotoScan, 2017).

Semi-Automatic Classification Plugin 5.3.11

SCP (zkratka pluginu) je další plugin symbioticky používaný s programem QGIS. Jedná se o volně dostupný Open-source (licence GNU GPL v3) primárně určený, jak již název napovídá, k automatické klasifikaci obrazu. Dalšími možnostmi nástroje jsou různé operace se snímky dálkového průzkumu Země (DPZ), možnost stažení satelitních dat, preprocessing i postprocessing a další. Byl vyvinut Lucou Congedoem (Congedo Luca, 2016).

Patch Analyst 5.2.0.16

Patch Analyst je extenze pro software ArcGIS. Slouží k výpočtu prostorových analýz krajiny a modelování jejich atributů. Autorem je instituce Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry (Patch Analyst, 2015).

PSPad 4.6.0

Freeware editor použitý při vytváření HTML kódu webových stránek, na kterých je umístěna tato diplomová práce.

Microsoft Excel 2016

MS Excel je klasický tabulární nástroj z balíčku Office. Byl použit pro statistické hodnocení dat a pro přípravu dat před importem do databáze.

GPX viewer and recorder

Aplikace určená pro mobilní telefony se systémem Windows Phone 10. Základní dovedností je práce se soubory ve formátu GPX. Zejména jejich pořizování a zobrazování v mapovém podkladu. Umožňuje taktéž navigaci k jednotlivým bodům GPX. Lze stahovat z oficiálního obchodu Microsoft Store.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Náplní kapitoly je charakteristika zájmového území Litovelského Pomoraví, ve kterém jsou v této diplomové práci řešeny vodní tůně (potenciální komáří lůžiska). Taktéž jsou zde uvedeny informace o životě komárů a jejich rozmnožovacím cyklu. Na závěr jsou prezentovány vědecké studie, které se tématem blíží této diplomové práci.

3.1 CHKO Litovelské Pomoraví

Chráněná krajinná oblast se rozkládá kolem města Litovel (odkud pochází i název) na ploše 96 km². Ochrana unikátní ekosystém údolní nivy řeky Moravy v pásu širokém od tří do osmy kilometrů mezi městy Olomouc a Mohelnice. Centrum oblasti tvoří meandrující řeka, která se větví do velkého množství bočních toků, jež jsou více či méně periodicky zaplavovány. To vytváří výjimečný komplex lužních lesů, nivních luk a mokřadů (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Charakteristika oblasti, 2018) – ideální podmínky pro výskyt velkého množství komárů.

3.1.1 Geologie a geomorfologie oblasti

Geologické podloží oblasti bylo v minulosti formováno jak horotvornými procesy (variské a alpské), tak sedimentačními. Tektonické zlomy, samozřejmě ve výrazně menší míře, než na jakou jsme zvyklí mimo hranice republiky, jsou dosud aktivní. Pohyb jednotlivých ker způsobuje nestabilitu proudnice řeky a ta se následkem těchto vlivů větví a meandruje (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Geologie, 2018).

Horninový podklad je tvořen kombinací sedimentačního, vulkanického a suchozemského působení. Z období, kdy byla oblast zalitá mořem (třetihory), se zachovaly křemence, slepence, vápence a břidlice, které jsou promísleny podmořskými vyvěřelinami. Tyto nejstarší vrstvy jsou překryty mladšími sedimenty (až 250 metrů silné) z etapy po ústupu moře – písčitémi slínami (slín je nezpevněný sediment skládající se z jílové a prachové frakce (Slíny a slínovce, 2018)) a vápenitými jíly. Důkazem bohatého výskytu vápenců jsou turisticky oblíbené krasové jeskyně u města Mladeč (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Geologie, 2018).

Území leží v tzv. Hornomoravském úvalu a z části v Mohelnické brázdě, na rozhraní soustav Západní Karpaty a Česká vysočina. Jádrová část CHKO probíhající podél řeky Moravy je charakteristická rovinatým povrchem s nadmořskou výškou v intervalu 200 a 220 m n. m. Na jihozápad od této nivy se nachází Prostějovská pahorkatina s mírně vlnitým povrchem (230-280 m n. m.). Na severozápad od Litovle přechází Hornomoravský úval v Mohelnickou brázdou, maximálně pět kilometrů širokou příkopovou depresi, která je obepnuta pahorkatinou z málo odolných sedimentů (250-340 m n. m.). Středem této sníženiny pokračuje niva Moravy (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Geomorfologie, 2018).

3.1.2 Vodopis

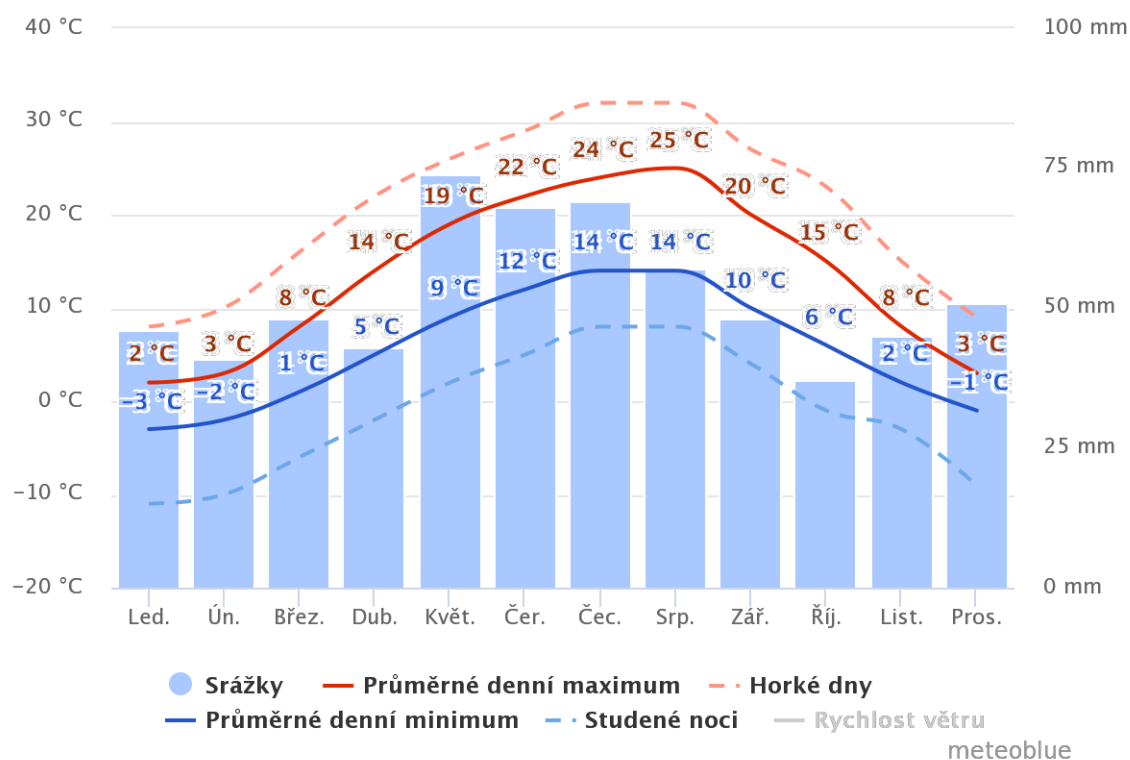
Jak již bylo několikrát zmíněno, zásadním vodním tokem Litovelského Pomoraví je řeka Morava. Od pramene na Kralickém Sněžníku po ústí do Dunaje, měří více jak 354 kilometrů, z toho necelých 44 kilometrů připadá na oblast CHKO Pomoraví. Tento úsek je poslední neregulovanou částí řeky (vyjma průtoků zastavěnými lokalitami, několika jezů a úseku od komunikace Mohelnice-Stavenice po silnici Mladeč-Nové Zámky), což zajišťuje přirozený vývoj toku. Lužní lesy jsou zde protkány sítí ramen a periodických

vodních proudů (tzv. smuh jak místní nazývají občasně vodní toky). Díky přírodnímu charakteru oblasti slouží zdejší zásoby vody jako zdroje pitné vody pro široké okolí, včetně krajského města Olomouce (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Vodopis, 2018).

3.1.3 Klima

Podnebí chráněné krajinné oblasti je mírné s obdobími letních a zimních teplot bez výraznějších extrémů. Poměrně překvapivě je území zavlažováno menším množstvím srážek než v sousedních regionech. Důvodem je kopcovitý terén na západě Olomouckého kraje, který zachytává oblačnost přicházející ze západu, od Atlantického oceánu. Jelikož je podnebí v České republice ovlivňováno zejména tímto západním prouděním, tak je většina oblačnosti nesoucí srážky zadržena a voda tak dopadá na povrch mimo CHKO. (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Klimatické poměry, 2018).

Větší část Litovelského Pomoraví je srážkově, vzhledem k celorepublikovému průměru, poměrně chudá s ročním úhrnem přibližně 600 mm. Z toho 350-400 spadne ve vegetačním období. Nejvíce připadá na měsíc červenec, na opačné straně je únor. Průměrný počet dnů v roce (Obr. 6), kdy zde naprší více jak 0,1 mm, se pohybuje kolem čísla 130. Z toho zhruba 28 dní v roce sněží. Délka slunečního svitu se pohybuje okolo hodnoty 1 750 hodin v roce (z toho na červenec připadá 273 hodin, nejméně pak na prosinec a to necelých 25 hodin). Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 8-9 °C, kdy mrznout zpravidla začíná již v říjnu (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Klimatické poměry, 2018).



Obr. 6: Průměrné teploty a srážky v okolí města Litovel z celoročního hlediska (zdroj: https://www.meteoblue.com/cs/pocasi/predpoved/medelclimate/litovel_Cesko_3071669)

3.1.4 Flóra a fauna

Jak již bylo zmíněno, lokalita je významná výskytem přirozených lužních lesů, dále se zde vyskytují málo dotčené dubohabrové háje, lipové dubohabřiny a olšiny. Důležitým faktorem pro výskyt lužních lesů je vysoký stav podzemní vody a pravidelné záplavy, které do oblasti přinášejí živiny (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Flóra, 2018).

Na výše položených místech (říční terasy) se prostírají rozdílně vlhká luka se společenstva rákosů, ostríc a dalších rostlin. Od 60. let minulého století dochází k významnému ústupu těchto luk a lesů ve prospěch orné půdy, a to již o více jak dvě třetiny plochy. Velice důležité pro celé území CHKO je zachování přirozenosti vodních toků, jakožto mokřadů, které jsou klíčové při zadržování vody v krajině. Absence lidských zásahů ponechá vývoj tzv. vnitrozemské říční delty naprosto v režii přírody. Meandry, štěrko-písčité náplavy, ostrůvky, popadané stromy, to vše zajišťuje vysokou samočisticí schopnost řeky a možnost výskytu velkého množství rostlin. Za zmínku stojí například česnek medvědí, orseje, prvosenky, sasanky, orchideje (krušík polabský), blatuchy, kosatce, bublinatky, šípátky a plno dalších (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Flóra, 2018).

Faunu ekosystému tvoří druhy, které jsou často vázané na vodu, ať už na proudící vodu, jezera, tůně, mokřiny a vlhké louky. Díky množství vody v krajině je oblast bohatá na velké počty bezobratlých živočichů (zkoumaní komáři, korýši, žabronožky, listonozi, a další). Hojně zastoupení mají dále druhy motýlů, brouků, ryb (slepá ramena jsou ideální pro vývoj lipanů, pstruhů či cejnů), obojživelníků (žáby – skokani, rosnička, kuňky, ropuchy; čolci), plazů (ještěrky, slepýši, užovky), ptáků (48 hnízdicích druhů) a savců (letouni, srny, daňci, bobři) (Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Fauna, 2018).

3.2 Charakteristika čeledi komárovití

Zástupci čeledi komárovití (Culicidae) náležící do řádu dvoukřídlí (Diptera), jsou velké části lidské populace dobře známý živočišný druh, který se v nejvyšších počtech vyskytuje v teplých a vlhkých oblastech. Čeď je rozdělena do podčeledí Anophelinae a Culicinae. Počet druhů na planetě se odhaduje na více jak 3 200. Jsou děleny do čtyřiceti rodů. Nejhojněji zastoupenými jsou rody *Aedes* (kolem 1 200 druhů) a *Culex* (800 druhů), oba náležící k podčeledi Culicinae (Volf, Horák, 2007).

Způsob života komárů je pohlavně odlišný. Zatímco samečkové se živí výlučně nektarem z květů rostlin, medovicí a mízou, samičky sají krev širokého spektra hostitelů, díky čemuž získávají množství živin pro vývoj svých vajíček, které poté kladou do vlhkých míst, nejlépe na povrch vodní hladiny. Tento způsob rozmnožování však zapříčiňuje, že se z komářích samiček mnoha druhů staly přenašeči závažných chorob jak lidských, tak živočišných. Například na malárii dosud umírá člověk každých 12 sekund (McGavin, 2005). V přírodních podmínkách oblasti České republiky saje většina druhů rodu *Aedes* (člověka nejčastěji napadající komáři) krev z teplomilných obratlovců, zejména savců, tedy i lidí. Příslušníci rodu *Culex* parazitují převážně na ptácích či studenokrevných obratlovcích (Volf, Horák, 2007).

Při vyhledávání hostitelů se komáři orientují převážně čichem. Tento smyslový orgán, nazvaný Johnstonův, se nachází na tykadlech a slouží mimo jiné k rozpoznávání pachů (květy) a změn koncentrace oxidu uhličitého (je vypouštěn obratlovcem) v prostoru. Po vyhledání hostitele komáři použijí k nasátí živin bodavě své ústrojí, které je tvořené dlouhým sosákem a čtyřmi tzv. stylety, které pronikají do kůže a vypouštějí zde protihematomické a znecitlivující látky (Volf, Horák, 2007). V případě, že se samice

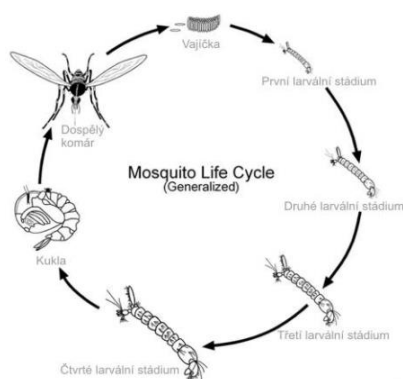
nemohou žít krví, mohou přijímat také rostlinný nektar. To však způsobí menší snůšky vajíček (Sedlák, 2002).

3.2.1 Vývojová stádia a morfologie

Vývojový cyklus komárů začíná typickým hromadným rojením, které se objevuje převážně v blízkosti vodních hladiny, do kterých budou později nakladena vajíčka. Do rojů nalétávají samice a dochází zde k páření. Po kopulaci začínou samičky vyhledávat vhodné hostitele pro nasátí krve. Vajíčka jsou kladena na vodní hladinu nebo do míst, která jsou periodicky zaplavována. Tento jev zapříčiňuje kalamitní (hromadný a časově omezený) výskyt hmyzu v období záplav – v České republice se to týká například okolí Břeclavi, Polabí a Litovelského Pomoraví (Volf, Horák, 2007).

První vlny komárů se objevují na jaře, buď v dubnu či květnu, další pak během léta. Rozhodujícím faktorem je teplota vzduchu. Podle období kalamitního výskytu jsou druhy rozlišovány na jarní a letní. Doba vývoje larev se odvíjí od teploty vody a kolísá v intervalu dvou až čtyř týdnů (Volf, Horák, 2007).

Obdobně jako u ostatních druhů hmyzí říše s proměnou dokonalou (z vajíček se líhnou larvy, které se nepodobají dospělci), vývoj komárů prochází těmito stádii: vajíčko, larva, kukla a imago (dospělý hmyz). **Vajíčka** jsou kladena na vodní hladinu buď jednotlivě nebo jsou bočními stěnami spleené do jednoho člunkovitého plovoucího útvaru, na stěnu stromových dutin nebo do míst budoucích vodních tůní. V případě výskytu na neklidné vodní hladině se vajíčka koncentrují v tišinách nebo při hrázích. Z vajíček kleslých na dno se posléze za příznivých okolních podmínek líhnou **larvy**. Komáří larva za svůj vývoj prodělá celkem čtyři svlékání. Larvální fáze se tedy dělí na čtyři instary. Jednotlivá larvální stádia se mezi sebou liší velikostí, počtem chloupků a zubů. Tělo larvy se skládá z hlavy, hrudi a zadečku. Dorůstají velikosti v rozmezí 10-15 mm a živí se filtrováním nebo seškrabáváním mikroorganismů (řasy, kvasinky, plísně, bakterie, prvoci) z povrchu vodní hladiny a předmětů ve vodě, k čemuž mají přizpůsobené ústrojí kousacího typu. **Kukla** vzniká svlékáním z larvy ve IV. Stádiu. Tvarem svého těla připomíná hudební notu – hlavou noty je mohutná hlavohruď a nohou štíhlý zadeček. **Imago** má tělo podobně jako larva složené z hlavy, hrudi a zadečku (Kramář, 1958).



Obr. 7 vlevo: Životní cyklus komárů.

(Zdroj: http://astrolot.cz/denik/Images/moskyt_zivotni_cyklus.jpg)

Obr. 8 vpravo: Komáří larva vyfocená při terénním průzkumu lokality u Horky nad Moravou dne 25. 4. 2018. (Zdroj: vlastní tvorba)

3.2.2 Bionomie komárů

Nejdůležitějším faktorem pro vývoj komárů je voda a její vlastnosti. Poté, co jsou vajíčka nakladena do vody, případně jsou již dříve nakladená zaplavena, začíná vývoj larvy dle vhodných faktorů okolí. Jedním z hlavních činitelů je teplota vody, která ovlivňuje rychlost vývoje embrya. Například u skupiny *Anopheles* dochází k líhnutí larev při teplotě kolem plus deseti stupňů přibližně za osm dní, avšak při plus 25 °C již za dva dny. Dalšími vlivy jsou množství mikroorganismů ve vodě (v čisté vodě se líhne minimum larev), předchozí působení mrazů na vajíčko či délka jeho pobytu na vzduchu, oslunění, množství kyslíku ve vodě a její chemické vlastnosti (rozpuštěné soli). Interval teplot, které jsou larvy schopné přežít, se v závislosti na druhu pohybuje v rozmezí -1-40 °C. Vyschnutí líhniště larvy komárů špatně snáší, avšak většinou dokáží přežít, pokud je půda vlhká. Při úbytku vody larvy zalézají pod listy, kameny a další předměty (Kramář, 1958).

Životním prostředím larev komárů jsou zejména mělké stojaté vody, na jejichž hladinu samičky nakladou vajíčka, ze kterých se larvy líhnou. V případě, že je místo vyschlé, naklade samička snůšky přímo na povrch půdy a vývoj nastane až po zalití vodou. Ideálními lokalitami pro vývoj jsou dočasné louže, i stabilní tůně, okraje vodních nádrží, rašeliniště, klidná zákoutí vodních toků či dutiny stromů. Vertikální specifikace není v našich lokalitách důležitá, komáři se líhnou jak na horách, tak v nížinách. (Kramář a kol., 1980).

Po vylíhnutí se dospělci ukrývají na stinných a vlhkých místech. V této fázi dochází v těle samiček k prvotnímu vývoji snůšky vajíček, což v nich spouští sací instinkt a ony tak po oplození počínají vyhledávat hostitele. Z úkrytů vylétávají specificky za soumraku, a to až do vzdálenosti deseti kilometrů. Faktory ovlivňující aktivitu komárů jsou teplota a vlhkost vzduchu, množství světla a síla větru. Po nasání krve hostitele se samičky navracejí do úkrytu, kde probíhá trávení a zrání vajíček. Snůšky jsou poté kladeny do míst, které jsou popsány výše a celý cyklus (za rok proběhne jednou až třikrát) se tím spouští od začátku (Kramář, 1958).

Dle diplomových prací uvedených v kapitole 3.3.1 *Studie prováděné v ČR*, se v CHKO Litovelské Pomoraví vyskytuje kolem 30 druhů komárů. Z nich jsou počtem nejvíce zastoupeny kalamitní druhy. Jarní kalamitní druhy jsou následující: *Ochlerotatus cantans*, *Oc. geniculatus*, *Oc. Cataphylla*, *Oc. Excrucians*, *Oc. annulipes*, *Oc. caspius*, *Oc. communis*, *Oc. dianiaetus*, *Oc. Dorsalis*, *Oc. intrudens*, *Oc. leucomelas*, *Oc. flavescens*, *Oc. nigrinus*, *Oc. Refiki*, *Oc. punctor*. Závažnější letní kalamitní druhy jsou tvořeny především: *Aedes vexans*, *Aedes rossicus* a *Aedes cinereus*.

Pro regulaci komáru se v dnešní době používá řada metod zahrnující terénní úpravy, chemické postřiky a biologické zásahy (v budoucnu přibude genetické inženýrství). Potenciální líhniště se likvidují melioračními inaktivitami, zavážením menších tůní, odstraňováním vodních rezervoárů, postřikem insekticidy (dříve velice používaná látka DDT), použitím minerálních olejů (larvy se udusí), nasazením drobných ryb, které se larvami živí či použitím patogenů (bakterie *Bacillus thuringiensis*). Nikdy by však nemělo dojít k úplnému vyhlazení těchto živočichů, protože jsou důležitými prvky ekosystému. Vždy by se mělo jednat pouze o omezení výskytu (Volf, Horák, 2007). Larvy komárů jsou totiž důležitou složkou v potravě sladkovodních ryb či zpěvného ptactva. Samy se také živí mikroorganismy, tudíž se podílejí na čištění vody (Dmitrijeva, 1987).

DDT (Dichlor-Difenyl-Trichlorethan) je pesticid proslavený bojem proti nemocem přenášeným hmyzem. Před érou používání tohoto postřiku prodělala třetina světové populace malárii, polovina dětí na Filipínách (nyní dvě procenta), na Srí Lance

z každoročně dvou milionů nakažených počte klesl na 17 případů (po přerušení postřiku se během čtyř let počet pacientů zvýšil na více jak milion). Po čase se ale ukázalo, že DDT je velice obtížně odbouratelný a dochází tak k jeho hromadění v přírodě. To se nejvíce projevilo u dravého ptactva nacházejícího se na vrcholu potravinového řetězce. Tkáň jejich potravy (myši) obsahovala velké množství DDT, což způsobovalo hromadný úhyn ptáků. Četné studie také dokazují, jak látka ovlivňuje ostatní živé organismy – například napadá hormonální systém a způsobuje sterilitu živočichů. Výsledkem byl celosvětově plošný zákaz používání, který je však dosud v některých oblastech porušován (v Africe se pesticidem bojuje proti malárii) (Dmitrijeva, 1987). Je tedy nutné dopředu pečlivě zvážit metody boje s komáry, aby se podobné případy možná s ještě horšími následky, již neopakovaly.

3.3 Studie tématu

V následujících dvou podkapitolách jsou popsány vědecké práce, které se studovanou problematikou více či méně přibližují náplni této diplomové práce. Nejprve jsou zmíněny studie vytvořené v České republice, poté jsou rozebrány zahraniční, včetně velice důležitého zaměření organizace German Mosquito Control Association, jež byla Spolkou pro hubení komárů inspirací.

3.3.1 Studie prováděné v ČR

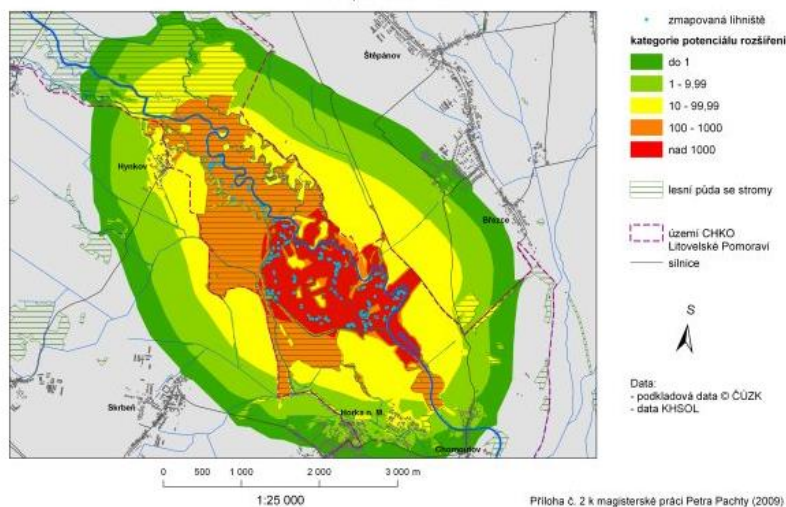
První popsané studie pocházejí z mateřské univerzity Palackého v Olomouci, z nichž ta vůbec první je přímo z Katedry geoinformatiky (Petr Pachta). Další pocházejí taktéž z Přírodovědecké fakulty – z kateder Ekologie a životního prostředí a Zoologie a antropologie.

ANALÝZA RIZIKA ŠÍŘENÍ KALAMITNÍCH KOMÁRŮ V OKOLÍ VYBRANÝCH LÍHNIŠŤ OLOMOUCKÉHO KRAJE, Petr Pachta (2009)

Petr Pachta se ve své diplomové práci zabýval problematikou komáru ve vybraných líhništích Olomouckého kraje, převážně v Litovelském Pomoraví. Podnětem práce byla Krajská hygienická stanice Olomouckého kraje (KHSOL), jež žádala o geoinformatické řešení tématu, zejména kalamitních situací (Pozn. – KHSOL je konzultantem i této práce). Cílem výzkumu bylo zmapování a sběr dat o líhništích a následné vytvoření prostorových modelů (map) šíření hmyzu. Sběr byl prováděn terénním průzkumem a ručním zadáváním dat do přístroje PDA (Personal Digital Assistant), posouzení množství larev v odebraném vzorku probíhalo expertním odhadem. Modely byly vytvořené programovacím jazykem Python pro použití v ArcMap (verze 9.1). Jejich klíčovou vlastností bylo cyklení, které postupně modelovalo šíření komárů na základě vstupních podmínek (například využití krajiny Land Use)

Výsledkem byl soubor rastrů a map, jež byly vytvořeny výstupem z navržených modelů. Lze je rozdělit do dvou kategorií – potenciální analýzy a analýzy skutečných dat sesbíraných v roce 2007. Potencionální mapy (Obr. 9) prezentují šíření při navržené konstantě množství komárů na plochu vodní hladiny, zatímco rozborů reálných dat se zabývají simulací situací, jež vycházejí z dat zjištěných v terénu.

