

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**NÁVRH IMPLEMENTACE PROJEKTU MAPANT
PRO TVORBU MAP PRO ORIENTAČNÍ
BĚH V ČESKU**

Bakalářská práce

Josef KUBEČEK

Vedoucí práce Mgr. Radek Barvíř, Ph.D.

Olomouc 2026

Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zaměřuje na automatizaci procesu tvorby map pro orientační běh s důrazem na zpracování volně dostupných datových sad v Česku. Metodika výběru dat a technického řešení vychází z již existujících, podobných prací, které byly vytvořeny pro realizaci projektu MapAnt. Práce implementuje principy těchto prací na data leteckého laserového skenování a na datové sady dostupné v Česku. Zpracování dat probíhá pomocí skriptu napsaného v jazyce Python. Filtrace atributů a tagů ZABAGED® a OpenStreetMap vychází ze znakového klíče ISOM 2017-2. Na základě filtrace a testování výstupních map pak vznikne optimální kombinace vstupních dat, která umožňuje vykreslení co možná nejlepšího výstupu.

Práce se zaměřuje i na hodnocení datových zdrojů a zohledňuje variabilitu lokalit. Proto je výstupem aplikace s grafickým rozhraním, která umožňuje generování mapy pro vybrané území a úpravu vstupních parametrů pro docílení co možná nejlepšího výstupu. Na základě porovnání map vytvořených pomocí aplikace s referenční mapou, vytvořenou tradičním způsobem, byla formulována doporučení týkající se výběru datových sad a jejich vrstev a atributů. Doporučení berou v potaz potřeby map pro orientační běh a rozličnost charakteristických lokalit v Česku a jsou tak obecně aplikovatelné. Mapový výstup je předpřipraven tak, aby bylo možné s ním nadále pracovat v jiných softwarech využívaných při tvorbě map pro orientační běh.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mapy pro orientační běh; automatizace; MapAnt

Počet stran práce: 54

Počet příloh: 10 (z toho 10 volných)

ANNOTATION

This bachelor's thesis focuses on automating the process of creating maps for orienteering, with an emphasis on processing freely available datasets in the Czech Republic. The methodology for data selection and the technical solution is based on existing, similar works created for the MapAnt project. This thesis applies the principles of those works to aerial LiDAR data and to datasets available in the Czech Republic. Data processing is performed using a script written in Python. The filtering of ZABAGED® and OpenStreetMap attributes and tags is based on the ISOM 2017-2 specification. Based on the filtering and testing of the output maps, an optimal combination of input data was determined, which allows for the rendering of the best possible output.

The work also focuses on evaluating data sources and considering the variability of locations. Therefore, the output is an application with a graphical interface that allows for the generation of a map for a selected area and the adjustment of input parameters to achieve the best possible output. Based on a comparison of maps created using the application with a reference map created using traditional methods, recommendations were formulated for the selection of data sets and their layers and attributes. The recommendations also considerate the needs of orienteering maps and the diversity of characteristic locations in the Czech Republic and are thus generally applicable. The map output is pre-prepared so that it can be further processed in other software usually used for creating orienteering maps.

KEYWORDS

Orienteering maps; automation; MapAnt

Prohlašuji, že

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

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

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

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

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

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

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Radku Barvířovi Ph.D. za vstřícnost při konzultaci práce a postupů.

Za konzultaci ohledně technologického řešení děkuji Antonínu Kubečkovi.

Za poskytnuté mapy k testování děkuji osloveným klubům a správcům map.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Josef KUBEČEK**
Osobní číslo: **R23625**
Studijní program: **B0532A330011 Geoinformatika a kartografie**
Téma práce: **Návrh implementace projektu MapAnt pro tvorbu map pro orientační běh v Česku**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je pilotní implementace principu poloautomatizované generované map pro orientační běh na území Česka. Student nastuduje metodiku tvorby již existujících mapových aplikací projektu MapAnt v zahraničí (např. Estonsko, Švýcarsko, Finsko), následně analyzuje dostupnost zdrojových datových sad v Česku. Na základě rešerše a vlastních poznatků pak upraví existující či navrhne vlastní postup zpracování dostupných datových sad a aplikuje ji ve vybraných pilotních lokalitách pro vizualizaci krajiny se standardizovaným znakovým klíčem pro orientační běh. Funkčnost postupu následně ověří sestavením map těchto lokalit (o velikosti např. obce či SO ORP, dle výpočetní náročnosti). Prostřednictvím terénních šetření či porovnání s existujícími mapami bude postup zpracování dat kalibrovat s cílem minimalizovat pokles podrobnosti vůči mapám vytvářeným konvenčním způsobem prostřednictvím terénního mapování.

Text práce student zpracuje v souladu se závaznou šablonou pro kvalifikační práce KGI. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku a poster. Celou práci (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, poster a web) odevzdá student v digitální podobě na datové úložiště katedry. Do evidence STAG student odevzdá úplný text práce s přílohami, které určí vedoucí práce. Fyzicky student odevzdá pouze přílohy určené vedoucím práce.

Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] Bednařík, Libor, Krtička, Luděk, Langr, Jan (2024). *ISOM 2017-2 Mezinárodní specifikace Mapy pro orientační běh*, Revize 6, překlad s komentářem a doplňky platnými pro ČSOS. Dostupný z WWW: <https://metodika.orientacnisporty.cz/upload/2024/08/isom2017-2rev6cz.pdf>
- [2] Bednařík, Libor, Krtička, Luděk, Langr, Jan (2024). *ISSPrOM 2019-2 Mezinárodní specifikace Mapy pro orientační sprint*, Revize 6, překlad s komentářem a doplňky platnými pro ČSOS. Dostupný z WWW: <https://metodika.orientacnisporty.cz/upload/2024/08/issprom2019-2rev6cz.pdf>
- [3] Alonso, Manuel; Belda, Agustín; Varela, Javier; Tejada, Jesús; Jabato, Jesús. (2021). *Mapant Spain: an automatically generated orienteering map for Spain*. Abstracts of the ICA. 3. 1-2. DOI: 10.5194/ica-abs-3-136-2021. Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/357009014_Mapant_Spain_an_automatically_generated_orienteering_map_for_Spain
- [4] Trier, Øivind. (2015). *Automatic mapping of forest density from airborne LIDAR data*. *Geodesy and Cartography*. 41. 49-65. DOI: 10.3846/20296991.2015.1051342. Dostupný z WWW: https://www.researchgate.net/publication/281161625_Automatic_mapping_of_forest_density_from_airborne_LIDAR_data
- [5] Zentai, László. (2015). *Generalization Problems of Orienteering Maps*. DOI: 10.1007/978-3-319-17738-0_8. Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/300782947_Generalization_Problems_of_Orienteering_Maps
- [6] Semrád, Ladislav. (2021). *Kartografická vizualizace a mapy pro orientační běh*. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z WWW: <https://is.muni.cz/th/y8tfq/>

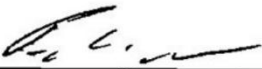
[7] VOŽENÍLEK, V. (2002). *Diplomové práce z geoinformatiky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Radek Barvíř, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **5. května 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2026**

L.S.

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



prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 9. října 2025

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE	12
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
2.1 Orientační sporty	13
2.2 Mapy pro orientační běh	14
2.2.1 Specifika map pro orientační běh	14
2.2.2 Přesnost map pro OB	16
2.2.3 Znakový klíč	16
2.2.4 Standardní proces tvorby	19
2.2.5 MapAnt	20
2.2.6 Nástroje pro automatizované vykreslení orientačních map	20
2.3 PODROBNÉ DATOVÉ SADY V ČR	22
2.3.1 OpenStreetMap	22
2.3.2 ZABAGED®	23
2.3.3 Digitální model reliéfu 5. generace	23
2.3.4 Digitální model povrchu 1. generace	24
2.3.5 Digitální model povrchu z obrazové korelace	24
2.3.6 Registr územní identifikace, adres a nemovitostí	25
2.3.7 Další zdroje dat	25
3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	27
3.1 Jazyk a prostředí	27
3.2 Stahování dat ČÚZK	27
3.3 Práce s bodovým mračnem	27
3.4 Filtrace dat z vektorových datových sad	28
3.5 Export vektorových dat	29
3.6 Import vektorových dat do OpenOrienteeringMapper	29
4 ALGORITMIZACE APLIKACE	30
4.1 Vstupní data DMR a DMP	30
4.1.1 Import dat uživatelem	30
4.1.2 Stahování dat z ČÚZK	30
4.2 Zpracování bodových mračen a interpolace povrchů	31
4.2.1 Digitální model reliéfu a povrchu	31
4.2.2 Generování a filtrace vrstevnic	32
4.2.3 Detekce skalních srázů	32
4.2.4 Detekce prohlubní a kupek	33
4.2.5 Klasifikace vegetace	33
4.3 Vektorová data z veřejných datových sad	33
4.3.1 Stahování dat OSM	34
4.3.2 Import dat ZABAGED®	34

4.3.3	Import dat z jiného datového zdroje	34
4.3.4	Prioritizace datových sad	35
4.4	Znakový klíč	35
4.4.1	Funkce pro převod mezi metry a body	36
4.4.2	Definice znaků a jejich parametrů.....	36
4.5	Export a georeference.....	38
4.5.1	Export do PNG souboru.....	38
4.5.2	Export do GPKG souboru	38
4.6	CRT soubor pro import do OpenOrienteeringMapper	39
5	TESTOVÁNÍ.....	40
5.1	Postup testování	40
5.1.1	Testování dat ZABAGED® a OSM a dat vytvořených z DMR.....	40
5.1.2	Testování dat bodových mračen	40
5.2	Hodnocení dat ZABAGED® a OpenStreetMap	41
5.3	Hodnocení dat bodových mračen	48
6	VÝSLEDKY A VÝSTUPY	50
7	DISKUZE	52
8	ZÁVĚR	54
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	PŘÍLOHY	

Zkratka	Význam
AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
Bpv	Balt po vyrovnání
CRT	Certificate File
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DIBAVOD	Digitální Báze Vodohospodářských Dat
DMP	digitální model povrchu
DMP OK	digitální model povrchu z obrazové korelace
DMR	digitální model reliéfu
GIS	geografický informační systém
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPKG	Geopackage
GPS	Global Positioning System
IOF	International orienteering federation
ISOM	International Specifications for Orienteering Maps
ISSprOM	International Specification for Sprint Orienteering Maps
KN	ktastr nemovitostí
KO	knock-out
LiDAR	Light Detectoin And Ranging
LOB	lyžařský orientační běh
MTBO	mountain bike orienteering
OOM	OpenOrienteeringMapper
OSM	OpenStreetMap
OB	orientační běh
ODbL	Open Database License
PNG	Portable Network Graphic
PWG	PNG World File
px	pixel
RÚIAN	registr územní identifikace, adres a nemovitostí
S-JTSK	souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SHP	Esri Shapefile
TIN	triangulated irregular network
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
ZABAGED®	Základní báze geografických dat České republiky
ZM 5	Základní Mapa 1 : 5 000
ZM 10	Základní Mapa 1 : 10 000

ÚVOD

Příprava podkladů pro mapy pro orientační běh je nedílnou součástí práce mapáře. V posledních letech je snahou každého mapáře si co nejvíce zjednodušit práci. K tomu dopomáhají jednak veřejné datové sady a možnost jejich využití, ale i nástroje, které dokážou automaticky zpracovat data například z leteckého laserového skenování. Stejně tak je v zájmu závodníka být připraven za samotný závod nejen fyzicky, ale i teoreticky. V místě, které ještě nebylo zmapováno pro orientační běh, je poptávka po jakékoliv dostupné mapě.

Automaticky generované mapy z volně dostupných dat jsou nejpřirozenější cestou, jak dosáhnout náhledu na prostor mapované oblasti bez osobní znalosti terénu nebo terénního šetření. Projektů zabývajících se touto problematikou je v mezinárodním prostředí hned několik. Problémem jsou ale lišící se datové sady v různých zemích světa.

Tato práce aplikuje osvědčené metody ze světových projektů na české prostředí a datové sady v něm dostupné. Zároveň srovnává dostupné datové sady a zaměřuje se na výběr vhodných dat a jejich kombinaci tak, aby bylo možné docílit co nejpřesnějšího a nejpodrobnějšího mapového výstupu, který zároveň odpovídá znakovému klíči ISOM 2017-2. Na základě těchto poznatků pak mohla vzniknout aplikace optimalizující obsah výsledné mapy pro českou krajinu za použití volně dostupných datových sad.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je pilotní implementace principu poloautomatizovaně generovaných map pro orientační běh na území Česka. Na základě nastudované metodiky tvorby již existujících mapových aplikací projektu MapAnt apod. v zahraničí (např. Estonsko, Švýcarsko, Finsko). Výstupy zmíněných projektů slouží jako podklady pro práci mapářů nebo k přímému využití v tréninku orientačních sportovců. Cílem práce je tedy popis již existujících a návrh vlastních metod poloautomatické tvorby map pro orientační běh.

Již existující řešení jsou tvořena tak, aby je bylo možné aplikovat na data nejen v zemi jejich původu. Programy proto pracují převážně s daty z OpenStreetMap (OSM) a místními modely reliéfu a povrchu. V českém datovém prostředí tato řešení nefungují vždy stoprocentně a ve většině případů je nutná předpříprava dat v geografickém informačním systému (GIS). Zároveň také v Česku existují přesnější a podrobnější datové sady, které by bylo možné využít a implementovat do poloautomatizovaně generovaných map.

Práce má tedy za cíl navrhnout takové řešení, které bude schopné zpracovat do následného výstupu co nejefektivněji data dostupná v českém prostředí.

Jedním z klíčových prvků je také práce s otevřenými daty. Výsledná aplikace bude pracovat primárně s daty, která jsou veřejně dostupná a zdarma. Druhým pilířem je snaha vyhnout se co nejvíce práci a předpřípravě dat v komplexních GIS softwarech, se kterými není cílový uživatel zvyklý běžně pracovat. Všechna data nebo alespoň ta klíčová budou zpracována pomocí skriptu. Některé datové sady bohužel není možné zpracovat za pomoci jednoduchého kódu, ale byly by vhodné pro použití, protože jsou velmi podrobné a přesné. Takovéto vrstvy je jednodušší předpřipravit v GIS a následně použít jako vstup jen vhodnou část z nich. Pro takovéto případy bude umožněn vstup přímo daných vrstev do aplikace. Bude ale stále dbáno na to, aby byla aplikace jednoduše ovladatelná a srozumitelná.

Výstupem již existujících řešení jsou i generované mapy pro území celého státu, či jiného většího území. Tento výstup ale není cílem této práce a nebude proto z důvodu časové, výpočetní i technické náročnosti pro oblast celého Česka v této fázi realizován. Budou ale vytvořeny ukázkové mapy pro vybrané testovací lokality. Lokality budou vybírány tak, aby pokryly různorodost české krajiny a nastínily tak podobu výstupu v lokalitách s podobnou charakteristikou.

Práce přinese i nové poznatky týkající se zdrojů dat pro jednotlivé prvky obsahu mapy. S tím souvisí informace a doporučení, jak a odkud tato data čerpat. Díky porovnání vygenerovaných map s mapami již existujícími bude možné zhodnotit i kvalitu z hlediska přesnosti a podrobnosti použitých dat. Právě na základě srovnání bude možné zhodnotit, zda jsou vybrané použité datové sady vhodné pro poloautomatické generování map pro OB. Protože stávající řešení byla vybudována nad jinými než českými daty, bude nutná optimalizace některých přejímaných postupů. Z toho vyplynou další informace o tom, jak přistupovat k některým vybraným datovým sadám.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Částečná automatizace tvorby map pro orientační sporty je přirozenou součástí snahy o zjednodušení práce při mapování. V současnosti existuje několik technologických řešení, která vycházejí z podobných principů. Z toho vyplývají podobnosti i určité rozdíly v kvalitě provedení, ale i v obsahu jednotlivých výstupů. Velký rozdíl je pak v tom, jaké datové sady jsou v daných státech dostupné. Poloautomaticky generované mapy jsou hojně využívány mapáři pro orientační běh (OB). Jednak slouží generovaná mapa jako náhled na charakter mapovaného území a také je následně využita jako jeden z podkladů, nad kterým pracuje mapář při práci v terénu.

Dostupná technologická řešení a zejména datové zdroje nejsou v žádném případě dokonalé a generované výstupy tak nemohou posloužit jako plnohodnotná mapa využitelná pro závod v OB. Takováto mapa ale může být, i přes nedokonalosti, využita například pro trénink nebo jako již zmíněné podklady pro mapáře (Petrovič, 2014).

2.1 Orientační sporty

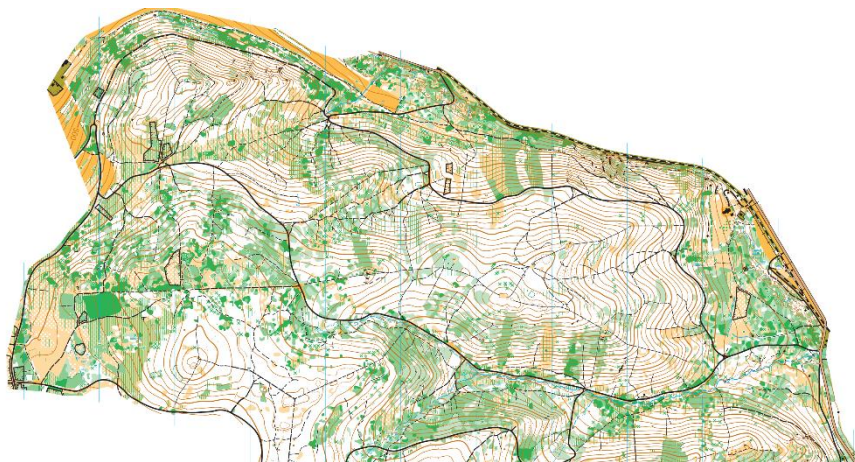
Historie orientačních sportů začíná v první polovině 20. století. O té doby prošly orientační sporty velkými změnami. Z původních závodů tříčlenných hlídek a spojení s edukací se vyvinul výkonnostní sport. Orientační sporty spojují pohyb se schopností orientace v prostoru za mnohdy velké rychlosti. Princip závodu spočívá ve snaze sportovce realizovat co nejrychleji trasu mezi kontrolními body vyznačenými v mapě. Kontrolní body jsou v terénu označeny oranžovo-bílými lampiony a závodník tzv. orazí kontrolní jednotku čipem, který má upevněný na ruce (Obr. 1). Ražení je ve většině případů již řešeno bezkontaktně a čip stačí přiblížit ke kontrolní jednotce na několik desítek centimetrů. Díky tomuto systému je také zapotřebí i správné fungování všech systémů souvisejících s ražením (Bolechová, 2016).



