

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**NÁVRH ZNAKOVÉHO KLÍČE
PRO TVORBU TYFLOMAP
TIŠTĚNÝCH NA MIKROKAPSULOVÝ PAPÍR**

Bakalářská práce

Michaela KRPCOVÁ

Vedoucí práce Mgr. Jakub Žejdlík

Olomouc 2026

Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá tvorbou kartografických znaků pro tyflomapy určené pro tisk na mikrokapsulový papír s využitím technologie PIAF. Hlavním cílem práce je vytvořit komplexní znakový klíč, který bude respektovat technologické limity reliéfního tisku a zásady tyflokartografie a zároveň zajistí dostatečnou hmatovou čitelnost a rozlišitelnost mapových znaků. V úvodní části práce je provedena analýza řešené problematiky v českém i mezinárodním prostředí se zaměřením na stávající přístupy k tvorbě tyflomap, vlastnosti mikrokapsulového papíru a limity hmatové percepce. Na základě získaných poznatků jsou navrženy bodové, liniové a areálové kartografické znaky, včetně vybraných areálových znaků rozpracovaných do tří kvantitativních stupnic. Součástí práce jsou také tři ukázkové mapy demonstrující praktické použití navržených znakových sad. Navržené znakové sady a ukázkové mapy jsou ověřeny prostřednictvím uživatelského testování zaměřeného na hodnocení jejich rozlišitelnosti a hmatové čitelnosti. Získané poznatky byly využity k úpravě a optimalizaci návrhu znaků. Výsledkem práce je znakový klíč doplněný o metodický manuál, který může sloužit jako podklad pro tvorbu tyflomap tištěných technologií PIAF.

KLÍČOVÁ SLOVA

tyflokartografie; tyflomapa; mikrokapsulový papír; znakový klíč; technologie PIAF

Počet stran práce: 38

Počet příloh: 6 (z toho 2 volné a 6 elektronické)

ANNOTATION

This bachelor's thesis focuses on the design of cartographic symbols for tactile maps intended for printing on microcapsule paper using PIAF technology. The main objective of the thesis is to create a comprehensive map key that respects the technological limitations of raised-line printing and the principles of tactile cartography while ensuring sufficient tactile legibility and distinguishability of map symbols. The introductory part of the thesis presents an analysis of the topic in both the Czech and international context, with a focus on existing approaches to tactile map design, the properties of microcapsule paper, and the limits of tactile perception. Based on the acquired knowledge, point, line, and area cartographic symbols are designed, including selected area symbols developed into three quantitative scales. The thesis also includes three sample maps demonstrating the practical application of the proposed symbol sets. The proposed symbol sets and sample maps are verified through user testing focused on evaluating their distinguishability and tactile legibility. The obtained feedback is used to refine and optimize the symbol design. The final outcome of the thesis is a map key supplemented by a methodological manual, which may serve as a basis for the creation of tactile maps printed using PIAF technology.

KEYWORDS

typhlomap; swell paper; microcapsule paper; map key; PIAF technology

Number of pages: 38

Number of appendixes: 6

Prohlašuji, že

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

- jsem si vědoma, že na moji bakalářskou 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 práci užívat (§ 35 odst. 3),

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

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

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

V Olomouci dne

Michaela Krpcová

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Jakubu Žejdlíkovi za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji konzultantce RNDr. Aleně Vondrákové, Ph.D., LL.M. za pomoc a konzultace během celé bakalářské práce. Poděkování patří také Mgr. Bc. Veronice Růžičkové, Ph.D. za pomoc s výběrem vhodných kartografických znaků a za organizaci uživatelského testování. Zároveň děkuji žákům Gymnázia pro osoby se zrakovým postižením v Praze za účast v uživatelském testování. Poděkování patří i manželům Valuškovým. V neposlední řadě velmi děkuji mé rodině za obrovskou podporu a motivaci.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michaela KRPCOVÁ**
Osobní číslo: **R23624**
Studijní program: **B0532A330011 Geoinformatika a kartografie**
Téma práce: **Návrh znakového klíče pro tvorbu tyflomap tištěných na mikrokapsulový papír**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je vytvořit znakový klíč pro tvorbu tyflomap určených pro tisk na mikrokapsulový papír s využitím technologie PIAF. Studentka provede analýzu řešené problematiky v českém i mezinárodním prostředí, zaměří se přitom na technologické limity tisku na mikrokapsulový papír a limity tyflografiky, přičemž tyto poznatky následně využije při návrhu komplexní sady kartografických znaků pro tvorbu různých druhů tyflomap. Znaků budou bodové, liniové i areálové, budou zahrnovat geometrické, symbolické a alfanumerické znaky, u obrázkových znaků bude provedeno jen několik příkladových návrhů. Tyto znakové sady studentka ověří při uživatelském testování, ve kterém se zaměří na rozlišitelnost znaků a aspekty jejich hmatové percepce. Testovat bude jak různé provedení znaků, tak i jejich aplikaci v mapových ukázkách. Poznatky do návrhu znaků zapracuje a následně je podrobí verifikačnímu uživatelskému testování. Získané výstupy shrne do podoby manuálu. Znaků rozdělí do tematických celků a vytvoří komplexní znakový klíč, který bude zahrnovat vybraná témata polohopisu, výškopisu a tematických map.

Výstupem práce bude znakový klíč, který bude obsahovat návrh minimálně 15 bodových znaků, 10 liniových znaků, 10 areálových znaků a rozpracování vybraných znaků do podoby alespoň tří kvantitativních stupnic. Tento znakový klíč bude verifikován uživatelským testováním s doporučeným počtem 10 respondentů. Znakový klíč bude obsahovat úvodní část s návodem pro tvorbu tyflomap a část s výčtem znaků a jejich parametrů, včetně vhodných příkladů použití. Součástí výstupů bakalářské práce budou i ukázkové mapy a vyhodnocení uživatelských testování.