POTENCIÁLNÍ ROZŠÍŘENÍ KOMÁRŮ PRO 10. DEN únor, březen 2007



Obr. 9: Potencionální rozšíření komárů pro desátý den – výstup z diplomové práce P. Pachty
(Zdroj: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/pachta09/vysledky.html>).

SPOLEČENSTVA KOMÁROVITÝCH (DIPTERA: CULICIDAE) NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH CHKO LITOVELSKÉ POMORAVÍ, Petra Válová (2011)

Petra Válová se ve své práci zabývala zejména odchyt komářích jedinců, které poté identifikovala dle biologických znaků. Pro odchyt používala pěti předem nadefinovaných lokalit, jejichž hlavním rozlišovacím prvkem bylo oslunění líhniště. Cílem práce bylo porovnání druhové rozmanitosti a dále výzkum, zda je výskyt hmyzu ovlivněn osluněním.

Ze získaných jedinců bylo rozpoznáno 31 druhů, které lze rozlišit na jarní a letní druhy. Nejhojnější výskyt, bez ohledu na roční rozmanitost, byl v jarních měsících, zejména v květnu, jež byl pomyslným vrcholem četností. Část práce, zaměřující se na korelaci oslunění a množství jedinců, prokázala, že v zastíněných líhništích byly počty vyšší. Předpokládaným důvodem je více biomasy spadané ze stromů, menší působení člověka a povětrnostní situace.

DIVERZITA A BIOLOGIE KOMÁRŮ PODČELEDI CULICINAE VE VYBRANÝCH TŮNÍCH CHKO LITOVELSKÉ POMORAVÍ, Bc. Monika Chmelíková (2013)

V pořadí druhá vědecká práce, která sice ve svém jádru nepoužívá geoinformatické procesy, avšak pro pochopení komářích tématiky jsou obě vhodné.

Výzkum se zaměřuje na rychlost vývoje komářích larev v závislosti na výšce hladiny a její teplotě, tedy převážně abiotickými faktory. Pro odběr bylo zvoleno deset líhnišť v různých lokalitách za odlišných podmínek. Odběr se skládal z odlovu komářích larev, změření teploty i hloubky tůně (tam, kde to stav umožňoval), potencionálně z odběru sedimentů.

Výsledky prokázaly vztah mezi teplotou vody v tůních a rychlostí vývoje larev. Stádium vývoje na základě teploty trval v rozmezí pěti až osmi týdnů. Teplota byla ovlivňována zejména atmosférickými podmínkami, které v dané období panovaly, a také hloubkou líhniště, kdy mělké tůně jsou rychleji zahřívány.

3.3.2 Zahraniční studie

German Mosquito Control Association (originálním názvem German Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS))

Klíčová organizace, ze které čerpá Spolek pro hubení komárů i pracovníci Krajské hygienické stanice Olomouckého kraje. Mezi asociací a starosty ze Spolku existuje silná spolupráce na společném tématu, proto je dobré tento zdroj informací nastínit, jelikož je de facto spouštěcím faktorem i pro tuto diplomovou práci.

Asociace byla založena roku 1976 pro boj s komáry v záplavových územích horního úseku řeky Rýn, ve kterých se vyskytuje více jak 33 druhů komárů. Vodní tůně jsou doslova přesycené komářími larvami, které se houfně líhnou. Oblast zájmu je oproti Litovelskému Pomoraví o dost rozsáhlejší – 6 000 kilometrů čtverečných.

Pro hubení larev komárů používají protein produkovaný bakteriemi *Bacillus thuringiensis israelensis*. Tato biologicky aktivní látka, která však nesmí obsahovat živé bakterie, je aplikovaná do vodních tůní, kde jsou zjištěné larvy obtížného hmyzu, a to buď pracovníkem v terénu nebo rozptylem z vrtulníku ve formě ledových krup. Látka je poté pozřena larvami, v jejichž trávicí soustavě teprve dojde k aktivaci, což vede k rozkladu střevních buněk a úhynu organismů. Při aplikaci je klíčové dodržení optimálního časového odstupu (ideálně jeden týden) od doby, kdy se počala vajíčka komárů líhnout do larválního stádia. Do hubení je zapojené i místní obyvatelstvo, kterému jsou dodávány tablety pro ošetření drobných tůní.

Oficiální internetová stránka asociace: [HTTP://WWW.KABSEV.DE](http://www.kabsev.de)

Prezentace asociace v anglickém jazyce:

[HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GERMAN_MOSQUITO_CONTROL_ASSOCIATION](https://en.wikipedia.org/wiki/German_Mosquito_Control_Association)

MAPPING OF MOSQUITO (CULICIDAE) BREEDING SITES USING PREDICTIVE GEOGRAPHIC INFORMATION METHODS, Szilárd SZABÓ, Zoltán KENYERES, Norbert BAUER, Gyöngyi GOSZTONYI, Tamás SÁRINGER-KENYERES (2008)

Práce maďarských autorů se zabývá mapováním komářích líhnišť v oblasti jezera Tisza, jež je rozlohou druhé největší v Maďarsku. Porovnávají dvě metody – identifikaci s využitím spektrální analýzy a modelování reliéfu za použití výškového modelu. Samotné predikci líhnišť předcházela práce v terénu, kde byly zaznamenávány údaje o tůních v kombinaci se zeměpisnou polohou získanou z GPS. Ze souřadnic, leteckého snímkování (rozlišení 50 cm) a topografické mapy byla vytvořena polygonová vrstva tůní. Na základě zjištěných dat byly provedené shlukové analýzy, které díky podobnosti prostorových parametrů predikovaly výskyt tůní v území.

Druhá testovaná metoda vycházela z použití digitálního výškového modelu. V Maďarsku však nemají tak kvalitní výšková data, jako v České republice. Dostupné jsou topografická mapa s rozlišením 1 metr a přesností +/- 59 cm, nebo výškový model s rozlišením pět metrů a chybou +/- 0,7-1,5 metrů. Přesnot neumožnila uspokojivé výsledky, tudíž autoři konstatovaly tuto metodu za nepoužitelnou pro danou potřebu. Na druhé straně, predikce s využitím spektrálních analýz poskytla poměrně přesné závěry.

Ve světě se mapováním komárů zabývá velké množství studií. Jelikož se jedná o velice aktuální téma, které trápí stovky milionů, ne-li řádově miliard, lidí, je tomuto tématu v různých koutech planety věnována velká míra pozornosti. Na rozdíl od České republiky, kde jsou komáři relativně bezpeční, je v jiných zemích boj proti hmyzu veden z důvodu jeho přenášení smrtelných nemocí. Mezi nejznámější patří určité malárie, žlutá zimnice, horečka Dengue či virus Zika (a následně stejnojmenné onemocnění). Uvedené studie obecně využívají spíše satelitních snímků pro zjištění potenciálních komářích lůhnišť, jelikož se zabývají mnohem větším prostorem. Stručně za zmínku stojí například následující práce:

MAPPING OF MOSQUITO BREEDING SITES IN MALARIA ENDEMIC AREAS IN POS LENJANG, KUALA LIPIS, PAHANG, MALAYSIA; autor Rohani Ahmad (2011)

Z dat dálkového průzkumu země byly digitalizované viditelné vodní plochy dále doplněné o entomologická data. Tento soubor informací byl statisticky a pomocí jednoduchých analýz na závěr vyhodnocen.

LANDSCAPE DETERMINANTS AND REMOTE SENSING OF ANOPHELINE MOSQUITO LARVAL HABITATS IN WESTERN KENYA HIGHLANDS; E. Mushinzimana, S. Munga, N. Minakawa (2006)

Tato studie se od předchozí odlišuje v lokalitě působnosti, kterou je Západní Keňa, využitím snímků družic IKONOS (rozlišení a LANDSAT TM. Metodou zpracování satelitních snímků byla řízená klasifikace pokryvu území. Výsledky byly doplněny terénním průzkumem zjištěných vodních ploch (ověřením výskytu larev komára druhu Anopheles). Průzkum byl prováděn v období sucha a deště v roce 2003. Na závěr byl provedený model pravděpodobnosti výskytu komářích lůhnišť v závislosti na nadmořské výšce.

Nejvyšší úspěšnost identifikace vodních ploch byla z dat družice IKONOS (40,6 %), poté z leteckého snímkování (10,6 %) a poslední je s nulovou úspěšností LANDSAT TM.

MOSQUITO LARVAL HABITAT MAPPING USING REMOTE SENSING AND GIS: IMPLICATIONS OF COALBED METHANE DEVELOPMENT AND WEST NILE VIRUS, Li Zou, Scott N. Miller, Edward T. Schmidtman (USA, 2016)

Práce se zabývá identifikací potenciálních komářích lůhnišť ve státě Wyoming z dat družice LANDSAT TM v kombinaci s leteckým snímkováním. Sledovaným faktorem v oblasti je metan, který je uvolňován při těžbě uhlí do okolních vod. Předpokládá se, že metan zde urychluje vývoj larev komárů.

Snímky z družice LANDSAT byly klasifikovány na oblasti vodních ploch a vegetace. Výsledky byly doplněny pomocí GIS metod o topografická, půdní a hydrologická data. Závěr práce ukazuje 75% nárůst potenciálních komářích lůhnišť mezi léty 1999 a 2004.

4 TVORBA A PŘÍPRAVA DAT

Touto kapitolou začíná takzvaná praktická část diplomové práce, která je členěna do dvou skupin – 4 *Tvorba a příprava* a 5 *Prostorové analýzy*. Jak již bylo nastíněno v kapitole 2.2 *Postup zpracování*, cíle práce lze rozdělit na tvorbu dat systému Mosquito, včetně jeho testování, a následné využití získaných dat pro tvorbu vlastních prostorových analýz, které mají za cíl zefektivnění boje s obtížným komářím hmyzem. Podkapitoly jsou členěny v posloupnosti, ve které byly časově řešeny.

4.1 Proces tvorby mapových dlaždic

Prvním řešeným úkolem diplomové práce bylo seznámení se s pojmem mapových dlaždic, co tento termín obnáší, jak se vytváří (otestovat software) a následné vytvoření validního mapového podkladu pro mapové aplikace mobilní a webové platformy.

Pro tvorbu dlaždic byl použit následující software:

- MapTiler,
- Agisoft,
- QTiles,
- GDAL2tiles.

Přesné názvy programů a nástrojů společně s použitými verzemi, jsou uvedeny v kapitole 2.4 *Použité programy*.

Cílem výzkumu bylo nalezení způsobu tvorby mapových dlaždic, který by byl co nejméně finančně náročný. Pokud by nebyla stěžejní ekonomická stránka, potom by byl vhodný produkt MapTiler, který je uživatelsky velice přívětivý, díky čemuž použití zvládne i méně zkušený uživatel. Pokud se však do tématu ponoříme hlouběji, zjistíme, že podobných výsledků můžeme dosáhnout i za pomoci volně dostupných nástrojů, u kterých je již však potřeba mírná zkušenost.

Tab. 2: Porovnání softwaru použitého při generování dlaždic. *Nástroj umí generovat taktéž webové dlaždice. Zde však testováno pouze pro MBTiles, jako doplněk ke GDAL2tiles.

	Placené		QGIS (Open source)	
	MapTiler	Agisoft	GDAL2tiles	QTiles
Web / MBTiles	Obě	Obě	Web	Obě
Formát dlaždic	✓	✓	X (PNG)	✓
Metoda převzorkování	✓	X	✓	X
Kvalita obrazu	✓	✓	✓	✓
Velikost dlaždic	X	✓	X	✓
Nastavení zoom úrovně	✓	✓	✓	✓
WMTS	✓	✓	X	✓
Průhlednost pozadí	✓	✓	✓	✓
Transformace CS	✓	✓	✓	X
Extra výhody	Stabilita Cloud export	Vše v jednom	Volně dostupný Google Maps API	Volně dostupný

Předchozí tabulka (Tab. 2) obsahuje informace o funkcionalitě jednotlivých programů a nástrojů, které byly při generování mapových dlaždic použity. V prvním sloupci jsou uvedeny schopnosti, jež jsou porovnávány. V posloupnosti shora dolů: Web / MBTiles – jaké platformě je dlaždicový výstup uzpůsoben; Formát dlaždic – zda lze výstupním dlaždicovým snímkům nastavit formát (PNG či JPG); Metoda převzorkování – neboli způsob renderování obrazových záznamů (bilinieární, kubická, metoda nejbližšího souseda a další); Kvalita obrazu – kvalita dlaždicových obrázků (v procentech, při 100 % je kvalita zachována, nedochází ke kompresi); Velikost dlaždic – v obrazových jednotkách (pixelech), přičemž standard je 256 x 256 pixelů; Nastavení zoom úrovně – velikost přiblížení (počet matic dlaždic), hodnota jedna odpovídá nejmenšímu přiblížení, oproti tomu cifra 21 udává velké přiblížení – tento parametr je důležité dobře zvážit, jelikož čím větší zoom, tím se čas renderování dlaždic znatelně prodlužuje v souvislosti s rapidním nárůstem velikostí dat (je také nesmyslné nastavovat vyšší zoom pro datové sady s malým rozlišením); WMTS – zda nástroj vytváří adresářovou složku v kompatibilitě s novějším standardem WMTS (nebo méně používaným a starším TMS); Průhlednost pozadí – důležitá funkce pro okrajové snímky vstupních dat, které na částí své plochy nenesou žádnou informaci, tedy jsou zobrazeny například černou barvou, která při použití dlaždic v mapě zakryje podkladové vrstvy v daném místě; Transformace CS – převod souřadnicového systému; Extra výhody – bonusy, které oproti konkurenci daný produkt zvýhodňují. Přínosem MapTiler je jeho možná spolupráce s cloudovým řešením, Agisoft je oproti tomu velice všestranný fotogrammetrický program s širokým portfoliem funkcí. Nástroje GDAL2tiles a QTiles jsou volně dostupné (pod patřičnou licenci). GDAL2tiles je lépe uzpůsobený pro tvorbu webových map (lze vložit Google Maps nebo Bing Maps API key – určené například pro sledování návštěvnosti stránky či Copyright), avšak podporuje pouze starší formát dlaždic TMS. QTiles renderuje dlaždice v novějším standardu WMTS, navíc umožňuje tvorbu MBTiles pro mobilní aplikace.

Testování procesu generování dlaždic bylo zaměřeno na rychlost, velikost výstupů na disku, ostrost obrazových dat a jejich přesnost na mapovém podkladu. Probíhalo za různě nastavených parametrů z ortofotomapy o výřezu velikosti 17 878 x 18 021 pixelu ve formátu TIFF, souborové **velikosti 1,57 GB** a v souřadnicovém systému WGS 84 / UTM zone 33 N (EPSG: 32633). Výřez byl vkládán do programů za měnících se parametrů (s výjimkou zoomu, ten byl konstantně nastaven na rozmezí 12-20). Čas běhu byl měřen na stopkách. Testování probíhalo na počítači v učebně Katedry geoinformatiky (procesor Intel i3-6100 CPU o frekvenci 3,70 GHz, 8 GB RAM, systém Windows 10 64bit). Pro transformaci souřadnicového systému (ze vstupního WGS 84 / UTM zone 33 N do WGS 84 / Pseudo-Mercator EPSG: 3857), která je prováděna automaticky, byly použity oficiální transformační rovnice daných softwarů.

Výsledky testování jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3), jež prezentuje nastavení parametrů renderování dlaždic a následné výsledky v posledních dvou sloupcích. Oddíl *Typ* odpovídá určení dlaždic – pro webové (Web) nebo mobilní (MBTiles) použití. *Formát* udává datový typ obrazových dat (PNG či JPG); *Kvalita snímků* v rozmezí x-100 %; *Převzorkování* po praktické stránce odpovídá zejména míře shlazení obrazu (zde vybrány metody Bilinear a Nearest neighbor, jež byly nejvíce zastoupeny napříč použitými nástroji).

Nejvíce v tabulce (Tab. 3) uvedených výsledků pochází z MapTiler, který je uživatelsky nejpřívětivější, parametrově nejbohatší (umožňuje nastavení široké palety možností) a výstupově nejspolehlivější. GDAL2tiles má v tabulce uvedený pouze jeden výsledek z důvodu menších možností nastavení. Navíc jím lze vytvořit dlaždice pouze ve

starší specifikaci TMS (pro webové použití), nikoliv MBTiles. Produkt Agisoft nabízí funkci tvorby dlaždic až od verze 1.4. Tato verze byla v době tvorby diplomové práce dostupná pouze v Beta verzi v omezeném množství. Navíc Agisoft dlaždice produkuje z projektu leteckého snímkování, který dosahuje velikostí v řádech stovek gigabitů dat. Výpočet tedy proběhl na odlišném zařízení (s následujícími vlastnostmi: procesor i7-4770 CPU s frekvencí 3,40 GHz, 16 GB RAM, systém Windows 10 64bit) než předešlé testy.

Tab. 3: Výběr výsledků testování. Srovnání času renderování a velikosti výsledných souborů. *Parametr nelze nastavit (pokud je u hvězdičky uveden údaj, jedná se o defaultní nastavení, které nelze změnit). **Pro výpočet použito jiné zařízení. Kompletní tabulka je umístěná v příloze této práce (Příloha 1).

Software	Nastavení parametrů dlaždic				Výsledky	
	Typ	Formát	Kvalita [%]	Převzorkování	Čas [min:s]	Velikost [MB]
MapTiler	Web	PNG 8bit	100	Neighbor	1:42	331
MapTiler	Web	PNG 8bit	100	Bilinear	1:56	308
MapTiler	Web	PNG 8bit	50	Neighbor	0:59	162
MapTiler	Web	PNG 8bit	50	Bilinear	1:12	153
MapTiler	Web	JPG	95	Neighbor	0:41	146
MapTiler	Web	JPG	95	Bilinear	0:56	137
MapTiler	Web	JPG	50	Neighbor	0:37	51,0
MapTiler	Web	JPG	50	Bilinear	0:51	49,7
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	100	Neighbor	1:42	326
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	100	Bilinear	1:59	303
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	50	Neighbor	0:58	157
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	50	Bilinear	1:11	148
MapTiler	MBTiles	JPG	95	Neighbor	0:36	141
MapTiler	MBTiles	JPG	95	Bilinear	0:50	131
MapTiler	MBTiles	JPG	50	Neighbor	0:31	46,4
MapTiler	MBTiles	JPG	50	Bilinear	0:46	44,6
GDAL2tiles	Web	PNG*	*	Bilinear	8:11	377
QTiles	Web	PNG	70*	Bilinear*	4:10	698
QTiles	Web	JPG	100	Bilinear*	2:16	354
QTiles	Web	JPG	50	Bilinear*	2:08	66,3
QTiles	MBTiles	PNG	70*	Bilinear*	6:53	1015

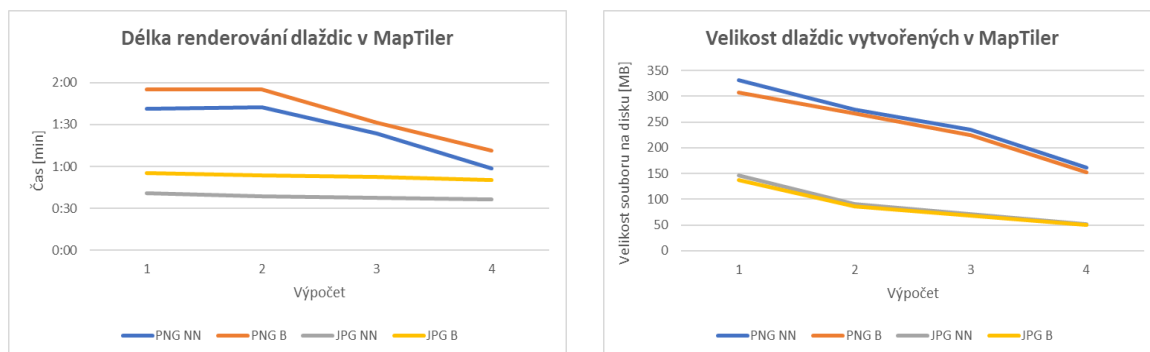
QTiles	MBTiles	JPG	100	Bilinear*	6:33	300
QTiles	MBTiles	JPG	85	Bilinear*	5:58	121
QTiles	MBTiles	JPG	50	Bilinear*	5:31	55,6
Agisoft	Web	PNG	100*	Bilinear*	4:25**	748
Agisoft	Web	JPG	95*	Bilinear*	3:36**	161
Agisoft	MBTiles	PNG	100*	Bilinear*	3:56**	680
Agisoft	MBTiles	JPG	95*	Bilinear*	3:57**	114

Cílem testování bylo porovnání placeného softwaru s volně dostupným. Na jedné straně MapTiler a Agisoft, na druhé QTiles a GDAL2tile. Pokud by se zpracovatel (osoba či firma) nemusel zabývat ekonomickou stránkou, pak by byl nejvhodnější MapTiler, který je velice spolehlivý a dle výsledků i rychlý. Při finančních limitech je použitelný i QTiles, případně GDAL2tiles, které jsou sice pomalejší, méně spolehlivé a uživatel pro jejich použití potřebuje jistou míru zkušeností, avšak požadovaných výsledků jimi dosáhnout lze, navíc zcela zdarma, což může ušetřit desetitisíce až statisíce korun (v závislosti na velikosti projektu). Výhodou Agisoft je že, se jedná o kompletní fotogrammetrický produkt. Pokud je tedy použit pro tvorbu ortofotomapy, lze jej následně snadno použít i pro generování dlaždic (snadný export). Díky tomu odpadá nutnost investice času či financí do dalšího softwaru.

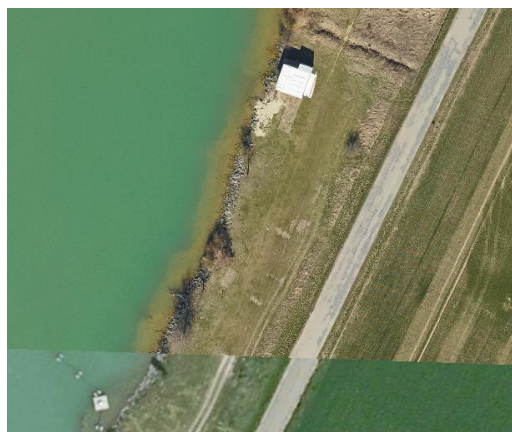
Pokud porovnáme rychlost generování dlaždic napříč programy, vychází nejlépe MapTiler. Oproti QTiles však vytváří velikostně menší soubory. Dle obrázků na umístěných na následující lze odušit důvod. QTiles vytváří dlaždice, které jsou v největších úrovních zoomu ostřejší a mírně lépe pasují na podkladových datech.

Velikostní porovnání odpovídá formátu, kvalitě obrazu a metodě převzorkování. Datové typy PNG jsou rozměrnější, což platí i pro vyšší procentuální kvalitu. Bilineární forma produkuje objemnější data v souborovém uložení dlaždic (pro webové použití) a při formátu PNG pro mobilní aplikace (MBTiles).

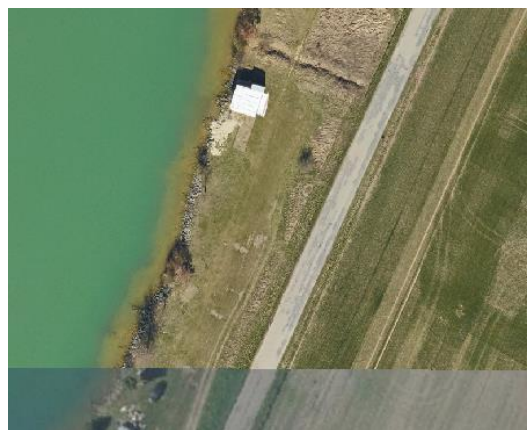
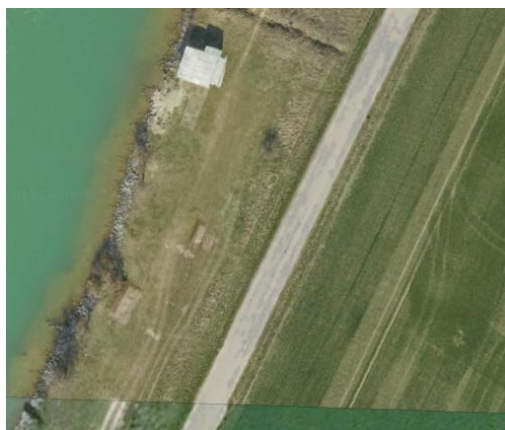
V následujících dvou spojnicových grafech (Obr. 9 a Obr. 10) jsou znázorněny křivky výsledků programu MapTiler (poskytl největší sadu výstupů) pro generování dlaždic pro webové použití (WMTS) při výpočtech (1-4) s postupně klesající kvalitou. Je patrné, že o formátů PNG a JPG má křivka naprosto odlišný průběh. PNG zastupuje velikostně větší datové soubory, které logicky trvá delší dobu vypočítat.