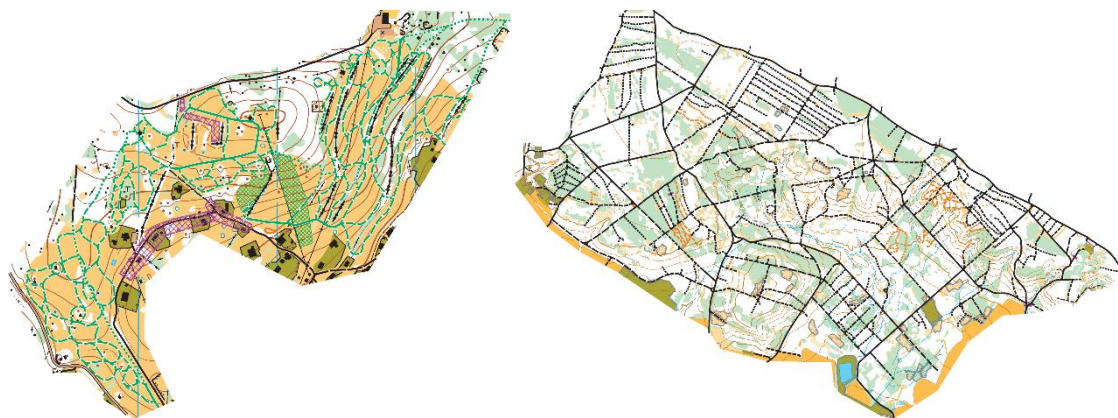
Obr. 1 Oražení kontrolní jednotky (autor: Frank Weyler).

U orientačních sportovců jsou kladeny nároky jak na fyzickou výkonnost, tak ale i na psychickou stránku přípravy, ale i na zkušenosti s prací s mapou a rozdílnými terény. Velkým rozdílem oproti jiným sportům je fakt, že sportovec nezná předem přesnou trasu závodu a je tak nucen být všestranně připraven. Dnes jsou hlavními disciplínami orientačních sportů orientační běh (OB), mountain bike orienteering (MTBO), lyžařský

orientační běh (LOB) a Trail-O (ČSOS, 2025). Jednotlivá odvětví orientačních sportů se liší i používanými znakovými klíči (Obr. 2 a 3).



Obr. 2 Mapa pro OB (zdroj: livelox.com).



Obr. 3 Mapa pro LOB vlevo a pro MTBO vpravo (zdroj: livelox.com).

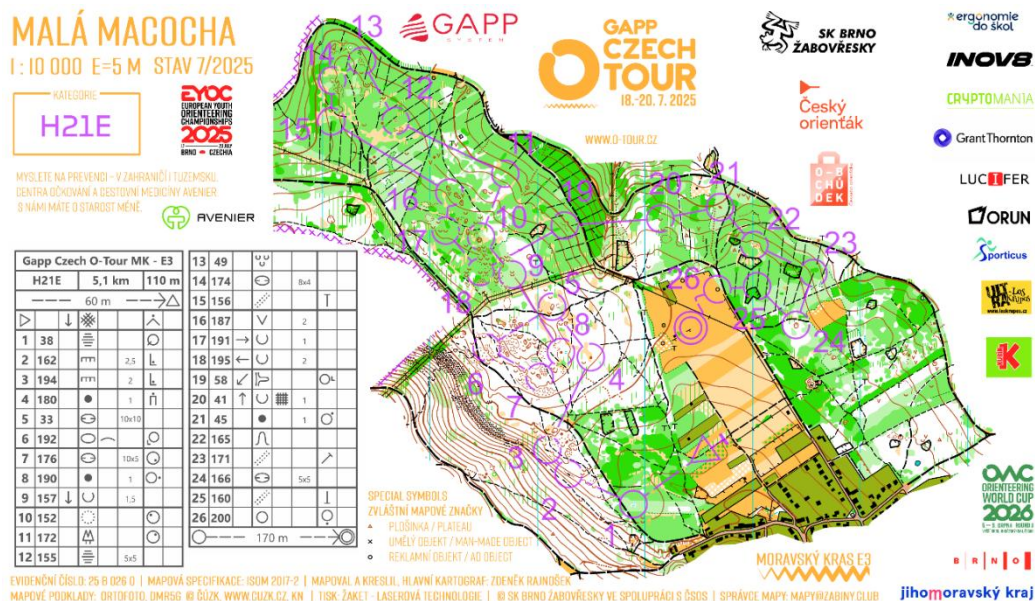
Pro tuto práci je podstatný samotný OB a mapy s ním svázané. OB byl velmi dlouhou dobu výhradně lesním sportem. Dnes je trendem celý sport zrychlovat a s tím je spojený přesun části závodů a disciplín do městských prostor. V lesních prostorách se závodí ve dvou základních disciplínách: na klasické trati a na krátké trati. Ve městě se pak běhají sprinty a knock-out (KO) sprinty. Lesní i městské závody mají i své štafetové varianty. Obdobné disciplíny najdeme u MTBO a LOB. OB se v posledních letech přesouvá také do vnitřních prostor budov, které nabízejí spletné chodby a více poschodí a jsou tak ještě více náročné na psychickou stránku výkonu. I pro tento typ OB tzv. indoor vznikají specifické znakové klíče.

2.2 Mapy pro orientační běh

2.2.1 Specifika map pro orientační běh

Mapy pro OB jsou velmi specifické. Ve srovnání s dalšími kartografickými díly jsou velmi podrobné a na první pohled nerovnoměrně zaplněné v závislosti na charakteru terénu. Míra jejich zaplnění závisí na morfologické členitosti terénu, míře zásahů člověka do krajiny a je také značně determinována měřítkem mapy. Pro lesní disciplíny se používá výchozí

měřítko mapy 1 : 15 000, případně, a dnes již běžně pro závody kratší distance, je mapa zvětšena do měřítka 1 : 10 000 (Obr. 4), resp. 1 : 7 500 z důvodu lepší čitelnosti pro děti a starší věkové kategorie závodníků (Lenhart, 2020).



Obr. 4 Mapa Malá Macocha 1 : 10 000 (2025) s trati (zdroj: livelox.com).

Historicky se pracovalo s měřítky menšími, ale s vývojem sportu a postupným zrychlováním a zkracováním jednotlivých disciplín se zvyšuje míra podrobnosti map a potřeba větších měřítek. Zároveň s tím ale přichází nutnost správné generalizace. Mapa musí být uzpůsobena k přesnému čtení i za velké rychlosti. Orientační běžci musí dostat informaci stručně a jasně tak, aby byli schopni rychle zhodnotit situaci na trati (Bednařík a kol., 2024). S přesunem sportu do městských prostor byly také zavedeny větší měřítka a s nimi i znakový klíč pro sprintové disciplíny. Jednalo se o měřítko 1 : 5 000 a dnes používané měřítko 1 : 4 000 (Obr. 5).



Obr. 5 Mapa Moja 1 : 4 000 (2025) s trati (zdroj: livelox.com).

Mapy pro OB jsou, oproti jiným mapám, zpravidla orientovány k severnímu magnetickému pólu. S orientací mapy souvisí i charakteristické tzv. severojižní čáry, které směřují k magnetickému severnímu pólu. Pro orientaci závodníka v prostoru pomocí busoly je tento znak nepostradatelný. Magnetická deklinace se v Česku pohybuje okolo 5 ° v závislosti na lokalitě. Ve skandinávských zemích je tato hodnota ještě vyšší. Z tohoto důvodu je nutné dbát na správnou orientaci mapy (Jankovičová, 2013).

2.2.2 Přesnost map pro OB

Nezbytnou součástí mapování pro OB je práce se zařízeními, která jsou schopna pracovat s daty z Global Positioning System (GPS), respektive jinými globálními navigačními satelitními systémy (GNSS). Mapaři dnes běžně používají při terénním průzkumu GPS zařízení pro zpřesnění práce. Díky tomu se zvyšuje dosažitelná přesnost objektů v mapě, a to i přes odchylky v řádu metrů kvůli, které měření mohou obsahovat z důvodu omezené dostupnosti signálu při práci se zařízením v lesním prostředí. Kvůli generalizaci a jiným úpravám při tvorbě mapy ale mnohdy dochází k posunu jednotlivých objektů. Než přesnost absolutní, tj. topografická poloha objektu zaměřená pomocí GPS zařízení, je pro mapy pro OB mnohem důležitější přesnost relativní, tj. pozice důležitých objektů v terénu vůči sobě (Zentai, 2014).

2.2.3 Znakový klíč

Znakový klíč pro mapy pro OB se neustále vyvíjí a neustále se přizpůsobuje novým trendům. Stejně jako u jiných map, platí i pro OB, že znaky musí být dobře čitelné a dobře rozeznatelné i za velmi rychlého běhu. Znakový klíč je celosvětově jednotný, obecně se jedná o International Specifications for Orienteering Maps (ISOM). Liší se znakový klíč pro sprintové mapy (aktuálně ISSprOM 2019) a znakový klíč pro lesní OB (aktuálně ISOM 2017–2 s poslední revizí k 6. lednu 2024). Pro tuto práci bude vzhledem k měřítku mapovaných území a dostupných datových sad vycházeno z ISOM 2017–2 (Bednařík, 2024).

Cílem samotné Mezinárodní specifikace pro orientační mapy (ISOM) je poskytnout mapovou specifikaci, která je schopna pokrýt velkou různorodost terénu po celém světě, kde se v OB závodí. Tyto specifikace úzce souvisí s pravidly pro závody v orientačním běhu Mezinárodní federace orientačního běhu (IOF, 2024).

Zásady znakového klíče jsou dodržovány, ale právě kvůli různorodosti mapovaných terénů je jeho užití přizpůsobováno specifikům lokality, za účelem dosažení co nejlepší čitelnosti mapy. V souvislosti s tímto faktem vznikají typické styly mapování např. pro severské oblasti nebo pro oblasti českých pískovcových skalních měst (Král, 2014).

Tvary reliéfu

V rámci přesného popisu průběhu terénu obsahuje znakový klíč velký počet znaků vyjadřujících tyto tvary. Kromě vrstevnic se jedná o znaky pro malé kupky tvořené zpravidla zeminou, znaky pro různé typy terénních depresí a erozních rýh. Znakový klíč pokrývá i objekty liniového charakteru, jako jsou zemní valy a zemní srázy. Dále se jedná pro znaky pro skalní útvary, které znázorňuje buď liniově, nebo bodově. Jedná se o skalní srázy a větší či menší balvany volně vystupující nad volný průběh terénu (Obr. 6).

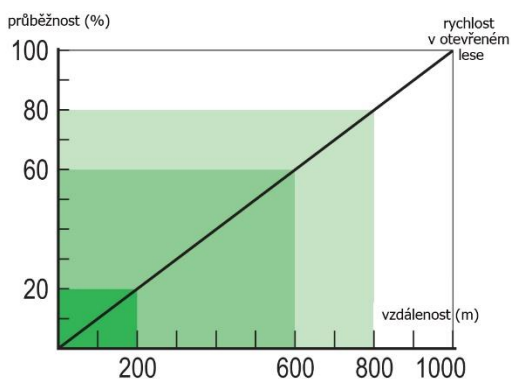
	101 - vrstevnice		110 - mělká rýha
	102 - hlavní vrstevnice		111 - kupka
	103 - pomocná vrstevnice		112 - malá kupka
	104 - spádnice		113 - protáhlá kupka
	105 - vrstevnicová kóta		114 - prohlubeň
	106 - sráz		115 - malá prohlubeň
	107 - hráz		116 - jáma
	108 - malá hráz		117 - rozbitý povrch
	109 - rýha		118 - zvláštní terénní objekt

	201 - neschůdný sráz		207 - velký balvan
	202 - skalní masiv / stěna		208 - balvanové pole
	203 - schůdný skalní sráz		209 - shluk balvanů
	204 - kamenná jáma		210 - kamenitý povrch
	205 - jeskyně		211 - otevřený písčitý povrch
	206 - balvan		212 - holá skála

Obr. 6 Základní útvary reliéfu (zdroj: Zimmermann, 2012).

Vegetace

Znakový klíč pro mapy pro OB rozlišuje z podstaty orientačního běhu lesní porosty podle míry průběžnosti. Samotný les se značí znakem 405: *Les*. Pro znázornění rychlosti pohybu v lese využívá ISOM 2017-2 odstíny zelené, kdy se s tmavšími odstíny zelené se průchodnost lesa zhoršuje. Jsou využívány tři odstíny zelené (Obr. 7).



Obr. 7 Uražená vzdálenost v závislosti na průběžnosti porostu.

Z definicí ISOM 2017-2 také vyplývá, že odstín zelené souvisí i s viditelností v lese. Podle tohoto parametru se následně rozlišují dva typy znaků. V lese se špatnou viditelností (zpravidla stromy různého věku) se využívají znaky 406 *Vegetace: pomalý běh*, 408 *Vegetace: chůze* a 410 *Vegetace: prodírání* v závislosti na průběžnosti (Obr. 8).

<i>bílá</i>	405 - les: snadný běh
	406 - les: pomalý běh
	407 - podrost: pomalý běh
	408 - les: obtížný běh
	409 - podrost: obtížný běh
	410 - porost: velmi obtížný běh, neprůchodný

Obr. 8 Porovnání znaků 405–410 (zdroj: Zimmermann, 2012).

Pokud je viditelnost v lese dobrá (např. vzrostlý smrkový les s vyšším ostružinovým podrostem) jsou využity znaky 407, nebo 409 opět v závislosti na průběžnosti lesa. Tyto symboly pak značí průběžnost odpovídající znakům 406 a 408.

Otevřený prostor

Otevřený prostor je znakovým klíčem ISOM 2017-2 popisován jako prostor s travním porostem nebo jemu podobným. Znakový klíč specifikuje také znak pro divoký otevřený prostor. Ten je charakterizován jako vřesoviště, vykácené plochy, nebo jiná obecně otevřená půda s nerovnoměrnou terénní vegetací. Dále existují znaky pro otevřený prostor s roztroušenými stromy nebo keři s jeho ekvivalent pro divoký otevřený prostor (Obr. 9). Tyto znaky mají široké využití a mnohdy mohou být svým využitím zaměňovány mezi sebou. Znak 404: divoký prostor s roztroušenou vegetací je také často používán pro plochy s nerovnoměrným mladým porostem a může být využit pro mapování prostoru podobné průběžnosti, jako definuje znak 408. Užívání těchto znaků je velmi subjektivní a záleží na zhodnocení charakteru terénu a dané situace mapářem.

	401 – Otevřený prostor
	402 – Otevřený prostor s rozptýlenými stromy
	403 – Divoký otevřený prostor
	404 – Otevřený prostor s rozptýlenými stromy

Obr. 9 Znaky pro otevřený prostor.

Vodní tělesa a toky

Z potřeb orientačního běhu je pro znakový klíč nutné rozlišovat překonatelnost vodních těles a toků. Klíč tak pracuje s klasifikací na nepřekonatelný, obtížně překonatelný a bezpečně překonatelný objekt. Tyto dvě třídy se liší barvou výplně a obrysem u vodních ploch. Pro malé vodní toky jsou využívány znaky liniové, rozlišené šířkou a strukturou dle jejich šířky a sezónnosti toku (Obr. 10).

	301 - jezero
	302 - rybníček
	303 - jáma s vodou
	304 - nepřekonatelná řeka, brod
	305 - překonatelný vodní tok
	306 - překonatelný malý vodní tok
	307 - malý vodní příkop

Obr. 10 Vodní tělesa a toky (zdroj: Zimmermann, 2012).

Silnice, cesty a umělé objekty

Objekty uměle vytvořené člověkem jsou znázorňovány znaky podobnými těm, se kterými se uživatel běžně setká u jiných map. Znaky cest a silnic nesou informaci o pevnosti povrchu a rychlosti pohybu po cestě. Pro budovy je pak využíván jednoduchý plošný znak. budovy jsou velmi často generalizovanou složkou map pro OB, protože nejvíce vizuálně zatěžují mapu.

Výraznou složkou dnešních map pro OB jsou lesní oplocenky, kterých s vysokou mírou těžby přibývá. Znak pro tyto objekty je shodný se znakem pro ploty a opět může rozlišovat plot překonatelný a plot, který není povoleno překonat.

2.2.4 Standardní proces tvorby

Pro tvorbu map pro OB jsou standartně využívány softwary OCAD (proprietární, dostupný na základě licence) a OpenOrienteeringMapper (open source). Standardní postup pro tvorbu mapy pro OB a kvalita mapování vychází z použití správných podkladů. Zpřesnění mapy a zanesení většiny objektů do mapy je pak součástí terénního průzkumu. Dnes je pro práci mapáře nezbytnou součástí výbavy velmi přesný GPS přijímač. Proces tvorby mapy se velmi měnil s kvalitou dostupných podkladů. Velký posun v podrobnosti podkladů přišel hlavně s dostupností dat leteckého laserového snímkování (Jankovičová, 2013).

Jako podklady pro lesní OB mapy jsou v Česku zpravidla využívány tyto tři základní datové sady: DMR 5G, ZM 10 a Ortofoto ČR. Pomocí digitálního modelu reliéfu (DMR) jsou generovány vrstevnice. Ortofoto souží převážně jako podklad pro klasifikaci porostů, které jsou na snímcích velmi dobře rozpoznatelné. ZM 10 může sloužit jako podklad pro základní kresbu cest, budov a jiných topologických objektů. Kromě těchto dat jsou využívána i data OSM, digitálního modelu povrchu (DMP), nebo jiná dostupná data v lokalitě.

Práce mapáře je ale stále velmi zdlouhavou, zejména kvůli terénnímu průzkumu (mapování v terénu). Ten je stále nejvíce časově náročnou částí procesu tvorby mapy. To souvisí i revizí mapy, která je nedílnou součástí tvorby mapy pro OB. Revize je prováděna před finalizací mapy, těsně před tiskem. Kvalitní revize zabere zpravidla čtvrtinu času samotného mapování. Lenhart (2000) uvádí, že pro tvorbu 1 km² mapy je potřeba čas v rámci dnů až jednoho týdne v závislosti na charakteru prostoru, strávený přímo mapováním v terénu. Čas se s příchodem nových technologií, podkladových dat, a přesnějších GPS zařízení zkracuje.

2.2.5 MapAnt

MapAnt je původní označení automaticky generované OB mapy pro území celého Finska. Mapa vznikla za pomoci programu Karttapullautin (Jarkko Ryyppö, 2019). Později se tento nápad rozšířil i do dalších států. V současnosti (2025) existuje osm implementací poloautomaticky tvořené mapy pro území celého státu (MapAnt, 2025). Jedná jak o státy, kde mají orientační sporty dlouholetou tradici, tak i o země, kde se jedná o menší sport:

- [MapAnt Eesti](#) (Estonsko)
- [Mapant.fi](#) (Finsko)
- [Mapant.fr](#) (Francie)
- [Omap.nz](#) (Nový Zéland)
- [Mapant.no](#) (Norsko)
- [Mapant.es](#) (Španělsko)
- [Gokartor](#) (Švédsko)
- [Mapant.ch](#) (Švýcarsko)

Řešení jednotlivých států nejsou stejná a jednotná (Obr. 11).