Text práce studentka zpracuje v souladu se závaznou šablonou pro kvalifikační práce odevzdávané na Katedře geoinformatiky Přírodovědecké fakulty UP. O bakalářské práci studentka vytvoří webovou stránku a poster. Celou práci (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, poster a web) odevzdá studentka v digitální podobě na datové úložiště katedry. Do evidence STAG studentka odevzdá úplný text práce s přílohami, které určí vedoucí práce. Fyzicky studentka 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:

Literatura:

VONDRÁKOVÁ, A., RŮŽIČKOVÁ, V. et al. *Tyflomapy–tyflomodely–tyflpomůcky: rozvoj představitelnosti osob se zrakovým postižením prostřednictvím 3D modelů s audioními prvky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2023. ISBN 978-80-244-6382-7. VONDRÁKOVÁ, A. et al. *Tyflomapy–tyflografika–tyflokartografie: percepce prostoru prostřednictvím audio-taktilních 3D map*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2020. ISBN 978-80-244-5788-8. Práce z tyflokartografického výzkumu na Katedře geoinformatiky UP (dostupné prostřednictvím portálu hmatovemapy.upol.cz), kvalifikační práce studentů na pracovišti, odborné tuzemské i zahraniční zdroje dostupné přes databáze WoS, Scopus, Sciencedirect, GoogleScholar a další.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jakub Žejdlík**
Katedra geoinformatiky

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

L.S.

Mgr. Jan Říha, Ph.D.
děkan



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

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 CÍLE PRÁCE	11
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
2.1 Zrakové postižení	12
2.1.1 Klasifikace zrakového postižení	12
2.1.2 Specifika osob se zrakovým postižením	13
2.2 Kartografie	13
2.2.1 Kartografické znaky	13
2.2.2 Znakový klíč	14
2.2.3 Kvantitativní stupnice	15
2.2.4 Tyflokartografie	16
2.2.5 Tyflomapy	16
2.3 Tyflografika a její limity	16
2.4 Technologie tvorby tyflomap	18
2.4.1 Reliéfní tisk (fuzér, PIAF, P.I.A.F.)	18
2.4.2 Mikrokapsulový papír, Bobtnající papír	19
2.4.3 Technologické limity tisku na mikrokapsulový papír	19
2.5 Braillovo písmo	20
3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	21
4 KOMPLEXNÍ SADA KARTOGRAFICKÝCH ZNAKŮ	24
4.1 Bodové znaky	24
4.2 Liniové znaky	24
4.3 Areálové znaky	25
5 UKÁZKOVÉ MAPY	27
5.1 Kraje České republiky	27
5.2 Hustota zalidnění v České republice	28
5.3 Okolí GOA Praha	28
6 UŽIVATELSKÉ TESTOVÁNÍ	30
6.1 Olomouc	30
6.2 Praha	30
6.3 Verifikační uživatelské testování	33
7 VÝSLEDKY	35
7.1 Komplexní znakový klíč	35
7.2 Ukázkové mapy	35
7.3 Manuál pro tvorbu tyflomap	35
7.4 Poster	35
8 DISKUZE	37
9 ZÁVĚR	38
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	39
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AI	Artificial Intelligence
ArcČR	Digitální vektorová geografická databáze České republiky
ČSÚ	Český statistický úřad
GIS	geografický informační systém
GOA	Gymnázium a Obchodní akademie
KGI	Katedra geoinformatiky PřF UP
ODbL	Open Data Commons Open Database License
OSM	OpenStreetMap
PIAF	Picture In A Flash
UP	Univerzita Palackého

ÚVOD

V současnosti není k dispozici ucelená komplexní sada kartografických znaků pro tyflomapy tištěné na mikrokapsulový papír technologií PIAF. Tyflomapy umožňují zprostředkovat prostorové informace prostřednictvím hmatu a hrají významnou roli v samostatné orientaci nevidomých a slabozrakých osob. Kvalita a srozumitelnost těchto map je přitom zásadně ovlivněna vhodným návrhem kartografických znaků, které musí respektovat jak specifika hmatového vnímání, tak technologické limity reliéfního tisku.

Problematika tvorby tyflomap je řešena jak v českém, tak i mezinárodním prostředí, ale jednotlivé přístupy se často liší a neexistuje jednotný znakový klíč, který by byl univerzálně aplikovatelný pro různé typy map a zároveň optimalizovaný pro konkrétní technologii tisku. Mikrokapsulový papír a technologie PIAF patří mezi dostupné a relativně snadno použitelné metody tvorby tyflomap, nicméně přinášejí specifická omezení, která je nutné při návrhu kartografických znaků zohlednit.

Motivací pro zpracování této práce je snaha vytvořit přehlednou a prakticky využitelnou sadu kartografických znaků, která bude respektovat principy tyflokartografie a zároveň bude ověřena z hlediska hmatové čitelnosti prostřednictvím uživatelského testování.

Cílem bakalářské práce je navrhnout komplexní znakový klíč pro tyflomapy určené pro tisk technologií PIAF, který bude splňovat požadavky na hmatovou rozlišitelnost a čitelnost. Součástí práce je také vytvoření ukázkových map demonstrujících využití navržených kartografických znaků a jejich následné ověření prostřednictvím uživatelského testování. Výsledkem práce je nejen samotná komplexní znakový klíč, ale také metodický manuál, který usnadňuje jejich praktické použití pro tvorbu tyflomap.