Obr. 9 a Obr. 10: Srovnání časových (doba trvání) a velikostních výsledků renderovacího procesu dlaždic pro webovou aplikaci, program MapTiler. PNG a JPG jsou obrazové formáty. NN (Nearest neighbor) a B (Bilinear) zastupují metodu převzorkování. Hodnoty 1-4 značí výpočet s klesající kvalitou obrazu dle tabulky (Tab. 3) a přílohy (Příloha 1)



Obr. 11 a Obr. 12: Porovnání přesnosti a ostrosti dlaždic (parametry: PNG, maximální dostupná kvalita obrazu, bilineární metoda převzorkování, zoom 20). Software zleva doprava – MapTiler, Agisoft. (Zdroj podkladových dat: GEODIS Brno, 2018)



Obr. 13 a Obr. 14: Porovnání přesnosti a ostrosti dlaždic (parametry: PNG, maximální dostupná kvalita obrazu, bilineární metoda převzorkování, zoom 20). Software zleva doprava – GDAL2tiles, QTiles. (Zdroj podkladových dat: GEODIS Brno, 2018)



Obr. 15, Obr. 16, Obr. 17, Obr. 18:

Porovnání přesnosti a ostrosti dlaždic při maximálním možném přiblížení (parametry: PNG, maximální dostupná kvalita obrazu, bilineární metoda převzorkování, zoom 20). Software zleva doprava – MapTiler, Agisoft, GDAL2tiles, QTiles. (Zdroj podkladových dat: GEODIS Brno, 2018)

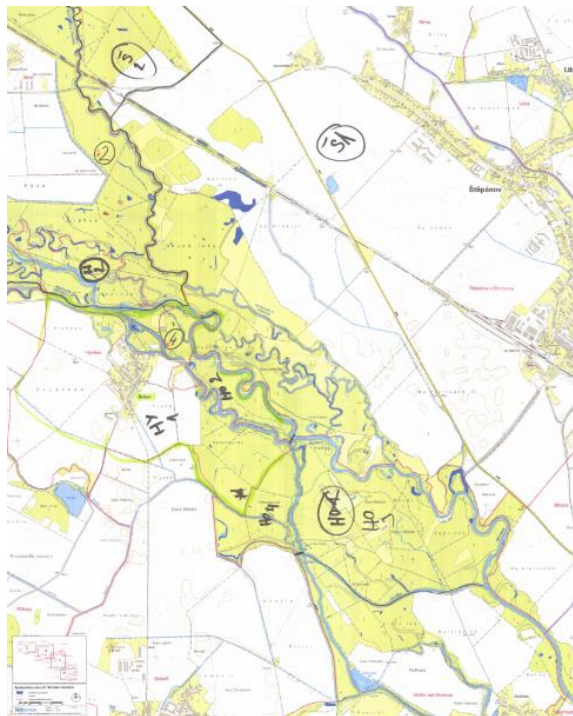
Obrázky (Obr. 11-Obr. 18) ukazují ostrost snímků vytvořených danými programy a dále přesnost (je ovlivněna automatickou transformací), s jakou dopovídají podkladovému leteckému snímku. Nejlepší ostrosti dosahují programy v tomto pořadí: Agisoft, MapTiler a QTiles. GDAL2tiles vytváří shladené snímky. Na druhou stranu jeho výsledky nejvíce sedí na podkladové mapě. To samé platí i o výstupech z QTiles.

4.2 Příprava a import dat do databáze

Druhou fází řešení diplomové práce bylo zpracování dat a jejich následné vložení do databázového systému, který funguje na pozadí mobilní a webové aplikace zobrazující klíčové informace projektu, jakými jsou zejména polygonové vrstvy tůní, jakožto potencionálních komářích lůhnišť.

Nejprve bylo nutné zpracovat do požadované formy datový soubor tůně 2016, jež byl řešiteli diplomové práce předán ve formátu GeoJSON o velikosti 680 kB (704 kB na disku). Obsahoval 842 objektů (tůní) se souřadnicemi uzlů hran v souřadnicovém systému WGS 84 (EPSG 4326). Soubor byl načten do programu QGIS, který podporuje přímé zobrazení formátu GeoJSON bez nutnosti převodu na jiný. Dále byl u vrstvy změněn souřadnicový systém (nástroj Změnit projekci vrstvy) na S-JTSK / Krovak East North (EPSG 5514) z důvodu potřeby výpočtu plochy tůní v dalším kroku (*Přidat sloupce geometrie* nebo vypočtení skrze *Kalkulátor polí*).

V této fázi byla v QGIS načtená vrstva tůní s vypočtenou plochou, avšak bez přiřazené lokality neboli bez vyplněných atributů oblast a podoblast (viz tabulka Tab. 1). Oblasti a podoblasti byly nadefinovány starosty obcí Spolku pro hubení komárů ve spolupráci s RNDr. Liborem Mazánkem, Ph.D. z Krajské hygienické stanice zákresem do papírových kopií Základní mapy České republiky v měřítku 1:10 000 (Obr. 19). Oblast odpovídá katastrálnímu území patřícíně obce. V situacích, kdy se v oblasti vyskytovalo velké množství potencionálních lůhnišť (dle znalosti místní situace), nebo bylo území příliš rozlehlé, byly oblasti rozděleny do podoblastí. Hranice podoblastí jsou vedeny ve vnějších hranicích katastrů obcí a vnitřně jsou situovány podle významného krajinného prvku, nejčastěji středem vodního toku či komunikace. Cílem byla optimalizace koncentrace tůní v prostoru tak, aby jedna podoblast nebyla zatížena velkým množstvím zájmových objektů, zatím co druhá by byla velice řídce pokryta.



Obr. 19: Ukázka analogové mapy se zákresem rozdělení oblastí a podoblastí.

(Zdroj: vlastní tvorba)

Hranice oblastí a podoblastí bylo nutné převést z analogové formy do digitální. Katastrální hranice území jsou volně dostupná data (zdroj ArcČR 500). Základní mapa ČR je poskytována Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK) ve formě WMS služby (Web Map Service), kterou lze připojit do projektů GIS programů. V tomto případě bylo použití WMS služby rychlejší než skenování a georeferencování všech analogových map a následná digitalizace nákresů. Stačilo použití polygonů katastrálních území obcí, které byly v editačním režimu rozděleny (*Rozdělit objekt*, v ArcMap nástroj *Cut Polygon*) na podkladu WMS vrstvy. Významné krajinné prvky, podél kterých byly oblasti rozděleny, byly jednoduše identifikovány za asistence papírových map i na monitoru počítače. Tímto způsobem bylo vytvořeno 28 oblastí, jež se dále dělily do 59 podoblastí.

Po vytvoření vrstvy oblastí a podoblastí se mohlo přikročit k dalšímu procesu, a to přiřazování polygonů tůň ležících v patričním území. Nejjednodušším a nejrychlejší možností byl hromadný výběr polygonů a následně zapsání atributů oblastí a podoblastí do atributové tabulky. Ruční metoda byla v tomto případě výhodnější i z důvodu řešení překryvů vodních ploch mezi více územími. V tomto případě bylo přidělování prováděno na základě poměru ploch zasahujících do území či pomocí expertního odhadu tak, aby nevznikaly osamocené tůně, kvůli kterým by následně terénní sběrač musel urazit velký kus cesty. Vhodnější řešení byla rozumná koncentrace objektů, samozřejmě s přihlédnutím k výše již zmíněné ideální prostorové optimalizaci tůň.

Po dokončení fáze kategorizace tůň do oblastí a podoblastí měla každá tůň vypočtenou plochu a přiřazenou lokalitu. Dalším důležitým požadavkem na obsah a strukturu dat bylo převedení zápisu souřadnic lomových bodů polygonů do formátu WKT (Well Known Text) s typem geometrie POLYGON.

WKT je standard zavedený mezinárodní standardizační organizací OGC (Open Geospatial Consortium) odpovídající ISO (International Organization for Standardization) normám 19111:2007 a 19111-2:2009. Slouží k reprezentaci souřadnicových systémů vektorových geometrických objektů (Point – bod, LineString – linie, Polygon – mnohoúhelník, Multi+Point/LineString/Polygon – více objektová geometrie stejného typu, GeometryCollection – soubor různých geometrických typů, a další) s definovanou strukturou a obsahem zápisu textových řetězců, což umožňuje strojové čtení kódu. Toho se využívá například pro ukládání dat v databázích. Souřadnice mohou být zapsány ve více prostorových dimenzích. (LOTT, Roger, ed. OGC, 2015).

Nejjednodušším způsobem pro převedení souřadnic do formátu WKT bylo použití programu QGIS a volby exportu dat (Uložit jako...). Při exportu dat lze navolit značné množství možností. Prvním voleným parametrem byl formát výstupního souboru (zde CSV, jelikož v dalším kroku jsou k tůňám doplňovány další informace, navíc tato možnost umožňuje výstup souřadnic ve formátu WKT). Dále bylo nutné v sekcích *Geometrie* nadefinovat *Typ geometrie*: Polygon a v *Možnosti vrstvy*: GEOMETRY – AS_WKT. Bylo potřeba si také zvolit atributy, které byly při exportu přeneseny do nové vrstvy (plocha, oblast, podoblast). Po potvrzení exportu tlačítkem OK se vytvořil CSV soubor s oddělovači (čárka). Zobrazení tohoto souboru lze provést skrze software Excel, kde v záložce *Data* je možnost načtení *Z textu/CSV*. Po načtení se data převedou do klasického tabulkového režimu, ve kterém lze jednotlivé tůně obohacovat o další informace.

V programu Excel byla tabulka zpracována a rozšířena do výsledné podoby. Nejprve byly doplněny veškeré atributy, které cílová databáze nabízí (celkem 34). Atributy jsou

vypsány v tabulce Tab. 4. Čtrnáct z nich databázový systém vyžadoval jako povinný parametr. Jedná se o:

- *_id* (jednoznačný identifikátor pro každou tůň – důležitý parametr),
- *zmeneno* (nastavena nula, tedy původní data, která neprošla editací)
- *id_lokality* (souhlasí s *_id*),
- *sberac* (zkratka importéra dat do databáze),
- *vytvoril* (totožné se *sberac*),
- *cas* (fiktivní čas vložení dat do databáze),
- *souradnice* (ve formátu WKT),
- *oblast* (vyšší prostorová lokalizace)
- *podoblast* (nižší prostorová lokalizace),
- *uroven_zaplaveni* (fiktivní hodnota „1“)
- *vodni_plocha* (fiktivně nastaveno „periodická vodní plocha“),
- *lihviste* (fiktivně nastaveno „ano“),
- *aktual_zaplaveni* (fiktivně „1“),
- *pozadavek_osetzeni* (fiktivně „nezadáno“).

Atributy, u nichž je v závorce uvedeno slovo „fiktivně“, byly hromadně předvyplněny z důvodu povinných údajů v databázi, tedy nesměly být prázdné. Sběrač je následně zeditoval a ověřil přímo v terénu, načez se v databázi přepsaly na správné záznamy. Parametry *zmeneno*, *sberac*, *vytvoril*, *cas* budou nadále vyplňovány automaticky systémem. Naprosto nové tůně, které nebyly odhaleny identifikací líhnišť z leteckého snímkování, nebo se vyskytly na základě vyšší úrovně hladiny vodních toků, než byl stav odpovídající stavu v době snímkování, mají princip zadávání údajů o tůň uvedeny v tabulce Tab. 4 (sloupec *Vytvoření*). Tedy jaké atributy a kým jsou vytvářeny.

Tabulka Tab. 4 obsahuje výčet všech atributů, které systém umožňuje. První sloupec uvádí přesné znění názvů atributů, ve druhém jsou vypsány přípustné možnosti daného parametru (pokud je výčet použit), ve třetím sloupci *Vytvoření* jsou uvedeni autoři záznamů (Zpracovatel – řešitel této diplomové práce, který bude v budoucnu u nově vytvořených tůň nahrazen způsobem, který je udán hvězdičkou v kolonce a ve vysvětlivkách, Systém – automatické vyplnění, Sběrač – pracovník v terénu, Správce – osoba odpovídající za danou oblast, data spravuje skrze databázové prostředí). Poslední kolonka stručně popisuje účel atributů.

Tab. 4: Výčet atributů databáze projektu Mosquito, a jejich popis, včetně způsobu vytvoření a možností výběru (pokud jest použito). * Parametr nově vytvářené tůně vytvoří systém. ** Parametr nově vytvořené tůně nastaví sběrač. Pomlčka značí automatické vyplnění systémem.

<i>Název atributu</i>	<i>Možnosti výběru</i>	<i>Vytvoření</i>	<i>Popis</i>
<i>_id</i>	-	Zpracovatel*	Identifikační hodnota tůně
<i>zmeneno</i>	-	Systém	Zda byla tůně editovaná
<i>id_lokality</i>	-	Zpracovatel*	Ident. hodnota lokality
<i>nazev_lokality</i>	Libovolný text	Sběrač	Pojmenování místa výskytu tůně
<i>sberac</i>	-	Systém	Identifikátor sběrače
<i>vytvoril</i>	-	Systém	Jméno sběrače dle přihlášení v mob. aplikaci

cas	-	System	Datum a čas importu do databáze
souradnice	-	Zpracovatel*	XY souřadnice
oblast	Viz Tab. 1	Zpracovatel**	Název oblasti
podoblast	Viz Tab. 1	Zpracovatel**	Číslo podoblasti
file_name	Ruční pořízení	Sběrač	Fotografie č. 1
file_name2	Ruční pořízení	Sběrač	Fotografie č. 2
uroven_zaplaveni	0-5	Sběrač	Klasifikace zaplavení tůň
max_hloubka	Libovolné číslo	Sběrač	Maximální možná hloubka tůň
plocha	-	Zpracovatel*	Plošná výměra vodní plochy
vodni_plocha	Tok/Trvalá vodní plocha/Storno/Periodická vod. plocha	Sběrač	Typ vodní plochy
lihniste	ANO/NE	Sběrač	Udává, zda se ve vodě nacházejí larvy komárů
vazba	Libovolný text	Sběrač	Závislost na tekoucí vodě
aktual_zaplaveni	0-5	Sběrač	Aktuální zaplavení tůň
aktual_hloubka	Libovolné číslo	Sběrač	Aktuální hloubka tůň
pricina	Podzemní voda/Srážková voda/Morava/ Oskava	Sběrač	Zdroj vody napájející tůň
pocet_larev	Libovolné číslo	Sběrač	Počet larev komárů
L1	Ne/ Málo/ Hodně	Sběrač	Výskyt larev komárů ve vývojovém stádiu 1
L2	Ne/ Málo/ Hodně	Sběrač	Výskyt larev kom. ve stád.2
L3	Ne/ Málo/ Hodně	Sběrač	Výskyt larev ve výv. st. 3
L4	Ne/ Málo/ Hodně	Sběrač	Výskyt larev ve výv. st. 4
K	Ne/ Málo/ Hodně	Sběrač	Výskyt kukel komárů
vylet	ANO/ NE	Sběrač	Zda byl provdén terénní průzkum
odber_vzorku	ANO/ NE	Sběrač	Zda byl odebrán vzorek vody
vzorek_druhy	Libovolný text	Sběrač	Druhy larev komárů ve vzorku
vzorek_pocet	Libovolné číslo	Sběrač	Počet larev ve vzorku
pozadavek_osetreni	Nezadáno/Neošetřovat/Ošetřeno/ Ošetřovat	Sběrač	Požadavek na chemické ošetření tůň
osetreno_datum	Libovolné datum	Správce	Datum chem. ošetření
Pozn	Libovolné	Sběrač	Poznámka

Po dokončení kompletace atributů vrstvy tůň 2016 v programu Excel byla data připravena pro vložení do databáze. Samotnému importu logicky musel přecházet proces poznávání systému a seznámení se s jeho funkcemi. Databáze je spravována skrze administrační systém phpMyAdmin, kde bylo nejprve nutné zadat přihlašovací údaje administrátora. Po přihlášení se zobrazila úvodní obrazovka. V levém sloupci se

nachází struktura databáze nazvaná *komari*. Ta obsahuje tabulky *komari* (informace o tůních), *komari_history* (uchovává historii tůní), *oblasti* (výčet oblastí a podoblastí), *phpgen_user* (seznam uživatelů – správců oblastí a podoblastí), *phpgen_user_perm* (role správců), *zmeneno* (pomocná tabulka editací). Horizontální lišta nástrojů v horní části obrazovky obsahuje možnosti pro práci s databází. Důležité jsou volby Projít, SQL (nebo Vložit), Export, Import. Projít umožňuje vstoupení do zvolené tabulky a procházení záznamy. SQL, potažmo Vložit (zadání informací přímo do kolonek jednotlivých parametrů), slouží k vkládání nových řádků s tůněmi. Export a Import slouží k hromadnému vstupu nebo výstupu záznamů z/do tabulky. Export byl používán pro zálohování dat, Import pro počáteční nahrání tůní 2016 sestavených v Excel.

Jelikož vrstva tůní 2016 obsahovala již zmíněných 842 polygonů, bylo nesmyslné je do systému vkládat jednu po druhé pomocí (byť s využitím SQL nebo metody Vložit). Pro tento účel je implementován hromadný Import. Ten umožňuje načtení souboru z paměti počítače ve formátech buď CSV, XML, SQL, ESRI soubor nebo OpenDokument Spreadsheet. Každá možnost byla otestována, a to s různou mírou úspěšnosti. Nejprve byla vyzkoušena možnost CSV, jelikož se jevila jako nejjednodušší. Import však byl velice nestabilní. Přes další varianty bylo nakonec zvoleno SQL.

Pro konverzi mezi tabulárními formáty a SQL dnes již existuje plno nástrojů. Vhodnou volbou jsou online konvertory, které rychle a automatizovaně provedou převod. Uživatelsky a funkčně nejpřívětivěji se jevil nástroj na webové stránce *Code Beautify* (odkaz: <HTTPS://CODEBEAUTIFY.ORG/CSV-TO-SQL-CONVERTER>), který přehledně umožňoval konverzi souborů z CSV do SQL. Vstupní soubor lze vložit buď URL odkazem nebo načíst z počítače. Dále bylo nutné zadat název tabulky, do které se bude SQL kód vkládat (*komari*) a funkci (Insert/Update/Delete – tedy pro tento účel Insert, jelikož byly vkládány nové údaje do prázdné tabulky). Během několika sekund byl CSV soubor převeden do SQL (obrazovka taktéž nabízí náhledy do obou souborů) a mohl být stáhnut stiskem tlačítka *Download* zpět do počítače.

Sestavený a následně stažený SQL soubor obsahující veškeré požadované informace o všech 842 tůních, již poté nebylo těžké vložit do databázového systému. V sekci Import byl načten SQL z paměti počítače a proveden import. Ostatní parametry, jako znaková sada souborů, se automaticky vyplnily.

Po provedení importu se do tabulky *komari* vložilo 842 řádků s vyplněnými povinnými atributy. Níže je vložený výřez SQL kódu jedné tůně (jednoho řádku tabulky) použitý při hromadném vkládání do databáze. Kód se skládá ze dvou sekcí. První nacházející se za klíčovým příkazem INSERT INTO obsahuje výpis názvů atributů, druhý VALUES obsahuje vkládané informace do příslušných atributů uvozených jednoduchými uvozovkami (' '). Tam, kde uvozovky neobsahují znaky, nejsou vloženy žádné údaje:

```
INSERT INTO komari(  
_id, zmeneno, id_lokality, nazev_lokality,  
sberac, vytvoril, cas, souradnice,  
oblast, podoblast, file_name, file_name2,  
uroven_zaplaveni, max_hloubka, plocha,  
vodni_plocha, lihniste, vazba, aktual_zaplaveni,  
aktual_hloubka, pricina, pocet_larev,  
L1, L2, L3, L4, K, vylet, odber_vzorku,  
vzorek_druhy, vzorek_pocet, pozadavek_osetreni,  
osetreno_datum, pozn  
)
```

```

VALUES
(
69, 0, 69, '', 'dasu', 'dasu', '2017-07-21 20:00:00',
'POLYGON((17.2190220304966 49.6519731621394,17.218846057277
49.6517764866402,17.2186924049106
49.6517890601759,17.2188798666175 49.65200163544,17.2189268369863
49.6520481339336,17.21890774843 49.6521785224309,17.2187539968392
49.652307839234,17.2188642077314
49.6523846389402,17.2190179590141
49.6522233726527,17.2190799178459
49.6520702078937,17.2190220304966 49.6519731621394))',
'brezce', 2, '', '', 1, '', '', 'periodická vodní plocha',
'ano', '', 1, '', '', '', '', '', '', '',
'', '', '', '', '', 'nezadano', '', ''
);

```

4.3 Beta testování

Úkonem importu dat tůní 2016 do databáze již systém obsahoval reálná data, která mohla být prezentována skrze webovou aplikaci. Druhou větví systému projektu Mosquito je mobilní aplikace, která je určena převážně pro sběr dat v terénu. Tedy pro vytváření nových záznamů v databázi a editování stávajících.

Aplikace byla sestavena zaměstnancem katedry geoinformatiky a je určená pro platformu Android verze 4.0 a vyšší. Android byl použit z důvodu mobilního mapování a sbírání dat pomocí tabletů a mobilních telefonů, ve kterých je tento systém nejběžnější.

Beta testování obecně je proces předložení softwarového produktu k testování reálnými uživateli, kteří jej ověří v širokém spektru možností. Například při nestandardních situacích se mohou projevit chyby, které v se v běžném provozu neobjeví. Vlastní testování probíhá ve dvou fázích – první je alfa testování, které může provádět sám autor, za účelem zajištění největších chyb (typicky testuje dílčí komponenty), druhým krokem je beta, který již prověřuje produkt jako celek. Pojem beta test pochází z terminologie společnosti IBM (International Business Machines Corporation – přední světová společnost zabývající se informačními technologiemi) (Peterka, 1992).

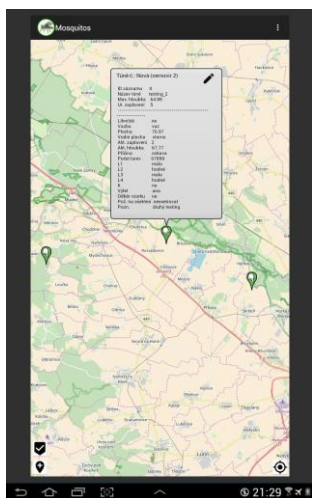
Cílem beta testování mobilní aplikace Mosquito bylo odhalení chyb ve funkcionalitě a vylepšení uživatelského rozhraní tak, aby bylo použití v terénu, pokud možno, bezchybné a přívětivé. Dále bylo nutné otestovat komunikaci mezi aplikací a databázovým systémem umístěném na serveru – odesílání a přijímání dat. Zjištěné nedostatky byly zdokumentovány a postoupeny autorovi, který chyby opravil a do zdrojového kódu implementoval nápravu. Z důvodu opětovného testování bylo nutné sestavit uživatelské scénáře možného (i málo pravděpodobného) používání aplikace, aby mohlo být opakovaně prováděno při nových verzích, a tím ověřeno, zda funkce, které v přechodí verzi fungovaly, správně reagují i v té nové. Bylo tedy žádoucí vytvořit kroky testování, jež lze libovolně opakovat například i na jiných zařízeních. Zároveň čím více scénářů je vymyšleno, tím se zvyšuje pravděpodobnost bezproblémového chování aplikace a následné spokojenosti uživatelů.

4.3.1 Charakteristika mobilní aplikace Mosquito

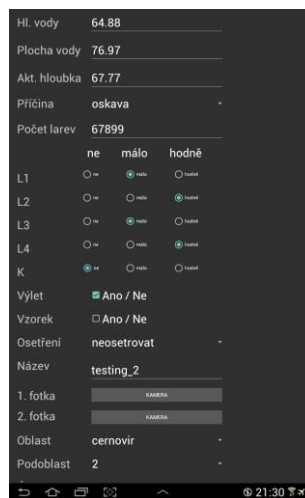
Jak již bylo zmíněno, aplikace Mosquito je vytvořena pro mobilní sběr informací v terénu, čemuž je také uzpůsobena jednoduchým designem, základními funkcemi a snadným ovládáním.

Po stisknutí komáří ikonky aplikace na obrazovce mobilního zařízení se zobrazí vstupní stránka s požadavkem na zadání uživatelského jména. Po potvrzení je uživatel uveden na rozcestník, jež nabízí tři tlačítka – *Nahrát tůně*, *Nahrát leteckou mapu*, *Vstup na mapu*. První možnost stáhne z databáze tůně přidělené sběrači dle přihlašovacího jména, které zadal v předchozím kroku, druhá nabízí stažení leteckého snímku CHKO Litovelského Pomoraví, který byl vytvořen v rámci projektu Mosquito v roce 2017. Poslední volba slouží pro vstup do mapy.

Mapová část je nejdůležitější rozhraní aplikace, ve kterém probíhají veškeré editace a zanášení nových objektů (Obr. 20). V levém dolním rohu obrazovky se nacházejí dvě ikonky – první symbol „tick“ slouží pro přepínání režimu editace. První stisknutí tento režim spustí a umožní vkládání nových bodových výskytů tůní (bodová metoda zvolena z důvodu urychlení přidávání nových výskytů líníšť – polygony by se na malé obrazovce mobilního zařízení v terénu komplikovaně zakreslovaly, proto jsou hranice ploch dotvořeny až následovně ve webové aplikaci v počítačovém prostředí). Druhý stisk editaci ukončí a uloží změny. Sousední ikonka (plus v „kapce“) slouží k vložení bodu odpovídajícímu aktuální poloze přístroje v prostoru. Pravý dolní roh je osazen znakem pro zobrazení aktuální pozice v mapě dle signálu z GPS (pokud je tento navigační systém spuštěn).



Obr. 20: Mapové rozhraní aplikace Mosquito.
(zdroj: vlastní tvorba)



Obr. 21: Editace atributu v aplikaci.
(zdroj: vlastní tvorba)

Podkladová data jsou tvořena vrstvou OSM (OpenStreetMap – k dispozici pod licencí Creative Commons, tedy nutnost uvedení autora OSM) a případně leteckou ortofotomapou, je-li tato volba zvolena v nastavení (pravý horní roh – symbol tří teček nad sebou) a jsou-li snímky staženy na úvodní pozici aplikace v rozcestníku před vstupem do mapy. V nastavení lze dále odeslat vytvořené změny do databáze nebo celou aplikaci ukončit a vrátit se do menu systému mobilního zařízení.

Přidávání nových objektů do mapového prostoru lze po zapnutí editačního módu stiskem ikonky s fajfkou. Po spuštění je nejprve nutné dotykem umístit bod do prostoru, kde chceme signalizovat novou tůni. Další dotyky obrazovky vložený bod vždy přesunou na novou pozici v místě kontaktu prstu a zařízení. Správné umístění je nutné

potvrdit vypnutím editačního režimu. Následně se objeví stránka s vyplněním parametrů tůně (dle uvedeného výčtu v tabulce (Tab. 4), za zmínku také stojí možnost pořízení dvou fotografií), z nichž jsou některé povinně vyžadované (seznam na straně 38). Pokud tyto atributy nejsou vyplněny, aplikace uživateli nepovolí uložení změn. V případě, že jsou všechny podmínky splněny a nový nebo upravený objekt je uložen, zobrazí se opět mapa s nově vloženým bodem. Po stisku symbolu bodu se přímo v mapě zjeví přehledová tabulka se zadanými parametry. V pravém horním rohu této tabulky je editační tužka, která umožňuje přepnutí na stránku s vkládáním údajů o tůni. Tímto postupem tedy lze změnit již uvedené informace bez nutnosti vytváření nových objektů.