Obr. 11 Porovnání MapAnt, zleva: Španělsko, Finsko, Švýcarsko, Estonsko.

To je dáno jednak technickou stránkou tvorby, kdy některá řešení vznikala pomocí zmíněného programu Karttapullautin, ale jiné třeba pomocí softwaru OCAD, který je běžně používán pro tvorbu map pro OB a má implementovanou část postupu pro generování podkladů automaticky. Řešení se liší také podle dat, která jsou v daných zemích dostupná. Řešení Karttapullautin i OCAD dokážou pracovat s daty z OSM, která ale nejsou dostatečně podrobná, a je potřeba je zpřesnit daty z lokálních datových sad. Ty jsou ale v zemích velmi odlišně podrobné, a ne všude dostupné stejným způsobem a v totožných formátech. Pro české prostředí MapAnt, jakožto plošně vygenerovaná mapa, zatím (2025) neexistuje. Existuje sada nástrojů řešících tento problém pomocí python skriptů a nástrojů v QGIS (verze 2.18). Toto řešení pracuje primárně s daty z laserového skenování v letech 2009 až 2013, daty z registru územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN) a OSM (Valeš, 2018).

2.2.6 Nástroje pro automatizované vykreslení orientačních map

Práce s daty z laserového skenování je v dnešní době běžnou součástí práce mapáře. Při správné úpravě je možné z těchto dat vyčíst velké množství informací. Ne vždy je ale možné jen z těchto dat určit správně o jaký objekt v prostoru se jedná, a je proto stále nutná správná klasifikace terénem průzkumem (Ditz a kol., 2014).

V současnosti je již navrženo několik řešení, která se zabývají automatickým zpracováním dat a následným vykreslením mapy pro OB. Nejznámějším řešením je

Karttapullautin, který byl vytvořen pro generování MapAnt ve Finsku. Jeho nástupci jsou Cassini

(Rio, 2024), vytvořený pro mapování Francie a společně s těmito řešeními je relativně nově implementováno zpracování dat z LIDAR i v softwaru OCAD. Pro české prostředí byla vyvinuta sada nástrojů pro QGIS, která pracuje podobně jako předešlé zmíněné aplikace (Valeš, 2018).

Karttapullautin

Program Karttapullautin vyvinul Jarkko Ryyppö. Pracuje s daty z laserového snímkování ve formátu LAS/LAZ pro bodová mračna. Z těchto dat jsou počítány a vykreslovány tvary reliéfu a průchodnost lesa na základě čísla odrazu. Dále umí pracovat s daty z OSM, které je nutné importovat, a vykreslit tak polohopisná data jako komunikace a vodstvo. Z hlediska znakového klíče pracuje Karttapullautin s převodníkem mezi znaky OSM a ISOM:

```
orchard|527|landuse=orchard
pitch|529|leisure=pitch
playground|529|leisure=playground
railway|504|rail!=
waterway|306|waterway!=
water|301|natural=water
water|301|water!=
road-path|503|highway=motorway&bridge!=yes
road-path|503|highway=motorway_link&bridge!=yes
road-path|503|highway=trunk&bridge!=yes
road-path|503|highway=trunk_link&bridge!=yes
road-path|503|highway=primary&bridge!=yes
road-path|503|highway=primary_link&bridge!=yes
```

Dále má Karttapullautin implementované řešení pro vykreslování dat z National Land Survey of Finland, které funguje na stejném principu, jako převodník mezi znaky OSM a ISOM:

```
building|526|DETALJTYP=HUS
building|526|DETALJTYP=HUSÖVR
building|526|DETALJTYP=KYRKA
footpath|507|DETALJTYP=ÖVÄGTRA.M
footpath|507|DETALJTYP=GÅGBRO.M
footpath|507|DETALJTYP=VANDLED
ditch|306|DETALJTYP=VATTDR.M
ditch|306|DETALJTYP=VATTF.Kditch|306|DETALJTYP=VTUB.M
```

Program také podporuje generování dávkovým zpracováním z komprimovaných souborů. Při práci s českými daty volně poskytovanými ČÚZK je velmi těžko použitelný z důvodu rozdílné klasifikace bodového mračna DMR 5G a s tím související nutnosti předpřípravy dat. Také je nutná předpříprava a spojení dat DMR a DMP, protože program

pracuje s jedním souborem bodového mračka a zpracovává ho na základě klasifikace bodů (Ryyppö, 2019).

Cassini

Cassini je inspirován procesy, na kterých je založen Karttapullautin. Tento program byl vyvinut primárně pro přípravu projektu MapAnt.fr. Na rozdíl od Karttapullautin používá knihovnu PDAL a díky tomu pracuje rychleji s daty pořízenými pomocí Light Detection And Ranging (LiDAR). Cassini také řeší problém s výskytem nechtěných artefaktů u okrajů generovaných ploch. Podporuje ovšem vykreslování jen omezeného množství znaků ISOM (cassini-map.com, 2025).

OCAD

OCAD, který je jedním ze dvou nejvyužívanějších softwarů pro tvorbu map pro OB podporuje nahrání dat ve formátu LAS/LAZ nebo i XYZ a následného generování různých podkladů jako je stínovaný reliéf, sklon nebo právě výška porostu. OCAD je proprietárním licencovaným softwarem. Je zde možnost automatického stažení dat z OSM dle aktuálního rozsahu dat a následné vykreslení ve znakovém klíči ISOM. Převod znaků mezi znakovým klíčem OSM a ISOM je zajištěn pomocí CRT (Certificate File) souboru, který slouží jako převodník a může vypadat např. následujícím stylem:

```
406 natural = wood
408 natural = wood AND (wood:age = young OR wood:age = very_young)
404 natural = wood AND wood:density = sparse
408 natural = wood AND wood:density = dense
```

Sada nástrojů automatic-creation-orienteeing-map

Jedná se o sadu modelů založených na nástrojích QGIS (verze 2.18). Nástroje byly testovány a adaptovány na česká data. Jednotlivé nástroje jsou schopny generovat znaky na základě vstupních dat z laserového snímkování. Výstupem jsou vrstvy základních prvků reliéfu používaných v mapách pro OB, tj. vrstevnice, malé kupky, větší balvany, skalní srázy a dokážou pracovat i se spádnici. Dále je možné za pomoci nástrojů generovat znaky pro porost, a to na základě jeho výšky. Součástí sady je také nástroj, který tvoří vrstvu vodních ploch na základě klasifikace dat z LiDAR. Z testování vyplývají poznatky o kolizích např. při generování kopek a větších balvanů, které je z dat LiDAR velmi složité rozlišit. Výstupy je následně třeba upravit v softwaru pro tvorbu map pro OB, tj. například OCAD nebo OpenOrienteeringMapper. Práce Automatizovaná tvorba mapy pro orientační běh z dostupných datových zdrojů (Valeš, 2018) však naráží na kvalitu a aktuálnost dostupných českých dat. Oba tyto problémy ale z části mizí v souvislosti s novou sadou DMP OK (ČÚZK, 2025). Autor se jen velmi okrajově zabýval prací s daty OSM, jejich stahováním a následným vykreslováním.

2.3 PODROBNÉ DATOVÉ SADY V ČR

2.3.1 OpenStreetMap

OpenStreetMap (OSM) je otevřená datová sada tvořena primárně komunitou přispěvatelů, kteří upravují a udržují data v OSM. OSM spadá pod otevřená data a jejich užití se řídí podmínkami licence ODbL (Open Data Commons, 2025). Podrobnost dat OSM je prostorově velmi nejednotná. To je dáno právě tím, že data jsou tvořena a upravována veřejností bez konkrétních požadavků na podrobnost nebo garanci přesnosti a správnosti.

To do map vnáší místní znalost a podrobnost, ale jen lokálně. Kvůli zásahu veřejnosti také často dochází k nepřesnostem a chybám (Zacharopoulou a kol., 2021).

Kvalita OSM se lokálně liší v závislosti na množství a schopnostech přispěvatelů, ale také dostupnosti ortofoto podkladů a podpůrných zdrojů pro regiony světa. Řídí se jednotným znakovým klíčem, díky kterému je každý objekt zakreslen příslušným znakem s jednotným identifikátorem. Identifikátory lze využít pro převod mezi jednotlivými znakovými klíči a pro stahování jednotlivých objektů. Další výhodou je globálnost. Právě z důvodu pokrytí a jednoduchého přístupu k datům a jejich stahování vychází většina stávajících řešení, alespoň v základním provedení, právě z dat OSM.

Kromě zákresu uživatelů vychází OSM z různých datových sad: satelitní snímky, letecké snímky, sítě infrastruktury atd. Jedná se o data postupně poskytnutá různými organizacemi. V Česku se jedná převážně o data od ČÚZK, ÚHÚL a AOPK ČR (OpenStreetMap wiki, 2020).

2.3.2 ZABAGED®

Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) je vektorový geografický digitální model území České republiky. Polohopisnou část ZABAGED® tvoří v současné době 140 typů objektů. Model pokrývá tematicky velkou škálu prvků od přírodních až po ty lidskou činností vytvořené. Objekty jsou reprezentovány dvourozměrnou vektorovou prostorovou složkou a popisnou složkou, obsahující kvalitativní a kvantitativní informace o objektech. ZABAGED® původně vychází z dat základní mapy 1 : 10 000 (ZM 10).

Data ZABAGED® jsou pravidelně celoplošně revidována a aktualizována, a to dvěma základními způsoby: na podkladě dat dálkového průzkumu Země, z veřejně dostupných zdrojů na internetu a šetřením vybraných informací u místních orgánů veřejné správy a terénního místního šetření (ČÚZK, 2025). Data jsou poskytována ČÚZK ve formátu Gopackage (GPKG) a to bezplatně na základě licence Creative Commons CC BY 4.0 (Creative Commons, 2025).

ZABAGED® dělí objekty do osmi kategorií:

1. Sídla, hospodářské a kulturní objekty
2. Komunikace
3. Rozvodné sítě a produktovody
4. Vodstvo
5. Územní jednotky včetně chráněných území
6. Vegetace a povrch
7. Terénní reliéf
8. Geodetické body

Pro OB mapy jsou podstatné převážně kategorie 1, 2, 4, 6 a 7.

Do každé každá kategorie pak obsahuje samostatné vrstvy vybraných objektů, které mají svůj jednoznačný identifikační kód, který lze využívat při práci s celou geodatabází ZABAGED® a filtrací potřebných vrstev. Nejen tyto atributy jsou dostupné v Katalogu objektů ZABAGED® (ČÚZK, 2025).

2.3.3 Digitální model reliéfu 5. generace

V roce 2008 vznikl projekt tvorby nového výškopisu České republiky. Hlavním zdrojem dat při tvorbě výškopisných modelů ČR byla zvolena metoda leteckého laserového skenování (Dušánek, 2014). DMR 5G představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitální reprezentaci ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, H, kde X a Y jsou

souřadnice v systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Model vychází z laserového snímkování mezi lety 2009 a 2013. Dokončen byl k 30. 6. 2016 a od té doby probíhají aktualizace pouze v oblastech významných změn v průběhu reliéfu. Aktualizace dat způsobem odpovídajícím způsobu tvorby dat DMR 5G ani není v nejbližší době plánována (ČÚZK, 2025). Data jsou poskytována bezplatně pod podmínkami licence *Creative Commons CC BY 4.0* a jsou dostupná primárně ve formátu LAZ jako bodové mračno. Jelikož na území Česka běžně nedochází k velkým změnám v průběhu reliéfu (velké sesuvy půdy, těžba nerostů), je tento model dostačující pro generování vrstevnic charakterizujících základní průběh terénu.

DMR 5G je základní zdrojovou databází pro tvorbu vrstevnic určených pro mapy velkých měřítek a počítačové vizualizace výškopisu v územně orientovaných informačních systémech vysoké úrovně podrobnosti (ČÚZK, 2025).

2.3.4 Digitální model povrchu 1. generace

Digitální model povrchu České republiky 1. generace (DMP 1G) představuje zobrazení území včetně staveb a rostlinného pokryvu ve formě nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty (budovy) a 0,7 m pro objekty přesně neohraničené (lesy a další prvky rostlinného pokryvu). Model vznikl stejně jako DMR 5G, z dat pořízených v letech 2009 až 2013 (ČÚZK, 2025). Data jsou poskytována bezplatně pod podmínkami licence *Creative Commons CC BY 4.0* a jsou opět dostupná primárně ve formátu LAZ jako bodové mračno.

Problémem těchto dat je jednak poměrně velká střední chyba (ČÚZK, 2025), ale hlavně jejich neaktuálnost. Pro využití v mapách pro OB je žádoucí pravidelná aktualizace, protože krajinný pokryv se v průběhu let rychle mění například v důsledku růstu lesa nebo těžby dřeva.

2.3.5 Digitální model povrchu z obrazové korelace

Digitální model reliéfu z obrazové korelace (DMP OK) představuje, stejně jako DMP 1G, zobrazení georeliéfu včetně všech přírodních a lidskou činností vytvořených objektů. DMP, vytvářený pilotně z dat pořízených v roce 2024, vzniká metodou obrazové korelace leteckých měřických snímků pořízených primárně pro Ortofoto ČR. DMP z obrazové korelace je určen pro analýzy výškových poměrů georeliéfu a objektů na něm se nacházejících, jak regionálního, tak lokálního charakteru. Aktualizace tohoto modelu bude probíhat ve dvouletých intervalech společně s pořizováním nových snímků pro projekt Ortofoto ČR. Aktualizace Ortofoto ČR probíhá právě v intervalu dvou let, kdy každý rok je snímkována přibližně jedna polovina území Česka. Aktualizace v takto krátkém intervalu, je jednou z vlastností, která je podstatná pro mapy pro OB (ČÚZK, 2025).

DMP OK je k říjnu roku 2025 poskytováno ve dvou základních formátech. Jedná se o formát LAZ pro bodová mračna a formát TIFF pro rastrová data. Rastrová data jsou poskytována s rozlišením 0,5 m. Bodová mračna jsou distribuována jako pravidelná síť bodů 0,2×0,2 m. Takto podrobná mřížka bodů umožňuje zachytit i velmi nevýrazné porostové detaily. Zároveň, na rozdíl od DMP 1G, daleko lépe zachycuje okraje lesů a všechny hrany, kde se výška pokryvu skokově mění.

Stahování dat je možné v předpřipravených jednotkách kladu listů Základní topografické mapy ČR 1:5 000 (ZM 5) o rozměrech cca 2,5×2 km, a to pod podmínkami licence *Creative Commons CC BY 4.0*.

2.3.6 Registr územní identifikace, adres a nemovitostí

Pro detailní data budov a pozemků je možné pracovat také s geometrií RÚIAN. Tato vrstva vychází z katastru nemovitostí (KN). Práci s těmito daty se zabýval Valeš (2018). Ze stejné datové vrstvy je možné získat i informaci o využití pozemku. Aktuálnost dat se odvíjí od aktuálnosti v KN, z něž data přímo přebírána. Data v RÚIAN, i přesto, že jsou aktuální, neodpovídají vždy svým právním stavem využití realitě. Štysová (2015) uvádí, že míra shody s databází ZABAGED® je v průměru 82 %, přičemž významný podíl na této hodnotě mají velké plochy zemědělských ploch a lesů. U takto velkých ploch je míra shody velká. Je zároveň nutné přihlížet k faktu, že i databáze ZABAGED® se může lišit od skutečnosti, i přes jeho pravidelnou aktualizaci. Protože RÚIAN vychází z KN, přenášejí se i chyby polohové chyby zanesené v KN. Se zaváděním nových, přesnějších metod při sběru dat pro KN se sice data zpřesňují, ale data, která nebyla aktualizována a mají původ ve starších katastrálních dílech, mohou obsahovat značné polohové chyby. Druhým důvodem chyb je velmi málo kontrolovaná aktualizace KN mezi lety 1993 a 2016 a s tím související chybějící data (Tauchman, 2024).

2.3.7 Další zdroje dat

Výběr velmi podrobných topologických datových sad v Česku je sice velký, ale ve většině případů se jedná o sady, které vycházejí ze ZABAGED®. Existují ale datové sady např. od AOPK ČR, které zahrnují vlastní šetření a poskytují přesnější data o krajinném pokryvu. Datové sady s celosvětovým pokryvem nejsou běžně dostatečně podrobné pro využití v mapách pro OB, anebo nejsou poskytovány bezplatně. Přesto existují některé bezplatné sady využitelné pro OB mapování.

Konsolidovaná vrstva ekosystémů

KVES je podrobná bežešvá vrstva krajinného pokryvu dělicí území ČR do 40 kategorií krajinného pokryvu. Vznikla z vlastních dat AOPK ČR, ZABAGED®, Corine Land Cover 2018 a dalších. Díky vlastnímu šetření jsou data obohacena oproti samotnému ZABAGED® a jejich využití pro generování OB by mělo kladný přínos (ČÚZK, 2022). Datová sada obsahuje například velmi přesná a aktuální data o polohovém rozmištění orné půdy. Další využitelnou složkou pro mapy pro OB jsou oblast využití lesních pozemků.

Digitální báze vodohospodářských dat

Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) je databáze obsahující vodohospodářské objekty. Je spravována Výzkumným ústavem vodohospodářským T.G. Maysaryka. Obsahem je deset tematických sad, kdy nejvýznamější pro tuto práci jsou objekty skupiny A, která obsahuje např. vodní toky, bažiny a meliorace (VÚV TGM, 2025). Datová sada ale není vždy topologicky čistá co se týče návaznosti jednotlivých vrstev.

Global Canopy Height Maps

Datová sada Global Canopy Height Maps zobrazuje přehled o výškách korun stromů s celosvětovým pokryvem, přičemž poskytuje údaje o přítomnosti a výšce korunového zápoje za analyzované období 2009–2020. Data jsou v porovnání s jinými sadami s celosvětovým pokrytím velmi aktuální. Až 80 % dat pochází ze sběrů mezi lety 2018 a 2020 (Tolan a kol., 2024). Využití rastrových dat s přesně vypočítanou výškou porostu by odstranilo jednu celou část výpočtu a zjednodušilo proces. Oproti DMP OK je ale rozlišení jen 1×1 m a data jsou staršího původu. Datová vrstva je dostupná pod licencí *Creative Commons 4.0*.