1 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je **vytvořit znakový klíč pro tvorbu tyflomap určených pro tisk na mikrokapsulový papír s využitím technologie PIAF**. V průběhu práce je provedena analýza řešené problematiky v českém i mezinárodním prostředí, se zaměřením na technologické limity tisku na mikrokapsulový papír a limity tyflografiky. Získané poznatky jsou následně využity při návrhu komplexní sady kartografických znaků pro tvorbu různých druhů tyflomap.

Navržené znaky zahrnují bodové, liniové i areálové znaky. U bodových znaků jsou zastoupeny znaky geometrické, symbolické i alfanumerické, přičemž u obrázkových znaků je provedeno pouze několik příkladových návrhů. Znakové sady jsou ověřeny prostřednictvím uživatelského testování, ve kterém je kladen důraz na rozlišitelnost znaků a aspekty jejich hmatové percepce. Pomocí navržených znaků jsou vytvořeny ukázkové mapy, které jsou testovány současně se znakovými sadami.

Poznatky získané z uživatelského testování jsou zapracovány do návrhu znaků a následně jsou znaky podrobeny verifikačnímu uživatelskému testování. Výsledné výstupy jsou shrnuty do podoby manuálu. Znaky jsou rozděleny do tematických celků a tvoří komplexní znakový klíč, který zahrnuje vybraná témata polohopisu, výškopisu a tematických map. Vybrané areálové znaky jsou rozpracovány do podoby tří kvantitativních stupnic.

Znakový klíč obsahuje úvodní část s návodem pro tvorbu tyflomap a část s výčtem znaků a jejich parametrů, včetně vhodných příkladů použití. Součástí výstupů bakalářské práce jsou tři ukázkové mapy a vyhodnocení uživatelského testování. Vedlejšími cíli je vytvoření webových stránek a posteru.

Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- provést analýzu současného stavu řešené problematiky,
- navrhnout komplexní sadu kartografických znaků pro tvorbu tyflomap,
- aplikovat navržené znaky do ukázkových map,
- ověřit navržené znakové sady a mapy prostřednictvím uživatelského testování,
- provést verifikační uživatelské testování upravených znakových sad,
- shrnout výsledné znaky do podoby manuálu a vytvořit komplexní znakový klíč pro tvorbu tyflomap.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Zrakové postižení

Zrakové postižení výrazným způsobem ovlivňuje kvalitu života. Právě prostřednictvím zraku totiž člověk získává většinu informací o okolním světě. Při těžkém postižení zraku tak množství informací není možné získat, není možné si vytvořit vizuální zkušenost. Nejvíce využívanou náhradou zrakového smyslu jsou hmat a sluch, kdy jsou informace osobám se zrakovým postižením sdělovány prostřednictvím těchto nižších kompenzačních činitelů, které však mohou pouze kompenzovat ztrátu zrakového vnímání, ale nemohou jej zcela nahradit. (Vondráková et al. 2023) Osoby se zrakovým postižením jsou lidé s různými druhy a stupni snížených zrakových schopností. Poškození zraku ovlivňuje činnosti v běžném životě a běžná optická korekce již nepostačuje. Zásadním problémem může být prostorová orientace, samostatný pohyb a komunikace (SONS ČR 2025).

2.1.1 Klasifikace zrakového postižení

Základním měřítkem stupně zrakového postižení je **zraková ostrost**. Zraková ostrost do dálky se měří z 6 m (20 stop). Zraková ostrost (**vizus**) je zaznamenávána ve formě zlomku, v jehož čitateli je vzdálenost vyšetřovaného od optotypu v metrech a ve jmenovateli číslice po boku řádku, který vyšetřovaný ještě přečetl. Zraková ostrost na blízko je pak běžná vyšetřovací vzdálenost 40 cm (TyfloCentrum Brno 2023). Snellenova tabule se běžně používá jako pomůcka, která umožňuje jednoduchým způsobem zkontrolovat zrakovou ostrost a kvalitu zraku. Při normální zrakové ostrosti jsou obě čísla ve zlomku totožná (např. 6/6 nebo 20/20). Jestliže je zraková ostrost snížena, pak je číslo vlevo menší než vpravo. Zlomek vyjadřující hodnotu zrakové ostrosti lze zapsat i desetinným číslem, např. $6/6 = 1,0$. Vyšetření zraku pomocí Snellenovy tabule je však nepřesné a poskytuje jen orientační výsledek (NeoVize 2025).

Světová zdravotnická organizace (WHO) stanovila šest kategorií zrakového postižení. Uvádí v závorce také dřívější označení kategorií, které jsou dodnes používány a lépe vnímány. (TyfloCentrum Brno 2023):

- **0: Mírná nebo žádná zraková vada:** zraková ostrost stejná nebo lepší než 6/18 (0,3)
- **1: Středně těžká zraková vada (střední slabozrakost):** zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí: maximum menší než 6/18 (0,30) – minimum rovné nebo lepší než 6/60 (0,1); 3/10–1/10,
- **2: Těžká zraková vada (silná slabozrakost):** zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí: maximum menší než 6/60 (0,10) – minimum rovné nebo lepší než 3/60 (0,05); 1/10–10/20,
- **3: Těžce slabý zrak:**
 - zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí: maximum menší než 3/60 (0,05) – minimum rovné nebo lepší než 1/60 (0,02); 1/20–1/50,
 - koncentrické zúžení zorného pole obou očí pod 20 stupňů, nebo jediného funkčně zdatného oka pod 45 stupňů,
- **4: Praktická slepota:** zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí 1/60 (0,02), 1/50 až světlocit nebo omezení zorného pole do 5 stupňů kolem centrální fixace, i když centrální ostrost není postižena,
- **5: Úplná slepota:** ztráta zraku zahrnující stavy od naprosté ztráty světlocitu až po zachování světlocitu s chybnou světelnou projekcí.