Po dokončení sběru a editací dat sběračem v terénu je nezbytné tyto změny odeslat do databáze. Úkon se provádí ze stránky s mapou, kde po stisku symbolu tří teček v pravém horním rohu dojde k odeslání. K tomu je zajisté nutné připojení mobilního zařízení k internetu skrze Wi-Fi přístupový bod. Změny se okamžitě (samozřejmě v závislosti na rychlosti odesílání) projeví v databázi projektu Mosquito (potažmo ve webové aplikaci, která je s databází propojená), konkrétně v tabulce *komari*.

4.3.2 Testovací scénáře

V předcházející kapitole jsou popsány funkce a možnosti, jež mobilní aplikace Mosquito nabízí, zejména pak způsob využití, který je zaměřen na, pokud možno rychlé a nekomplikované, sbírání dat v terénu. Po seznámení s aplikací a s přihlédnutím k uživatelskému pojetí tedy bylo nutné sestavit scénáře používání. Navrhnout co největší počet variant, pomocí kterých se ověří správnost fungování aplikace, případně dojde k opravení chyb.

Takzvané uživatelské scénáře byly zpracovány do tabulkové formy, aby mohly být kdykoliv opakovaně použity. Ve výčtu uvedeném v textu diplomové práce jsou zmíněné zejména scénáře, které při testování objevily nějakou chybu. Zbylé jsou doplněné v příloze práce. Součástí tabulky byl také report chyb, které obdržel programátor aplikace. Tyto chyby zde nejsou zmíněné, jelikož již došlo k jejich opravě.

Následující tabulka (Tab. 5) obsahuje tyto informace:

- *Scénář*: název a parametry daného scénáře,
- *Krok*: posloupnost řešení scénáře,
- *Uživatelská akce*: proces provedený uživatelem,
- *Odezva systému*: předpokládaná reakce systému na uživatelskou akci,
- *Systémová informace*: systémová hláška informující či upozorňující na jistou skutečnost.

Tab. 5: Výčet uživatelských scénářů navrhnutých pro Beta testování aplikace Mosquito a databázového propojení.

Scénář	Krok	Uživatelská akce	Odezva systému	Syst. informace
1 Wi-Fi On GPS Off	1	Zapnutí aplikace	Zobrazení přihlašovací obrazovky	-
	2	Přihlášení	Vstup na úvodní obrazovku se třemi tlačítky	„Počet neodeslaných změn“
	3	Otočení zařízením	Rotace displeje	„Počet neodeslaných změn“

2 Wi-Fi On GPS Off	1	Úvodní obrazovka		
	2	Volba Stažení ortofota	Zobrazí se okno s potvrzením stahování	„Stažení let. Snímku může trvat dlouho. Opravdu chcete stáhnout nový letecký snímek?“
	3	Potvrdit stažení	Zobrazí se okno: Stahování souboru, prosím počkejte...	„Letecký snímek úspěšně stažen“
3 Wi-Fi On GPS Off	1	Úvodní obrazovka		
	2	Volba Vstup na mapu	Zobrazení mapového okna s OSM podkladovými daty	-
	3	Zoom obrazovky	Plynule přibližování / oddalování	-
	4	Otočení zařízení	Správná rotace displeje	-
4 Wi-Fi On GPS Off	1	Mapové okno		
	2	Zvolení načtení leteckého snímku	Do mapy je přidán letecký snímek dříve stažený	-
	3	Zoom obrazovky	Plynule přibližování / oddalování	-
	4	Otočení zařízení	Správná rotace displeje	-
5 Wi-Fi On GPS Off	1	Úvodní obrazovka		
	2	Zvolení Nahrát tůně	Dojde ke stažení tůní přiřazených uživateli dle jeho přihlášení	„Tůně byly nahrány“
	3	Vstup do mapového okna	Na podkladových datech se nacházejí přidělené tůně	-
	4	Zoom oddálení	Dojde ke sloučení symbolů překrývajících se tůní do jedné značky s počtem objektů	-
6 Wi-Fi Off GPS Off	1	Mapové okno		
	2	Kliknutí na tlačítko „tick“	Spuštění editačního režimu	-
	3	Kliknutí do mapy	Umístění bodu	-
	4	Zmáčknutí tlačítka „tick“	Ukončení editačního režimu a následné zobrazení atributové tabulky	-
	5	Vyplnění atributů	Vyplnění zejména povinných, dále ostatních (viz tabulka Tab. 50)	-
	6	Uložit změny	Uložení zadaných hodnot a návrat do mapového okna, kde se objeví nový bod	-
	7	Kliknutí na nově vytvořený bod	Zobrazení přehledové tabulky přímo v mapovém okně – kontrola zadaných atributů a jejich formy	-
7	1	Mapové okno		

Wi-Fi Off GPS Off	2	Zmáčknutí tlačítka „tick“	Spuštění editačního režimu	-
	3	Klik do mapy	Umístění bodu do prostoru	-
	4	Otočení zařízení	Rotace displeje – bod nezmizí	-
8 Wi-Fi Off GPS On	1	Mapové okno		
	2	Zapnutí GPS v zařízení	Po získání signálu z dostatečného počtu družic se zobrazí aktuální poloha v mapě	-
	3	Stisk ikony plus v kapce	Přidání bodu aktuální polohy	-
	4	Stisk „tick“	Potvrzení polohy a zobrazení atributové tabulky	-
	5	Vyplnění atributů + uložení změn	Vyplnění požadovaných atributů	-
9 Wi-Fi On GPS Off	1	Spuštění aplikace	Spuštění, následně přihlášení a vstup do mapového okna	
	2	Odeslání změn	Volba tlačítka v pravém horním rohu obrazovky – odeslání vytvořených bodů do databáze	„Počet neodeslaných změn: x. Opravdu chcete všechny změny odeslat?“
	3	Potvrzení odeslání	Potvrzení systémového dotazu	„Nahrávám“
	4	Kontrola změn v databázi	Atributy id: narůstá od hodnoty 1; id lokality: lineární přičítání k poslední hodnotě tůně; zmeneno: udává, zda byl objekt editovaný či nově vytvořený	-
10 Wi-Fi On GPS Off	1	Mapové okno		
	2	Umístění nového bodu + vyplnění atr. tabulky	Umístění bodu a vyplnění atributů viz postup výše – navíc pořízeny fotografie stiskem tlačítka KAMERA 1 i KAMERA 2 při vyplňování – při použití jakéhokoliv tlačítka dojde k odeslání posledních dvou snímků	-
	3	Uložení změn + Odeslání změn	Uložení atr. Tabulky a odeslání do databáze	Viz výše
	4	Databáze	Nově vytvořený a přidáný objekt obsahuje poslední dvě fotografie	-

4.4 Identifikace tůní 2017

V této fázi řešení diplomové práce již existoval funkční systém mobilní a webové aplikace, které kooperovaly s databází, jež obsahovala data tůní z roku 2016. Systém tedy byl připraven a odzkoušen na reálný ostrý provoz.

V březnu roku 2017 byla oblast Litovelského Pomoraví podruhé letecky nasnímána s cílem následného vytvoření druhé datové sady tůní. Zatímco tůně z roku 2016 byly vytvořeny externím pracovníkem před zadáním této práce, novější letecké snímky, a z nich prováděná identifikace, již byla plně součástí zpracování při této diplomové práci.

Leteckým snímkováním bylo vytvořeno 43 snímků s rozlišením osmi centimetrů. Tato značná detailnost umožňovala zjištění i malých tůní a přesný zákres průběhu hranic vodních ploch. Snímkování proběhlo 27. 3. 2017. Výška hladiny Moravy byla v té době 100 cm při hladinoměru v Moravičanech a zároveň 113 cm v Hynkově. Tři dny před uvedenými daty nedošlo k výrazným změnám.

Pro zjištění tůní z leteckých snímků byly vyzkoušeny a porovnány dvě metody – klasifikace obrazu a ruční identifikace.

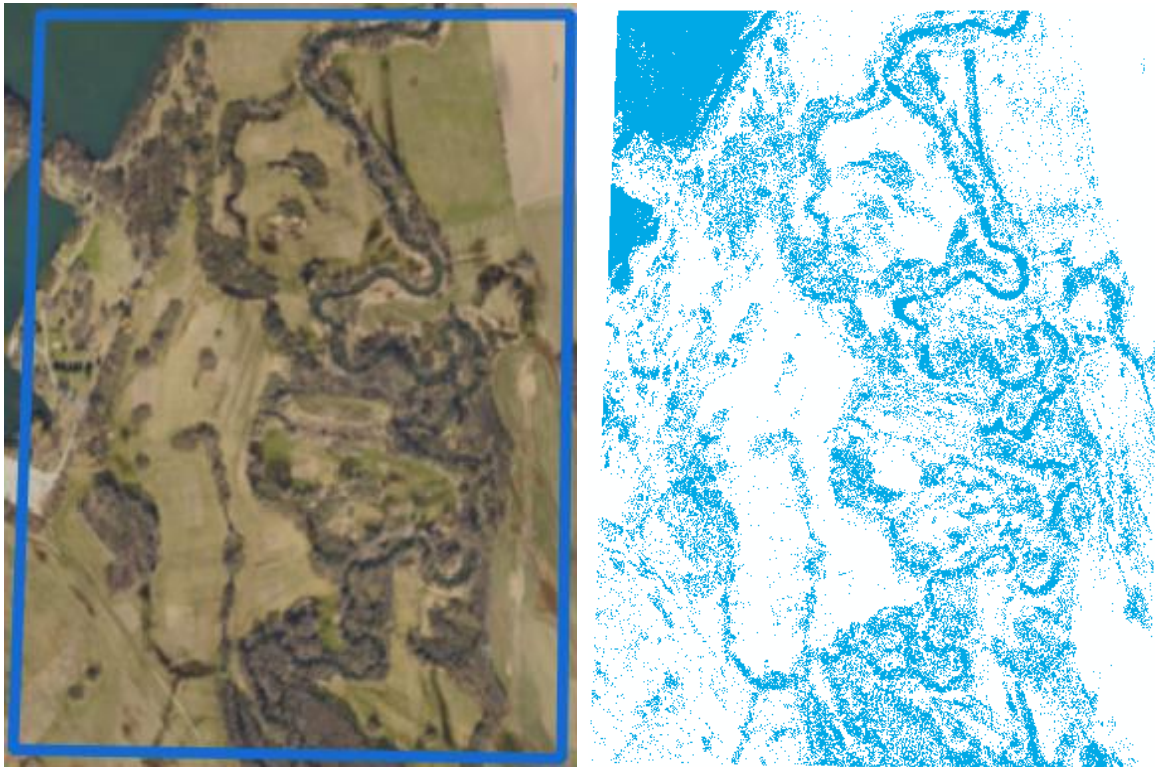
4.4.1 Klasifikace leteckých snímků

První testovanou možností získání vodních ploch ze snímků byla automatická klasifikace s využitím tréninkových ploch. K tomuto účelu byl použit nástroj (plugin) v programu QGIS s názvem *Semi-Automatic Classification Plugin* blíže popsany v kapitole 2.4 *Použité programy*. Tento plugin si do poloviny dubna roku 2018 stáhlo 36 121 uživatelů, je kladně hodnocen, a navíc má vytvořené široké množství tutoriálů a návodů.

Po nainstalování a seznámení se s pluginem bylo přistoupeno k samotné klasifikaci obrazu. Pro odzkoušení použitelnosti toho řešení byly použity dvě testovací území, které jsou shodné s testovacími plochami použitými v dalších kapitolách páté sekce této práce s názvem *Prostorové analýzy*. Cílem bylo ověřit, zda je metoda pro tuto aplikaci vůbec použitelná.

Prvním krokem testu bylo vytvoření vrstvy tréninkových ploch (tzv. ROI vrstva neboli soubor ve formátu SCP), které byly rozdělené do dvou kategorií – vodní plocha a ostatní. Těchto vzorků bylo v rovnocenném poměru vytvořeno 50 v zastoupení co nejširší palety ploch. Poté byl vybrán algoritmus klasifikace (Spectral Angle Mapping), po jehož zvolení byl proces spuštěn.

Výsledek byl značně nekorektní. Ukázalo se, že algoritmus si nedovede poradit s rozmanitostí krajiny zachycených leteckými snímky v detailním rozlišení (8 cm). Velkým problémem byly stíny stromů, jehličnaté lesíky, různé odstíny vodních hladin nebo mokřady. Po konzultaci s vedoucím práce bylo usouzeno, že důvěryhodnějších výsledků bude dosaženo ruční identifikací zpracovatelem, což mimo jiné přinese větší jistotu správných výsledků, například rozlišení stínů a vodních ploch v území. Z tohoto důvodu nebyly testovány další způsoby klasifikací, ani nebyla ověřena její přesnost.



Obr. 22 a Obr. 23: Vstupní (letecký snímek z roku 2017) a výstupní data automatické klasifikace. Modrá barva ve výsledku značí místa, kde by se měla dle algoritmu vyskytovat vodní plocha. (Zdroj: vlastní tvorba)

4.4.2 Ruční identifikace

Druhou použitou metodou zjištění tůň s vodní hladinou z leteckého snímkování byla ruční identifikace. Snímky byly jeden po druhém procházeny za využití vysokého přiblížení, jež rozlišení umožňovalo. Zájmový prostor rozsáhlý a malé tůně mohly být ukryté kdekoli v území. Za účelem zjištění maximálního počtu skutečných vodních ploch, jež byly na snímcích různě zřetelné, byla použita vrstva tůň z roku 2016, jež byla načtena do projektu programu ArcMap. Čas strávený na vytvoření nové vrstvy zabral odhadem mezi 60-80 hodinami.

Prvním krokem identifikace bylo zkontrolování a zrevidování všech 842 tůň pocházejících z března roku 2016. Jeden polygon po druhém byly postupně upravovány tak, aby odpovídaly o rok staršímu snímkování. Tím byl ušetřen značný čas práce, a navíc byla zajištěna časová kontinuita mezi vrstvami z obou let. Nemohlo se tedy stát, že tůně, která se vyskytovala v době obou leteckých snímáních, v roce 2016 byla zaznačena a o rok později nikoliv. Při revidování ploch byla aktualizována jejich hranice do podoby, ve které byly zřejmě z novějších snímků, a to s co největší přesností, bez použití ostrých lomových hran, které se v přírodě nevyskytují. Jelikož bylo v některých případech komplikované určení, zda se na místě tůně opravdu nachází, tak byl navržen pomocný atribut pravděpodobnosti. Nabýval hodnot v intervalu jedna až tři, kde jednička byla nízká pravděpodobnost, ale stále dostatečně velká, že se výskyt nedal s jistotou vyloučit. Trojka značila naprostou nepochybnost.

V průběhu procesu identifikace přibyl od RNDr. Libora Mazánka, Ph.D z KHS Olomouckého kraje požadavek na zjištění všech vodních ploch v území Litovelského Pomoraví, nevyjímaje vodní toky a rybníky vzniklé lidskou činností. Tyto dvě kategorie byly v předešlém roce 2016 vyloučeny. Z toho důvodu byly do vrstvy vloženy další dva

atributy – tekoucí voda a objekty lidské činnosti (rybníky s úpravou hrází), které zamezily zkreslení výsledků při statistickém porovnání a vyhodnocení dat mezi oběma léty. Lze se jimi tedy zabývat naprosto odděleně.

Při revizi polygonů vytvořených z leteckého snímkování v roce 2016 byla z celkovému počtu 842 tůní bezvýznamně či naprosto nezměněna hranice pouze ve 112 případech (13,2 %). Zbylé byly významně zeditované nebo přímo smazané (vodní plocha se na snímku nevyskytovala).

Po dokončení transformace vrstvy tůní 2016 do aktuální 2017, bylo celé území znovu opakovaně prozkoumáno, aby byly odhaleny dosud nezpozorované vodní plochy. Tato fáze byla časově velice náročná.



Obr. 24: Ukázka identifikace tůní z leteckého snímku z roku 2017.

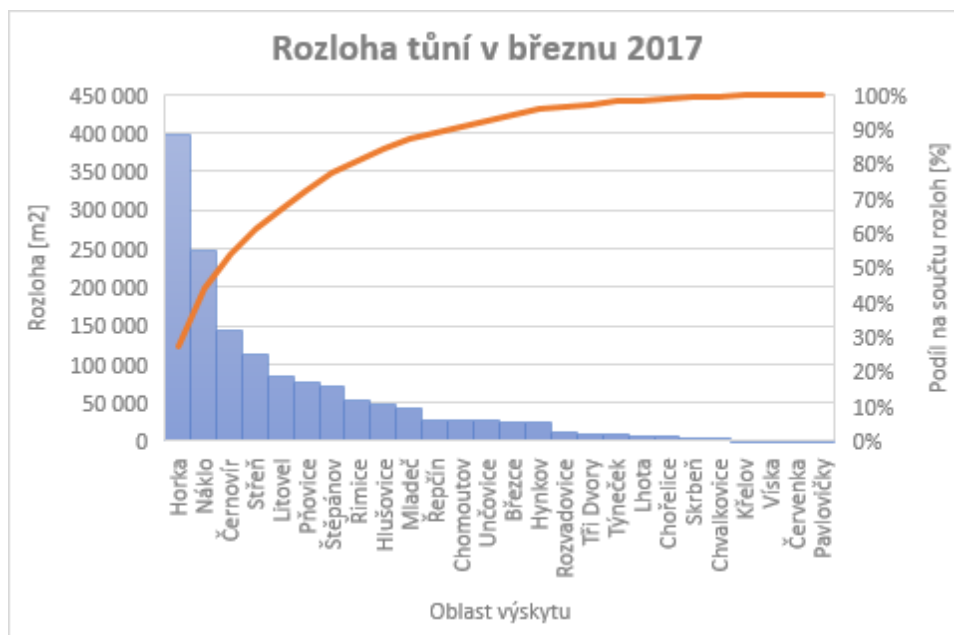
(Zdroj: vlastní tvorba)

Po dokončení identifikace byly provedeny základní statistiky. Konečným počtem zjištěných vodních ploch ze snímků je číslo **866**. Tato hodnota je složena zejména z následujících objektů: lokální jezírka, slepá ramena, mokřady, rybníky, meliorační opatření a potoky s přerušovanou vodní hladinou, u kterých existuje výrazný předpoklad výskytu ideálních podmínek pro vývoj komářích larev. K tomuto číslu se přidává dalších 40 ploch, jež tvoří síť vodních toků, u kterých lze je naprosto evidentní výskyt tekoucí vody. Jedná se o významné toky, převážně o řeku Moravu a její ramena (Mlýnský potok), do kterých se hojně rozvětluje, doplněná o ostatní větší potoky, které jsou dostatečně vodné, aby v žádné své části koryta, byť částečně, nevysychaly. Celková suma všech zjištěných vodních ploch tedy ční **906**. Rozdíly v počtu vodních ploch mezi roky 2016 a 2017 je dán zejména detailnějším mapováním v roce 2017. V roce 2016 byly některé plochy opomenuty. Pomocný atribut pravděpodobnosti (popsaný výše) udává, že většina tůní jsou s jistotou existující (evidentní ze snímku v době pořízení) – 534 případů (69,8 %), o něco menší pravděpodobnost dosahuje 185 potenciálních líhnišť (24,2 %) a zbytek 46 (6,0 %) připadá na nejnižší míru jistoty výskytu.

Tab. 6: Základní statistika tůní (nikoliv vodních toků) pro oba zájmové roky 2016 a 2017.

<i>Rok vytvoření</i>	2016	2017
Počet tůní (pouze)	842	866
Celková rozloha [ha]	106,68	146,71
Celková obvod [km]	141,81	255,40

Z tabulky (Tab. 6) je kromě již zmíněného rozdílu v počtu tůní evidentní také rozdíl mezi rozlohou a obvodem. Diference lze odůvodnit zejména rozdílným způsobem zpracování vrstev. Vrstvu tůní z roku 2016 zpracovával externí zpracovatel před ustanovením této diplomové práce. Na základě odlišné metodiky do vrstvy nebyly zahrnuty některé významné vodní plochy, které o rok později již identifikovány byly. Jedná se převážně o pískovnu Náklo a jezero Poděbrady (24,3 a 26,4 hektaru). Bez těchto dvou ploch by byla celková rozloha v roce 2017 96,01 hektaru.



Obr. 25: Graf rozloh tůní pro dané oblasti výskytu (nikoliv vodních toků).
(Zdroj: vlastní tvorba)

Parentův graf (Obr. 25) znázorňuje rozdělení součtu rozloh tůní pro danou oblast v sestupném pořadí četností s kumulativní čarou na vedlejší ose, která vyjadřuje procento celku. Z grafu je patrné, že plošně nejvíce tůně se nacházejí v oblasti obce Horka nad Moravou (více jak 39 hektarů – velký díl však tvoří jezero Poděbrady s 26,4 hektary). Ze sumy rozloh všech vodních ploch, se jich zde vyskytuje kolem 30 %. Dalšími hustě pokrytými územími jsou Náklo a Černovír (u Nákla jsou výsledky zkrusleny výskytem rozsáhlé pískovny, mimo ní je oblast tůněmi málo významná). Na opačné straně pořadí se nachází olomoucká část Pavlovičky, která je statisticky minimálně významná. Podobně nízké významnosti dosahuje dalších dvanáct oblastí.

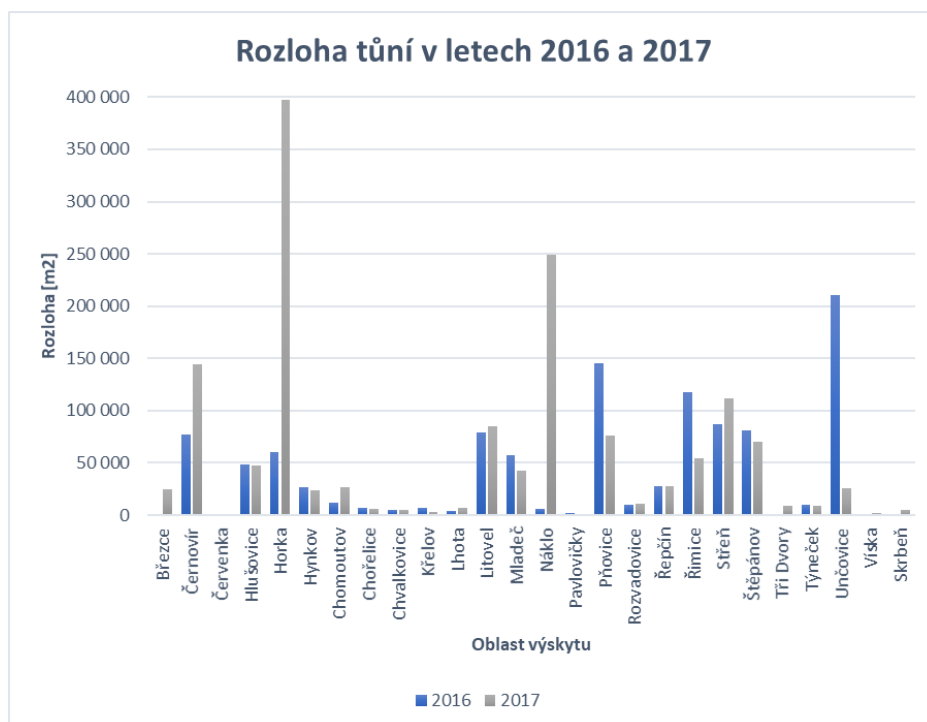
Ve stejném typu grafu níže (Obr. 26) je znázorněno rozdělení perimetrů tůní neboli obvodových hranic vodních ploch. V součtu nejdelší tůně se nacházejí opět v oblasti Horka nad Moravou. Na dalších místech pořadí je však oproti grafu rozloh (Obr. 25) rozdíl. Střeň se posunula na druhou pozici, následovaná oblastmi Pňovice a Štěpánov. Tyto čtyři území ve svém regionu obsahují téměř 50 % ze sumy všech délek hranic tůní. Pískovna u Nákla již v tomto hodnocení nemá tak významný vliv, jako u výpočtu rozloh. Nejmenší součet délek náleží Pavlovičkám, což souhlasí s grafem ploch.



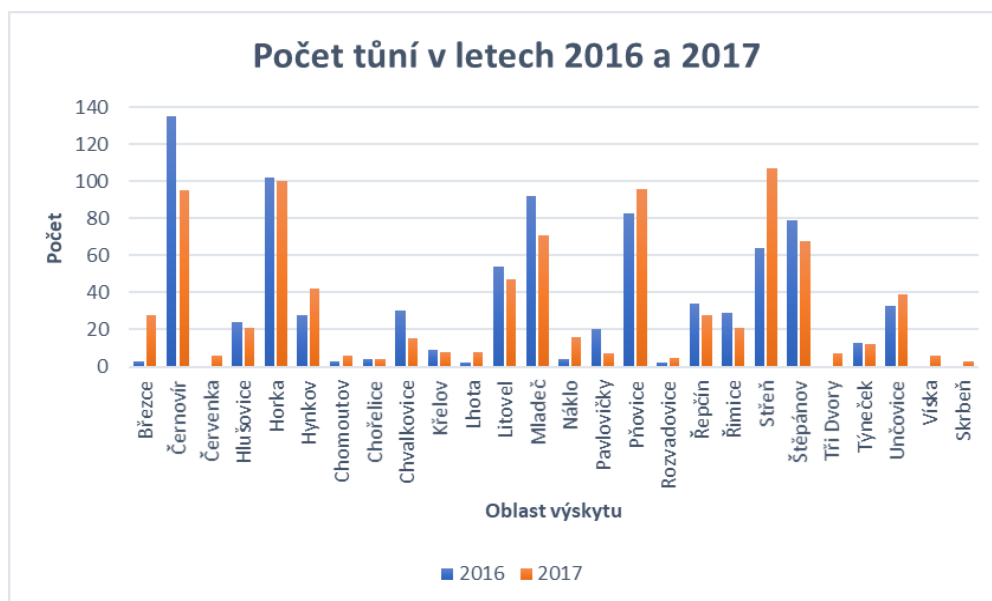
Obr. 26: Graf perimetrů tůní pro dané oblasti výskytu (nikoliv vodních toků).