Jiná data

Mimo výše zmíněné datové zdroje jsou v praxi tvorby map pro orientační běh běžně využívána data z vlastního měření nebo z měření lokálního charakteru. Tato data jsou zpravidla podrobnější, a proto je velmi vhodné je využívat. Může se jednat například o data z laserového snímkování, a to většinou ve formě bodových mračen. Tato data jsou ale zpravidla pořizována soukromníky jako menší zakázky a nejsou dostupná veřejnosti. S existencí a možností využití těchto vstupních dat je i přesto třeba počítat. Kromě bodových mračen se může jednat také o polohopisná data z lokálních šetření za účelem inventarizace apod. Tato data mohou být využita k potenciálnímu zpřesnění výstupu. Datové sady lokálního charakteru budou vždy přínosné. Některé objekty ale není možné správně identifikovat z jakýchkoliv dostupných datových sad. Nedílnou součástí přípravy mapy tak zůstává velmi časově náročné terénní šetření.

3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

3.1 Jazyk a prostředí

Programový kód výsledné aplikace je zpracován v jazyce Python. Ten je pro aplikaci ideální díky velkému množství knihoven, které umožňují urychlení práce nejen s daty z LiDAR, ale obecně s geografickými daty. Stejně tak nabízí možnost vytvoření grafického rozhraní díky knihovně `tkinter`. Jazyk python také umožňuje větší míru práce se samotnými algoritmy bez zabývání se základní infrastrukturou. K návrhu některých částí technologického řešení byla využita umělá inteligence (model Gemini 3.1 Pro), která byla následně využita i k optimalizaci zdrojového kódu.

3.2 Stahování dat ČÚZK

ČÚZK poskytuje svá data přes stahovací službu ATOM v podobě XML datových souborů. Datové sady, jako jsou DMR 5G a DMP OK, jsou dostupné na pevné URL adrese, které obsahují seznam všech dostupných dlaždic. Požadované dlaždice je možné vybrat pomocí bounding boxu ve WGS84. Každá dlaždice má svůj identifikátor odkazující na podsložku datového souboru s odkazem na stažení dat.

3.3 Práce s bodovým mračnem

Většina existujících řešení (Karttapullautin, Cassini) stojí na stejných principech, kdy hlavním vstupním prvkem je vždy bodové mračno DMR a DMP, nebo soubor se standardně klasifikovaným bodovým mračnem. Díky klasifikaci si tak software dokáže sám rozdělit bodové mračno na body DMR, DMP, popř. zpracovat ostatní body klasifikované například jako vodní hladina. Z těchto dat jsou následně vykresleny požadované prvky. Pro tuto aplikaci je přístup pozměněn tak, aby odpovídal datům dostupným pro české prostředí. Program tedy pracuje s odděleným DMR a DMP tak, jak jsou dostupná na geoportálu ČÚZK.

Vrstevnice

Vykreslení vrstevnic probíhá na základě modelu, který vznikl kubickou interpolací a následně byl zhlazen Gaussovým filtrem. Tento model je dostatečně vyhlazený pro vykreslení vrstevnic. Vykreslování základních a zdůrazněných vrstevnic není třeba nijak omezovat. Doplnkové vrstevnice ale omezit nutné je. Doplnkové vrstevnice jsou používány pro znázornění tvarů reliéfu, který není zachycen hlavními vrstevnicemi. Vystihují například tvary, které se nacházejí v intervalu mezi dvěma hlavními vrstevnicemi. Výrazné tvary reliéfu je možné identifikovat na základě křivosti, tj. odchylky od přímého směru křivky. Zároveň je ale třeba omezit vykreslování v místech s velkým sklonem, aby nevznikala kolize a splývání doplňkových a hlavních vrstevnic. Vzniká tedy logická podmínka pro vykreslení, která odpovídá situaci, kdy je křivost větší než zadaná hraniční hodnota a zároveň je sklon menší než zadaná hraniční hodnota.

Skalní srázy

Skalní srázy jsou charakteristické ostrou hranou a velkým sklonem. Pro identifikaci je důležitý právě sklon. Srázy jsou identifikovány jako sklon vyšší než hraniční sklon zadaný uživatelem. Ten se, s ohledem na vyhlazený model reliéfu, pohybuje okolo 54 stupňů. Pro různé typy terénů se může ideální hodnota hraničního sklonu lišit. Proto je tato hodnota ponechána k úpravě uživatelem. Při identifikaci skalních srázů je třeba filtrovat malé

objekty, které by nesplnily parametr nejmenšího rozměru dovoleného znakovým klíčem. Po filtraci, stejně jako při klasifikaci vegetace, budou plochy srázů převedeny na vektor, zjednodušeny a bude jim vytvořen buffer.

Kupky a prohlubně

Přístup k identifikaci kupek a prohlubní je založen na principu, který jsou byl použit v práci Valeše (2018). Oproti této práci je ale využita i filtrace na základě výšky, resp. hloubky. Prohlubně jsou identifikovány z rastru, který vznikl odečtením rastru DMR a rastru DMR s vyplněnými depresemi. Tento rozdílový rastr obsahuje hodnoty hloubky v metrech a je tak na jeho základě možné identifikovat prohlubně s hledanou hloubkou. Na základě rozlišení rastru jsou zároveň odfiltrovány prohlubně, které svou velikostí neodpovídají znakovému klíči.

Kupky jsou identifikovány na základě stejného principu. Na rozdíl od prohlubní je však třeba nejprve provést inverzi DMR tak, aby mohlo být provedeno vyplnění depresí. Následná identifikace kupek je naprosto stejná, jako u prohlubní.

Výsledek je ale vždy limitován vstupním DMR. Opět se výstup bude lišit na základě různých typů terénu, a proto je hodnota hraniční výšky a hloubky ponechána k úpravě uživatelem.

Klasifikace vegetace

Vzhledem k předpokladu práce s DMP OK, které z podstaty jeho vzniku obsahuje pouze body povrchu, je klasifikace vegetace omezena pouze na výšku vegetačního pokryvu. Ta je vypočtena jako rozdíl hodnot interpolované mřížky DMP a mřížky DMR.

Výška vegetace se liší na základě charakteru terénu, polohy, vegetačního typu a je tak třeba dovolit uživateli změnu prahových hodnot pro jednotlivé výškové třídy vegetace. Ty vycházejí z předpokladu, že nižší porost je hůře přístupný a je zde menší viditelnost nežli v oblastech s vyšším porostem.

Protože podrobnější modely mohou zaznamenat i drobné změny výšky porostu, je třeba generalizace a odfiltrování příliš malých polygonů vzniklých klasifikací do jednotlivých tříd průběžnosti. Pro generalizaci jsou rastrová data vektorizována a následně zjednodušena. Po zjednodušení vzniknou mezery mezi jednotlivými polygony tříd porostů. Pro všechny polygony bude tedy vytvořen buffer, který zakryje mezery a zároveň zamezí vzniku příliš malých rozměrů, které mohou potenciálně vznikat generalizací.

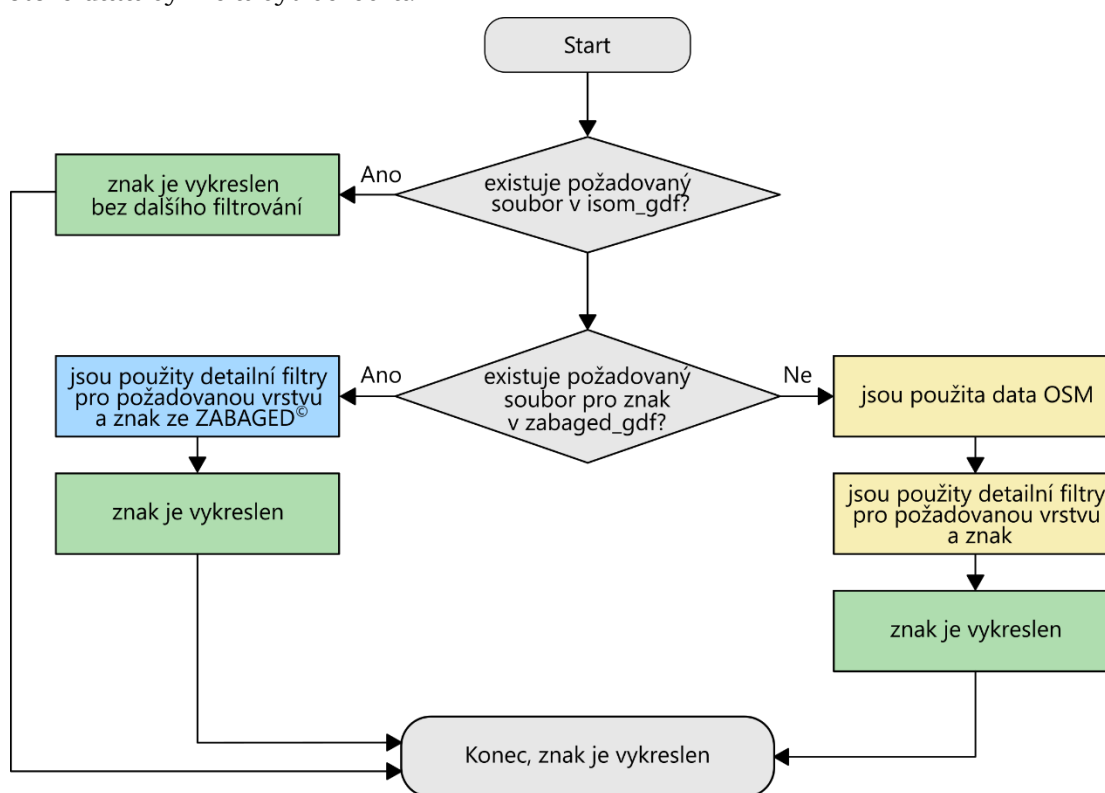
3.4 Filtrace dat z vektorových datových sad

Základním předpokladem pro třídění dat u vektorových sad je dokumentace atributů jednotlivých vrstev datových sad. Díky dokumentaci a slovnímu popisu v ní je možné přiřazovat vrstvám, respektive jejich vytříděným prvkům, odpovídající znaky podle ISOM 2017-2.

Díky knihovně `osmnx` je možné jednoduše stahovat, a následně pracovat s daty OSM. Je možné je třídit dle tagů, které odpovídají požadovaným vykreslovaným znakům. Filtrace tagů z OSM kombinuje filtraci dat `Karttapullautin`, `OpenOrienteerinMapper` (OOM) a `OCAD` pomocí převodních souborů. Použitá data ze `ZABAGED®` jsou filtrována pomocí atributů. Všechny atributy jednotlivých vrstev jsou dostupné v katalogu `ZABAGED®`. Filtrace atributů je přizpůsobena charakteristikám jednotlivých znaků přímo v ISOM 2017-2. V případě použití dat z jiných datových zdrojů neprobíhá žádná filtrace pomocí atributů. Data je nutné předpřipravit do podoby odpovídající požadovanému znaku. Samotný přístup k prioritizaci vykreslování datových sad je následující: pokud jsou nahrána data z jiného nespecifikovaného zdroje, jsou vykreslena tato data. Pokud tomu tak není, a jsou nahrána

data ZABAGED®, jsou vykreslena tato data. Pokud nejsou nahrána ani data ZABAGED® ani data jsou vykreslena stažená data z OSM (Obr. 12).

Podmínka nepřistupuje k datovým sadám jako k celkům, ale filtruje vždy jednotlivé prvky mapy (znaky). To umožňuje kombinaci dat z různých datových zdrojů k docílení co nejlepšího výsledku. Některé prvky mapy jsou ale filtrovány z více typů objektů nebo je více prvků mapy filtrováno z jednoho typu objektu ZABAGED®. K tomuto jevu dochází právě kvůli kombinování atributů. Podobně je tomu u dat a tagů z OSM. Z tohoto důvodu je nutné v některých případech pracovat s některými kategoriemi znakového klíče ISOM 2017-2 (např. všechny cesty) jako s celky a použít vždy pro danou skupinu buď čistě data OSM nebo data ZABAGED® anebo použít data z jiného zdroje odpovídající dané skupině symbolů. Pokud by byla nahrazena jen část dané skupiny, mohlo by docházet k překryvu jednotlivých datových sad nebo ke kolizi klasifikace jednotlivých znaků. Díky použití jen jednoho zdroje pro takto komplexní skupinu znaků bude také zajištěna návaznost dat, protože data by měla být bezešvá.



Obr. 12 Schéma prioritizace vykreslování datových sad.

3.5 Export vektorových dat

Aplikace OOM podporuje při importu dat velký počet formátů. Mezi nimi je i formát GPKG, který je zároveň dobře zpracovatelný i v GIS, a je tak vhodné jeho použití pro export dat z aplikace. S exportem je nutné vytvořit v GPKG souboru atribut s kódem znaku. Tento krok je nutný pro následný import souboru do aplikace OpenOrienteeringMapper a spárování se znaky ISOM 2017-2.

3.6 Import vektorových dat do OpenOrienteeringMapper

Pro import dat do aplikace OOM a následně správné vykreslení je třeba CRT soubor, který specifikuje převod všech importovaných vrstev na odpovídající znak v ISOM 2017-2. Párování objektů probíhá přes sloupec s kódy znaků.

4 ALGORITMIZACE APLIKACE

Skript je založen na vstupech z grafického rozhraní, které je vytvořeno pomocí knihovny `tkinter` a otevře se po spuštění EXE souboru. Grafické rozhraní obsahuje tři záložky s nastavením. První je vyhrazena pro import a stažení dat. Druhá je vyhrazena pro nastavení parametrů jako jsou výška kupek, mezní hodnoty pro klasifikaci vegetace, souřadnicový systém atd. třetí záložka umožňuje výběr skupin znakového klíče, které chce uživatel vykreslit. Po zadání vstupních hodnot a nastavení parametrů je pomocí tlačítka „Generate map“ zavolána funkce `run_main_analysis`, která postupně volá všechny funkce potřebné pro zpracování vstupních dat.

4.1 Vstupní data DMR a DMP

4.1.1 Import dat uživatelem

V případě, že má uživatel data uložená lokálně na svém zařízení, je mu umožněn import vstupních dat DMR a DMP do aplikace pomocí grafického rozhraní, kde je umožněn jak výběr vstupního DMR, tak i DMP skrze průzkumníka souborů. Vždy je však možné importovat jen jeden soubor DMR a jemu rozsahem odpovídající soubor DMP.

4.1.2 Stahování dat z ČÚZK

V případě, že uživatel nemá vstupní data stažena lokálně, je mu umožněno jejich stažení z ČÚZK.

Výběr rozsahu dat

Grafické prostředí pro výběr rozsahu požadovaných dat je vytvořeno pomocí `tkintermapview`. Rozhraní obsahuje samotnou mapu pro výběr rozsahu dat a část pro výběr mezi DMP 1G a DMP OK. Uživatel má tak na výběr mezi novějším DMP, které je ale vyžaduje stažení o velkého objemu dat, a nestarší verzi, která je neaktuální. Dále je třeba vybrat, kam budou s tažená data uložena. Výběrem rozsahu dat se aktivuje tlačítko pro stažení dat a po jeho stisknutí se začnou načítat data přes stahovací službu ATOM.

Načtení ATOM feedů z ČÚZK

ČÚZK poskytuje data přes ATOM feeds. Každý feed obsahuje seznam dlaždic s jejich geografickým ohraničením (bounding box v souřadnicové systému WGS84). Aplikace tyto feedy, jak DMR 5G, tak i DMP1G/OK, parsuje jako XML a hledá dlaždice, které se překrývají s vybranou oblastí. Pokud DMP OK nepokrývá vybranou oblast, aplikace se uživatele zeptá, zda chce místo něj stáhnout DMP 1G.

Pokud aplikace nalezne dlaždice, pro každou z nich navštíví sub-feed URL dlaždice a vyhledá přímý odkaz na ZIP archiv, který následně stáhne. Soubory rozbali do podsložek `dmr_tiles` a `dmp_tiles` uvnitř uživatelem zvolené výstupní složky a ZIP soubory následně smaže.

Slučování dlaždic

Po stažení všech dlaždic aplikace se spustí nástroj `merge` a sloučí tak DMP soubory do jednoho LAZ souboru a DMR soubory do jednoho LAZ souboru. Zároveň s tím načte body a ořeže je na bounding box, který byl použit pro vyhledání dlaždic. Výsledek zapíše do složky, která byla vybrána v okně pro výběr stahovaných dat. Tato složka je zároveň složkou pro uložení výstupů aplikace.

Po úspěšném sloučení se cesty k oběma výsledným souborům automaticky vyplní do vstupních polí DMR a DMP v hlavním okně aplikace. Uživatel tak může ihned spustit generování mapy bez vyhledávání souborů skrze průzkumníka souborů.

4.2 Zpracování bodových mračen a interpolace povrchů

Aplikace využívá knihovnu `laspy` pro iterativní čtení mračna bodů v blocích, což umožňuje zpracování rozsáhlých datových sad bez překročení limitů operační paměti. Pro zrychlení procesu interpolace je nastaven limit horní hranice počtu bodů při načítání LAS/LAZ, a to jak pro DMR, tak i pro DMP. Například DMP OK má v základním mapovém listu, který poskytuje ČÚZK, 250 000 000 bodů. Proto je limit nastaven na 2 500 000, kdy je omezena náročnost výpočtu a zároveň zůstanou zachovány ostré hrany porostů (Obr. 13). U DMR 5G teoreticky není limit bodů nutný, protože data obsahují na stejné ploše zhruba 350 000 bodů. Pro zajištění funkcionality při použití jiného zdroje, než DMR, je ale nastaven.



Obr. 13 porovnání limitů počtů bodů mračna DMP OK na mapě Kost (cca 2 km²).

4.2.1 Digitální model reliéfu a povrchu

DMR 5G obsahuje body klasifikované do tříd 2 a 8 tj. *ground* a *keypoints*. Funkce `load_dmr_grid` načte právě tyto body do pole souřadnic X, Y, Z a. Pro snížení výpočetní náročnosti je implementována metoda náhodného vzorkování, která při načítání redukuje počet bodů náhodným výběrem na maximální hranici 2,5 milionu bodů, pokud je tento limit překročen.

Následná transformace bodů do podoby pravidelné rastrové mřížky (gridu) o rozlišení 0,5 m, probíhá pomocí funkce `scipy.interpolate.griddata`. K dosažení optimálního vizuálního výsledku při generování vrstevnic je využita kubická interpolace. Ta zajišťuje hladký a spojitý povrch uvnitř datové oblasti, minimalizuje vznik ostrých hran a artefaktů na modelech terénních tvarů.

Pro optimalizaci výpočtů při práci se souřadnicovými systémy, které pracují s vysokými hodnotami (např. UTM nebo S-JTSK) provádí skript před interpolací normalizaci souřadnic posunem do lokálního počátku. Po interpolaci jsou hodnoty přepočteny zpět. Výsledný povrch je nakonec vyhlazen Gaussovým filtrem, jehož hodnota σ je vstupuje do funkce jako parametr zadáný uživatelem. Od hodnoty parametru σ se odvíjí identifikace kupek a prohlubní a vyhlazenost vrstevnic.