2.1.2 Specifika osob se zrakovým postižením

Podle Růžickové a Kroupové (2017) se práce se zrakově postiženými uživateli map liší od práce se standardními mapami pro vidící především ve způsobu vnímání prostoru. Osoby se zrakovým postižením získávají prostorové informace převážně hmatem a sluchem, což klade vyšší nároky na strukturu mapového díla i na srozumitelnost znakového klíče.

Růžicková a Kroupová (2017) uvádějí, že schopnost orientovat se v prostoru je u osob se zrakovým postižením výrazně podmíněna předchozí zkušeností s hmatovými mapami. Uživatelé, kteří měli možnost se s nimi opakovaně seznamovat, vykazují lepší prostorovou orientaci i vyšší jistotu při samostatném pohybu.

Dalším specifikem je podle Růžickové (2020) potřeba generalizace mapového obsahu. Jemné detaily, složité linie nebo husté znaky nejsou hmatem dobře rozlišitelné, a proto je nutné volit redukovaný obsah, jednodušší tvary a výrazně kontrastní struktury. Uživatelé preferují menší počet jasně odlišitelných znaků před složitými kartografickými kompozicemi.

2.2 Kartografie

Podle Voženilka a kol. (2011) kartografie je chápána jako věda, technologie i umění vytváření map, včetně jejich studia jako vědeckých dokumentů i uměleckých prací. V této souvislosti mohou být za mapy považovány všechny typy map, dále plány, náčrtý, trojrozměrné modely a globusy, zobrazující Zemi nebo nebeskou sféru v jakémkoli měřítku (ICA, 2025).

2.2.1 Kartografické znaky

Kartografický znak je základní jednotkou jazyka mapy, která má formu (vzhled), obsah (význam), a polohu (lokalizaci) v mapě. Vše, co se čtenář z mapy dozví, je díky kartografickým znakům. Kartografický znak je grafický prvek se vztahem k prostorovému umístění. Informační hodnota mapy, tedy objem a kvalita sdělovaných informací, odpovídá volbě, množství a umístění znaků (Voženilek a kol., 2011).

Bodový kartografický znak

Důvodem je velké množství bodových a maloplošných jevů, které se bodovými znaky snadno znázorňují. Parametry bodového znaku jsou hlavním nástrojem pro kódování informací do znaku. Pomocí parametrů znaku se vyjadřují kvalitativní i kvantitativní atributy geografických jevů. Bodový kartografický znak má pět parametrů (tvar, velikost, struktura, výplň, orientace).

- **Geometrické znaky** představují jednoduché základní geometrické tvary, které se dají narýsovat „běžnými školními pomůckami“. Nejpoužívanějšími jsou kruhy, čtverce, trojúhelníky aj., protože jsou široce používány jednak v běžném životě, jednak už v letité kartografické tvorbě.
- **Symbolické znaky** představují jednoduché kresby typů objektů, např. dům, kostel, věž. Nejsou kresbami konkrétních objektů.
- **Alfanumerické znaky** jsou písmena a číslice použité jako litery (zkratka, jméno, název, letopočet, číslo apod.).
- **Obrázkové znaky** představují na rozdíl od symbolických znaků kresby konkrétních objektů např. Eiffelova věž, hora Říp. Protože se obrázkové znaky používají pro unikátní objekty, v mapě se vyskytují pouze jednou (obvykle s názvem, popisem).

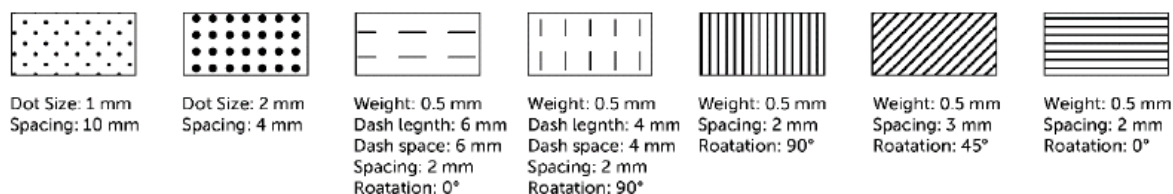
Liniový kartografický znak

Důvodem je velké množství liniových jevů, které se liniovými znaky snadno znázorňují. Parametry liniového znaku jsou hlavním nástrojem pro kódování informací do znaku. Prostřednictvím parametrů liniového znaku se vyjadřují kvalitativní i kvantitativní atributy prostorových jevů. Liniový kartografický znak má čtyři parametry – struktura, tloušťka, barva a orientace.

Plošný (areálový) kartografický znak

Důvodem jeho častého používání je velké množství velkoplošných jevů. Parametry plošného kartografického znaku (variabilní charakteristiky, grafické proměnné) jsou hlavními nástroji kódování informací o znázorňovaném jevu do plošného znaku. Pomocí parametrů znaku se vyjadřují kvalitativní i kvantitativní atributy geografických jevů. Plošný kartografický znak má dva parametry, a to výplň a obrys (Voženílek a kol., 2011).

Mulder (2024) pro zajištění přehlednosti použila pouze dva hlavní tvary – čáry a tečky (obr. 1), protože zavedení více tvarů uživatelům ztěžovalo jejich rozlišení, jak se ukázalo při testování uživateli. Texturey se lišily v orientaci a kontinuitě čar.