(Zdroj: vlastní tvorba)

Další graf (Obr. 27) se zabývá porovnáním rozloh tůní, jež byly získány z leteckých snímků pořízených v březnu 2016 a v témže měsíci následujícího roku. Největší rozdíl je v oblastech Horka, Náklo, u kterých je rozdíl opět způsoben výskyty pískoven, které nebyly v předchozím roce evidovány, a Unčovice, kde je odchylka je do jisté míry způsobena tím, že v roce 2016 se na tomto území nacházela rozsáhlá vodní plocha, která o rok později již nebyla patrná. Poměrně významná odchylka je také u Přovic, Řimic či Horky nad Moravou. V katastru tří obcí se v prvním roce porovnání nevyskytovala žádná tůně – jedná se o oblasti Červenka, Tři Dvory a Víska u Litovle.



Obr. 27: Graf srovnávací rozlohy tůní pro dané oblasti výskytu v letech 2016 a 2017 (nikoliv vodních toků). (Zdroj: vlastní tvorba)



Obr. 28: Graf srovnání počtu tůní v letech 2016 a 2017 (nikoliv vodních toků).
(Zdroj: vlastní tvorba)

V porovnání s předchozími grafy (Obr.25, Obr. 26, Obr. 27) si lze dotvořit obraz o prostorovém rozmístění a parametrech tůní v obou letech. Na obrázku (Obr. 28) jsou vyneseny hodnoty znázorňující počty potenciálních líhnišť. V roce 2016 byla jejich nejvyšší četnost v oblasti Černovír (135). O rok později ve Střeni (107). V prvním roce se nejménší počet tůní vyskytovalo v Chomoutově a Rozvadovicích (2), pokud bychom pominuli nulové množství v Července, Třech Dvorech a Vísce. V druhém roce je situace obdobná v Skrbni a Chořelicích (3 a 4).

4.4.3 Postprocesní úprava tůní

V okamžiku, kdy byly hotové dvě datové vrstvy tůní z let 2016 a 2017, tak bylo potřeba vyřešit problém jejich kombinace a následného zobrazení v prezentačních médiích systému Mosquito, a to zejména ve webové aplikaci. Bylo rozhodnuto, že se výchozím stavem zobrazování bude kombinace dat (polygonů) z obou roků. Prezentovány budou zkombinované tůně a v místech, kde dochází k překryvu ploch, tedy, že se v daném místě potencionální komáří líhniště vyskytovala jak v březnu 2016, tak o rok později, bude použit novější stav tůní.

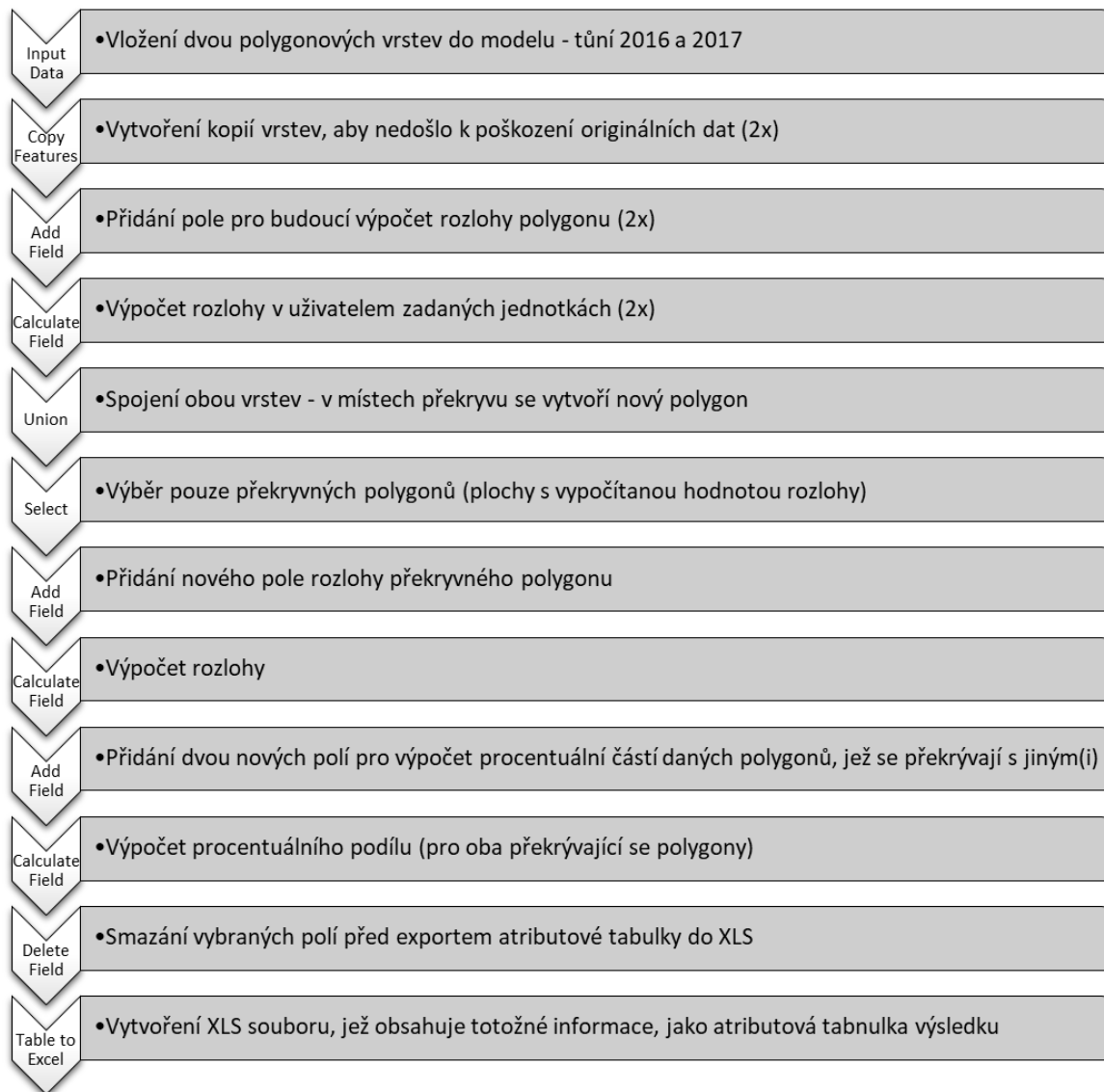
Proces spojování obou vrstev a následné ruční řešení překryvů, byla při daném počtu polygonů časově náročná záležitost. Z tohoto důvodu a také z potřeby úkon v příštích letech provádět znovu, byl vytvořen nový Toolbox, jež obsahuje dva nástroje sestavené v ModelBuilder v prostředí softwaru ArcMap. První z nich se zabývá pouze překryvy polygonů ve vstupních datech. Výstupem je vektorová vrstva obsahující pouze kolizní situace, ve kterých se objekty překrývají. Druhým výsledkem je tabulka ve formátu XLS (nativní typ pro MS Excel), jež obsahuje identifikační údaje polygonů, rozlohu překryvu a procentuální podíl překryvných ploch oproti nekolizním.

Druhý model již provádí samotnou kombinaci polygonů vstupních vrstev. Výsledkem je opět vektorová vrstva, která obsahuje unikátní tůně. V místech překryvu je vybrána aktuálnější plocha (nikoliv průnik). Oba modely lze použít v ArcMap pro libovolné polygonové vrstvy.

Model překryvů

První vytvořeným modelem v aplikaci ModelBuilder byl model zjišťující překrývající se polygony s výsledky ve formě vektorové vrstvy obsahující pouze plochy překryvů a tabulka ve formátu XLS s vypočítanými parametry duplicit.

Model se skládá z následujících nástrojů a postupů:



Jádrum modelu je nástroj Union, do něhož slučuje kopie dvou vstupních polygonových vrstev, kde každá má nejprve přidaný a vypočtený atribut s rozlohou (jednotky rozlohy uživatel nastaví při zadávání parametrů). Principem modelu je spojení (Union) těchto dvou vrstev, jejímž výsledkem je jedna vrstva polygonových objektů. V místech, kde se polygony překrývají, došlo k jejich rozdělení na plochy bez překryvu a plochy s překryvem. Vytvořené duplicitní jevy si v atributové tabulce nesou informace o rozlohách „rodičů“. Poté tedy stačí vybrat pouze ty polygony, jež mají v atributové tabulce nenulové hodnoty velikosti plochy u **obou** vstupních vrstev. Tím se odmažou nezájmové polygony. Dále je novým objektům vypočítána opět rozloha, která je v dalším kroku modelu porovnávána se vstupními daty. Výsledkem je nová vrstva s procentuální míra překryvu (Obr. 29) (pro názornost – polygon z jedné vrstvy je zakryt ze 62 %, zatímco druhý je pokryt pouze ze 22 %). Atributová tabulka je také vyexportována do souboru ve formátu XLS, nad nimž mohou být posléze prováděny statistické analýzy.



Obr. 29: Výřez z výsledné vrstvy vypočtené modelem překryvů. Polygony s čárkované a tečkované znázorněnými hranicemi, pocházejí ze vstupních vrstev. Výsledkem jsou vyčárkované značené plochy, tedy místa překryvů. (Zdroj: vlastní tvorba)

Po dokončení modelu a ověření správnosti výstupů, jež vytváří, byl následně použit pro reálná data tůní 2016 a 2017. Výsledkem bylo zjištění 500 míst, kde dochází k duplicitám mezi uvedenými daty pořízení tůní. Rozloha překrývajících ploch je 36,63 hektarů, tedy číslo odpovídající 25,0 % vrstvy tůní 2017. Hodnota ukazuje míru dynamiky mezi obdobími. Faktorů, které tento jev mohly zapříčinit, je spousta. Od fyzicko-geografických (srážky, podzemní voda, množství vody v oblasti) po způsob zpracování jednotlivých vrstev. Pokud model provedeme znovu a vrstvu tůní 2017 nahradíme seskupenou vrstvou všech vodních hladin (tůně i vodní toky) z téhož roku, vyjde hodnota překryvu 39,27 hektarů (26,8 %). Vliv tedy má i klasifikace vodních ploch do kategorií, která byla v roce 2016 provedena.



Obr. 30: Pruhoý graf rozlohy překryvů vrstev tůní 2016 a 2017. (Zdroj: Vlastní tvorba)

Z pruhového grafu (Obr. 30) je evidentní, že drtivá většina rozloh překryvů vrstev tůní 2016 a 2017 dosahuje malých rozměrů do 100 metrů čtverečních. Největší překryv

má hodnotu 1,79 ha a nachází se v oblasti obce Řimice. Průměrná rozloha překryvů činí 606 m². Průměrná hodnota procentuálního podílu překryté a nepřekryté plochy pro vrstvu tůní 2017 činí 62,6 % ve prospěch první možnosti, a o rok dříve 47,0 % pro tu samou variantu.

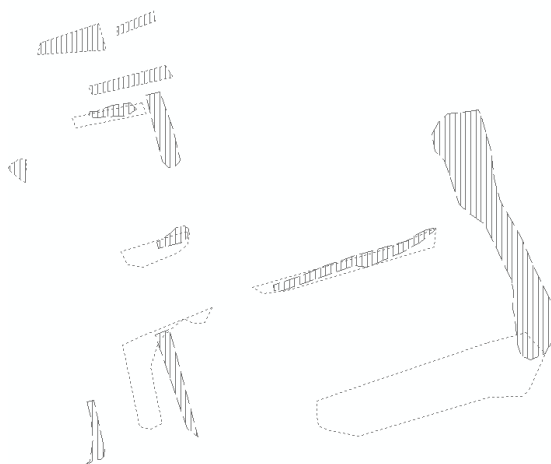
Model kombinace vrstev

Druhý vytvořený model v prostředí ModelBuilder se již nezabývá převážně statistickými výstupy, ale je zaměřen na kombinaci obou vrstev tůní 2016 a 2017 dle požadavku pro systém Mosquito, potažmo pro webovou aplikaci, skrze kterou jsou data prezentována. Kombinace bude tvořena polygony z obou období a v místech, kde dochází k překryvům, dostanou přednost aktuálnější objekty. Z toho vyplývá, že druhý je navržen tak, aby vycházel z dat, jež byly získány výpočtem z prvního modelu, který zjistil polygonovou vrstvu překryvů vrstev.

Principem druhého modelu je tedy kombinace dvou vektorových vrstev tůní. Vstupními daty jsou dvě vrstvy tůní 2016 a 2017 v kombinaci se třetí, jež byla vypočítána z předešlého modelu – plochy překryvů. První kroky nástroje jsou obdobné – pro obě vstupní vrstvy jsou vypočteny rozlohy v m², načež jsou spojena do jedné sady (Merge). K této sadě je následně připojena tabulka s překryvy (tabulka obsahuje navíc vložený atribut OL s vyplněnou hodnotou). Join je proveden na základě povinného ID_2016, který musí být zaveden v tůních 2016 (díky tomu je obsažen i v polygonech překryvů). Jedná se o jedinečný identifikátor pro každé potenciální komáří líhniště, jež si tůně budou pro každý rok předávat (používá jej také databázový systém) při různých obměnách své plochy. Na závěr je proveden výběr těch řádků tabulky (objektů), jež mají v atributovém sloupci parametr NULL. Výsledkem je tedy nová vrstva obsahující nepřekrývající se polygony z obou období, které jsou doplněné o aktuálnější objekty z míst překryvů.

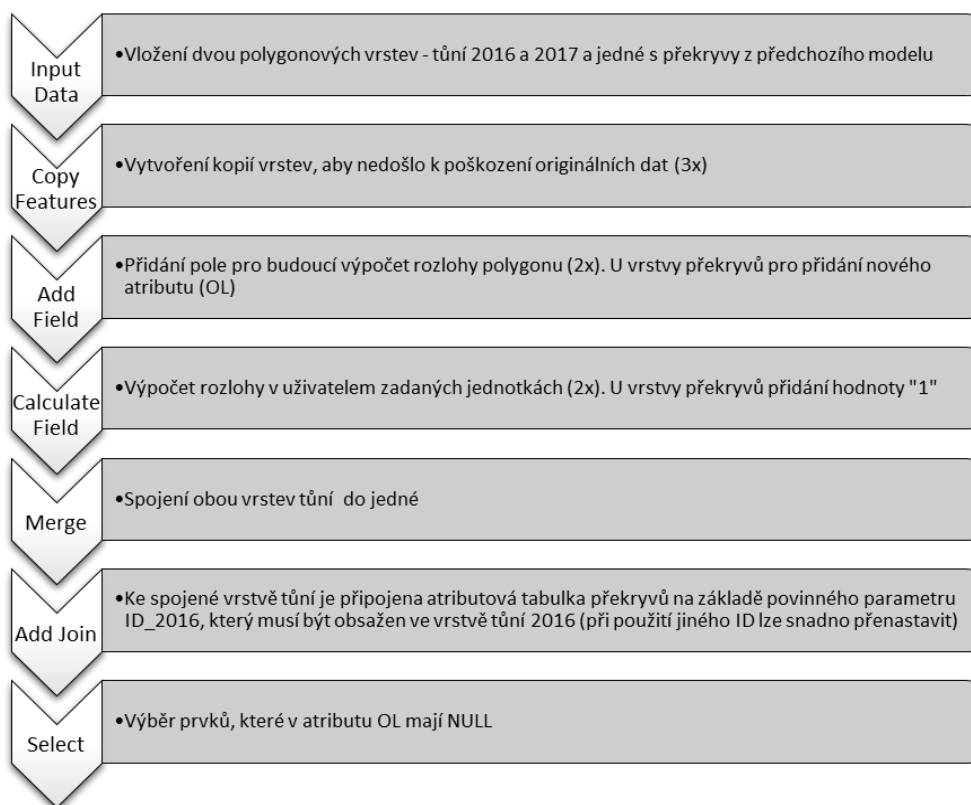
Model využívá výsledků modelu předchozího z důvodu zjednodušení většího počtu procesů do dvou logických celků. Důležitým faktorem je také to, že uživatel si může po provedení prvního modelu ručně, a naprosto snadno, odfiltrovat (vybrat) ty překryvy, které jsou podle něho důležité. Například ty, jež jsou větší než 5 % podílové plochy či dle velikosti rozlohy.

Na obrázku níže (Obr. 31) je opět jednoduše nastíněn princip fungování modelu. Tečkovanými hranicemi jsou prezentovány polygony tůní 2016, čárkovaně 2017. Vyčárkované plochy znázorňují výslednou vrstvu.



Obr. 31: Princip modelu kombinace vrstev (tůní 2016 a 2017). (Zdroj: vlastní tvorba)

Model se skládá z následujících nástrojů a postupů:



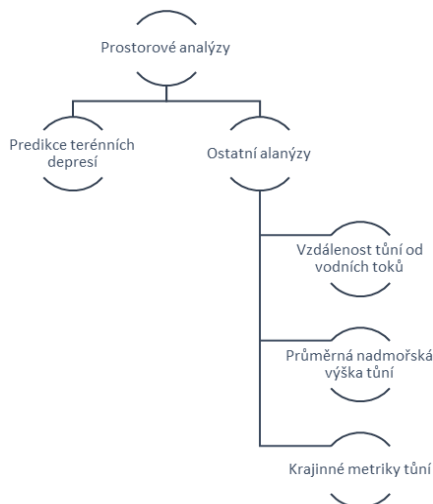
Po použití modelu na reálných datech tůní 2016 a 2017 vznikne nová vrstva, jež obsahuje **1295 tůní** (nepřekrývajících se) – 866 z roku 2017 a 429 z roku 2016 (Obr. 32). Nejvíce z nich se vyskytuje v oblastech Černovír (způsobené velkým množstvím drobných tůní v roce 2016), Mladeč, Pňovice, Střeň a Horka. Naopak nejméně ve Skrbni, Rozvadovicích, Chořelicích, Července, Vísce, Chomoutově, Třech Dvorech a ve Lhotě. Průměrná hodnota tůní v oblasti činí 49,8 tůně.



Obr. 32: Sloupcový graf tůní spojených modelem z let 2016 i 2017 (bez vodních toků).
(Zdroj: vlastní tvorba)

5 PROSTOROVÉ ANALÝZY

Závěrečným cílem práce, ke kterému jsou směřovány průběžné kroky řešení, jsou prostorové analýzy, jež se zabývají prostorem Litovelského Pomoraví v kombinaci s výskytem vodních tůní, jakožto potenciálních komářích líhnišť. Hlavní analýza práce se zabývá predikcí depresí, v nichž existuje šance pro vznik tůně a následné líhnutí komárů. Dále byla provedena i řada dílčích analýz, které se zabývají nejen charakteristikou prostoru.



5.1 Predikce terénních depresí

Cílem této analýzy bylo praktické využití jejích výsledků při redukci komářích populace. Z tohoto důvodu byl sestaven postup, jehož výsledkem jsou data využitelná jak Spolkem pro hubení komárů, tak Krajskou hygienickou stanicí Olomouckého kraje, zastoupenou RNDr. Liborem Mazánkem, Ph.D. Je důležité zmínit, že výsledky analýzy nejsou zaručeně přesné. Proto je v názvu kapitoly (modelu) uvedeno slovo predikce. Z více příčin není v současné době možné vypočítání depresí se stoprocentní jistotou. Svě omezení přináší DMR5G, jehož střední chyba výšky v nezalesněném území dosahuje 18 centimetrů a 0,3 metrů v zalesněném. Druhým limitem modelu je rozlišení jednoho obrazového bodu, které činí dva metry. Dále interakce s vodní hladinou při tvorbě DMR5G. V modelu chybí hodnoty pod vodní hladinou, které jsou nahrazeny výškou hladiny, tedy posledním odrazem signálu. Výsledná data předpovídající výskyt depresí je tedy potřebné ověřit v terénu, zda se v místě deprese opravdu vyskytuje a případně, zda se zde koncentruje voda. To odliší terénní sníženiny a vodní tůně, které mohou být komářimi líhništi.

Litovelské Pomoraví je oblast, která je silně spjatá s dynamikou hladiny vodních toků, především řeky Moravy. Nežřídka kdy se stává, že je území zaplaveno vzedmutou hladinou i vícekrát do roka. Každý rozliv utváří nové tůně, které po opadnutí vody vznikají v terénních depresích. Do těchto tůní poté komáři kladou svá vajíčka, ze kterých se následně líhnou larvy. Vajíčka zde mohou být nakladena i v minulosti a v neaktivním stavu čekají na příchod životadárné tekutiny. Z těchto důvodů je dobré dopředu znát místa, ve kterých k popsání situaci může dojít. Vědět, jak velké ploše je potřeba věnovat pozornost po určitém rozlivu řeky.

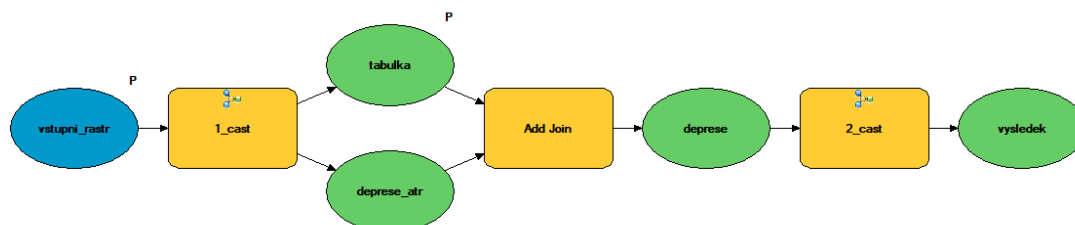
Vstupními daty do modelu predikce terénních depresí je digitální model reliéfu s elevačními údaji a velikost rozlivu daného vodního toku (záplavová zóna). Pro možnost

opětovného provádění byly jednotlivé nástroje vloženy do prostředí ModelBuilder, které zajistí rychlé a snadné používání.

Principem modelu je získání polygonových ploch, jež reprezentují terénní deprese a obsahují vypočítané atributy. Nejprve je nutné z digitálního modelu reliéfu pro dané území (například záplavová zóna) vygenerovat vrstevnice (rozestup po 10 centimetrech). Vrstevnice jsou poté převedeny do polygonové vrstvy, přičemž důležitým faktorem je, že jejich vytvoření proběhne pouze z uzavřených vrstevnic (není-li zadán parametr tolerance), které značí zvýšeninu či sníženinu. Tyto dva reliéfní směry je potřeba dále rozlišit, a to za použití nástroje Zonal Statistics as Table (vypočítá minimální a maximální nadmořskou výšku pro polygony uzavřených vrstevnic, které byly v předchozím kroku spojeny pomocí Dissolve, načež jim byly přiděleny hodnoty krajních vrstevnic). Plochy obsahující hodnoty krajních vrstevnic, minimální a maximální nadmořské výšky, mohou být rozlišeny na sníženiny a zvýšeniny. Důležitým faktorem je, že vybraná plocha musí nejvyšších hodnot elevací dosahovat při svém okraji, a poté směrem ke středu musí klesat. Tedy absolutní rozdíl hraniční vrstevnice a minimální výšky musí být větší, než absolutní rozdíl stejné vrstevnice a maximální výšky plochy. Pokud by bylo velikostní znaménko prohozené, došlo by k výběru zvýšenin. Na závěr je vypočtena hloubka depresí.

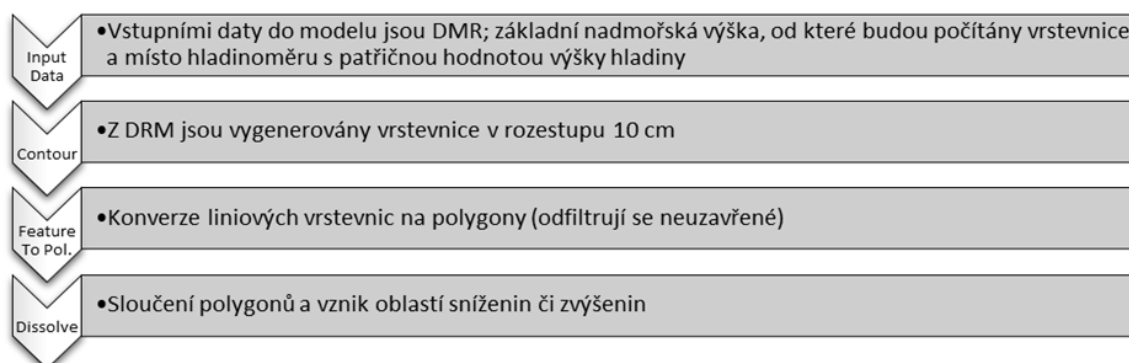
Model je sestaven ze čtyř submodelů, mezi nimiž je vložen nástroj Add Join. Rozložení do nižších modelů bylo nutné z důvodu stability výpočtu. Ze stejného důvodu je v mezikroku nutné uložení tabulky vytvořené nástrojem Zonal Statistics As Table. Bez těchto opatření je proces výpočtu značně nestálý (například dojde k propojení pouze třetiny dat – důvod nebyl odhalen).

Model (Obr. 33) se skládá ze submodelů *1_cast* a *2_cast*. *1_cast* se skládá se submodelů *Reliéf* a *Index*. *Reliéf* vyhledává terénní změny (plochy). *Index* indexuje atribut, jež je zvolený jako Join Field. Indexace urychluje operaci s rozsáhlými datovými sadami, což je tento případ. *2_cast* rozlišuje plochy na sníženiny a zvýšeniny.