Analogickým způsobem jako DMR je načten soubor DMP. Na rozdíl od interpolace DMR je pro výpočet rozdílu z důvodu zachování ostrých hran objektů použita lineární interpolace.

4.2.2 Generování a filtrace vrstevnic

Funkce `add_contour_lines` využívá knihovnu `skimage` (`measure.find_contours`) pro extrakci izolinií. Výpočet je rozdělen na hlavní vrstevnice (25 m) a základní vrstevnice (5 m) a vrstevnice doplňkové (2,5 m), z čehož základní a zdůrazněné vrstevnice jsou generovány bez omezení.

Pro generování doplňkových vrstevnic s krokem 2.5 m je použit omezený přístup. Doplňkové vrstevnice by neměly zhušťovat náplň mapy v prudkých svazích a zároveň by měly vystihnout morfologické detaily, a to i v rovinatých oblastech. Skript proto vypočítá první a druhou derivaci povrchu (sklon a křivost). Masku pro vykreslení pomocných vrstevnic je definována logickým sjednocením oblastí s extrémní křivostí terénu a oblastí s mírnějším sklonem. Při sklonu svahu vyšším než 40° by mohlo dojít ke splývání základních vrstevnic s vrstevnicemi doplňkovými. Zároveň při vyšším sklonu jsou základní a zdůrazněné vrstevnice dostatečně blízko sobě, aby pokryly všechny důležité útvary. Hranice sklonu pro vykreslování doplňkových vrstevnic je tedy nastavena těsně pod tuto hodnotu s malou rezervou, která se může pohybovat v rozmezí zhruba 2-5°.

Křivost terénu se pohybuje v rozsahu 0–100. Hodnota 100 značí křivost nejvyšší, tj. oblast s nejvíce členitou částí terénu. Pro spodní hranici vykreslení je tedy zvolena 30, která může být upravena v závislosti na typu terénu.

Kombinací podmínky sklonu a podmínky křivosti dostáváme masku pro vykreslení doplňkových vrstevnic.

```
curvature_threshold = np.percentile(curvature[safe_mask], 30)
curvature_mask = (curvature > curvature_threshold) & safe_mask
gentle_slope_mask = (slope < np.percentile(slope[safe_mask], 40))
& safe_mask
combined_mask = curvature_mask & gentle_slope_mask
```

4.2.3 Detekce skalních srázů

Detekce skalních srázů (znaky 201, 202 a 206) je prováděna funkcí `vectorize_rocks`. Funkce nejprve vypočítá sklon pro každý pixel mřížky pomocí `np.gradient` a zjistí změnu výšky ve směru os x a y. Následně vypočítá celkový sklon v desítkových stupních pomocí goniometrických funkcí (`arctan` přepony gradientů).

```
dy, dx = np.gradient(dmr_grid, pixel_size_y, pixel_size_x)
slope = np.rad2deg(np.arctan(np.hypot(dx, dy)))
```

Na vypočtený sklon se aplikují filtry pro určení oblastí, které budou považovány za skály. Jsou vybrány pixely, jejichž sklon je vyšší než limit zadaný v grafickém rozhraní (*Rock slope threshold*), výchozí hodnota je nastavena na 54°. Následně je použita `binary_erosion`, která odmaže úzké výběžky a izolované pixely na okrajích dat, aby se předešlo chybám v místech, kde DMR končí.

Pixely překračující prahovou hodnotu sklonu jsou označeny jako potenciální skalní srázy. Masku převedena do vektorové podoby (`rasterio.features.shapes`), přičemž polygony s plochou pod definovaný limit 10 px (2,5 m²) jsou odstraněny, aby nebyly vykresleny příliš malé artefakty. Nakonec dochází ke generalizaci geometrie pomocí Douglas-Peuckerova algoritmu a přidání bufferu pro dosažení minimální velikosti znaků podle ISOM 2017-2.

4.2.4 Detekce prohlubní a kupek

Funkce `add_knoll_symbols`, a `add_depressions` fungují na stejném principu. Vstupem do funkcí je DMR, které vzniklo lineární interpolací (`dmr_grid_linear`), která nevyhladí povrch tolik, jako interpolace kubická a je tak vhodnější pro identifikaci terénních detailů. Před samotnou identifikací je ještě model ořezán na platná data pomocí `binary_erosion`.

Kupky

Pro kupky jsou nalezena lokální maxima `maximum_filter` v okně 20×20 pixelů. Výška kupky se počítá jako rozdíl oproti referenční rovině, což je stejný model, který byl silně vyhlazený ($\sigma=8$). Tím se oddělí skutečné vyvýšeniny od celkového sklonu terénu. Body lokálních maxim, které jsou zároveň vyšší než nastavená minimální výška (`min_height`) a jsou v `safe_mask` jsou vyhodnoceny jako kupky.

Prohlubně

Analogicky, ale hledají se lokální minima přes `minimum_filter` v okně odpovídajícím 30×30 metrů. Hloubka se počítá jako rozdíl referenční roviny a terénu. Následně musí být opět splněna podmínka, aby hloubka byla větší než uživatelem zadaná hodnota.

Znaky se vykreslí jako `PathPatch`, tj. SVG cesta načtená ze `symbols.xml`.

4.2.5 Klasifikace vegetace

Model výšky vegetace je klasifikován do diskretních tříd průchodnosti dle ISOM 2017-2 na základě uživatelsky definovaných výškových intervalů. V rámci skriptu je využito rozdělení čistě podle výšky porostu a není rozlišována klasifikace porostů dle viditelnosti. Tento přístup by byl možný při práci s daty z LiDAR, která by obsahovala dostatek bodů klasifikovaných jako bod vniklý mezi prvním a posledním odrazem.

Funkce `vectorize_vegetation` přebírá interpolované DMP jako rastrovou mřížku. Odečtením hodnot rastru DMR od rastru DMP je tak získána hodnota výšky porostu v daném bodě. Výsledný rastr je omezena na nezáporné hodnoty pomocí funkce `numpy.clip`, aby se zamezilo chybě, která by mohla vzniknout, pokud by existovalo místo, kde plocha DMP prochází pod plochou DMR. Dle uživatelem nastavených prahových hodnot klasifikace je pak každé buňce rastru přidělena třída a vznikají plochy stejné třídy.

Klasifikované plochy vstupují do procesu vektorizace a jsou převedena na jejich vektorovou podobu. Vektorová forma klasifikovaného porostu projde filtrací, kde jsou odstraněny plochy, které jsou příliš malé tj. <25 px (6,25 m²). Zjednodušené polygony jsou následně zjednodušeny pro čistší vzhled a je vytvořen buffer tak, aby jím byly překryty možné vzniklé mezery mezi zjednodušenými polygony. Nakonec jsou polygony spojeny pomocí `dissolve` na základě jejich tříd.

4.3 Vektorová data z veřejných datových sad

Vektorová data z dostupných datových sad nebo data vlastní jsou zpracována pomocí funkce `add_vector_layers`. Funkce filtruje data pro každý definovaný znak zvlášť. Nejprve definuje číslo znaku dle ISOM 2017-2, který je zpracováván, následně definuje podmínky pro prioritizaci datových sad (4.3.4) a nakonec vykresluje zvolená data pomocí funkce `plot_masked`. Pokud je znak vykreslován pomocí dvou nebo více částí definovaných v XML souboru, je celá tato podmínka a volání funkce `plot_masked` použita dvakrát pro daný prvek.

4.3.1 Stahování dat OSM

V základním nastavení jsou stahována data z OSM pomocí knihovny `osmnx`. Datový dotaz je vymezen prostorem zájmového území (bounding boxem), které je přebíráno z nahraného DMR. Pro účely knihovny `osmnx` je bounding box transformován do referenčního systému WGS84. Pomocí `osmnx.features_from_bbox()` jsou z Overpass API staženy všechny objekty, které mají alespoň jeden z požadovaných tagů definovaných na začátku funkce `add_vector_layers`.

Oblast stahování je rozšířena o 300 metrů oproti samotnému rozsahu DMR (`download_buffer = 300`). Důvodem je, že objekty u okrajů bounding boxu by se nemusely správně vykreslit.

Stahované tagy jsou definovány jako slovník kde hodnota `True` znamená stažení všech objektů s tímto tagem. Pokud je tedy:

```
"highway": True
```

Jsou staženy všechny prvky s tagem "highway" silnice, cesty i pěšiny bez ohledu na konkrétní typ. Výsledkem je `GeoDataFrame` kde každý řádek je jeden OSM objekt a sloupce odpovídají tagům. Objekty mohou být různých geometrických typů: `Point` (Node), `LineString` (Way), nebo `Polygon` (Relation).

Po stažení se `GeoDataFrame` transformuje zpět z WGS84 do `CURRENT_CRS` pomocí `.to_crs()`, a pak se ořízne na rozsah DMR dat. Samotné tagy se pak v `add_vector_layers` čtou jako `pandas Series` přes pomocnou funkci `get_col()`, která vrací sloupec s tagy, pokud existuje, jinak prázdnou sérii, čímž se ošetří případ, kdy konkrétní tag v datech vůbec není. Takto připravená data je již možné filtrovat právě podle tagů.

4.3.2 Import dat ZABAGED®

Data z databáze ZABAGED® jsou načítána z formátů Shapefile (SHP). SHP soubory jsou zpracovávány na základě názvů, které odpovídají názvům vrstev v geodatabázi, která je volně dostupná na geoportálu ČÚZK. Data z této geodatabáze byla exportována hromadně do SHP souborů pomocí QGIS a pomocného skriptu:

```
myDir = 'C:/Vas/Adresar/'
for vLayer in iface.mapCanvas().layers():
    QgsVectorFileWriter.writeAsVectorFormat(vLayer, myDir +
        vLayer.name() + ".shp", "utf-8", vLayer.crs(), "ESRI Shapefile")
```

Skript načítá data s již definovaným bounding boxem, čímž načítá výhradně data nacházející se uvnitř definovaného rozsahu mapy. Podobně jako u dat z OSM jsou data ze ZABAGED® filtrována pomocí odpovídajících atributů ve funkci `add_vector_layers`.

4.3.3 Import dat z jiného datového zdroje

Data z jiných datových zdrojů jsou načítána, stejně jako data ze ZABAGED®, z formátu SHP. Data jsou vykreslována podle názvu souboru, který odpovídá kódu požadovaného znaku. Data dále nepodléhají žádné filtraci a je tak nutné je předpřipravit přesně do podoby odpovídající danému znaku. Nakonec proběhne ořez na rozsah bounding boxu a data jsou vykreslena.

4.3.4 Prioritizace datových sad

Funkce `add_vector_layers` pracuje pro každý znak s podmínkou pro filtraci vstupních dat. Primárně, pokud nejsou dostupná data v `GeoDataFrame` `ZABAGED_gdf` (data ze `ZABAGED®`), přebírá funkce data z OSM a vykresluje je pomocí funkce `plot_masked`. Pokud jsou uživatelem vložena data ze `ZABAGED®`, tj. je naplněn `GeoDataFrame` `ZABAGED_gdf`, a zároveň se v něm nacházejí vrstvy s odpovídajícími atributy, které odpovídají stejnému prvku OSM, jsou data OSM nahrazena daty `ZABAGED®`. Stejná kontrola probíhá i pro podmínku s daty z jiného datového zdroje (`GeoDataFrame` `isom_gdf`). Tato data mají nejvyšší prioritu, pokud jsou poskytnuta. Podmínka pro filtrování dat potom vypadá následovně:

```
# 505 - Pěší cesta
cgdf = isom_gdfs.get("505")
mask_track_minor = ((highway.isin(["pedestrian", "road",
"footway", "track", "bridleway"]))) | ((highway == "cycleway") &
(~surface.isin(["concrete", "asphalt"]))) & (tracktype !=
"grade1")) & \ (~tunnel.isin(["yes", "avalanche_protector",
"building_passage"])) & \ (bridge != "yes") & (access !=
"private")
if cgdf is not None:
    plot_masked(sym_key="sym505", zorder=45, mask=None, gdf=cgdf,
ax=ax, to_mask=False)
elif any(k in zabaged_gdfs for k in ["Ulice", "Cesta"]):
    if "Ulice" in zabaged_gdfs:
        mask = ~get_col(zabaged_gdfs["Ulice"],
"typulice_k").isin(["925", "025"])
        plot_masked(sym_key="sym505", zorder=45, mask=mask,
gdf=zabaged_gdfs["Ulice"], ax=ax)
    if "Cesta" in zabaged_gdfs:
        mask = get_col(zabaged_gdfs["Cesta"],
"typcesty_p").isin(["cesta neudržovaná"])
        plot_masked(sym_key="sym505", zorder=45, mask=mask,
gdf=zabaged_gdfs["Cesta"], ax=ax)
else:
    plot_masked(sym_key="sym505", zorder=45, mask=mask_track_minor,
gdf=gdf_lines, ax=ax)
```

Pro některé znaky nebyly nalezeny odpovídající tagy v datech OSM ani odpovídající atributy v datech `ZABAGED®`. Pro tyto znaky existuje ve funkci `add_vector_layers` jen větev podmínky, která dovoluje vykreslit data z jiného datového zdroje, tj. SHP soubor pojmenovaný jako „*kódsymbolu.shp*“.

4.4 Znakový klíč

Znakový klíč vychází je vytvořen v souladu s ISOM 2017-2. Parametry znaků jsou definovány a načítají se z externích XML souborů (*symbols10.xml* a *symbols15.xml*). Toto oddělení logiky kódu od vizuálního stylu umožňuje údržbu při změně mapových klíčů. Parametry znaků jsou definovány buď jako SVG cesta a pomocí parametrů šířky, délky, barvy atd.

4.4.1 Funkce pro převod mezi metry a body

Funkce `setup_map_figure` vypočítá velikost obrázku v palcích na základě rozsahu dat v metrech a zvoleného měřítka (`SCALE`):

$$\text{Šířka v palcích} = (\text{šířka v metrech}) / (0,0254 * \text{SCALE}).$$

Protože `matplotlib` definuje tloušťku čar (`linewidth`) v bodech, tato vazba automaticky zajistí, že tloušťka zadaná v XML se vykreslí fyzicky správně.

Ve funkci `plot_masked` se vlastnosti (`sym_props`) předají metodě `subset.plot()`. Díky správně nastavenému `figsize` a `dpi` v `plt.savefig` bude mít čára na papíře tloušťku odpovídající standardu ISOM. Převod pt2m zde není potřeba, protože správnou tloušťku liniových znaků zajišťuje knihovna `matplotlib`, která pracuje s velikostí definovanou v XML vůči velikosti stránky.

4.4.2 Definice znaků a jejich parametrů

Liniové znaky a jejich atributy

Pro základní měřítko 1 : 15 000 jsou znaky v XML definovány jako:

Velikost znaku dle klíče ISOM 2017-2 $\times$ 2.835

```
<symbol id="sym503" type="line">
  <style color="#000000" linewidth="1.488375" linestyle="solid"/>
</symbol>
<symbol id="sym503Ba" type="line">
  <style color="#000000" linewidth="4.48845" linestyle="solid" />
</symbol>
<symbol id="sym503Bb" type="line">
  <style color="#ffffff" linewidth="2.98845" linestyle="solid" />
</symbol>
  <symbol id="sym504" type="line">
    <style color="#000000" linewidth="1.488375"
      linestyle="(0, (12.7575, 1.063125))" />
  </symbol>
```

Pro měřítko 1 : 10 000 jsou tyto hodnoty vynásobeny hodnotou 1,5.

Plošné znaky

Plošné znaky jsou v XML definovány stejným způsobem jako liniové znaky. Oproti liniím je zde pro barvu výplně je používám parametr `color`, pro barvu okraje je využit parametr `edgecolor`.

```
<symbol id="sym401" type="area">
  <style facecolor="#ffba35" edgecolor="none" linewidth="0"/>
</symbol>
```

Bodové znaky

Souřadnice v cestě (např. M 3 0 A 3 3...) jsou v relativních jednotkách a odpovídají typografickým bodům. Ve funkci `plot_masked`, `add_depressions` nebo `add_knoll_symbols` se vytvoří transformace

```
transform = Affine2D().translate(x, y) + ax.transData
```

Tato transformace vezme geometrii značky a umístí ji na konkrétní souřadnice, které jsou definovány v metrech. Značka si zachová svou velikost v metrech vůči celému plátnu, takže bude na papíře vždy ve správném rozměru, protože rozměry plátna jsou přepočítávány na metry.

Bodové znaky jsou definovány jako SVG cesta. Jejich velikost v XML souboru pro základní měřítko 1 : 15 000 i pro měřítko 1 : 10 000 odpovídá velikosti jejich stopy v metrech.

Pokud je u bodových znaků definována například tloušťka okraje znaku, je použit atribut `linewidth`. Hodnoty `linewidth`, `linestyle` atd. se zapisují stejně jako v případě liniových znaků, tj. jsou násobeny hodnotou 2,835 pro základní měřítko.

```
<symbol id="sym109" type="point">
  <path d="M 3.75 0 A 3.75 3.75 0 0 3.75 -3.75 0 A 3.75 3.75 0 0
    3.75 3.75 0 z" />
  <style facecolor="#d15c00" edgecolor="#d15c00" linewidth="0" />
</symbol>
```

Specifické znaky

Knihovna `matplotlib` pracuje s hodnotami v bodech (pt), kde 1 pt = 1/72 palce. Funkce `pt2m` přepočítává tyto tloušťky tak, aby po vytištění v daném měřítku odpovídaly normě.

```
def pt2m(pt, SCALE=10_000):
    return pt * 0.0003527 * SCALE
```

Tato funkce je využívána právě pro práci se znaky se specifickou výplní. Díky parametru `SCALE`, které je stanoveno na základě výběru v grafickém rozhraní, umožňují tyto funkce automatickou adaptaci mapy. Pokud je změněno měřítko z 1 : 10 000 na 1 : 15 000, funkce zajistí, že symboly zůstanou na papíře stejně velké, i když se jejich relativní velikost vůči digitálnímu modelu terénu změní.

Specifické parametry využívající převod pomocí `pt2m`: `dotdistance`, `dotcolor`, `dotsize`, `hatchwidth`, `hatchdistance` a `hatchstyle`. Tyto parametry se přebírají do funkcí `plot_dotted_hatch` a `plot_dashed_hatch`.

```
<symbol id="sym404" type="area">
  <style facecolor="#f7f2c2" edgecolor="none" linewidth="0"
    linestyle="solid" dotdistance="2.97675" dotsize="6"
    dotcolor="ffffff" />
</symbol>
<symbol id="sym412a" type="area">
  <style facecolor="#ffba35" linestyle="solid"
    dotdistance="3.4023" dotsize="0.8505" dotcolor="#000000"/>
</symbol>
```

Liniové znaky, které mají složitější texturu spojenou s orientací znaku (např. znak pro el. vedení, zemní a skalní srázy) mají své specifické části definované přímo ve funkci `plot_masked`. Rozměry jsou opět definovány stejným způsobem jako v XML souborech, tj. jako SVG cesta.