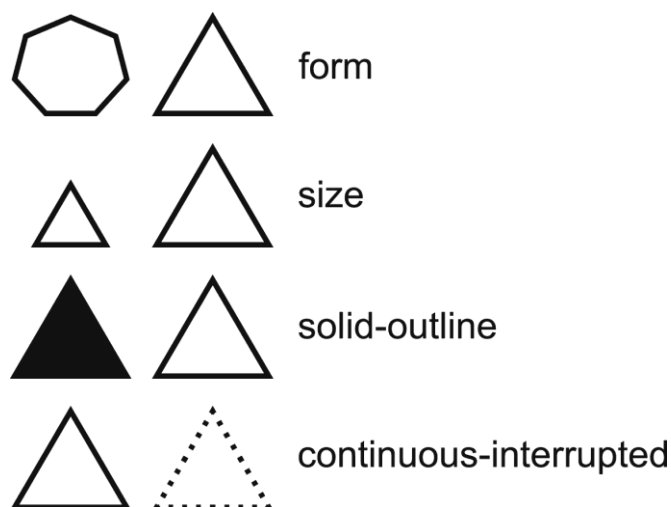
Obr. 1 Texturey teček a čár. (zdroj: Mulder, 2024)

2.2.2 Znakový klíč

Podle Vondrákové a kol. (2023) je znakový klíč soubor mapových znaků předepsaný pro určité mapové dílo, s vysvětlením jejich významu a se specifikací jejich parametrů a způsobu použití. Znakový klíč je pro osoby se zrakovým postižením nezbytným nástrojem, protože umožňuje interpretaci prostoru, orientaci a plánování pohybu na základě hmatově vnímaných symbolů.

Wabiński a kol. (2022) ve své práci Guidelines for Standardizing the Design of Tactile Maps zdůrazňují, že legenda (klíč) by měla obsahovat jasné popisy textur, dobře oddělené jednotlivé znaky, a měla by být co nejpřístupnější uživateli. Výchozí bod při návrhu hmatových znaků je stejný jako v tradiční kartografii (obr. 2) – je důležité zachovat charakteristiky objektů reálného světa (např. železnice symbolizované jako dvě rovnoběžné čáry s příčnými čarami) a udržet je co nejjednodušší, protože jednoduchost je považována za druhý nejdůležitější princip po čitelnosti v návrhu hmatových map. Složitější znaky, jako například stylizované obrazové znaky, jsou pro osoby s náhodnou slepotou a částečným zrakem obtížně srozumitelné.

V souladu s předchozím pravidlem, že znaky by měly být co nejjednodušší, by se jako **bodové znaky** měly používat jednoduché geometrické tvary, jako jsou kruhy, trojúhelníky, obdélníky, čtverce, křížky, znaky plus a hvězdičky.



Obr. 2 Vlastnosti, které ovlivňují rozlišitelnost bodových znaků. (zdroj: Wabiński a kol., 2022)

Pro **liniové znaky** se identifikují čtyři vlastnosti, které ovlivňují rozlišitelnost čárového znaku: zda je čára spojitá – přerušovaná, hladce – roztřepená, jednoduchá – dvojitá nebo tlustá – tenká. Obecně se doporučuje používat jednoduché čáry, protože vedou k rychlejšímu prozkoumávání a lepší reprezentaci v paměti než dvojitě čáry.

Plošné znaky jsou charakterizovány třemi dimenzemi: stylem (geometrie texturních prvků), roztečí (vzdálenost mezi prvky vzoru) a tloušťkou (šířka prvků vzoru). Byly identifikovány další charakteristiky: zda jsou vzory pravidelné nebo nepravidelné (vzor), zda jsou složeny ze spojitých nebo přerušovaných prvků (kontinuita) a jejich ostrost. Ukázalo se, že tvar texturního prvku tvořícího vzor má menší význam – dva znaky se stejným vzorem, kontinuitou a roztečí, které byly jednoduše otočeny o 90°, byly často zaměňovány. Rotace by se proto měla aplikovat společně s některými dalšími proměnnými.

2.2.3 Kvantitativní stupnice

Kvantitativní stupnice jsou prostředkem k vyjádření intenzity, velikosti nebo četnosti jevu v kartografii. Na rozdíl od kvalitativních znaků, které pouze rozlišují druh či kategorii, kvantitativní stupnice umožňují uživateli vnímat rozdíly v množství. Podle Voženilka a kol. (2011) se k vyjádření kvantitativních údajů využívají především parametry grafických znaků – velikost, tloušťka, hustota struktury, výška reliéfu, intenzita či pořadí. V tyflokartografii se kvantitativní stupnice musí přizpůsobit možnostem hmatového vnímání. Podle Vondrákové a kol. (2023) a Jesenského (1970, 1988) je nutné, aby rozdíly mezi jednotlivými stupni byly dostatečně výrazné a uživatelsky rozlišitelné. To znamená volit omezený počet stupňů, větší rozestupy mezi velikostmi, a především jasný kontrast hmatových textur.

Výzkumy ukazují, že výška reliéfu a velikost znaků mají zásadní vliv na jejich čitelnost. Studie Applying height differentiation of tactile symbols to reduce the minimum distinguishable size of symbols on tactile maps (Wabiński a kol., 2022) potvrzuje, že diferencovaná výška reliéfu zlepšuje rozlišitelnost menších znaků a umožňuje použít jemnější kvantitativní stupnice. Podobně Let's Get Vysical: Perceptual Accuracy In Visual and Tactile Encodings (Zhongzheng a kol., 2023) ukazuje, že uživatelé dokážou rozeznat

rozdíly ve velikosti a intenzitě hmatových prvků, ale míra chyb roste s počtem stupňů, což omezuje využití složitějších kvantitativních škál.

Pro konstrukci tyflomap se tedy doporučuje používat jednoduché a omezené kvantitativní stupnice, založené na dvou až čtyřech jasně odlišitelných úrovních (např. velikost bodu, šířka linie, hustota rastru či rozdílná výška reliéfu), aby byla zachována přehlednost a spolehlivá hmatová rozlišitelnost.