Obr. 33 Model predikce terénních depresí.
(Zdroj: vlastní tvorba)

Model predikce terénních depresí se skládá z následujících metod:





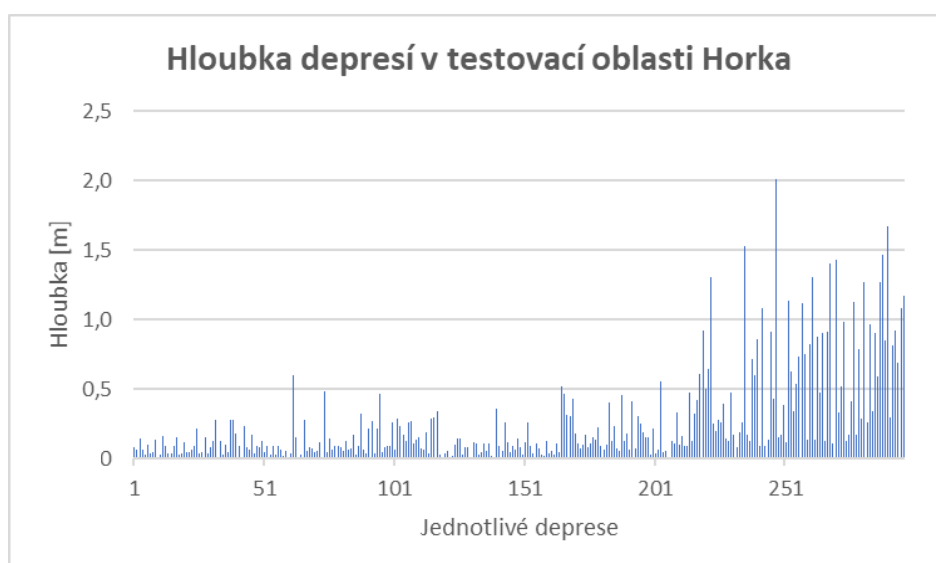
Model pro zjištění depresí v ploše rozlivu vodního toku byl sestaven a otestován na dvou vybraných lokalitách Litovelského Pomoraví. První lokalita (Obr. 34) se rozprostírá u obce Horka nad Moravou (plocha 31,33 hektarů). Interval nadmořských výšek se pohybuje v rozmezí 216,8 a 228,6 m n.m. Její převážná část je nezalesněná. Druhé území (31,6 ha; 213,6-217,9 m n.m.) (Obr. 35) zastupuje oblast kolem Mlýnského potoka nedaleko známé pískovny Poděbrady.



Obr. 34 a Obr. 35: Dvě testovací oblasti pro sestavení modelu zjišťujícího deprese na podkladu leteckého snímku ČÚZK. (Zdroj: vlastní tvorba)

Testovací oblast Horka nad Moravou

Pro první testovací oblast bylo vytvořeným modelem predikováno možný výskyt 296 míst, které jsou sníženinami a existuje zde tedy potenciál pro tvorbu vodních tůní. Tato cifra platí, pokud by bylo celé území přelito vodním hladinou (tedy nepočítá se stavem výšky hladiny, jelikož se jedná pouze o test). Z grafu níže (Obr. 36) lze zjistit, v jakých intervalech se pohybují hloubky depresí. Naprostá většina z nich dosahuje hodnot do 50 centimetrů. Pouze 45 z nich je hlubších. Dle osobního sdělení dr. Mazánka z KHSOL je právě tato mez hraniční pro vznik komářích líhnišť.



Obr. 36: Histogram hloubek predikovaných depresí v testovací oblasti Horka nad Moravou. Jednotlivé body jsou seřazené dle rozlohy plochy, kterou zastupují a to vzestupně.

(Zdroj: vlastní tvorba)

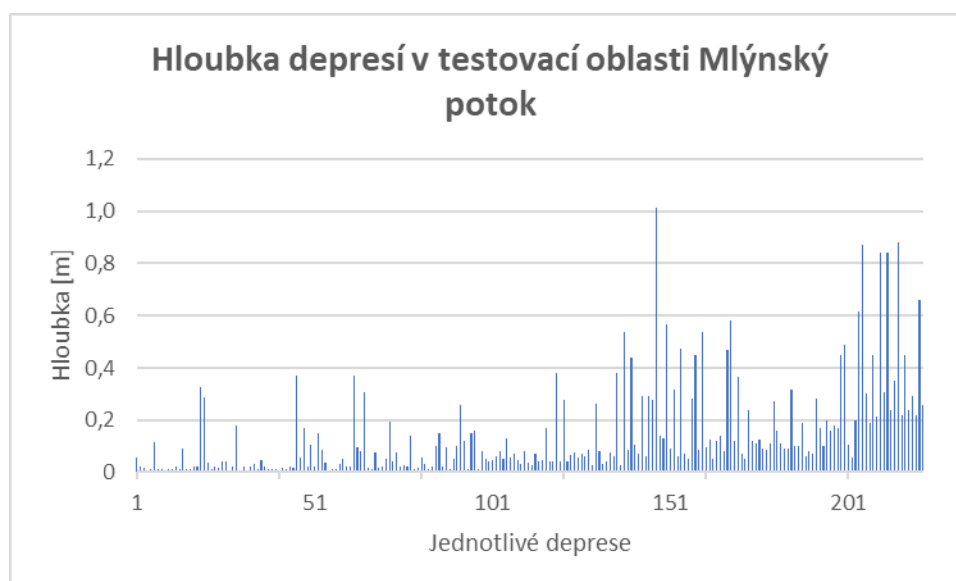
Pokud se podíváme na další atributy zjistíme, že většina depresí s hloubkou vyšší jak 50 cm, patří zároveň k plošně největším, což eviduje graf (Obr. 36), ve kterém jsou body seřazené vzestupným způsobem dle rozlohy plochy, které reprezentují. Body v intervalu 250-300 na vodorovné ose jsou tedy ty nejrozlehlejší a evidentně většinou i nejhlubší. Pro představu – dvoustý bod v grafu má rozlohu 23 m², největší 4 570 m². Suma všech rozloh činí 21 384 m² (2,14 hektaru).

Je ale potřeba připomenout, že výšková data pocházející z DMR5G se mohou od skutečnosti lišit až o 30 centimetrů. Roli také hrají různé krajinotvorné procesy, které reliéf neustále přeměňují (v kombinaci se stářím modelu se může jednat o velké odchylky). Nikdy tudíž nelze s naprostou mírou jistoty zaručit, že ve skutečnosti se bude na daném místě deprese nacházet, i když ji model predikuje.

Pokud budou výsledky modelu predikují výskyt depresí, potažmo tůní, použity v praxi pro plánování terénních pochůzek pro ověření výskytu a vyhodnocení stavu, bude si moci uživatel vybrat objekty dle vlastních preferencí – hloubky a rozlohy. Proto zde není uplatněno žádného filtru. Mělčí deprese totiž mohou sloužit jako rezervoáry dešťové vody (po silných atmosférických srážkách), které mohou být při některých aplikacích taktéž použity.

Testovací oblast Mlýnský potok

V druhé testovací oblasti bylo modelem predikováno 222 depresí o celkové rozloze 3,64 ha. Opět se jedná o všechny potenciální deprese, které by vznikly po kompletním zalití povrchu vodní hladinou (nebyl použit parametr výšky hladiny). Klíčové hloubky depresí zde však dosahuje pouze jedenáct případů (jedná se o více ploché území než v prvním situaci). Dalších dvacet náleží do rozmezí 30-49,9 cm (Obr. 37).



Obr. 37: Histogram hloubek predikovaných depresí v testovací oblasti Mlýnský potok. Jednotlivé body jsou seřazené dle rozlohy plochy, kterou zastupují a to vzestupně.

(Zdroj: vlastní tvorba)

Pokud výsledné predikce z obou testovacích území porovnáme s reálnými daty tůní 2017, jež byly vytvořeny ruční identifikací z leteckého snímkování, zjistíme následující skutečnosti: model predikce je poměrně úspěšný co se týče počtu shod s ověřenými daty ze snímkování – v oblasti Horka souhlasí osm polygonů z jedenácti, ve druhém území 19 z 21, což je úspěšnost 73 a 90 %. Pokud se však zaměříme na statistiku rozloh, výsledky jsou již o něco méně pozitivní, jak ukazuje tabulka (Tab. 7), k jejímuž výpočtu posloužil model překryvu popsany v kapitole 4.4.3 *Modely*. Ta uvádí, kolik predikovaných depresí se překrývá s polygony tůní 2017, jaké jsou jejich rozlohy (pouze objektů, které se překrývají) a velikosti vzájemných překryvů pro danou oblast. Řádek *Plocha depresí* uvádí hodnotu pouze pro polygony, které jsou v překryvu s druhou vrstvou tůní. Opačná korelace mezi plochami tůní a depresí v obou lokalitách je způsobena tím, že se v oblasti Mlýnský potok nachází tůně s rozlohou 10 930, 46 m², což výsledek mírně zkresluje.

Tab. 7: Porovnání vrstev tůní 2017 (Tůně zjištěné identifikací) s predikovanými depresemi.

Oblast	Horka	Mlýnský potok
Tůně zjištěné identifikací 2017	11	21
Predikované deprese (překryv)	8	19
Plocha tůní [m ²]	2 625,68	24768,76
Plocha depresí [m ²]	5 348,53	17309,27
Rozloha překryvu [m ²]	686,85	6 447,65

5.1.1 Ověření terénním průzkumem

Výsledky modelu terénních depresí ze dvou testovacích oblastí byly prakticky ověřeny přímo v terénu. Ověření bylo velice komplikované, jelikož obě oblasti jsou porostlé hustou vegetací. Území kolem Mlýnského potoka je pokryto vzrostlými travinami, u Horky nad Moravou se pro změnu vyskytují husté lužní lesy. Největším problémem však byly komáři, kteří se na přelomu dubna a května, kdy byl průzkum prováděn, vyskytovaly v opravdu bohatých rojích a hromadně napadaly hostitele.

Před samotným průzkumem byly predikované polygony depresí převedeny na bodové jevy (centroid), a ve formátu GPX vloženy do vybrané aplikace (GPX viewer and recorder) mobilního zařízení. Jednotlivé body byly podle navigace projity a do záznamové archu zaznamenány následující skutečnosti: zda se v místě nachází deprese a zda je zatopena vodou.

Z tabulky výsledků (Tab. 8) je zřejmá úspěšnost predikce depresí ve dvou testovacích oblastech Horka nad Moravou a Mlýnský potok. První řádek Predikované deprese ukazuje počty depresí vypočítaných modelem. Druhý řádek udává, kolik depresí bylo úspěšně potvrzeno v terénu. Poslední údaj se týká skutečnosti, zda je v depresi akumulovaná voda. U první testovací oblasti je shoda mezi predikovanými a ověřenými depresemi 71,1 %, ve druhé 90,9 %. Voda se v depresích nachází v 60,0 %, respektive v 81,8 % případů predikce.

Tab. 8: Výsledky terénního průzkumu testovacích oblastí Horka a Mlýnský potok. Průzkum byl vykonaný na přelomu dubna a května 2018.

Oblast	Horka	Mlýnský potok
Predikované deprese	45	11
Ověřený výskyt depresí	32	10
Ověřený výskyt tůní	27	9

5.1.2 Deprese v záplavových zónách řeky Moravy

Model predikce terénních depresí vyhledává potenciální tůně v oblastech rozlivu vodního toku. Předpovídá místa, na která je vhodné zaměřit pozornost v případě zvýšené hladiny toků, zejména Moravy, která je páteřní řekou celé oblasti. Jedná se o praktický výstup práce, který by měl být v budoucnu dále využíván (například Krajskou hygienickou stanicí Olomouckého kraje).

Klíčovou datovou sadou je DMR5G, které je před spuštěním modelu oříznuto vrstvou záplavových zón (dostupné z databáze DIBAVOD) Q5, Q20 a Q100. Jednotlivá čísla v označení indikují velikost povodně (hodnota pět odpovídá velikosti povodně, která přichází v průměru jednou za pět let). Z vodních toků byla zvolena řeka Morava, která je zcela zásadní pro vývoj Litovelského Pomoraví. Ostatní toky (potoky) mají již mnohem menší dopad.

Následující tabulka (Tab. 9) obsahuje výsledky modelu pro záplavové zóny Q5, Q20 a Q100 pro řeku Moravu v kombinaci se zájmovým územím Litovelského Pomoraví (hranice jsou znázorněny na obrázku Obr. 5). Je nutné zopakovat, že se jedná o predikci. V místech, kde je modelem předpokládána tůně, se žádná voda nemusí vyskytovat například kvůli složení podloží (písek oproti jílu). Uvedený počet polygonů ve výsledných vrstvách je také ovlivněn tím, že je tvořen množstvím drobných ploch, které jsou ve skutečnosti jednolitou plochou. Jedná se převážně o situace větších vodních ploch a vodních toků, které jsou nesprávně rozdrobeny na dílčí. To je způsobeno chybou modelu DMR5G (interakce vodní hladiny a laserového signálu při tvorbě výškového modelu technologií LiDAR). Pokud by byla provedena operace Union s tolerancí pěti metrů, predikovaných depresí by v zóně Q5 bylo pouze 1 377. Toto číslo se už více přibližuje množství tůní identifikovaných z leteckého snímkování, což jen dokazuje členitost výsledných predikcí.

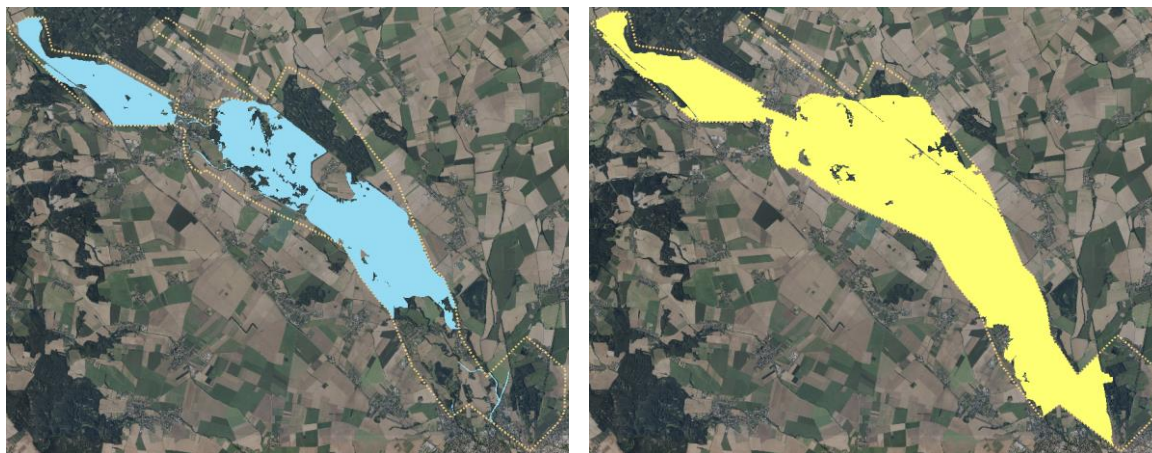
Tab. 9: Výsledky modelu predikce terénních depresí v záplavových zónách řeky Moravy.

Záplavová zóna	Q5	Q20	Q100
Počet predikovaných depresí	27 629	39 035	52 151
Celková rozloha predikovaných depresí	515,78	765,27	1 072,74
Celková délka hran predikovaných depresí	1 330,66	1 735,81	2 280,64
Počet predikovaných depresí s hloubkou > 50 cm	2 971	3 714	3 881
Rozloha predikovaných depresí s hloubkou > 50 cm	306,49	472,51	627,31
Délka hran predik. depresí s hloubkou > 50 cm	507,94	663,66	778,92

Rozloha území, pro které model predikoval deprese je:

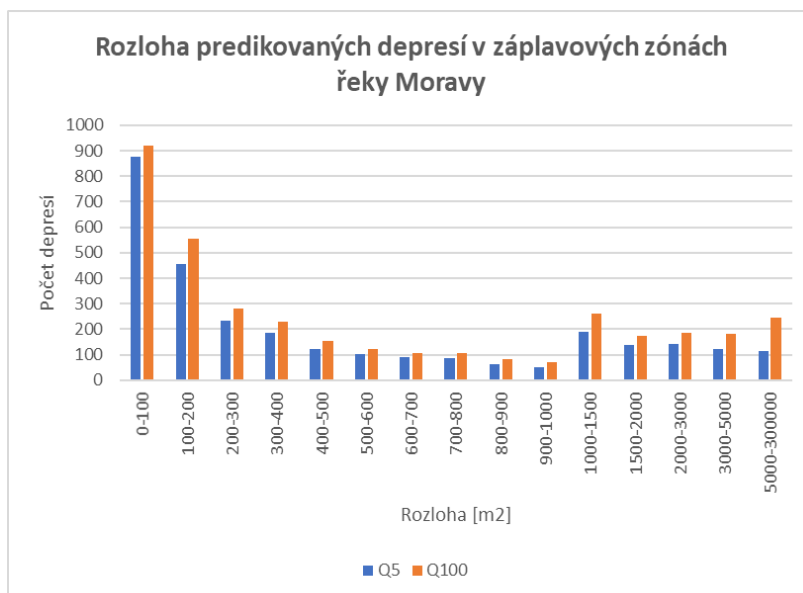
- Q5: 3 083,08 ha,
- Q20: 4 182,56 ha,
- Q100: 5 675,68 ha,
- Celková rozloha zájmového území Litovelského Pomoraví je 7 172,55 ha.

Z předchozích údajů s rozlohami území je patrné, jak je Litovelské Pomoraví silně ovlivnitelné případnými povodněmi. Již pětiletá povodeň řeky Moravy, tedy statistiky běžná událost, zasáhne téměř polovinu zájmového prostoru. Stoletá povodeň dokonce 79 %. Do hodnoty navíc nejsou započítané vlivy ostatních vodních toků.



Obr. 38 a Obr. 39: Rozsah pěti (vlevo) a staleté povodně řeky Moravy na podkladu ortofotomapy ČÚZK. (Zdroj: vlastní tvorba)

Sloupcový graf (Obr. 40) prezentuje rozložení plošných velikostí predikovaných depresí v záplavových zónách Q5 a Q100. Suverénně největšího počtu dosahují plochy o rozloze do 100 m² (875 a 921 z celkové sumy uvedené v tabulce Tab. 9). Poté se již četnosti snižují. U závěrečných intervalů grafu (zejména u posledního) lze pozorovat zajímavý trend. V zóně Q100 se vyskytuje větší množství rozlehlých depresí. Zajisté to souvisí s vyšší výškou hladiny staleté povodně, při které dojde k zaplavení rozlehlějších a výše ležících sníženin.



Obr. 40: Sloupcový graf rozloh predikovaných depresí v záplavových zónách Q5 a Q100 řeky Moravy. (Zdroj: vlastní tvorba)

Pro zjištění úspěšnosti modelu predikce v porovnání s vrstevmi tůní zjištěných z leteckých snímků z březnů 2016 a 2017 byla sestavena tabulka (Tab. 10), jež ukazuje prostorovou shodu mezi predikovanými depresemi v ploše největší záplavové zóny Q100

řeky Moravy a zmíněnými vrstvami, jež byly zónou oříznuty (nástroj Clip), aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Procentuální shoda (úspěšnost) je zjištěna pro deprese s hloubkou větší jak 50 centimetrů a bez omezení. Z celkového počtu tůní (634 a 740) nacházejících se v zóně Q100 se s predikovanými depresemi shodují v 398 a 513 případech, pokud je použito omezení hloubky, případně 492 a 638 případech bez hloubkového limitu, což činí úspěšnost v rozmezí 62,8-86,2 %. Dále je vidět, že tůně 2017 více souhlasí s výsledky modelu predikce.

Tab. 10: Porovnání vrstev tůní 2016 a 2017 s výsledky modelu predikce terénních depresí v zóně rozlivu Q100 řeky Moravy.

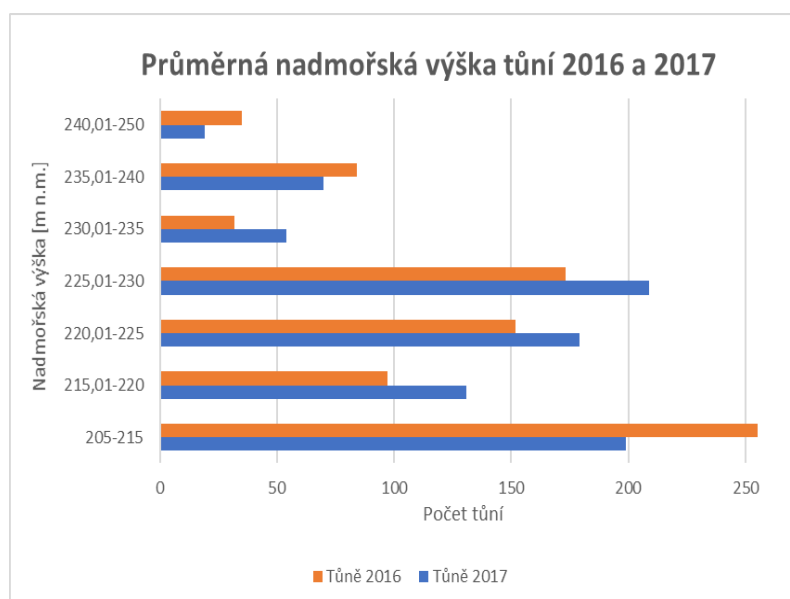
Q100	2016	2017
Počet tůní	634	740
Překryv (hloubka > 50 cm)	398	513
Shoda [%]	62,8	69,3
Překryv (hloubka bez omezení)	492	638
Shoda [%]	77,6	86,2

5.2 Ostatní analýzy

Tato kapitola se zabývá dalšími prostorovými analýzami, které byly pro oblast CHKO Litovelského Pomoraví vytvořeny. Rozsah a robustnost je však menší než u modelu pro zjišťování depresí, proto jsou řazeny do jiné sekce. Jejich cílem je prostorově charakterizovat území, a to zejména z hlediska zjištěných tůní. Analýzy byly vesměs zpracovávány v programu ArcMap.

Průměrná nadmořská výška tůní

První dílčí analýzou sestavenou nad výškovými daty DMR5G bylo zjištění průměrné nadmořské výšky tůní pro oba roky zájmu. Pro tento účel byl použit nástroj Zonal Statistics as Table, který pro každý polygon vstupní vrstvy vypočítá z digitálního modelu reliéfu zvolené statistiky. (Obr. 41).



Obr. 41: Graf průměrných nadmořských výšek tůní 2016 a 2017.

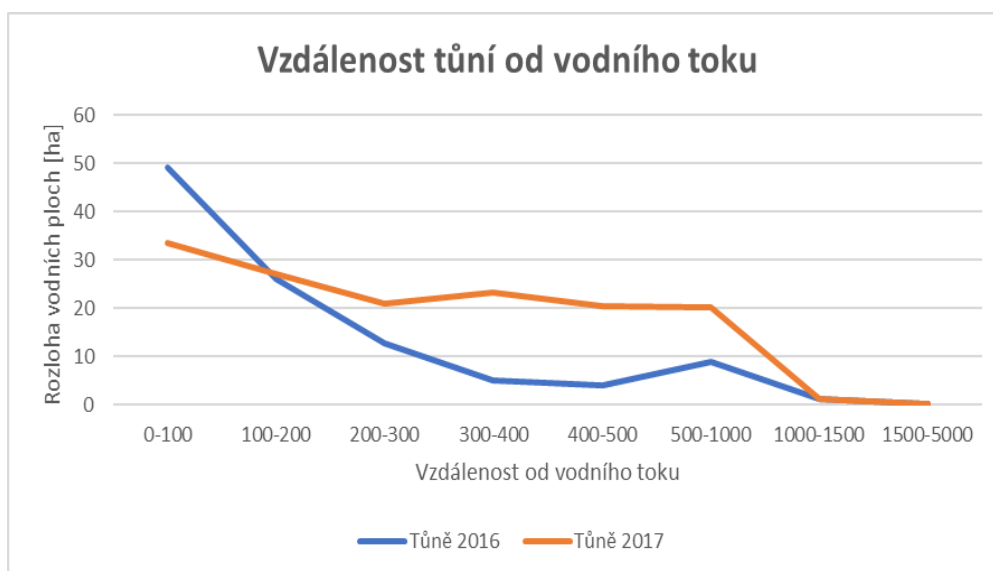
(Zdroj: vlastní tvorba)

Z grafu je patrné, že nejvíce tůní leží v intervalech od 205 do 229,9 metrů nad mořskou hladinou. U vrstvy tůní 2016 se jedná o kategorii nejnižších, u vrstvy druhé naopak nejvyšších výšek uvedeného rozmezí. Početně nejméně zastoupené intervaly jsou 230-234,9; respektive 240-250. Průměrná hodnota z celého území je pouze nepatrně odlišná – 223,0 metrů u starší datové sady, a 223,1 u té novější. Rozptyl mezi nejnižším průměrem a nejvyšším je 38 a 37,6 metrů. Z výsledků vyplývá, že obě vrstvy jsou si, co se týče srovnání průměrných nadmořských výšek tůní, relativně podobné. To znamená, že se tůně v obou letech vyskytují v přibližně stejných elevačních prostorech.

Vzdálenost tůní od vodních toků

Další zkoumanou prostorovou charakteristikou tůní je vzdálenost vodních hladin od sítě vodních toků (řeka Morava a její ramena v kombinaci s významnými potoky, výčet je upřesněn v kapitole 4.4.2 *Ruční identifikace*). Intervaly vzdáleností byly zvoleny následovně: 0-50, 50-100, 100-200, 200-300, 300-400, 400-500, 500-1 000, 1 000-1 500, 1 500-5 000 metrů. Tyto hodnoty byly vloženy do geoprocessingového nástroje zvaného Multiple Ring Buffer, který vytvořil vektorovou vrstvu lineárních vzdáleností od toků. Tato vrstva byla použita na rozčlenění (Split) tůní 2016 i 2017 do příslušných intervalů.

Z grafu (Obr. 42) je patrné, do jaké vzdálenosti od vodního toku se tůně nejčastěji vyskytují. Dominantním intervalem je 0-100 metrů, ve kterém se nachází 49,07, respektive 33,57 hektarů vodní plochy. Poté již rozlohy postupně klesají. Posloupnost snižujících se hodnot je přerušena lokálními maximy v intervalech 500-1000 u vrstvy tůní 2016 a 300-400 i 500-1000 metrů u druhé sady. Prahový dosah, po kterém vliv toků výrazně slábne, je kolem jednoho kilometru. Ve větší vzdálenosti než tato hodnota, se vyskytuje již naprosté minimum objektů. Křivky dokreslují fakt, jak je prostředí Litovelského Pomoraví závislé na dynamice vodních toků.



Obr. 42: Graf vzdálenosti vodních ploch tůní od vodního toku. Plochy byly rozčleněny do kategorií dle vrstvy vzdáleností. Jedna tůně tedy může mít plochu rozdělenou do více intervalů (Zdroj: vlastní tvorba)

5.2.1 Krajinné metriky

Krajina je jeden velký geosystém, jež se skládá z různých prvků a komponent. Prvek je nejnižší, dále nedělitelná jednotka. Rozumí se jím biotické, abiotické a socioekonomické jevy, které tvoří jednotlivé komponenty. Vazby mezi prvky a komponenty utváří strukturu krajiny. Ta má několik druhů – prostorovou a časovou. Krajinné metriky se zaměřují na popis struktury prostorové. V současnosti existuje kolem stovky různých metrik zaměřující se na velikost, tvar, početnost, hustotu a různorodost krajinných prvků (areálů neboli plošek) (Balej, 2011).