Všechny vykreslované prvky jsou nakonec vrstveny do jednoho mapového plátna prostřednictvím knihovny `matplotlib`, přičemž pořadí kreslení je definováno parametrem `zorder` u každého znaku.

```
plot_masked(sym_key="sym503", zorder=45, mask=mask_road_minor,
gdf=gdf_lines, ax=ax)
```

4.5 Export a georeference

4.5.1 Export do PNG souboru

Konečný výstup je exportován do bezztrátového formátu PNG ve vysokém rozlišení tak, aby byl použitelný pro podklad při stavbě trati pro OB. Paralelně se generuje textový world file (.pgw), který definuje pozici horního rohu obrazu. Tím je zajištěna interoperabilita vygenerované orientační mapy v softwaru jako je OCAD, OpenOrienteeringMapper, ale i v GIS. Při generování velkého území bohužel dochází, k chybě při tvorbě PWG souboru z důvodu limitací knihovny.

Velikost vykreslovacího plátna se odvíjí od vybrané hodnoty v grafickém rozhraní. Rozměry jsou pak spočteny jako:

```
map_width_meters = inch * 0.0254 * SCALE
```

Střed mapy i mapového pole je stejný jako střed DMR a od něj se symetricky roztáhne vykreslovaný rozsah na výslednou plochu. Pokud je vybrána možnost vykreslení v rozsahu dat (Data Extent) je velikost plátna vypočítána jako:

```
meters_per_inch = 0.0254 * SCALE
```

V obou případech se přes:

```
plt.subplots(figsize=(FIG_WIDTH_IN, FIG_HEIGHT_IN))
```

vytvoří figure a osy se nastaví přesně na výsledný rozsah. DPI při ukládání je pevně nastaveno na hodnotu 1 000, takže výsledná velikost PNG v pixelech je:

```
FIG_WIDTH_IN * 1000 × FIG_HEIGHT_IN * 1000.
```

4.5.2 Export do GPKG souboru

Při vykreslování jednotlivých znaků funkci `plot_masked` je vždy volána funkce `oom_collect`, která zachytí klíč vykreslovaného znaku (např. „sym101“). Z tohoto klíče vytáhne jen kód znaku platný pro ISOM 2017-2 a přidá `GeoDataFrame` do globálního slovníku `OOM_EXPORT_LAYERS`. Slovník má strukturu:

```
{"102": {"Point": [...], "Line": [...], "Polygon": [...]}}
```

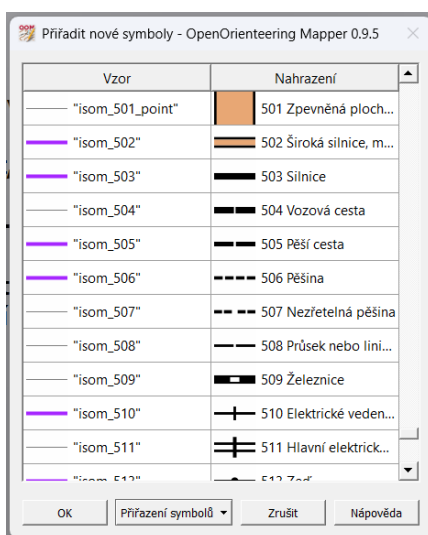
Každý kód má tři kontejnery podle typu geometrie, protože vrstva v GPKG musí být geometricky homogenní.

Po dokončení vykreslování se v `run_main_analysis` zavolá funkce `export_oom_gpkg`, která projde všechny kontejnery s kódem a zjistí, zda jsou prázdné, nebo ne. Pokud má daný kód data jen v jednom typu geometrie, pojmenuje vrstvu bez přípony s typem geometrie. Pokud má daný kód data ve více geometriích, jsou k nim přiřazeny dané přípony (`„_point“`, `„_line“`, nebo `„_poly“`). Všechny neprázdné kódy a jejich `GeoDataFramy` se shromáždí pomocí `pd.concat` a následně jsou odstraněny hodnoty `None` a duplicitní geometrie. U polygon se zároveň volá funkce `buffer(0)` pro opravu neplatných geometrií. Výsledný `GeoDataFrame` se запиše do GPKG přes `gdf.to_file` a pro každou vrstvu je zároveň vytvořen nový sloupec `Layer`, díky kterému je možné párovat vrstvy se znaky při importu dat do OOM přes CRT soubor.

4.6 CRT soubor pro import do OpenOrienteeringMapper

Pro potřebu importu do aplikace OOM byl vytvořen CRT soubor, který obsahuje vždy kód znaku v ISOM2017-2 a jemu odpovídající atribut vrstvy `Layer` v GPKG souboru. Díky tomuto souboru se při importu GPKG souboru do aplikace OOM a následném výběru CRT souboru automaticky všem prvkům přiřadí odpovídající znak (Obr. 14).

```
101      isom_101
102      isom_102
103      isom_103
104      isom_104
105      isom_105
105      isom_105_line
105      isom_105_poly
105      isom_105_point
...
```



Obr. 14 Přiřazení odpovídajících znaků v rozhraní OOM.

5 TESTOVÁNÍ

5.1 Postup testování

5.1.1 Testování dat ZABAGED® a OSM a dat vytvořených z DMR

Testování dat proběhlo na základě porovnání jednotlivých map vytvořených z dat ZABAGED® a OSM s mapou vytvořenou tradičním způsobem. Porovnání proběhlo ve čtyřech lokalitách, které pokrývají charakteristické typy prostorů v Česku. Pro každou lokalitu byly vytipovány charakteristické jevy pro každý znak na originálu mapy. Tyto jevy byly následně porovnány s vygenerovanou mapou a na základě porovnání a správnosti výstupu byly bodově ohodnoceny. Správnost výstupu byla hodnocena dle tří charakteristik:

- zaznačení jevu na vygenerované mapě
- odpovídající pozice/průběh/tvar zaznačení na vygenerované mapě
- použití správného znaku pro znázorňovaný jev

Za každou charakteristiku, kterou testovaný jev splnil, byl ohodnocen jedním bodem (Obr. 15). Každý porovnávaný exemplář tedy mohl být ohodnocen 0–3 body. Pro každý zkoumaný znak bylo porovnáváno maximálně pět exemplářů na každé ze čtyř map. V případě, že na mapě nebyl využit daný znak pětkrát, byl použit menší počet. Výsledný počet bodů mohl tedy být až 60 (v případě pěti exemplářů znaku na každé ze čtyř map). Podílem bodového ohodnocení a možného dosažitelného bodového ohodnocení byla vypočtena procentuální úspěšnost vykreslení každého hodnoceného znaku. Na základě tohoto hodnocení v kombinaci s poznatky z rešerše bylo dále možné zhodnotit vhodnost datových sad pro využití pro generování map pro OB (5.2). Dokumentace testovaných prvků není zveřejněna z důvodu ochrany autorských práv vlastníků originálů map. Dokumentace byla předána oponentovi práce.



Obr. 15 Jedno z pěti hodnocených míst pro znak 506 pro data OSM na mapě Kost (všechna tři kritéria splněna)

5.1.2 Testování dat bodových mračen

Objekty generované z DMR 5G Byly hodnoceny stejným způsobem, jako data v případě dat ZABAGED® a OSM. Pro testování správnosti výstupu vegetace bylo pomocí nástroje „Random points in polygons“ v QGIS náhodně vygenerováno v prostoru každé mapy 30 bodů. Tyto body byly následně porovnány s vygenerovanou mapou. V bodech byla hodnocena shoda v klasifikaci vegetace. Každému správně klasifikovanému místu byl udělen jeden bod. Na základě součtu bodových ohodnocení, resp. jeho procentuálnímu vyjádření byla zhodnocena kvalita výstupu při použití dat DMP OK (5.3).

5.2 Hodnocení dat ZABAGED® a OpenStreetMap

Data z datové sady ZABAGED® byla porovnána s originální mapou a na základě tohoto porovnání vznikla doporučení pro jejich využití pro jednotlivé znaky. V určitých situacích jsou použité datové vrstvy kvůli jejich filtraci provázané, proto je nutné je při použití nerozdělovat a použít všechny vrstvy, které odpovídají dané skupině znaků. Týká se to například síť cest. Zároveň s testováním vznikla tabulka se všemi použitými atributy a tagy použitými pro filtraci. Tabulka obsahuje také jednotlivé bodování pro každou mapu a také finální doporučení.

104: Zemní sráz

Zemní srázy jsou velice kvalitně zdokumentovány v databázi ZABAGED®. Jedná se hlavně o hrany vozovek, bývalých lomů a odvalů, ale v databázi jsou jako „StupenSraz“ zaznamenány také příkřejší svahy, pro které by znak 104 nebyl v mapách pro OB běžně použit.

105.1: Zemní val

Pro znak zemního valu nebyl nalezen žádný odpovídající tag v OSM, proto je vhodné použít vrstvu ZABAGED® dle tabulky. Mnoho zemních valů je ale možné identifikovat ze stejné vrstvy jako znak 104, tj. „StupenSraz“.

107: Erozní rýha

Data pro znak 107 jsou dostupná jen v ZABAGED®. Při testování byly vykresleny některé objekty, nikdy však znakem 107. Jednalo se buď o znak 104, nebo o znak pro cestu. To je dáno i tím, že mnoho starých, nepoužívaných cest se v mapách značí právě znakem 107. z tohoto důvodu může být datová vrstva nápomocná.

201: Nepřekonatelný sráz

Pro nepřekonatelný sráz je možné použít tag `natural == "cliff"`. Ten je ale v OSM většinou zakreslen jen velmi nepřesně (Obr. 16). Proto je mnohem přesnější využít kresbu skal jen za pomoci DMR a data z OSM pro kresbu toho znaku vůbec nevyužít.



Obr. 16 originální vykreslení skal (vlevo) a kombinace OSM a DMR (vpravo).

203.1: Kamenná jáma nebo jeskyně

Prvek jeskyní je obsažen jak v OSM, tak i v ZABAGED®. V ZABAGED® se jedná o větší, důležité jeskyně. OSM pokrývá i některé menší jeskyně, nebo šachty, které mohou být v mapě pro OB zaznamenány jiným znakem (Obr. 17).



Obr. 17 Stejný objekt zaznamenaný v originále znakem 530 (vlevo) a v datech z OSM znakem 203.1 (vpravo).

205: Velký balvan

Identifikace malý balvanů by mohla fungovat na podobném principu, jako identifikace kupek. Jedná se ale o velice podobné objekty. Pro import balvanů z OSM nebo ZABAGED® je možné pracovat se znakem Velký balvan by měl mít alespoň 7,5 m v průměru. Znak se také používá pro některé menší, ale výrazné balvany v prostoru. Pro OSM i ZABAGED® je pravděpodobné, že filtrované objekty budou odpovídat spíše znaku 205: *Velký balvan* nežli znaku 204: *Malý balvan*. Jako zdroj jsou obě datové sady rovnocenné, co se týče testování.

206: Obrovský balvan nebo skalní věž

Pro znak 206 je sice dle definice v ZABAGED® i OSM najít odpovídající tagy a atributy, ale pro mapy pro OB jsou nevyužitelné, jelikož se jedná o zákresy celých skalních bloků a rozlohách v rámci stovek m². Podle znakového klíče ISOM 2017-2 jsou tyto znaky používány pro nepoměrně menší objekty, než je tomu v ZABAGED® nebo OSM.

207: Shluk balvanů

Odpovídající vrstvou, je vrstva „SkupinaBalvanu_p“ v ZABAGED®, která by měla vystihovat právě malé shluky balvanů. Bohužel je tato vrstva v některých případech polohově nepřesná. Nicméně se jedná o využitelnou vrstvu.

208: Balvanové pole a 209: Kamenitý povrch

Tag `natural == "blockfield"` a `natural == "scree"` se OSM vyskytuje jen zřídka a jedná se většinou o rozsáhlá balvanová pole nebo horská suťoviště. Stále je ale tag použitelný pro generování map pro OB.

213: Písčitý povrch

Pro písčitý povrch neexistuje žádný atribut v ZABAGED®. V OSM existuje tag `"sand"`, `"dune"`, který svou definicí odpovídá hledané charakteristice. Při testování bohužel nebyl znak na žádné z testovaných map, a proto není možné určit, s jakou podrobností je tato data využívat.

214: Holá skála

Znak 214 byl použit jen na mapě Kost, kde se jednalo pouze o malé plochy v lese, které databázi OSM nebyly postihnuty. Tag by mohl být využit u větších ploch, ale zpravidla se v OSM využívá pro velké plochy například skalních měst, podobně jako u znaku 206. Teoreticky je tedy použitelný, ale při užití v oblastech skalního města by naprosto znehodnotil kresbu vegetace. Tohoto důvodu se jeho užití nedoporučuje. Pro znak 214 zároveň není ekvivalent v databázi ZABAGED®.

215: Příkop

Znak 215 je použit pouze na mapě Petřvald, kde se jedná o velmi krátký úsek. V tomto případě se objekt nevyskytoval v databázi OSM. V databázi ZABAGED® nebyl nalezen ekvivalent pro tento znak.

301: Nepřekonatelné vodní těleso

Dle testovacích lokalit je vhodné použít data z OSM. Pro většinu vodních těles v OSM ale platí, že nejsou tak podrobná svým tvarem, jako vodní tělesa ze ZABAGED® (Obr. 18). Kvantitou jsou ale data OSM lepší. V databázi ZABAGED® jsou velké vodní toky (řeky) zakresleny jako „VodniPlocha“, na rozdíl od OSM, kde jsou některé menší řeky kresleny pouze linií. Při generování prostoru, kterým protéká řeka je tak vhodné použít data ZABAGED®.



Obr. 18 porovnání vodních těles (zleva: originál, ZABAGED®, OSM).

302: Mělké vodná těleso

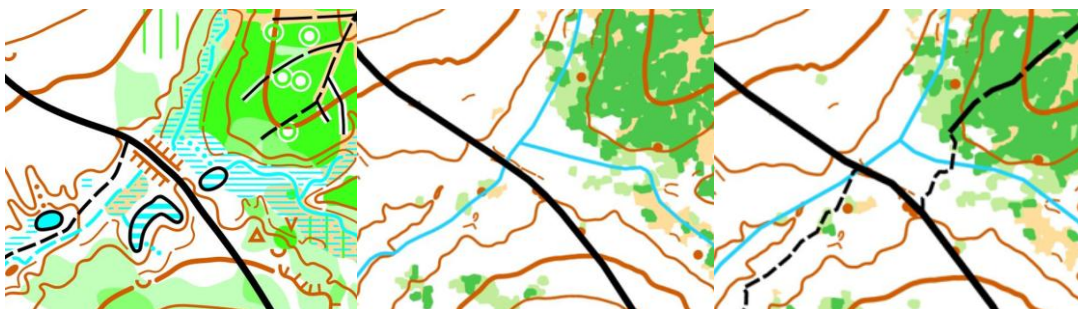
Odpovídajícím tagem v OSM je `water == "stream"`, který se ale jen zřídka používá pro zakreslení plošného objektu. Pro ZABAGED® nebyl nalezen ekvivalent.

304: Překonatelný vodní tok

Při testování nad vybranými mapami došlo ke shodnému výsledku dat OSM i ZABAGED®. Jelikož se jedná o skupinu poměrně významných toků, jsou dobře zaznamenány v obou databázích.

305: Malý překonatelný vodní tok

Dostupná data ve většině případů nedosahují přesného popisu průběhu malých vodních toků. U důležitějších toků je však většinou odpovídající alespoň hlavní linie toku (Obr. 19). U dat z OSM však mnohdy dochází k odchýlení linie toku od průběhu terénu. Data ZABAGED® jsou v tomto ohledu přesnější a více kopírují terén DMR 5G.



Obr. 19 porovnání malých vodních toků (zleva: originál, ZABAGED®, OSM)

306: Malý / občasný vodní příkop

Znak 306 se využívá převážně pro meliorační rýhy a odvodňovací příkopy. V oblastech, kde se nachází velké množství těchto objektů, jako jsou lesy v rovinných oblastech v okolí Hradce Králové nebo naopak horské, bažinaté oblasti, jsou v databázích dostupné jen hlavní vodní toky, vedoucí povětšinou údolními (Obr. 20). Menší meliorační rýhy se

v databázích nevyskytují. Databáze DIBAVOD obsahuje vrstvu meliorací, která ale nenavazuje na síť ostatních vodních toků a je velmi nepřesná. Z těchto důvodů je pro aplikaci nevyužitelná.



Obr. 20 menší meliorační rýhy v hradeckých lesích (zleva: originál, ZABAGED®, OSM).

307: Nepřekonatelná bažina

Data pro nepřekonatelné bažiny jsou na velmi podobné úrovni jak v ZABAGED®, tak v OSM. Jelikož se ale jedná o data, která pokrývají rašeliniště a zaplavené, zarostlé oblasti, bude se jednat většinou o okraje vodních nádrží, které budou vykresleny nebo o velká horská rašeliniště. Obecně lze říct, že jsou tato data využitelná, i přes to, že v českém prostředí nebudou tak častým prvkem mapy.

308: Bažina

Data pro znak 308 jsou dobře identifikovatelná, ale jejich podrobnost není příliš velká. Pokud se hledaná bažina nachází v datech OSM nebo ZABAGED®, jedná se o velmi zjednodušený nákres, který často neodpovídá charakteru terénu.

310: Nezřetelná bažina

Nezřetelná bažina je těžko odlišitelná od znaku 308. Odpovídající tagy byly stanoveny jen pro OSM, kde by tagy `marsh` a `wet_meadow` měly odpovídat sušším nebo vysychajícím bažinám. I z tohoto důvodu se vykreslují data pro znak 310 jako znak 308.

311: Studna, fontána nebo vodní nádrž

Tato data lze čerpat pouze z OSM. Pro tyto objekty však mnohdy platí, že pro mapu pro OB by mohly být zaznačeny jiným znakem.

312: Pramen

Znak 312 se velmi často používá i v místech, kde potok pramení ze země. V datech OSM i ZABAGED® se ale většinou jedná o prameny, které jsou v terénu nějak výrazné nebo jsou udržované. Proto se pod filtrovanými vrstvami najdeme jen ty význačné prameny. Co se týče pokrytí pramenů, z testování vychází lépe data OSM, která se sice často mísí s daty pro znak 311, ale stále mají lepší pokryv.

402: Otevřený prostor s roztroušenými stromy

Pro tento znak byly zvoleny vrstvy parků. I z tohoto důvodu se tento znak využije spíše v zastavěných oblastech, kde je takto mapováno více prostoru než v extravilánu.