2.2.4 Tyflokartografie

Podle Vondrákové a kol. (2023) je tyflokartografie vědní disciplínou, která se specializuje na vytváření map, plánů, modelů a dalších vizualizací prostoru, jež jsou zkonstruovány tak, aby byly srozumitelné a vnímatelné hmatem. Tyflokartografie je středem interdisciplinárního výzkumu integrujícího poznatky z oblastí speciální pedagogiky a didaktiky, informačních, materiálových technologií a kartografie.

2.2.5 Tyflomapy

Podle Vondrákové a kol. (2023) jsou tyflomapy (nazývané také mapy taktilní nebo hmatové) mapy vytvořené pro osoby se zrakovým postižením. Jejich tvorbě se věnuje speciální odvětví kartografie, známé jako tyflokartografie. Tyflomapy hrají klíčovou roli v edukaci jedinců s těžkým zrakovým postižením, neboť významně ovlivňují jejich schopnost chápat prostor včetně lokalizace a poznání vzájemných vztahů mezi různými objekty a jevy v daném prostoru. Ukázka tyflomapy je na obrázku 3.

Podle Wabiński a kol. (2022) je hlavní obtíží, která odlišuje tradiční mapování od hmatového, potřeba transformovat vizuální informace do formy, kterou lze vnímat jinými smysly (zejména hmatem). To zase vyžaduje určitou úroveň zjednodušení a abstrakce obsahu mapy ve srovnání s tradičními mapami, protože člověk bez zrakového postižení je obvykle schopen rozlišit body a čáry, které jsou od sebe vzdáleny 0,15 mm, zatímco při použití hmatu se tato hodnota zvyšuje na 2,4 mm. To naznačuje potřebu vyšší úrovně generalizace prostorových dat pro přípravu čitelné hmatové mapy.



Obr. 3 Tyflomapa okolí Národního divadla. (zdroj: Žejdlík, 2022)

2.3 Tyflografika a její limity

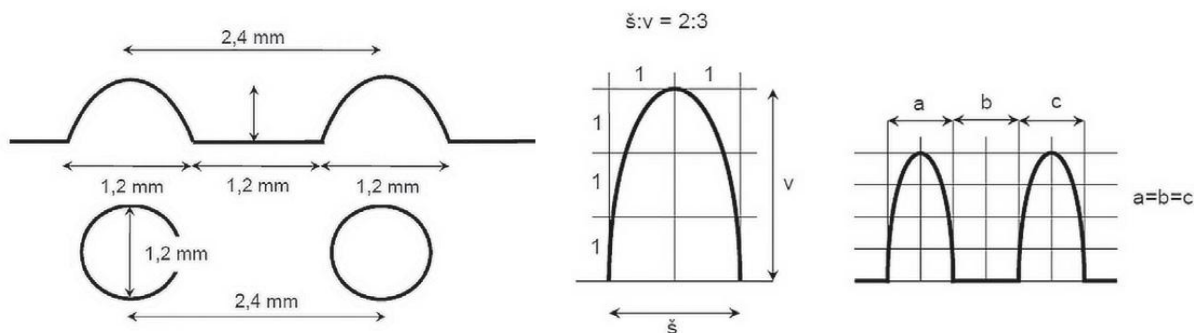
Podle Oh (2018) je hmatová mapa pomocný nástroj pro osoby se zrakovým postižením, který jim umožňuje získávat kartografické znalosti a geografické informace pomocí hmatové grafiky, znaků a Braillova písma. Základním principem návrhu hmatové mapy je prezentovat extrémně jednoduchou verzi vizuálního obrazu. Nevidomí lidé budou

schopni porozumět a rozlišit, co je znázorněno, pouze pokud budou schopni ohmatat každou část vyvýšeného obrazu.

Jesenský (1970, 1988) a Červenka (1999) definovali základní parametry prvků reliéfních modelů (obr. 4) a jako doporučené uvedli následující:

- **Reliéfní bod** je základním prvkem tyflografického zobrazování, plní funkci označení konkrétního místa, styku nebo průsečíku čar, směrů a úhlů. Z uskupení reliéfních bodů může vznikat reliéfní čára nebo reliéfní obrazec. Z hlediska technických parametrů by měl mít minimální průměr v základně 1,2 mm, výška bodu by měla být minimálně 0,75 mm, rozestup v základně minimálně 1,2 mm, rozestup ve vrcholu minimálně 2,4 mm.
- **Reliéfní čára** je pro kresbu významnější než reliéfní bod z důvodu komplexnější prezentace vyjadřovaného jevu. Čára by měla mít z profilu ideálně parabolický tvar s poměrem výšky a šířky 3 : 2.
- **Reliéfní plocha** je vymezena reliéfní čarou nebo se může jednat o plochu reliéfně zvednutou či strukturálně odlišnou. Kontrast dvou odlišných ploch musí být dostatečně velký.

Podle Vondrákové a kol. (2023) parametry tyflografického bodu a tyflografické čáry podrobila zkoumání již řada autorů. Uživatelské testování však ukazuje, že každá výrobní technologie má specifickou podobu výstupní tyflografiky, a je proto třeba dbát spíše právě na zpětnou vazbu od uživatelů než na parametry vymezené číselně v minulosti.



Obr. 4 Technické parametry tyflografiky. (zdroj: Tyflomapy-tyflografika-tyflokartografie,2020)

Pozitivní reliéf

Jedná se o reliéf, kdy objekt vystupuje nad samotný povrch a je vyobrazen stálou výplní. V případě vzorníků se za povrch považuje podložka, na které jsou tvary natisknuty. Příkladem pozitivního reliéfu na tyflomapě může být vyznačená plocha budovy, která vystupuje svojí plochou nad povrch (Forgáč, 2022).