Pro vytvoření krajinných metrik tůň byla použita extenze softwaru ArcGIS – Patch Analyst, blíže popsány v kapitole 2.4 *Použité programy*. Použití této extenze je vcelku snadné. Pro výpočet krajinných metrik je určena volba Spatial Statistics. V nově se zobrazeném systémovém okně se vybere vrstva z projetu ArcMap, pro kterou budou statistiky počítány, dále třída objektů (zde oblasti výskytu) či celá vrstva, adresář pro výstupní data a na závěr je provedena volba požadovaných metrik. Ty jsou rozděleny do pěti sekcí: Patch Density and Size Metrics (hustota a velikost plošek – polygonů), Shape Metrics (tvarové metriky), Edge Metrics (hranové metriky), Diversity Metrics (rozmanitost) a Core Area Metrics (shluky plošek na základě určité podobnosti). Výstupem je tabulka se zvolenými metrikami, případně kopie vstupní vrstvy (shapefile) s přidělenými výsledky pro každý polygon. Tato možnost proběhne po zvolení *Add Patch Analysis layer to map* při definování parametrů výpočtu. Z nabízených metrik byly použity následující s níže uvedenými vzorci výpočtu:

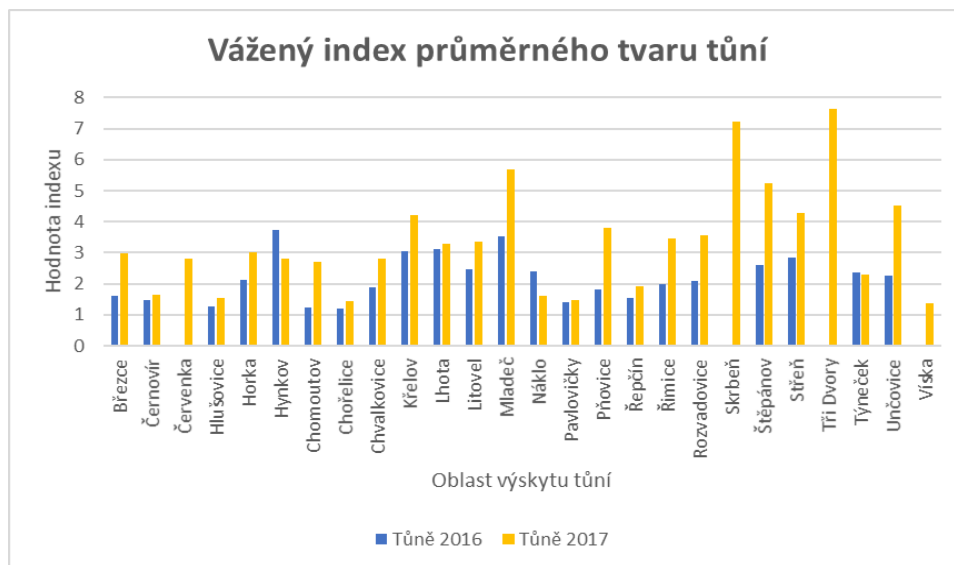
- Vážený index průměrného tvaru plošek (AWMSI): vzorec níže (a = rozloha, p = obvod, n = počet)
- Průměrný poměr obvod – plocha (MPAR): vzorec níže (a = rozloha, p = obvod, n = počet)
- Index průměrné délky okrajů (MPE): $MPE = TE$ (Total Edge – délka hran) / NumP (Number of Patches – počet plošek)
- Index průměrné velikost plošek (MPS): $MPS = \text{suma rozloh} / \text{počet plošek}$

$$AWMSI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{2\sqrt{\pi a_i}} \cdot \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \right) \quad MPAR = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{a_i}}{n}$$

Vážený index průměrného tvaru plošek

Vážený index průměrného tvaru plošek neboli tůň, terminologií extenze Patch Analyst: Area Weighted Mean Shape Index (AWMSI). Hodnoty tohoto indexu udávají míru tvarové složitosti, jež polygony mají. Pokud by byl roven jedné, byly by všechny plošky v dané oblasti kruhové. Pojem vážený znamená, že každý objekt je navíc ohodnocen dle velikosti. Rozsáhlejší tůně více ovlivňují své okolí (větší plocha pro líhnutí komárů), proto musí mít na výslednou hodnotu větší vliv.

V grafu (Obr. 43) jsou uvedené výsledky Váženého indexu průměrného tvaru tůň pro oba roky 2016 a 2017. Čím je hodnota indexu vyšší, tím jsou plošky v daném území komplikovanější a více se odlišují od pravidelného tvaru kruhu (Obr. 44 vlevo – tůň v oblasti Tři Dvory, které jsou tvořeny převážně protáhlými melioračními opatřeními. Oproti tomu vpravo vložený obrázek Obr. 45 ukazuje tůň z oblasti Chomoutov s nízkým indexem). Dále je patrný rozdíl mezi oběma vrstvami tůň. Polygony z roku 2017 mají obecně komplexnější průběh hranic, což lze přisuzovat detailnější identifikaci při vytváření dat, kdy bylo použito větší počet lomových bodů.



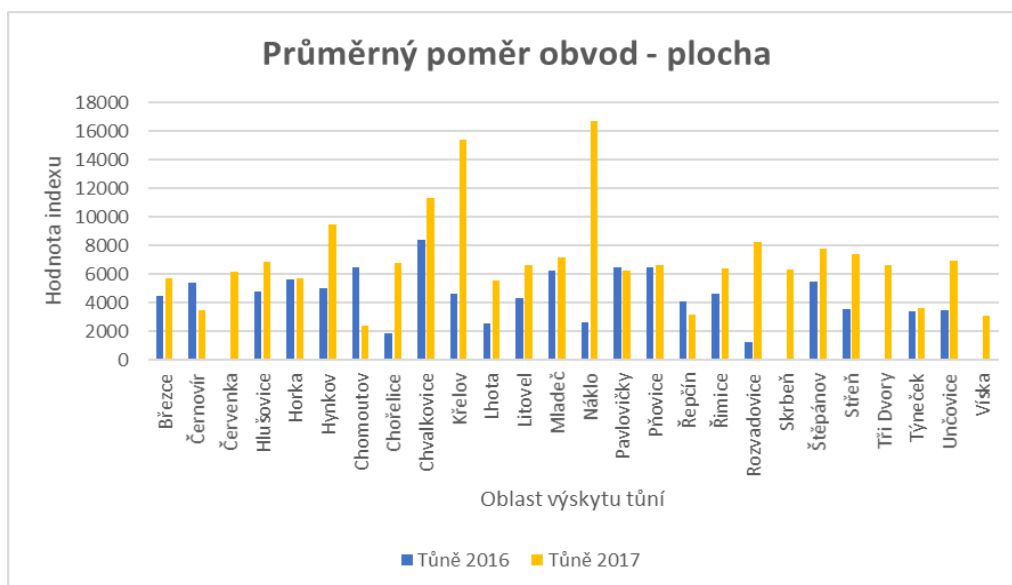
Obr. 43: Graf vážených indexů průměrného tvaru tůní oblasti výskytu. (Zdroj: vlastní tvorba)



Obr. 44 a Obr. 45: Ukázka tůní s největším a nejmenším Váženým indexem průměrného tvaru plošek. (Zdroj: vlastní tvorba)

Průměrný poměr obvod – plocha

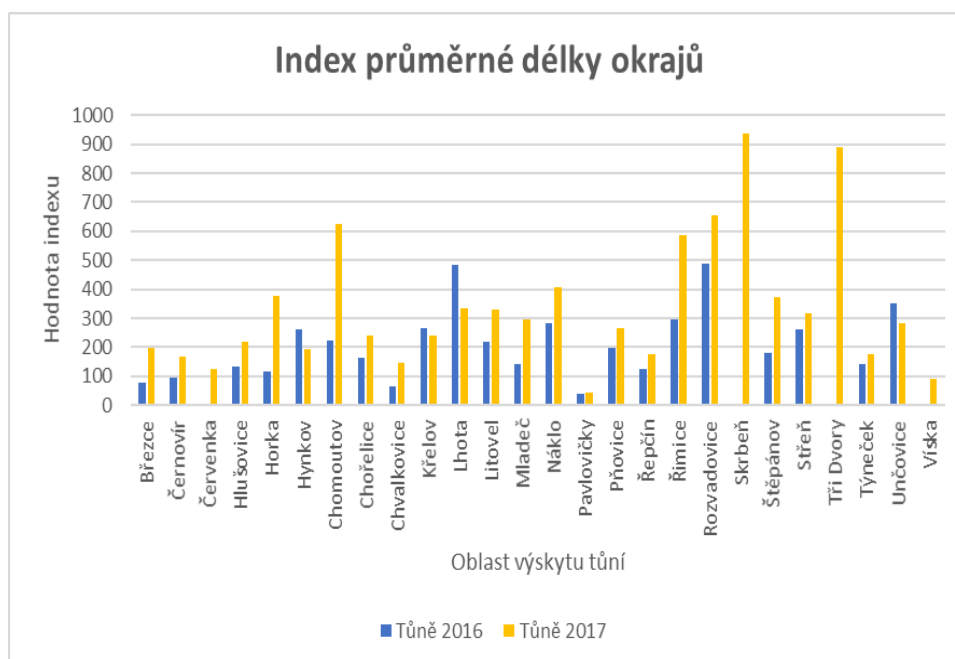
Tento index (Mean Perimeter Area Ratio – MPAR) se zabývá průměrným poměrem mezi obvodem a plochou dané tůně. Se vzrůstajícím obvodem a klesající rozlohou hodnota indexu stoupá. Oblasti s vysokým indexem tedy na svém území mají tůně s relativně delším obvodem a menší rozlohou (samozřejmě jsou tyto poměry zprůměrované, tudíž vysoká hodnota zcela nevyklučuje výskyt větších vodních ploch, to je případ oblasti Náklo, kde je známá pískovna). Při srovnání obou datových sad zde již není takový rozdíl, jako o předešlého indexu.



Obr. 46: Graf průměrného poměru obvod – plocha počítaných pro tůně v dané oblasti.
(Zdroj: vlastní tvorba)

Index průměrné délky okrajů

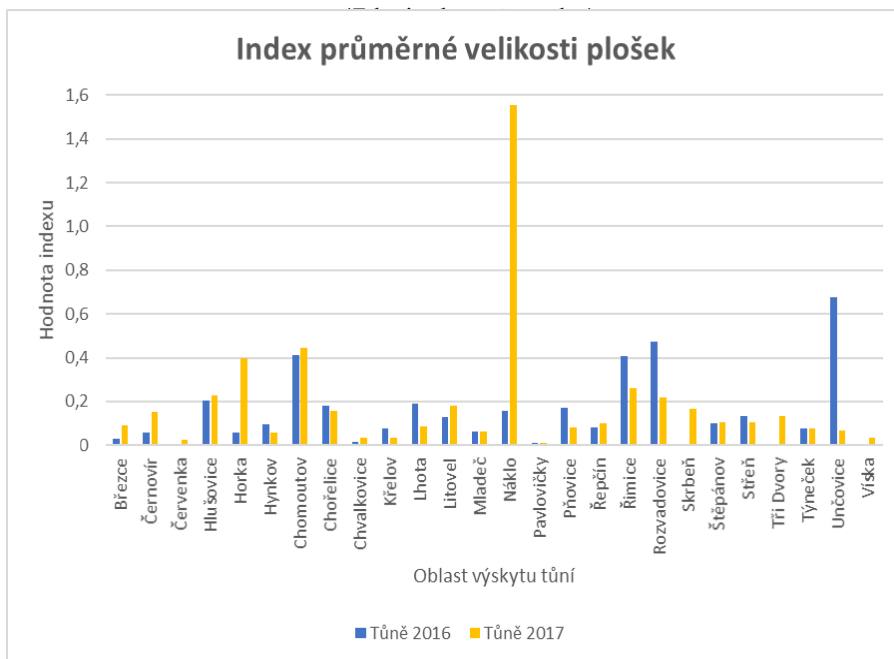
Mean Patch Edge (MPE) prezentuje průměrnou délku hranic tůň pro každou oblast. Čím více protáhlých útvarů (například meliorací), tím je hodnota indexu vyšší. Nejvyšších hodnot průměrných délek okrajů mají tůně v oblastech Chomoutov, Řimice, Rozvadovice, Skrbeň a Tři Dvory (platí pro rok 2017). V předchozím roce se jedná o Křelov a taktéž Řimice. Veškeré údaje jsou uvedeny v grafu pod tímto odstavcem (Obr. 47).



Obr. 47: Graf Indexu průměrné délky okrajů tůň v dané oblasti.
(Zdroj: vlastní tvorba)

Index průměrné velikosti plošek

Posledním vytvořeným indexem ze skupiny krajinných metrik je Mean Patch Size (MPS), průměrná velikost plochy tůní. Vyšší hodnota předpovídá větší počet rozlehlějších jevů v oblasti. Jak již bylo v textu uvedeno, extrémní hodnota území Náklo je způsobena rozlehlou pískárnou v kombinaci s výskytem malého počtu dalších tůní. Podobný případ je u Unčovic. Zde se v roce 2016 nacházela jedna rozsáhlá zatopená oblast, která se do následujícího roku zredukovala do několika menších plošek. Největší rozdíl mezi vrstvami 2016 a 2017 je dále zejména v Horce nad Moravou, Rozvadovicích a Řimicích.



Obr. 48: Graf Indexu průměrné velikosti plošek v dané oblasti.

(Zdroj: vlastní tvorba)

6 VÝSLEDKY

Diplomová práce se zabývá širokým spektrem témat, počínaje webovými standardy pro použití mapových dlaždic, přes správu databází s využitím SQL příkazů, beta testování softwaru, automatickou klasifikaci obrazu, tvorbu modelů v prostředí ModelBuilder, až po sestavování prostorových analýz. Díky tomuto výčtu je i portfolio výsledků bohatší.

Práce je řešena v rámci projektu Mosquito, jenž sdružuje tři spolupracující subjekty. Spolek pro hubení komárů (sdružení starostů obcí v okolí Litovelského Pomoraví), Krajskou hygienickou stanici Olomouckého kraje a Katedru geoinformatiky při Univerzitě Palackého v Olomouci. Společným cílem je redukce přemnožené populace komárů, a to zejména tzv. kalamitních druhů (popsáno v kapitole 3.2 *Charakteristika čeledi komárovitů*), které v jarních a letních měsících každoročně významně obtěžují obyvatelstvo v okolí žijící. Proto bylo přistoupeno k řešení, kterým je redukce komárů. Inspirací v řešení je studie v Německu, která se zabývá totožnou problematikou. Vědci zde používají biologickou látku, které působí ve střevech larev komárů, čímž je hubí. Více je uvedeno v kapitole 3.3.2 *Zahraniční studie*. Úkolem katedry bylo provedení leteckého snímkování Litovelského Pomoraví v březnech let 2016 a 2017 (kvůli porovnání vývoje v oblasti) za účelem získání vodních tůní, tedy potenciálních komářích líhnišť. Dále byly vytvořeny webová a mobilní mapová aplikace. Webová aplikace slouží zejména pro nahlížení a úpravu dat. Mobilní pro sběr dat (ověření tůní, zda jsou zde líhniště, či nikoliv, případně zjistit jeho charakteristiky) v terénu. Na pozadí těchto aplikací funguje databáze, která udržuje veškeré údaje. Leteckým snímkováním, tvorbou mapové nebo mobilní aplikace či sestavením databáze se tato diplomová práce nezabývá. Tímto se zabývali další zaměstnanci katedry.

Jak je již v textu zmíněno, témata, která jsou v rámci této práce skutečně řešena, lze rozdělit do dvou částí. První se zabývá tvorbou a přípravou dat pro systém mobilní a webové mapové aplikace, včetně jejich testování. Náplní druhé jsou prostorové analýzy, které zkoumají a popisují datové sady vytvořené v přechozí části.

6.1 Tvorba a příprava dat

Část práce nazvaná Tvorba a příprava sdružuje tyto okruhy: proces tvorby mapových dlaždic, příprava a import dat do databáze, beta testování systému Mosquito a na závěr identifikace nových tůní z leteckého snímkování provedeném v roce 2017. Jednotlivé cíle se zjednodušeně zabývají tím, co obsahuje systémová databáze MySQL a mobilní i webová aplikace, včetně jejich otestováním, jež mělo za cíl odstranění chyb.

Proces tvorby mapových dlaždic

Řešení práce bylo zahájeno tématem mapových dlaždic. Dlaždice jsou podkladové snímky pro webové i mobilní aplikace. Vznikají procesem generování pomocí specializovaných nástrojů, a to ze vstupních datových sad (například ortofotomapa), které jsou softwary rozděleny na pravidelné, stejně veliké dlaždice podle zadaných počtů úrovní přiblížení. Každá úroveň znamená rozdělení vstupních dat do jedné vrstvy. Existují dva typy dlaždic – pro webové použití (standardy TMS a WMTS) a mobilní (MBTiles).

Pro generování dlaždic byly vybrány čtyři nástroje. Dva z nich jsou placené programy (MapTiler a Agisoft) a zbylé dva jsou volně dostupné plugin QTiles a nástroj GDAL2tiles pro použití v QGIS. Tato řešení byla postupně otestována testovacím výřezem z originální ortofotomapy Litovelského Pomoraví vytvořeném v rámci projektu Mosquito. Bylo provedeno celkem 55 výpočtů, u nichž byl sledován čas renderování a výsledná

velikost souborů na disku. U jednotlivých pokusů byly postupně testovány různé možnosti nastavení (kvalita výstupních snímků, formát a typ dat). Nejrychlejším řešením je MapTiler, který je spolehlivý a svižný. Na druhou stranu vytváří menší soubory. Porovnáním ostrosti a přesnosti (transformačních rovnic) výsledných snímků bylo zjištěno, že MapTiler vytváří o něco méně přesné dlaždice, co se týče prostorové lokalizace, než QTiles či GDAL2tiles. Jedná se ale o minimální rozdíl. Nejméně kvalitní snímky, avšak na druhou stranu nejpřesnější (v ohledu transformační rovnice) produkuje GDAL2tiles. Kompletní tabulka výsledků se nachází v příloze (Příloha 1). Výběr z těchto výsledků je umístěn do kapitoly 4.1 *Proces tvorby mapových dlaždic*, která obsahuje i praktické ukázky výsledných dlaždic pro ověření přesnosti a kvality snímků. Jsou zde také uvedeny dva grafy, jež ukazují výsledky z MapTiler (jelikož jím bylo vyprodukované největší množství výsledků). Je zajímavé, jak kvalita a formát snímků ovlivňují čas renderování a výslednou velikost souboru.

Pro vytvoření mapových dlaždic pro projekt Mosquito byl použit software Agisoft. Jeho velkou výhodou je, že se jedná o komplexní fotogrammetrický produkt, který obsahuje mimo jiné možnost generování dlaždic jak pro webové, tak pro mobilní aplikace. Dlaždice tedy byly vytvořené po zpracování dat z leteckého snímkování, a to v jednom a tom samém prostředí. Nebyla nutná instalace dalších programů.

Příprava a import dat do databáze

Časově náročná část práce, která však byla klíčová pro celý systém projektu Mosquito, jelikož po dokončení těchto úkonů byl systém již mohl být otestován a následně uveden do ostrého provozu.

Nejprve bylo nutné do databáze importovat vrstvu tůní získaných z leteckého snímkování v březnu 2016. Vrstva byla vytvořena před začátkem řešení této diplomové práce. Zpracovateli práce byla předána ve formátu GeoJSON. Obsahovala 842 polygonových objektů. Každá tůně musela být přiřazena do patřičné oblasti a podoblasti výskytu (tomu předcházelo vytvoření 28 oblastí a 59 podoblastí formou digitalizace analogových map). Dále bylo nutné každému objektu přiřadit 34 atributů, z nichž čtrnáct bylo povinně vyžadovaných pro vložení do databáze. Například souřadnice ve formátu WKT či velikost plochy.

Po sestavení vrstvy do výsledné podoby bylo přistoupeno k jejímu importu do databáze. Tomu předcházelo seznámení se s chodem systému a otestování importačních možností. Kvůli nejvyšší stabilitě byl použit SQL jazyk pro hromadné nahrání dat.

Beta testování

Po importu vrstvy tůní 2016 do databáze se již mohlo přistoupit k testování systému, zejména k tzv. beta testování mobilní aplikace pro sběr dat v terénu. Cílem testování bylo odhalit nedostatky ve funkčnosti a uživatelské přívětivosti. Zjištěné chyby byly předány autorovi aplikace, který je následně zpracoval a zabudoval do nové verze softwaru. Z důvodu opakovaného testování bylo nutné sestavit uživatelské scénáře, které umožní v totožném pořadí kroků kdykoliv znovu ozkoušení provést. Výčet scénářů, pomocí kterých byl některý nedostatek objeven, je uveden v kapitole 4.3.2 *Testovací scénáře*. Zbylé kroky jsou vloženy do přílohy (Příloha 2).

Identifikace tůní 2017

Účelem identifikací tůní (potenciálních komářích líhnišť) z leteckého snímkování provedeném nad Litovelským Pomoraví v březnu 2017 bylo vytvoření nové vrstvy odpovídající aktuální situaci v oblasti. Opět bylo otestováno více možností řešení. Nejprve byla použita metoda automatické klasifikace obrazu. Na základě zpracovatelem

vytvořených tréninkových ploch (50 ploch) algoritmus kategorizoval jednotlivé obrazové body do zadaných skupin (vodní plocha/ostatní). Výsledek klasifikace však byl značně nekorektní, proto nakonec tato možnost nebyla pro identifikaci tůní použita (obraz výsledku pro testovací oblast je umístěn v kapitole 4.4.1 *Klasifikace leteckých snímků*).

Druhou metodou byla ruční identifikace tůní, která zaručovala správnost výsledných ploch, avšak byla časově mnohem náročnější. Bylo nutné procházení jednotlivých snímků ve velkém přiblížení a ruční digitalizace zjištěných vodních ploch. Jejich celkový počet byl 866 tůní a 40 ploch tvořících síť vodních toků a významných potoků s nepřerušovanou vodní hladinou viditelnou na snímku. Oproti předchozímu roku 2016 nová vrstva tůní obsahuje polygony o rozloze 141,71 hektarů (o 35,03 ha více) a obvodu hranic 181,16 kilometrů (o 39,35 km více). Důvodem je zejména různé zpracování pořizování dat, kdy v roce 2016 byly některé zásadní vodní plochy opomenuty.

Nová vrstva tůní 2017 byla statisticky porovnána z hlediska rozlohy (Obr. 25) a délky hranic (Obr. 26) v jednotlivých oblastech Litovelského Pomoraví. Poté byly vyhodnoceny rozdílnosti mezi tůněmi 2016 a 2017. Nejprve změny ve velikosti ploch v oblastech (Obr. 27) a poté i odchylky v počtech tůní (Obr. 28).

Aktualizace tůní bude v následujících letech velice pravděpodobně pokračovat. Z tohoto důvodu bylo vhodné vytvořit automatizovaný proces pro jejich zpracování. Byly vytvořeny dva modely v prostředí ModelBuilder. První se zabývá výpočtem překryvů dvou vstupních vrstev (starší a novější tůně) a druhý jejich kombinací do nové datové sady pro potřeby databázového systému. Princip modelu překryvů je popsán na stranách 54-55, včetně jeho výsledků. Druhý model kombinace vrstev na stranách 56-57.

6.2 Prostorové analýzy

Prostorové analýzy byly provedeny nad daty získanými či používanými v první skupině cílů práce (*Tvorba a příprava dat*). Jednalo se o dvě vrstvy tůní vytvořených z dat leteckého snímkování z březnů 2016 a 2017. Datovou sadou, která byla použita pro výzkum elevačních vlastností území, byl Digitální model reliéfu páté generace (DMR5G), který byl poskytnut pro účely této práce v rámci projektu **MK DG16P02B014 (NAKI II): Kulturní dědictví krajiny Arcidiecéze olomoucké – výzkum, prezentace a management**, a to pouze v rozsahu Litovelského Pomoraví.

Rozsahem největší vykonanou analýzou byla predikce terénních depresí z DMR5G. Dále byly provedeny krajinné metriky popisující vodní tůně, analýzy průměrné nadmořské výšky tůní a vzdálenosti tůní od vodních toků.

Predikce terénních depresí

Cílem predikce terénních depresí bylo vyhledání potenciálních míst v reliéfu, jež jsou snižené oproti svému okolí a existuje zde tak riziko koncentrace vodní masy. Tedy míst, kde by mohlo docházet k vývoji komářích larev a následnému líhnutí. CHKO Litovelské Pomoraví je velice dynamickou oblastí, která je neustále utvářena zejména řekou Moravou a jejími častými rozlivy do okolí. Proto byla predikce implementována pro tuto problematiku.

Z posloupnosti většího počtu dílčích výpočtu byl sestaven model opět v prostředí ModelBuilder. Používá nástroje a procesy, které jsou uvedeny na stranách 56-57. Výsledkem je vrstva predikovaných tůní s vypočtenou hloubkou. Jelikož se jednalo o celkem komplexní řešení s velkým počtem mezikroků, bylo nutné model nejprve sestavit a ověřit nad testovacími oblastmi u Horky nad Moravou a kolem Mlýnského

potoka nedaleko jezera Poděbrady. V těchto oblastech model predikoval výskyt 296 a 222 depresí o různé hloubce. Klíčovým faktorem pro výskyt komářích lůhnišť ve vodní tůň je její hloubka minimálně 50 centimetrů (dle RNDr. Libora Mazánka, Ph.D. z KHSOL). Parametr splňuje 45, respektive jedenáct depresí (grafy Obr. 36 a Obr. 37). Predikované deprese byly porovnány s vrstvami tůň 2016 i 2017 (Tab. 7) pomocí modelu přeryvů popsaným v kapitole 4.4.3 *Postprocesní úprava dat*). Úspěšnost predikce výskytu tůň v testovacích oblastech v porovnání s daty získanými z leteckého snímkování je v rozmezí 73,0 % a 90,0 %. Výsledky predikce i procesu identifikace tůň byly následně ověřeny terénním průzkumem v obou testovacích oblastech. Pozitivní ověření výskytu deprese proběhlo v 71,1 % a v 90,9 % případů. Voda se v těchto depresích nachází v 60,0 %, respektive v 81,8 % případů predikce.