408: Vegetace, chůze

Znak 408 se využívá nejen jako plošný znak, ale i jako znak liniový, a to v například v případě, že se jedná o živý plot. Pro tento případ je možné filtrovat data z databáze ZABAGED®, přesněji atribut „živý plot“ ve vrstvě *LiniovaVegetace*. Tato vrstva pokrývá právě některé živé ploty v okolí zahrad nebo v prostorách parků.

412: Orná půda

Orná půda je velmi dobře postihnuta jak v ZABAGED®, tak i v OSM. Rozdíly jsou velmi malé, a plochy se liší převážně detailními částmi ploch, kde jsou podrobnější data OSM. V databázi KVES jsou data o něco méně podrobná (Obr. 21). Z těchto důvodů se doporučuje použití dat OSM.



Obr. 21 Data pro ornou půdu pro stejný prostor (zleva: ZABAGED®, OSM, KVES).

413: Sad

Znak 413 nezískal v průběhu testování žádné bodové ohodnocení. V databázi ZABAGED® však neexistuje ekvivalent tohoto znaku. Z tohoto důvodu je doporučeno použít tag `landuse == "orchard"` z databáze OSM.

414: Vinice nebo podobné

Tento znak má ekvivalent jak v ZABAGED®, tak i v OSM. V průběhu testování však nenastala žádná situace, kdy by byl tento znak použit. Kvalitu dat tak nebylo možné ověřit.

416: Zřetelná hranice vegetace

Pro znak 416 byl nalezen ekvivalent v databázi ZABAGED®. Jedná se o vrstvu "LesníPudaSeStromyKategorizovana", která obsahuje atributy výšky porostu a typu porostu. Pro vykreslení znaku 416 byly využity objekty s atributem jehličnatého lesa a s výškou v rozmezí od osmi do dvaceti metrů. V jehličnatých lesích je tento atribut velmi dobře využitelný, avšak pro lesy s převážně listnatým porostem by bylo vhodné využít atributu pro listnatý porost.

417: Výrazný velký strom

Data pro znak 417 je možné čerpat jak ze ZABAGED®, tak i z OSM. V průběhu testování nezískal ani jeden ze zdrojů žádné bodové ohodnocení. V obou případech je to z důvodu zákresu stromů převážně v intravilánu, kdežto pro OB jsou zakreslovány i stromy vizuálně výrazné v lese. Kvalita dat tedy nemohla být ověřena, ale kvantitativně lepší je datová sada OSM.

418: Výrazný keř nebo malý strom

Ekvivalentem je tag `natural == "shrub"` v databázi OSM, který ale není velmi využíván a při testování nebyla nalezena situace, ve které by byl použit. Ekvivalent v ZABAGED® nebyl nalezen.

501: Zpevněná plocha

Z testování jednoznačně vyplývá vhodnost použití dat OSM. A to i přes nízkou správnost (okolo 18 %). U dat ze ZABAGED® však nebylo nalezeno žádné správné použití.

502–507: Silnice, cesty

Ke kategorii silnic a cest je vhodné přistupovat jako k celku, a to převážně z důvodu návaznosti dat (Obr. 22). Z testování vyplývá, že hlavní silniční síť a významné cesty jsou na velmi dobré úrovni jak v ZABAGED®, tak i v OSM, s lehce lepšími výsledky pro OSM. Pro vozové a pěší cesty je naopak, dle testování, vhodnější použít data ZABAGED®. U malých pěšin bylo dosaženo lepších výsledků z dat OSM. Tato data jsou úzce propojená a nedostatky jsou tak spíše ve vykreslení správného znaku, což vychází z filtrace dat.



Obr. 22 Nechtěná duplikace dat při kombinaci dat OSM a ZABAGED®.

Největší rozdíly jsou u znaků 506 a 507. Zde vychází testování výrazně ve prospěch dat OSM. U znaku 506 jde o poměr zhruba 60 % ku 30 % a u znaku 507, které sice nejsou velmi kvalitní ani u jednoho ze zdrojů, protože jde o nejnižší kategorii cestní sítě, je poměr hodnocení 16 % ku 2 % ve prospěch OSM.

Pro celou síť cest je doporučeno využít data OSM převážně z důvodu kvalitnější sítě malých pěšin a cestiček.

502D: Dálnice

Pro potřeby přehledného vykreslení dálnic byl vytvořen také znak 502D, který není definovaný v ISOM 2017-2. Kvalita dat pro tento znak nebyla testována, ale z předpokladu, že se jedná o data důležitých prvků silniční sítě se dá předpokládat, že datové podklady budou ve velmi dobrém stavu. Stejně jako u znaků 502–508 je ale vhodné použít jen jednu datovou sadu pro celou komunikační síť tak, aby byly data bezešvá.

508: Průsek nebo liniová trasa terénem

Pro průseky je dle testování vhodnější využít data ZABAGED®, kde se ve vrstvě "LesníPrusek" nacházejí přímo průseky. Problém dat OSM je v tomto případě ve využití nesprávných tagů, protože často dochází k situacím, kdy je průsek zakreslen linií s tagem odpovídajícím znaku 507. Data ZABAGED® je v tomto případě doporučeno použít i přes to, že nemusí přesně navazovat na data OSM. Při nejmenším jde však o doplnění cestní sítě OSM.

509: Železnice

Železnice, jakožto významné dílo dopravní sítě je velmi dobře zdokumentována jak v datech ZABAGED®, tak i v datech OSM. Jediný rozdíl mezi databázemi je v přístupu k bývalým železnicím, kdy v datech OSM je možnost zakreslit i bývalé železniční tratě, kdežto v ZABAGED® se nacházejí jen ty stávající, užívané, a vlečky.

510 a 511: Elektrické vedení, lanovka nebo lyžařský vlek, Hlavní elektrické vedení

Data pro znaky 510 a 511 byly pro zjednodušení a lepší čitelnost mapy sjednoceny a pro vykreslení dat je využíván pouze znak 510. Data pro elektrické vedení jsou dle testování na stejné úrovni jak v ZABAGED®, tak i v OSM. Zakresleny jsou s velkou mírou přesnosti.

Rozdíl v kvalitě dat bude možné pozorovat u lanovek, a hlavně malých lyžařských vleků. Tyto prvky se však nevyskytovaly ani v jednom z testovacích prostorů, a proto není možné zhodnotit jejich kvalitu.

513.1: Zeď

Z testování jednoznačně vyplývá vhodnost použití dat ZABAGED®. Z dat OSM nebyl správně vykreslen ani jeden objekt. Z databáze ZABAGED® byly objekty vykresleny s 22% úspěšností.

515: Nepřekonatelná zeď

Data, která jsou filtrována pro tento znak jsou v obou databázích běžně využívána v zastavěných oblastech nebo například jako protihlukové stěny podél silnic. Stejně tak je tomu i v mapách pro OB. I z tohoto důvodu se znak nevyužívá moc často a v testovacích lokalitách vyskytla jen jednou a nebyla pokryta daty ani ze ZABAGED® ani z OSM. pokud by se jednalo o mapu v zastavěné oblasti, budou data vhodná pro použití. Na testovacích lokalitách však nebylo možné porovnat jejich kvalitu.

520: Oblast se zákazem vstupu

Oblasti se zákazem vstupu mohou být diskutabilní například v případě vykreslování vojenských újezdů, lomů apod. znakem 520. V průběhu testování tak byly záměrně vybírány objekty, které odpovídají soukromým pozemkům u domů, zahradám a intravilánu.

Vyšší hodnocení při testování bylo dosaženo daty ZABAGED® (77,7 %), přičemž data se oproti OSM liší převážně přesností půdorysu ploch. Data OSM mohou předčít ZABAGED® v oblastech mimo souvislou zástavbu, kde se jedná o malé privátní plochy.

521 a 522: Budovy a zastřešení

Data pro budovy nebyly v této práci testovány, protože kvalita dat v ZABAGED® i v OSM je velmi podobná. To je dáno faktem, že většina zástavby v OSM je přebírána ze ZABAGED®. Jediným rozdílovým prvkem jsou pak malé stavby (například lesní chatky), které jsou často zaznamenány jen v OSM. Spolu s faktem, že zpracování importované vrstvy ZABAGED® je velmi náročné, se doporučuje využít data OSM.

Zastřešení je objekt, který se využívá velmi zřídka a je úzce spojen se zákresem budov. Proto je možné přistoupit k datům stejně jako k budovám a pracovat s daty OSM.

523: Zřícenina

V oblastech testovacích lokalit se nacházely jen dva objekty značené znakem 523. Ani v jednom případě však nebyl vykreslen z dat OSM ani ZABAGED® a není tak možné posoudit kvalitu dat. Je ovšem nutné konstatovat, že filtrace dat ze ZABAGED® vybírá pouze objekty klasifikované jako bunkr, kdežto filtrací z OSM prochází i data klasifikovaná tagy:

```
(building == "ruins") | (historic == "ruins") | (military == "bunker")
```

Z důvodu větší škály filtrovaných objektů u dat OSM je tedy doporučeno využít právě tato data.

524: Vysoká věž

Znak 524 byl v testovacích lokalitách použit jen jednou a byl pokryt jak v případě dat OSM, tak i ZABAGED®. Zhodnotit, která data jsou lepší pro využití v mapách pro OB tak není možné na základě testování možné.

525: Malá věž (posed)

Objekt klasifikovaný jako posed se v databázi ZABAGED® nevyskytuje. Z dat OSM jsou posedy filtrovány jako `man_made = "hunting_stand"`, tj. přímo data pro posedy. Významné posedy v okolí komunikací a polí jsou velmi dobře zaznačeny v OSM. Menší posedy a posedy v horším stavu v datech většinou chybí

526: Mohyla

Objekty pro znak 526 jsou filtrovány jak ze ZABAGED®, tak i z OSM. Z výsledku testování je zřejmé, že lépe využitelná data jsou ta ze ZABAGED®, a to převážně z důvodu možnosti využití více tagů, nežli je to možné v případě databáze ZABAGED®.

531: Výrazný umělý objekt

Z výsledku testování není možné určit, která datová sada je vhodnější pro použití pro mapy pro OB, protože výsledek pro obě datové sady byl stejný.

532: Schodiště

Schodiště je možné najít pouze v databázi OSM, kde jsou dobře z dokumentovány. Jelikož v testovacích lokalitách nebyl znak pro schodiště použit není tak možné zhodnotit kvality číselně.

5.3 Hodnocení dat bodových mračen

101–103: Vrstevnice

Při testování vrstevnic byly vyhledávány převážně charakteristické detaily, které jsou často velmi subjektivním prvkem, který do mapy vnáší mapař. I proto hodnocení správnosti zákresu, odpovídající 43,4 % může působit jako neuspokojivé. Je však nutné brát v potaz, že hodnocené terénní detaily mohou být velmi malé (Obr. 23), a i z kvalitního DMR velmi špatně identifikovatelné.



Obr. 23 Jedna z testovacích oblastí pro vrstevnice s mnoha detaily.

109 a 111: Malá kupka a Malá prohlubeň

Identifikace kupek a prohlubní funguje na stejném principu jako v práci Valeše (2018), kde bylo testování prováděno opačným způsobem. Zde, při testování dosáhla identifikace kupek 20 % správnosti v hodnocení a v případě prohlubní se 15 %. Jednalo se převážně o vyšší, větší kupky a hlubší, významnější prohlubně. Lepších výsledků bylo obecně dosahováno v oblastech s nižším sklonem svahu, kde jak kupky, tak i prohlubně lépe vyniknou.

Vegetace (znaky: 401, 403, 405, 406, 408, 410)

Vegetace byla testována jako celek, protože je generována z jednoho datového zdroje. Data generovaná z DMP OK dosáhly vykreslení správně klasifikované vegetace v 76,7 % případů z celkových 120 hodnocených bodů (30 pro každou testovanou mapu). Body byly vybrány

náhodně v oblastech lokalit mimo soukromé pozemky a zastavěné oblasti. Testování bylo provedeno na stejném nastavení vstupních parametrů. Při jejich úpravě pro každý daný typ lokality by bylo možné dosáhnout lepšího výsledku.

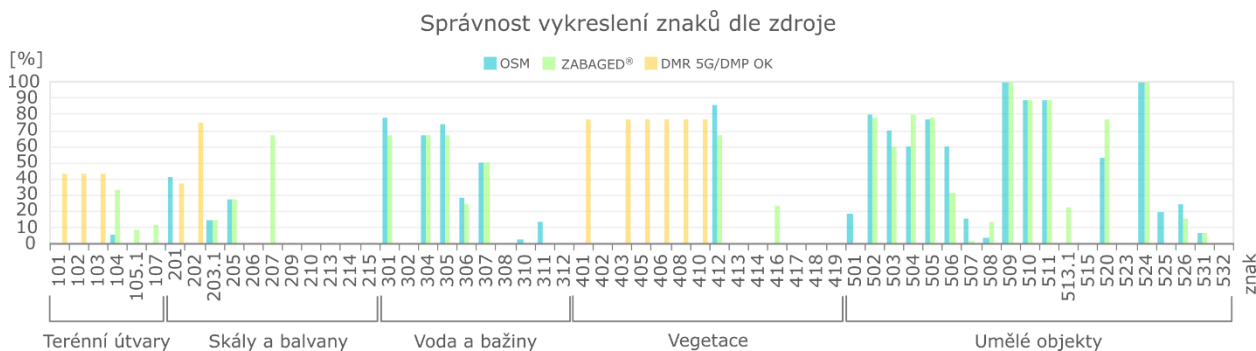
6 VÝSLEDKY A VÝSTUPY

Výstupem práce je aplikace s grafickým rozhraním, která implementuje prvky a metody využívané v softwarech jako jsou Karttapullautin nebo OCAD. Jedná se o zpracování bodových mračen DMR a DMP. Aplikace navíc umožňuje stažení dat DMR a DMP z geoportálu ČÚZK za pomoci stahovací služby ATOM na základě výběru rozsahu. Pokud má uživatel vlastní data, je možné použít jako vstup právě tato data. Kromě práce s bodovými mračenými pracuje aplikace s daty OSM a ZABAGED®, které filtruje a vykresluje dle znakového klíče ISOM 2017-2. Stejně tak mohou být, kromě OSM a ZABAGED® použita vlastní data pro zpřesnění výstupu. Nastavení filtrace dat je nastaveno tak, aby bylo možné kombinací dat OSM a ZABAGED® docílit co nejvyšší podrobnosti a přesnosti mapy.

Vygenerovaná mapa v PNG může být přínosná pro samotné sportovce, jako podklad pro přípravu, a to jak teoretickou, tak i pro samotný trénink v terénu. Jedná se hlavně o prostory, kde je již existující mapa zastaralá anebo vůbec neexistuje. Díky exportu do GPKG je výstup přínosný také pro mapáře. Po importu do aplikace OOM díky CRT souboru, který je jedním z výstupů práce, je možné velmi rychle dosáhnout základní kostry mapy, se kterou lze dále pracovat v prostředí, které je mapářům známé. Samotná práce v terénu je pak usnadněna o velké množství času.

V rámci práce bylo provedeno testování, na jehož základě byly vyvozeny poznatky týkající se použitelnosti datových zdrojů pro jednotlivé znaky. Pro tyto účely vznikla tabulka, která obsahuje všechna hodnocení a výsledná doporučení. Na základě poznatků je možné vytěžit dostupná data na maximum a přistupovat k vygenerované mapě s ohledem na kvalitu a podrobnost dat. I bez použití aplikace je možné použít doporučení plynoucí z této práce při tvorbě mapy pro OB.

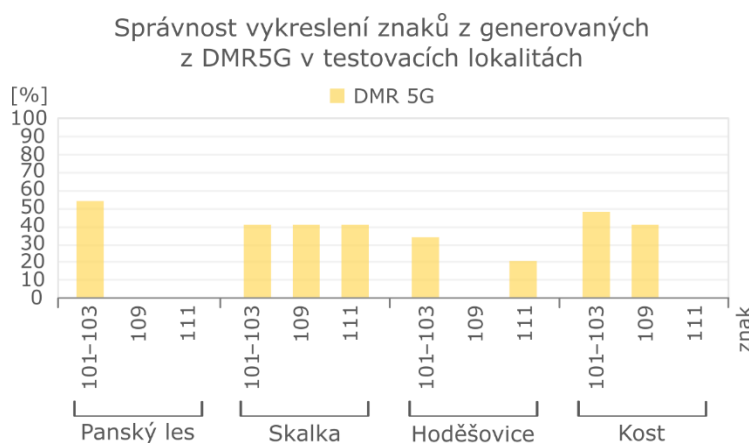
Z výsledků testování (Příloha 4) vyplývá, že v českém prostředí se výběr podrobných datových sad zužuje na databáze ZABAGED® a OSM. Další datové sady, jako je například KVES nebo DIBAVOD obsahují své tematické vrstvy, které jsou sice podrobné, ale velmi často nenavazují právě na data ZABAGED® nebo nejsou topologicky přesná, a není tak možné je využít ke zpřesnění mapy. I přes to je ale možné z volně dostupných dat generovat mapy, které obsahují poměrně dobře zdokumentovanou síť cest a silnic, vodních toků a důležité uměle vytvořené objekty. U sítě cest je problémem kategorizace, protože datové sady nejsou stoprocentně aktuální anebo v případě OSM může dojít ke špatnému zákresu editorem. I přes to je ale možné dosáhnout správnosti vykreslení až 80 % u cest a silnic. Kvalitně zdokumentovány jsou i důležité uměle vytvořené objekty, ať už se jedná o posedy nebo menší sakrální stavby (Obr. 24). Dobře dostupná jsou také data týkající se vodstva, avšak podrobnější objekty typu melioračních rýh nebo bažin nejsou dostupné v žádné z datových sad v dostačující podrobnosti. Bez problémové je vykreslování budov, které jsou v obou databázích na velmi podobné úrovni, a tak nebyly porovnávány.



Obr. 24 Dosažená správnost vykreslení jednotlivých znaků na základě dle zdrojů

Pro data z nového DMP OK platí, že je výsledná klasifikace vegetace z něj vycházející je na velmi dobré úrovni. Z testování vyplývá, že je možné dosáhnout až 76% úspěšnosti shody s mapou tvořenou tradičním způsobem v náhodně vybrané oblasti mapy. Zároveň ale platí, že data DMP OK vystihují všechny výrazné prvky vegetace, jako jsou paseky a oblasti hospodářských lesů, kde se nachází velké množství pravidelných hustníků vytvořených lidskou činností. Díky pravidelné aktualizaci v intervalu dvou let je také možné generovat téměř aktuální stav vegetace.