Obrysový reliéf

Jedná se o reliéf, kdy je objekt vyobrazen pomocí jeho obrysu, a není tak vyobrazen jako celistvá a jednolitá plocha, ale jsou znázorněny pouze jeho typické rysy (hrany). Příkladem obrysového reliéfu na tyflomapě může být sportovní hřiště, které se nevyobrazí jako plná plocha, ale jen jako jeho obrys (Forgáč, 2022).

2.4 Technologie tvorby tyflomap

Tyflomapy je možné rozlišovat na základě výrobní technologie (tabulka 1), a to na manuálně nebo strojově vyráběné. Volba použité technologie závisí zejména na účelu mapy, počtu kopií a funkcionalitě (např. podpora auditivních prvků). Mezi manuálně vytvářené tyflomapy se řadí např. kresba na dlaň, tvorba ruční výšivky nebo kresba na slepecký papír (Vondráková a kol., 2020).

Technologie strojové výroby jsou využívány pro tvorbu více kusů map, a především pak při vysokonákladovém tisku. Do této kategorie spadá např. metoda strojní výšivky, tlačení materiálů (kartonu, plastu, kovu), braillovské tiskárny, tepelný tisk (fuzér) nebo 3D tisk. Výzkumy zabývající se využitím 3D tisku naznačují, že 3D tisk poskytuje vyšší trvanlivost a možnost více výškových úrovní, avšak za cenu vyšších nákladů a delší výroby (Barvůr, 2017).

Tabulka 1 Porovnání technologií tvorby tyflomap (ChatGPT verze 5.0, 27. 9. 2025)

Technologie	Princip	Výhody	Nevýhody	Typické využití
PIAF neboli fuzér (Mikrokapsulový papír)	Papír potažený vrstvou s mikrokapslemi, potištěné černé plochy se po zahřátí vyboulí a vytvoří reliéf.	Rychlá a levná výroba; možnost kombinace s barevným tiskem; snadná příprava podkladů.	Nízká mechanická odolnost; omezená výška reliéfu; špatná čitelnost detailů; potřeba speciálního zařízení (fuzér).	Výukové materiály, rychlá příprava map a diagramů.
Embossing (reliéfní tisk na fólii)	Tisk do plastové fólie pomocí jehličkového nebo termálního zařízení (např. Braillov tisk).	Vyšší odolnost; lepší čitelnost reliéfu; standardní metoda pro Braillovo písmo.	Vyšší pořizovací náklady; zařízení; omezená možnost kombinace s barvou; pomalejší příprava.	Braillovy texty, hmatové značky, trvanlivější tyflomapy.
3D tisk	Tvorba hmatových modelů vrstvením plastu nebo jiného materiálu dle digitální předlohy.	Velká variabilita; možnost více výškových úrovní; vysoká mechanická odolnost.	Vysoká časová a finanční náročnost; nutnost specializovaného softwaru a obsluhy; těžší manipulace s většími objekty.	Prostorové mapy, modely budov, detailní schémata (např. anatomie, architektura).

2.4.1 Reliéfní tisk (fuzér, PIAF, P.I.A.F.)

Představuje jednu z metod strojové tvorby hmatových map, kdy se jedná o tisk na speciální mikrokapsulový papír, kdy části jeho povrchové vrstvy, které jsou s využitím

běžné tiskárny (inkoustové, laserové) potištěné černou barvou, vytváří za působení tepla hmatný reliéf. Tepelné záření potřebné k vytvoření reliéfu poskytuje přístroj zvaný fuzér. Výhodou této metody je rychlá příprava podkladů a samotný tisk. Zároveň lze hmatový výstup simultánně kombinovat s barevným tiskem, jelikož mikrokapsulový papír vytváří reliéf pouze na plochách potištěných černou barvou a ostatní barvy zpěňující reakci již nevyvolávají (Čech, 2024).

Podle Bečicové (2020) výhodou této technologie je rychlé dosažení výsledků a relativně malá pořizovací cena. Naopak nevýhodou je fakt, že ve výsledku vznikne reliéf o jedné konstantní výšce, proto nelze správně zobrazovat složité mapy, fotografie a jiné obrazové prvky.

2.4.2 Mikrokapsulový papír, Bobtnající papír

Podle Cheng a kol. (2023) je papír citlivý na teplo a skládá se z vrstvy mikrokapslí aktivované teplem na papírovém podkladu. Na papír se obvykle tiskne černý inkoust s uhlíkovým pigmentem. Když papír prochází fixační jednotkou, černý inkoust absorbuje teplo a způsobí, že se povrch mikrokapslí zvedne podle kresby. Tímto způsobem se vytištěné obrázky, jako jsou braillovy body, stanou vyvýšenými a hmatatelnými.

Podle TEIRESIAS (2025) se jedná o speciální fólie, jejíž povrchová vrstva – je-li potištěna černou barvou – vytváří působením tepla hmatný reliéf. Perkins (2025) ve svém návodu doplňuje, že zařízení jako PIAF či Swell machine pracují právě tak, že teplo způsobí „bobtnutí“ potištěných částí, čímž vzniká reliéf. Lze tisknout jenom na jednu stranu papíru. Podle Dixonové (2021) lze na bobtnající papír tisknout běžnou tiskárnou nebo kopírovat kopírkou. Inkoustová tiskárna obvykle funguje lépe než laserová tiskárna, protože proces tisku nezahřívá papír a nezačíná proces zdvižení předčasně.