Po ověření funkčnosti a výsledků modelu, byl model použit pro výpočet depresí v záplavových zónách (Q5, Q20, Q100) řeky Moravy v kapitole 5.1.2 *Deprese v záplavových zónách řeky Moravy*. Byly vytvořeny vrstvy (nacházejí se na přílohovém DVD) predikovaných depresí pro každou z intenzit povodně. Výsledných polygonů je velké množství, avšak lze je jednoduše vyfiltrovat dle hloubky či rozlohy. Uživatel si tedy bude moci sám zvolit, které deprese ho zajímají.

Výsledky modelu byly porovnány s tůňmi 2016 a 2017 zjištěnými identifikací z leteckého snímkování s predikovanými depresemi, a to v zóně rozlivu Q100 řeky Moravy. Úspěšnost, se kterou se deprese shodují s tůňmi, se pohybuje v rozmezí 62,8-86,2 %.

Ostatní analýzy

Další prostorové analýzy popisují prostor Litovelského Pomoraví z hlediska charakteristik tůň. Graf (Obr. 41) ukazuje četnost průměrných nadmořských výšek vodních tůň, kde nejvíce zastoupené intervaly jsou 205-230 m n. m. S vyšší nadmořskou výškou již množství klesá. Každopádně graf rázně vyvrací názor, že Litovelské Pomoraví je rovina bez větších terénních změn.

Analýza vzdálenosti tůň od vodních toků (Obr. 42) ukazuje, že největší zastoupení vodních ploch je do vzdálenosti sta metrů od nejbližšího toku. Poté již křivka četnosti zásadně klesá směrem k minimálním hodnotám, což potvrzuje velkou závislost tůň na příčném vodním toku. Oblast Pomoraví je úzce provázaný systém.

Závěrečným výzkumem bylo provedení krajinných metrik charakterizujících obě vrstvy tůň 2016 i 2017. Vážený index průměrného tvaru plošek (AWMSI), Průměrný poměr obvod – plocha (MPAR), Index průměrné délky okrajů (MPE) a Index průměrné velikost plošek (MPS). Výsledky jsou prezentovány skrze grafy (Obr. 43, Obr. 46, Obr. 47, Obr. 48).

7 DISKUZE

Diplomová práce byla řešena v rámci projektu Mosquito, který se zabývá regulací komáří populace v Litovelském Pomoraví. První část cílů práce (kapitola 4 *Tvorba a příprava dat*) se obecně zaměřuje na sestavení datových sad, které jsou vloženy do systémové databáze a testování aplikací. Nespornou výhodou této skutečnosti je praktické využití výsledků, které budou dlouhodobě využívány Spolkem pro hubení komárů, Krajskou hygienickou stanicí Olomouckého kraje či obyvatelstvem žijícím v okolí Pomoraví. Na druhou stranu řešení bylo časově velice náročné s minimem prezentovatelných výstupů. To platí zejména pro část práce, ve které byla prováděna příprava a import dat do databáze (kapitola 4.2 *Příprava a import do databáze*). Bylo však nezbytné pro fungování systému Mosquito. To samé platí pro oddíl 4.3 *Beta testování*, ve kterém bylo vytvořeno množství testovacích scénářů, ze kterých však nelze vytvořit žádný tabelární výsledek ani statistické porovnání.

Při řešení problematiky mapových dlaždic byly vybrány čtyři nástroje (po dvou volně dostupné a placené), jež byly otestovány a porovnány. Prvotní myšlenkou tématu bylo nalezení alternativní metody k placenému softwaru MapTiler, který v té době platil za vedoucí produkt pro generování dlaždic, avšak jeho použití pro projekt Mosquito by byl velice nákladný. Nejprve byly vyzkoušeny varianty v ArcMap, které by však byly velice zdoluhavé a komplikované (s využitím Create Fishnet). Poté byla pozornost upnuta na QGIS, který podporuje instalaci širokého spektra pluginů určených i pro tvorbu dlaždic. Většina z nich však byla velice nespolehlivá. Osvědčily se pouze QTiles a GDAL2tiles (který není plugin, ale nástroj z knihovny GDAL). Z druhé možnosti je v tabulce výsledků uveden pouze jeden, jelikož nástroj neumožňuje volbu přílišného počtu parametrů renderování. MapTiler na druhou stranu umožňuje zvolení více možností převzorkování. V této práci byly vybrány pouze dvě – Bilinear a Nearest neighbor, které jsou obsaženy v ostatních porovnávaných produktech. Jelikož však téma dlaždic původně ani nebylo v cílech práce, bylo provedeno pouze ve stanovené míře detailu. Nebyly tedy prozkoumány naprosto všechny možnosti nastavení, ale byly vybrány pouze ty, jež byly vzájemně porovnatelné.

Proces identifikace tůní z leteckého snímkování byly vyzkoušeny dvě metody. Automatická klasifikace obrazu a ruční identifikace. Pro klasifikaci bylo vybráno opět volně dostupné řešení ve formě pluginu do QGIS. Výsledky však byly značně nekorektní, proto bylo rozhodnuto, že tato metoda nebude pro identifikaci použita, tudíž ani nebyla zjišťována její přesnost. Potenciálně mohly být otestovány další softwary a jiné algoritmy. Například taktéž bezplatný program SNAP.

Identifikace tůní byla nakonec provedena ručním zjišťováním vodních ploch ze snímků. Ve světě GIS lze zajisté najít i další způsoby, které by mohly být použity. Například automatické vyhledávání tůní na principu entropického modelování, jež provádí software Maxent (Maximum Entropy Modeling). Ten na základě již známých tůní a jejich vlastností vyhledává tůně nové. To by zajisté bylo zajímavé v budoucnu vyzkoušet. Podobně jako nástroj Whitebox GAT, který se zabývá prostorovými analýzami.

Důležitou datovou sadou pro vykonání prostorových analýz a modelů bylo DMR5G. Jedná se momentálně o nejpřesnější výšková data dostupná pro území České republiky. Průměrná chyba výšky je 18 cm v nezalesněném terénu a 30 cm v zalesněném. Tyto hodnoty mohou částečně zkreslit výsledky v této práci. Zejména u výstupů z modelu predikce terénních depresí. Předpovězený výskyt nemusí být přesný a zároveň některé

reálné sníženiny nemusí být odhaleny. Proto je v pojmenování modelu použito klíčový pojem predikce. Tedy stav, který nelze s naprostou jistotou zaručit. Svou roli hraje i stáří DMR5G (přibližně pět let). U dynamické krajiny Litovelského Pomoraví se v takovém případě může jednat o podstatný faktor.

Již zmíněný model predikce terénních depresí pracuje s územím, které je vymezeno velikostí povodní Q5/Q20/Q100. Tedy vypočítává (předpovídá) místa, kde se může po opadnutí povodně koncentrovat voda. Model by bylo zajímavé rozšířit o vstupní parametr výšky hladiny řeky v libovolném místě, pro který by byl vypočítaný rozliv, tedy oblast zájmu pro predikci. Avšak pokud by model pracoval s kompletním územím Litovelského Pomoraví, zadanými místy s výškou hladiny (zejména řeky Moravy) by muselo být vícero, jelikož rozdíl nadmořských výšek koryta Moravy na začátku Pomoraví a na konci, je více jak deset metrů. Pokud by byl tedy použit pouze jeden bod (hladinoměr), navíc na začátku oblasti, došlo by k nepravdivému zaplavení níže položených ploch. Muselo by být nejprve empiricky zjištěno vhodné rozmístění a počet vstupních bodů pro přesné výsledky modelu.

Námětem pro další pokračování práce by bylo hlubší prozkoumání fyzicko-geografických vlastností Litovelského Pomoraví v závislosti na výskytu tůní. Například jak spodní voda ovlivňuje výšku hladiny v jednotlivých tůních (v jakých časových intervalech hladina reaguje na zvýšení průtoku vodních toků). Dále by bylo možné predikovat výskyt přímo komářích líhnišť (místo s potvrzeným výskytem komářích larev) na základě typu podloží, oslunění, teploty vody a vzduchu, přítomnosti vegetace v okolí (les) a podobně. Zajisté by mohly být vykonané i další drobné analýzy (analýza shlukování), které již bohužel nešly z kapacitních důvodů zahrnout do této práce

Obě hlavní části diplomové práce, *Tvorba a příprava dat* i *Prostorové analýzy*, jsou velice prakticky zaměřené. První sekce se přímo podílí na kompletaci a zdokonalení systému Mosquito (aplikace, databáze), který bude hojně využíván. Výsledky z druhé části mohou být zase použity při praktickém procesu redukce komářích populace, jelikož zaměření analýz bylo konzultováno s RNDr. Libora Mazánka, Ph.D. z KHSOL, který jejich výsledky plánuje nadále využívat. Zejména model predikce terénních depresí.

8 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce byly tvorba a příprava dat pro systém mobilní a webové mapové aplikace, jejich otestování, včetně správné interakce s databází. Dále identifikace vodních ploch z leteckých snímků a sestavení prostorových analýz se zaměřením na další budoucí využití výsledků v boji s výskytem přemnožené komáří populace.

Práce byla zadána v rámci projektu Mosquito, který zahrnuje několik subjektů spolupracujících na společném zájmu, jímž je redukce množství komárů v Litovelském Pomoraví. Tato oblast je každoročně zaplavována roji hmyzu, z nichž největší starosti způsobují tzv. kalamitní druhy. Jedná se o druhy, které se jednou až třikrát ročně hromadně líhnou a množí. Oplozené samičky poté vyhledávají hostitele kvůli získání bílkovin z jejich krve pro vývoj vajíček (více v kapitole 3.2 *Charakteristika čeledi komárovití*). Každoročně se opakující neúspěšná situace donutila ke spolupráci starosty okolních, kteří založili Spolek pro hubení komárů. V koordinaci s Krajskou hygienickou stanicí přizvali ke spolupráci Katedru geoinformatiky, která dostala za úkol provedení leteckého snímkování Pomoraví (v březnu 2016 a v ten samý měsíc o rok později) a sestavení systému mobilní (určené pro terénní sběr dat) a webové mapové aplikace (pro prezentaci dat) fungující na pozadí zdrojové databáze. Přímo těmito uvedenými činnostmi se diplomová práce nezabývá.

Náplň řešení práce lze rozdělit do dvou skupin. V první části byly prováděny úkony nutné pro úspěšné fungování systému. Tvorba a příprava dat, které jsou v aplikacích zobrazovány, beta testování mobilního softwaru a spolupráce mezi dílčími jednotkami systému. Úvodní záležitostí bylo téma mapových dlaždic, tedy podkladových dat. Nejprve byly nastudovány standardy (WMTS, TMS) a procesy jejich tvorby. Poté byly zvoleny a otestovány programy a nástroje určené ke generování těchto datových sad, jejichž výsledky byly mezi sebou porovnány z hlediska rychlosti, velikosti, kvality a přesnosti.

Druhým krokem první části práce byla příprava a import dat do zdrojové databáze. Prvními vloženými daty byla vrstva tůní vytvořená před začátkem této práce z leteckého snímkování vykonaném v březnu 2016. Vrstva byla v neupraveném surovém formátu. Bylo tedy nutné ji nejprve zpracovat do požadované formy – převést souřadnice do formátu WKT, přiřadit jednotlivé tůně do oblastí i podoblastí a vložit veškeré požadované atributy (výčet v kapitole 4.2 *Příprava dat a import do databáze*). Revidovaná vrstva byla poté importována do databáze s využitím jazyka SQL.

V okamžiku, kdy databáze již obsahovala nějaké data, která se i zobrazovala v aplikacích, mohlo být přikročeno k testování systému, zejména k beta testování mobilní aplikace s platformou Android. Z důvodu nutného budoucího opakování testování v přesně stejném sledu kroků, byly vytvořeny tzv. testovací scénáře. Za pomoci nich byla aplikace, včetně její kooperace se zbytkem systému, detailně ozkoušena. Zjištěné chyby byly předány autoru aplikace, který je následně implementoval a vydal novou verzi softwaru, který bylo potřeba znovu otestovat a ověřit, zda se chybu podařilo opravit a zároveň nevznikla nějaká jiná.

Závěrečným krokem datové části bylo vytvoření nové, aktuální vrstvy tůní z leteckého snímkování provedeném v březnu 2017. Byly otestovány dvě metody – automatická klasifikace obrazu na základě tréninkových ploch a ruční identifikace. Výsledné tůně byly zhodnoceny a porovnány se staršími objekty z roku 2016. Kvůli výraznému urychlení budoucích kombinací a vzájemného hodnocení vrstev byly

navrženy dva modely v prostředí ModelBuilder. Modely překryvů a kombinace. Tato automatizace přinese výraznou úsporu času pro kohokoliv, kdo s daty bude nakládat.

Druhou hlavní skupinou cílů byly prostorové analýzy. Nejdůležitější z nich bylo sestavení modelu predikcí terénních depresí (sníženin) taktéž v aplikaci ModelBuilder. Tento model na základě vstupní plochy rozlivu (například dvacetiletá povodeň řeky Moravy) vypočítá z Digitálního modelu reliéfu DMR5G potenciální místa, kde by se mohla voda po opadnutí povodně udržet. Místa, kde by mohlo docházet k líhnutí komárů. Výsledky, včetně identifikovaných tůní 2017, byly následně ověřeny přímo v terénu.

Kromě tohoto modelu byly také vytvořeny vybrané krajinné metriky (například Vážený index průměrného tvaru plošek nebo Index průměrné délky okrajů) pro statistický popis polygonových tůní. Metriky byly v kapitole 5.2 *Ostatní analýzy* doplněny o výzkumy průměrné nadmořské výšky tůní a vzdálenost tůní od vodních toků. Záměrem těchto analýz bylo doplnění charakteristiky Litovelského Pomoraví a problematiky výskytu tůní.

Celá práce je navržena a zpracována tak, aby měla velké praktické využití. Systém mobilní a webové aplikace bude zajisté dlouhodobě používán velkým množstvím občanů. Modely a prostorové analýzy jsou zase mířeny pro tu část obyvatelstva, které se redukce množství komárů přímo dotýká. Zejména pro Krajskou hygienickou stanici Olomouckého kraje, jmenovitě pro RNDr. Libora Mazánka, Ph.D., který se návrhu modelů účastnil a koordinoval jejich tvorbu pro jeho další využití.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ArcČR® 500. ARCDATA [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>

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

BUTLER, H. The GeoJSON Format [online]. 2016, Srpen 2016, , 1 [cit. 2018-03-01]. ISSN 2070-1721. Dostupné z: <https://tools.ietf.org/html/rfc7946>

Congedo Luca [online]. 2016. [cit. 2018-03-20] Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). ČÚZK: Státní správa zeměměřictví a katastru [online]. Praha, 2017, 2010 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(davzqti2n0wzrbt2wqs4jeoc\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302](http://geoportal.cuzk.cz/(S(davzqti2n0wzrbt2wqs4jeoc))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302)

DMITRIJEV, Jurij Dmitrijevič. Hmyz známý i neznámý, pronásledovaný, chráněný. Přeložil Jan ZUSKA, přeložil Libuše ZUSKOVÁ, ilustroval Alena ČEPICKÁ. Praha: Lidové nakladatelství, 1987, 189 s. Žijeme na jedné planetě, sv. 1. ISBN (Váz.).

GDAL2Tiles Project. Klokan [online]. 2008 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.klokan.cz/projects/gdal2tiles/>

Joan Masó, Keith Pomakis and Núria Julià. OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard [online]. 2010, 2010-04-06, 7-11 [cit. 2018-03-03]. DOI: OGC 07-057r7. Dostupné z: https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35326

KRAMÁŘ, Jaroslav. Komáři bodaví – Culicinae (řád: Dvoukřídli – Diptera). Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1958, 285, viii s. obr. příl. Fauna ČSR, sv. 13. ISBN (Váz.).

KRAMÁŘ, Jaroslav, František KRAMPL, Jan JEŽEK, Jan KNOZ, František KUBÍČEK a Jan LELLÁK. Klíč vodních larev hmyzu. Editor Rudolf ROZKOŠNÝ. Praha: Academia, 1980, 521 s.

Mapové dlaždice. CEDA [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <http://www.ceda.cz/cs/produkty/rastrove-mapy/mapove-dlazdice/>

MBTiles Specification. GitHub [online]. 2018 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://github.com/mapbox/mbtiles-spec>

MCGAVIN, George. Hmyz: pavoukovci a jiní suchozemští členovci. V Praze: Knížní klub, 2005. Příroda v kostce. ISBN 80-242-1340-0.

Minimum bounding box. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 21. 11. 2017 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_bounding_box

O projektu DIBAVOD. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka: Oddělení geografických informačních systémů a kartografie[online]. Praha, 2017 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/17/o-projektu-dibavod.html?PHPSESSID=f11f3b4b8c2fb9d77fa0bc689e8105eb>

Patch Analyst. The Centre for Northern Forest Ecosystem Research [online]. Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, 2015, 2015 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/Patch5_2_Install.htm.

PETERKA, Jiří. Beta test. Computerworld [online]. 1992, 92(38) [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a92/a238c120.php3>

PhotoScan. Agisoft [online]. Petrohrad, 2017 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan_presentation.pdf

PhpMyAdmin: Bringing MySQL to the web. PhpMyAdmin [online]. 2018, 2018 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.phpmyadmin.net>

Pricing. <https://www.maptiler.com> [online]. 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.maptiler.com/pricing/>

QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS. QGIS [online]. 2018 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <https://qgis.org/en/site/about/index.html>

QTiles. GitHub [online]. 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://github.com/nextgis/QTiles>

SEDLÁK, Edmund. Zoologie bezobratlých. 2. přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2002. ISBN 80-210-2892-0.

Slíny a slínovce. Multimediální atlas hornin [online]. Brno, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: http://atlas.horniny.sci.muni.cz/sedimentarni/slin_slinovec.html

Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Charakteristika oblasti. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>

Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Geologie. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z:
<http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/geologie/>

Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Geomorfologie. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z:
<http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/klimaticke-pomery/geomorfologie/>

Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Vodopis. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z:
<http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/vodopis/>

Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Klimatické poměry. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z:
<http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/klimaticke-pomery/>

Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Flóra. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z:
<http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/flora/>

Správa CHKO Litovelské Pomoraví: Fauna. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z:
<http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/fauna/>

VOLF, Petr a Petr HORÁK. Paraziti a jejich biologie. Praha: Triton, 2007. ISBN 978-807387-008-9.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

- Příloha 1 Kompletní tabulka testování procesu generování dlaždic
Příloha 2 Uživatelské scénáře použité při beta testování mobilní aplikace Mosquito

Volné přílohy

- Příloha 3 Poster
Příloha 4 DVD

Popis struktury DVD

Adresáře:

- Metadata
- Text_Prace
- Poster
- Vystupni_Data
- Modely
- WEB

PŘÍLOHA 1

Tab. 1: Kompletní tabulka výsledků testování procesu tvorby dlaždic.

Program	Typ	Formát	Kvalita	Resampling		Cas [min:s]	Velikost [MB]
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	100	Nearest neighbor	12-20	1:42	331
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	100	Bilinear	12-20	1:56	308
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	90	Nearest neighbor	12-20	1:43	274
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	90	Bilinear	12-20	1:56	267
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	80	Nearest neighbor	12-20	1:24	235
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	80	Bilinear	12-20	1:32	224
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	50	Nearest neighbor	12-20	0:59	162
MapTiler	WMTS	PNG 8bit	50	Bilinear	12-20	1:12	153
MapTiler	WMTS	JPG	95	Nearest neighbor	12-20	0:41	146
MapTiler	WMTS	JPG	95	Bilinear	12-20	0:56	137
MapTiler	WMTS	JPG	85	Nearest neighbor	12-20	0:39	91,0
MapTiler	WMTS	JPG	85	Bilinear	12-20	0:54	86,2
MapTiler	WMTS	JPG	75	Nearest neighbor	12-20	0:38	71,3
MapTiler	WMTS	JPG	75	Bilinear	12-20	0:53	68,3
MapTiler	WMTS	JPG	50	Nearest neighbor	12-20	0:37	51,0
MapTiler	WMTS	JPG	50	Bilinear	12-20	0:51	49,7
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	100	Nearest neighbor	12-20	1:42	326,0
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	100	Bilinear	12-20	1:59	303,0
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	90	Nearest neighbor	12-20	1:43	270,0
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	90	Bilinear	12-20	1:53	263,0
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	80	Nearest neighbor	12-20	1:23	230,0
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	80	Bilinear	12-20	1:33	219,0
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	50	Nearest neighbor	12-20	0:58	157,0
MapTiler	MBTiles	PNG 8bit	50	Bilinear	12-20	1:11	148,0
MapTiler	MBTiles	JPEG	95	Nearest neighbor	12-20	0:36	141,0
MapTiler	MBTiles	JPEG	95	Bilinear	12-20	0:50	131,0
MapTiler	MBTiles	JPEG	85	Nearest neighbor	12-20	0:35	85,6
MapTiler	MBTiles	JPEG	85	Bilinear	12-20	0:49	81,1
MapTiler	MBTiles	JPEG	75	Nearest neighbor	12-20	0:33	66,0
MapTiler	MBTiles	JPEG	75	Bilinear	12-20	0:47	63,3
MapTiler	MBTiles	JPEG	50	Nearest neighbor	12-20	0:31	46,4
MapTiler	MBTiles	JPEG	50	Bilinear	12-20	0:46	44,6
Qtiles	WMTS	PNG	70*	*	12-20	4:10	698,0
Qtiles	WMTS	JPG	100	*	12-20	2:16	354,0
Qtiles	WMTS	JPG	90	*	12-20	2:12	147,0
Qtiles	WMTS	JPG	80	*	12-20	2:08	105,0
Qtiles	WMTS	JPG	70	*	12-20	2:09	86,4
Qtiles	WMTS	JPG	50	*	12-20	2:08	66,3
Qtiles	MBTiles	PNG	70*	*	12-20	6:53	1015
Qtiles	MBTiles	JPG	100	*	12-20	6:33	300
Qtiles	MBTiles	JPG	95	*	12-20	5:58	121
Qtiles	MBTiles	JPG	85	*	12-20	5:48	86,4

Qtiles	MBTiles	JPG	75	*		12-20	5:46	71,0
Qtiles	MBTiles	JPG	50	*		12-20	5:31	55,6
GDAL	TMS	PNG*		* Bilinear		12-20	8:11	377,0
Agisoft	WMTS	PNG	100*	Bilinear*		4:25**	748	748
Agisoft	WMTS	JPG	95*	Bilinear*		3:36**	161	161
Agisoft	MBTiles	PNG	100*	Bilinear*		3:56**	680	680
Agisoft	MBTiles	JPG	95*	Bilinear*		3:57**	114	114

PŘÍLOHA 2

Tab. 1: Zbytek testovacích scénářů, které nejsou uvedeny v textu práce.

Scénář	Krok	Uživatelská akce	Odezva systému	Systémová informace
1 Wi-Fi Off GPS Off	1	Mapové okno		
	2	Umístění nového bodu	Již popsany proces	-
	3	Vyplnění atributů	Vyplnění pouze některých atributů	-
	4	Uložení změn	Zobrazení vykřičníků u povinných atributů a neuložení změn	-
2 Wi-Fi Off GPS Off	1	Mapové okno		
	2	Vytvoření bodu	Již popsany proces	-
	3	Vyplnění atributů + uložení změn	Zejména povinných	-
	4	Přehledová tabulka	V mapovém okně kliknout na bod – objeví se přehledová tabulka	-
	5	Tužka úprav	Kliknout na tužku v pravém horním rohu přehledové tabulky	-
	6	Úprava atributů + uložení změn	Změna libovolného atributu a následné uložení změn	-
	7	Přehledová tabulka	Kontrola uložení změn	-
3 Wi-Fi Off GPS Off	1	Mapové okno		
	2	Přehledová tabulka	Poklikem na libovolný bod zobrazit přehledovou tabulku	-
	3	Otočení zařízení	Rotací displeje se tabulka netratí	-
	4	Zavření přehledové tab.	Poklikem na stejný bod dojde k zavření tabulky	-
4 Wi-Fi	1	Mapové okno		
	2	Vytvoření 2 bodů	Vytvoření včetně atributů	-

On GPS Off	3	Odeslání změn	Odeslání nově vytvořených bodů do databáze	-
	4	Databáze	V databázi se objeví patřičný počet řádků dle odeslaných bodů (-
5 Wi-Fi On GPS Off	1	Mapové okno		
	2	Vytvoření bodu	Již popsany proces, vytvoření včetně atributů	-
	3	Vypnutí systému Android	Vypnutí zařízení bez předešlého odeslání změn do databáze	-
	4	Zapnutí aplikace	Zapnutí systému a poté aplikace	-
	5	Mapové okno	Vstup do mapového okna	-
	6	Odeslání změn	Odeslání bodů vytvořených před vypnutím systému	-
6 Wi-Fi On GPS On	7	Databáze	Zobrazení patřičného počtu řádku (došlo k odeslání i fotografií, pakliže byly vytvořeny)	-
	1	Mapové okno		
	2	Vytvoření bodu	Pomocí možnosti vytvoření bodu z aktuální polohy GPS	-
	3	Zadání atributů + uložení změn	Převážně povinných a následné uložení změn	-
7 Wi-Fi On GPS Off	4	Mapové okno	Kontrola přesnosti umístěného bodu v prostoru	-
	1	Mapové okno		
	2	Editace atributů	Změna atributů již pořízeného bodu – konkrétně vytvoření jedné fotografie	-
	3	Uložení změn	Pospaný proces + odeslání změn	-
8 Wi-Fi On GPS Off	4	Databáze	Nový záznam má uvedenou jednu fotografii	-
	1	Atributová tab.	Atributová tabulka bodu	-
9 Wi-Fi On GPS Off	2	Diakritika	Kontrola diakritiky u všech možností atributů ve výběr. polích	-
	1	Atributová tab.	Vytvoření prvku, libovolné zadání všech atributů, uložení změn – opakované testování při různých obměnách	-
9 Wi-Fi On GPS Off	2	Přehledová tabulka	Kontrola diakritiky a správnosti zápisu atributů v přehledové tabulce (například atributy L1-L4 obsahují NE/Málo/Hodně – nikoliv 0/1/2) – opakované testování při různých obměnách	-