Z hodnocení DMR 5G, které navazuje na hodnocení Valeše (2018) plyne, že při identifikaci velmi detailních terénních tvarů je možné dosáhnout správného vykreslení u zhruba 43 % sledovaných jevů. Hlavní rysy průběhu terénu jsou však dobře znázorněny. Výsledek ale velmi závisí jednak na vyhlazenosti terénu, a také na morfologii terénu (Obr. 25). Největší přesnosti je možné dosáhnout v oblastech s prudšími svahy. V rovinatějších oblastech většinou není možné identifikovat jemné terénní nerovnosti, které se nacházejí mimo interval vrstevnic, ale mapař by je běžně zaznamenal. Pro kupky a prohlubně pak platí, že je možné identifikovat významné objekty, které by v mapě neměly chybět nebo alespoň identifikovat oblast, kde bude nutné provést terénní šetření a dokreslit detaily ručně. Identifikace skalních srázů funguje na velmi dobré úrovni. I ve složitějších skalních městech je možné vykreslit většinu skalních stěn včetně užších průchodů mezi skalami. Je však nutné přizpůsobení vstupních parametrů pro daný typ terénu.



Obr. 25 Správnost vykreslení znaků generovaných z DMR 5G v jednotlivých lokalitách

7 DISKUZE

Tvorba map pro OB je v mnoha případech velmi subjektivní, a to i přes jednotný znakový klíč, který je nutné dodržovat. Mnoho oblastí je ale natolik specifických, že je možné znakový klíč mírně poupravit. Z tohoto důvodu nelze ani k automatickému generování map přistupovat naprosto objektivně. V každé jedné lokalitě jsou data jinak podrobná, a je tak nutné hledat kompromis. Toho bylo v této práci dosaženo pomocí testování na různých oblastech.

Aplikace umožňuje stahovat data DMR a DMP. Stejným způsobem by mohlo být přistupováno ke stahování dat ZABAGED®. Je ale otázkou, zda je vhodné stahovat všechny vrstvy datové sady, nebo jen omezené množství. Proto bylo přistoupeno k variantě importu dat ze ZABAGED® ručně.

Vstupní data bodových mračen jsou aplikací redukována na maximální počet 2,5 mil. bodů. Tento limit je nastaven převážně z důvodu limitace hardwaru, kdy větší množství bodů způsobuje velké zatížení komponent. Otázkou je, zda je pro mapy pro OB nutné bodové mračno s body v pravidelné síti $0,2 \times 0,2$ m, anebo je dostačující rozlišení 0,5 m v rastru, který je používán v této práci. Při klasifikaci vegetace by nemělo být nutné pracovat s větším rozlišením, avšak při identifikaci terénních jevů by bylo vhodné využít podrobnějšího rastru, ze kterého by byla možná identifikace většího množství objektů. Bodové mračno DMR 5G ale není dostatečně husté, aby bylo možné zlepšit kvalitu rastu zvětšením rozlišení. Bylo by tedy nutné použít detailnější bodové mračno DMR.

Generování vrstevnic je prováděno na základě již vyhlazeného modelu, ovšem bylo by možné přistoupit k opačnému řešení, kdy by byly vygenerovány vrstevnice z původního modelu a následně by došlo k jejich zjednodušení a vyhlazení. Vykreslování doplňkových vrstevnic je omezeno jen sklonem a křivostí. Tato kombinace je v mnoha případech nedostačující a bylo by třeba omezení upravit nebo hodnotit křivost s ohledem na okolí tak, aby nebyly vykreslovány jen krátké útržky vrstevnic.

Vstupní parametry funkcí (minimální výška a hloubka), které identifikují kupky a prohlubně nejsou v základním nastavení nastaveny podle znakového klíče. To je dáno nedostatečnou hustotou bodů DMR 5G, kvůli které se mnoho detailů ztratí. V případě použití podrobnějšího bodového mračna by mohlo být přistoupeno k identifikaci dle znění znakového klíče současně s využitím mřížky s větším rozlišením.

Filtrace dat OSM byla inspirací již existujícími řešeními. Byly zde ale zaneseny ve větší míře subjektivní poznatky, které vznikly při tvorbě a díky kterým se může lišit definice tagu v OSM od definice znaku v ISOM 2017-2. Při testování bylo ale úpravou docíleno lepších výsledků, co se týče porovnání s originální mapou. Podobně to platí i pro data ZABAGED®, kde byla původní filtrace vytvořená na základě katalogu ZABAGED® upravena na základě zkušeností při tvorbě skriptu. Kupříkladu klasifikace cest se bude velmi lišit v zahraničí, a to i v rámci dat OSM. Vykreslování je přizpůsobeno českému prostředí. V tomto ohledu není možné docílit jednotné klasifikace pro celý svět. Prioritizace vstupních data je vytvořena na základě dostupnosti dat, kdy OSM jsou celosvětovým datovým zdrojem a Aplikace je stahuje sama. Databáze ZABAGED® je v postavení druhotného zdroje, protože je nutné data importovat, ale byl pro jeho zpracování sestaven filtrační klíč. Data z jiných datových zdrojů jsou pak nejméně předpokládaným vstupem. Při tvorbě aplikace v jiném datovém prostředí by bylo možné přístup k prioritizaci upravit.

Možnost ovlivnit vykreslení jednotlivých znaků uživatelem je umožněna jen v rámci jednotlivých skupin znaků definovaných znakovým klíčem. Dalším krokem by mohlo být přidání možnosti výběru jednotlivých znaků, kde by ale bylo již nutné pracovat s grafickým rozhraním, aby byla aplikace přehledná. Stejně by mohlo být přistupováno i filtraci dat

OSM, aby bylo možné upravit převodní klíč tak, jako je tomu možné například v aplikaci OOM. Pro toto řešení by ale bylo nutné upravit strukturu kódu pro filtraci dat, kde jsou momentálně fixně nastaveny ideální kombinace pro české prostředí.

Správné vykreslování jednotlivých znaků je řešeno převodem parametrů z XML souboru. Bylo by však možné částečně zjednodušit převod tak, aby byla definice rozměrů bodových, liniových a plošných znaků ve stejných jednotkách. To by výrazně zjednodušilo úpravu nebo tvorbu nového znakového klíče. U specifických znaků, jako je zemní sráz, jsou využity tzv. *fousky*, které směřují po svahu směrem dolů. Aplikace řeší směr vykreslení tak, že zjistí, co jaká je v daném místě linie orientace svahu a následně vykreslí *fousky* kolmo na svah a na stranu linie, která je po svahu. V mnoha případech se ale stane, že jeden znak má *fousky* v různých úsecích na opačnou stranu. Tomu by bylo možné zabránit použitím orientace, kterou má linie samotná. V tom případě by ale mohlo často docházet ke špatnému zákresu z důvodu nepřesného zakreslení znaku ve vstupní databázi. Bylo proto přistoupeno na první zmíněné řešení

Rychlost aplikace je velmi ovlivněna využitím jazyka Python. Za využití jiného jazyka by bylo možné docílit větší rychlosti zpracování dat. Díky Pythonu je ale možné využít velké množství knihoven, které pracují s geografickými daty. Na druhou stranu je ale nutné počítat s velkou závislostí knihoven na externích zdrojích. Dalším problémem je samotné velké množství použitých knihoven. Z těchto důvodů bylo nutné skript zkompileovat a všechny závislosti a potřebné funkce zabalit přímo do aplikace.

Exportování výstupů je řešeno dvěma formáty (PNG a GPKG) a to z důvodu dalšího využití. Formát GPKG je možné importovat jak do GIS, tak i do aplikace OOM. Formát PNG byl zvolen i s ohledem na možnost generování dlaždic a jejich následnému spojování, jak je tomu v případě projektu MapAnt. Proto je možné vybrat vykreslení nejen do formátů A4 a A3, ale i do celého rozsahu dat za využití průhlednosti pozadí. U PNG je zvoleno velmi velké rozlišení, aby bylo možné jednak využít ji způsobem jako v případě MapAnt nebo s ní pracovat, jako s podkladovou mapou. V obou případech je třeba velkého rozlišení, protože je s mapou pracováno ve velkých měřítcích.

V rámci testování bylo postupováno způsobem, který není zcela objektivní. Při porovnávání map pro OB ale není možné dosáhnout stoprocentní objektivnosti, ani využít strojové testování. Je to dáno už tím, jak vznikají mapy pro OB, kdy je již při vzniku zanesena nemalá míra subjektivity, a to nejen při výběru objektů, které budou zaneseny do mapy, ale i následnou generalizací. Proto bylo nutné přistoupit k testování s jistou mírou nadhledu a posuzovat nejen přesný zákres znaku, ale i vztah s okolím a kompozici okolí znaku. Zároveň bylo, hlavně v případě dat DMR 5G, nutné brát v potaz kvalitu dat a zohlednit ji při hodnocení. Testování dat DMP OK proběhlo za výběru 30 náhodně vybraných bodů pro každou testovanou oblast, které byly vybrány náhodně v částech mapy mimo zastavěnou oblast a soukromé pozemky. Větší množství testovacích bodů by vyžadovalo alespoň poloautomatické zpracování, kdežto u celkového počtu 120 bodů bylo možné vše zhodnotit vizuální analýzou. Současně s tím bylo možné sledovat okolí hodnocených bodů a zhodnotit tak i souvislosti s okolím.

8 ZÁVĚR

Automatické generování map je jednou z cest ke zjednodušení práce mapáře a výpomoc při přípravě závodníka a každý posun k ve zlepšení podrobnosti a přesnosti je velmi znát. Díky této práci vznikla aplikace, která implementuje principy automaticky generovaných map a která je přizpůsobena českým datům. Generování map bylo uzpůsobeno na základě testování, které proběhlo nad čtyřmi lokalitami s různě členitým průběhem reliéfu. Na základě rešerše a testování byly také zhodnoceny možnosti a vhodnost využití jednotlivých zkoumaných datových sad.

V Česku je možné z dostupných dat generovat kvalitní mapy pro OB, které jsou srovnatelné s mapami generovanými ve světě. Největší limitací jsou a nejspíše vždy budou podrobné datové sady, díky kterým je i přesto možné dosáhnout kvalitních výsledků, co se týče důležitých prvků mapy. Z práce vyplývá, že pro území Česka je dobré čerpat data pouze ze dvou databází, ZABAGED® a OSM, což je poměrně málo, ale díky tomu je usnadněna práce s filtrací dat. Díky datům ZABAGED® možné, dle potřeby, doplnit nebo nahradit data OSM stejně jako je tomu v případě zemí, kde jsou také využívány místní podrobné databáze pro generování map pro OB. Velkým posunem v dostupných datech je zveřejnění datové sady DMP OK, která díky pravidelné aktualizaci bude zůstat využitelnou i nadále. Oproti tomu data DMR 5G nejsou v některých lokalitách se složitějším průběhem reliéfu dostačující, protože hustota bodových mračen není tak velká jako například u DMP OK. Co se týče aktuálnosti, jsou ve většině případů dostačující, i z důvodu nepravidelné aktualizace v místech změn.

Samostatně stojící aplikace přináší možnost uživateli bez znalostí GIS vygenerovat mapu pro OB. Stejně tak je tomu u práce mapářů, kde jde, minimálně z důvodu možnosti stahovat data z ČÚZK, o zjednodušení práce. Zatím ale není možné dosáhnout takových výsledků, aby byla mapa vhodná pro použití při závodě.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

AOPK ČR. Konsolidovaná vrstva ekosystémů 2022 [online]. Praha, Zeměměřičský úřad, 2024. [cit. 2026-01-13]. Dostupné:

https://webgis.nature.cz/publicdocs/opendata/kves/Konsolidovana_vrstva_ekosystemu_2022_popis.pdf

BEDNAŘÍK, Libor. ISOM 2017-2 [online]. Praha, Mapová rada ČSOS, 2024.

[cit. 2026-01-13]. Dostupné:

<https://metodika.ceskyorientak.cz/upload/2024/08/isom2017-2rev6cz.pdf>

BOLECHOVÁ, Anežka. Zmapování vybraného prostoru pro orientační aktivity [online].

Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita Brno, 2016. Dostupné z:

https://is.muni.cz/th/jftmc/DP_FINAL.pdf

Creative Commons CC BY 4.0. [online]. 2025. [cit. 2026-01-07]. Dostupné z:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>.

ČSOS, *O Orientáku*. [online]. 2025. [cit. 2026-01-18]. Dostupné z:

<https://www.ceskyorientak.cz/o-orientaku/>

ČÚZK. Katalog objektů ZABAGED® [online]. Praha, ČÚZK, 2022.

[cit. 2026-01-13]. Dostupné:

https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED®_2024.pdf

ČÚZK, ZABAGED® - *Výškopis – DMR 5G*. [online]. 2025. [cit. 2025-11-04]. Dostupné z:

[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(sfivcswvmet1tbmwm5kbyo13\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZZK-DMR5G-V&metadataXSL=Full&side=vyskopis](https://geoportal.cuzk.cz/(S(sfivcswvmet1tbmwm5kbyo13))/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZZK-DMR5G-V&metadataXSL=Full&side=vyskopis).

ČÚZK, ZABAGED® - *Výškopis – DMP 1G*. [online]. 2025. [cit. 2025-11-04]. Dostupné z:

[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(auqkhdvhtt2taj12evfyznj\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZZK-DMP1G-V&metadataXSL=Full&side=vyskopis](https://geoportal.cuzk.cz/(S(auqkhdvhtt2taj12evfyznj))/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZZK-DMP1G-V&metadataXSL=Full&side=vyskopis)

ČÚZK, ZABAGED® - *Výškopis – Digitální model povrchu České republiky z obrazové*

korelace. [online]. 2025. [cit. 2025-11-04]. Dostupné z:

[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cu0peza2m3sef3o4jdwyq3h\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZZK-DMP OK&metadataXSL=Full&side=vyskopis](https://geoportal.cuzk.cz/(S(cu0peza2m3sef3o4jdwyq3h))/Default.aspx?mode=TextMeta&metadataID=CZ-CUZZK-DMP OK&metadataXSL=Full&side=vyskopis)

DUŠÁNEK, Petr. NOVÉ VÝŠKOPISNÉ MAPOVÁNÍ ČESKÉ REPUBLIKY [online]. Praha, Zeměměřičský úřad, 2024. [cit. 2026-01-13]. Dostupné:

https://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2014/sbornik/papers/gis2014526faa8a434ef.pdf

DITZ Robert, GLANER Franz, GARTNER Georg., Laser Scanning and Orienteering Maps, Journal of Orienteering. 2014, s. 13-18. Dostupné z: <https://orienteering.sport/iof/communication/publications/scientific-journal-of-orienteering/>

GitHub, Karttapullautin. [online]. 2026. [cit. 2026-01-14]. Dostupné z: <https://github.com/karttapullautin/karttapullautin> .

GitHub, NicoRio42. cassini. 2026. [online]. [cit. 2026-01-14]. Dostupné z: <https://github.com/NicoRio42/cassini>.

LÁSZLÓ, Zentai. Reducing Field Work with Automation in Orienteering Map Production. Scientific Journal of Orienteering. 2014, s. 29-37. Dostupné z: <https://research.ebsco.com/c/hlrac6/search/details/iliqdzudfr/related-items?db=s3h>

LENHART, Zdeněk. Mapy pro orientační běh. [online]. In: 2020, s. 10. [cit 2025-11-04]. Dostupné z: https://egako.eu/wp-content/uploads/2021/05/langr_2021_05.pdf.

LENHART, Z. a kol.: Tvorba map pro orientační běh. Praha, Český svaz orientačního běhu, 2000, 144 s.

MapAnt. [online]. 2018. [cit. 2025-12-05]. Dostupné z: <https://mapant.net/>.

JANKOVIČOVÁ, Ivana. ZÍSKÁVÁNÍ A PŘÍPRAVA PODKLADŮ PRO TVORBU PODROBNÝCH MAP PRO ORIENTAČNÍ BĚH. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita, 2013. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/370276/prif_b/BP_Jankovicova.pdf.

KRÁL, Vojtěch. Jednotný mapový klíč pro orientační běh. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita Brno, 2014.

KRTIČKA, Luděk. Mapování s použitím LiDARových dat. Orientační běh: časopis orientačních sportů. 2011, roč. 2011, č. 5, s. 20-23.

Open Data Commons. [online]. 2025. [cit. 2025-12-05]. Dostupné z: <https://opendatacommons.org/licenses/odbl/1-0/>.

OpenStreetMap wiki. [online]. 2020. [cit. 22-10-2020]. Dostupné z: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Cs:Historie_OpenStreetMap_v_%C4%8Cesk%C3%A9_republice#cite_note-3. [cit. 2025-12-05].

PETROVIČ, Dušan. Reducing Field Work with Automation in Orienteering Map Production. Scientific Journal of Orienteering. 2014, s. 3-12. Dostupné z: <https://research.ebsco.com/c/hlrac6/search/details/iliqdzudfr/related-items?db=s3h>

RIO Nicolas. Cassini. [online]. 2024. [cit. 2025-12-05]. Dostupné z: <https://cassini-map.com/>.

RYYPÖ, Jarkko. Karttapullautin vegetation mapping guide [online]. 2019. [cit. 2026-01-13]. Dostupné: <https://www.routegadget.net/karttapullautin/greenmapping.pdf>

ŠTYSOVÁ, Lucie. SROVNÁNÍ DAT RÚIAN / ISKN A ZABAGED® S DŮRAZEM NA LAND USE / LAND COVER. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2015.

TAUCHMAN, Martin. Nové přístupy ke katastrálnímu mapování jako cesty ke zkvalitnění dat katastru. [cit. 2026-01-07]. Diplomová práce. Praha: České Vysoké Učení Technické v Praze, 2024. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/server/api/core/bitstreams/fc98e4df-74f5-4c7c-8653-fb5e7e0f3982/content>

TOLAN, Jamie a kol. Very high resolution canopy height maps from RGB imagery using self-supervised vision transformer and convolutional decoder trained on aerial lidar. 2024. Remote Sensing of Environment, 300, p.113888.

VALEŠ, Jiří. Automatizovaná tvorba mapy pro orientační běh z dostupných datových zdrojů. Bakalářská práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni Fakulta aplikovaných věd. 2018.

VÚV TGM, DIBAVOD – Digitální báze vodohospodářských dat. [online]. 2025. [cit. 2025-11-04]. Dostupné z: <https://www.dibavod.cz/17/o-projektu-dibavod.html>

ZACHAROPOULOU Dimitra. Assessment and Visualization of OSM Consistency for European Cities. ISPRS International Journal of Geo-Information (IJGI). 2021, vol. 2021, no. 10, s.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

- Příloha 1 Poster
- Příloha 2 Soubory aplikace
- Příloha 3 Vygenerované mapy lokalit
- Příloha 4 Tabulka hodnocení datových sad (data_testovani.xlsx)

Obsah Přílohy 2:

Složka **01_OMapMaker** obsahuje:

- soubor OMapMaker.exe
- soubor OMapMaker.py
- soubor symbols10.xml
- soubor symbols15.xml

Obsah Přílohy 3:

Složka **02_Mapy** obsahuje:

- 3a: soubor Hodesovice.pdf
- 3b: soubor Skalka.pdf
- 3c: soubor Kost.pdf
- 3d: soubor PanskyLes.pdf