Praktické studie a studentské projekty ukazují, že mikrokapsulový papír je z hlediska rychlosti a nákladů vhodný zejména pro edukační a krátkodobé použití; avšak testování odhalilo omezení v mechanické odolnosti a trvanlivosti výtisků (Bečicová, 2020).

2.4.3 Technologické limity tisku na mikrokapsulový papír

Tisk na mikrokapsulový papír je rychlou a relativně dostupnou metodou tvorby reliéfních výstupů, nicméně je spojen s několika zásadními omezeními. Podle Vondrákové a kol. (2023) a Barvíř (2017) se mezi hlavní limity řadí zejména:

1. Materiálové / provozní limity

Materiál je citlivý na mechanické poškození (ohyb, škrábance, oděr), relativně krátkou životnost při častém používání (Vondráková a kol., 2023). Nerovnoměrné zahřátí může způsobit nepravidelné výšky reliéfu. Papír není dokonalý – toner musí být černý a kvalitní, jinak reliéf není výrazný nebo dojde ke špatnému vyboulení (Barvíř, 2017). Studie Perception of Tactile Graphics: Embossings Versus Cutouts uvádí, že u swell paper jsou tyto problémy vážné při porovnání s pevnějšími materiály nebo vystřiženými reliéfy.

2. Omezené prvky grafiky / hustota informací

Při použití swell paper se ukazuje, že jemné detaily, složité kontury nebo husté liniové prvky mohou být hmatově špatně odlišitelné. To klade požadavek na generalizaci mapy – výběr méně, ale silnějších znaků. Například They Aren't Built For Me upozorňuje, že uživatelé mají potíže s drobnými rozdíly v grafických primitivách.

3. Rozlišení reliéfu

Výška reliéfu je omezená, proto nelze vystihnout velké rozdíly v hierarchii znaků. Především malé body nebo příliš tenké linie nemusí být po vyvolání reliéfu hmatově rozeznatelné.

4. Technologická závislost

Metoda vyžaduje speciální zařízení (fuzér/PIAF), což omezuje její využití mimo specializovaná pracoviště (Vondráková a kol., 2023).

2.5 Braillovo písmo

Braillovo slepecké písmo je speciální druh písma určeného pro nevidomé a slabozraké (obr. 5). Funguje na principu plastických bodů vyražených do papíru, nebo jiného vhodného materiálu, které čtenář vnímá hmatem. Písmo je pojmenováno podle francouzského učitele Louise Brailla (Tyflokabinet České Budějovice, o.p.s., 2025).

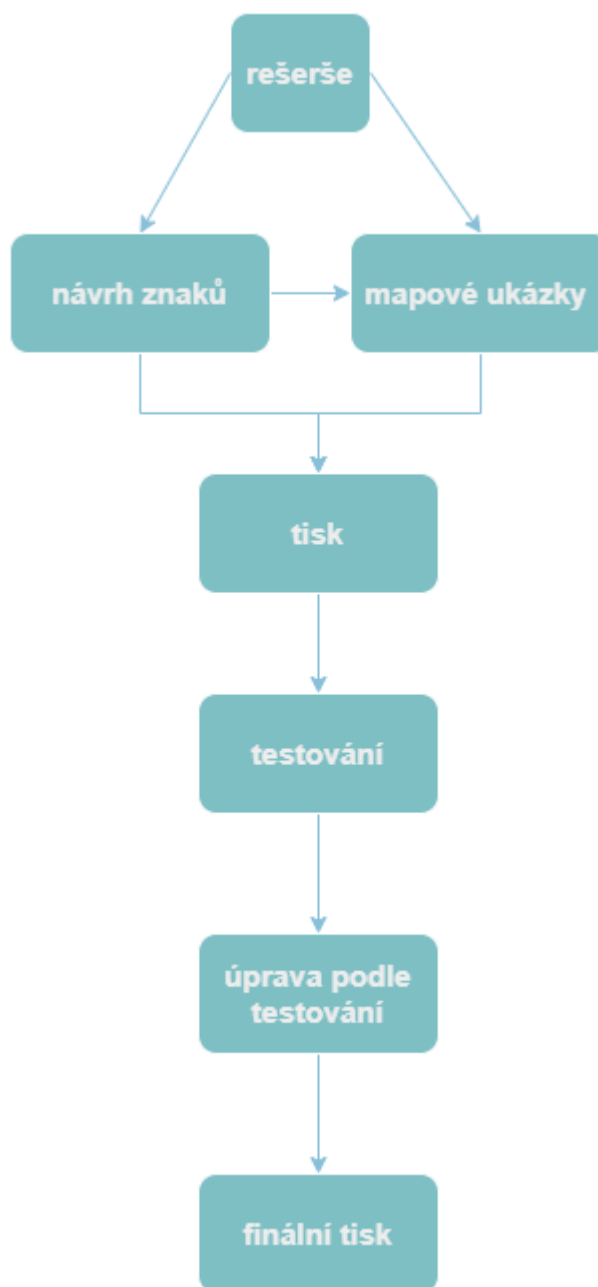
Braillovo písmo má několik specifik, na které je třeba při jeho používání brát ohled. Neexistují zde například znaky pro čísla nebo velká písmena. Z tohoto důvodu je třeba využívat tzv. prefixů. Dále by měla být mezi dvěma řádky textu v Braillově písmu značná mezera, aby nedocházelo k dezinterpretaci textu. Braillovo písmo také nabízí pouze omezený počet speciálních znaků (Žejdlík, 2022).

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
u	v	w	x	y	z	ch			

Obr. 5 Ukázka Braillova písma. (zdroj: Tyflokabinet České Budějovice, 2025).

3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

Pro zpracování bakalářské práce byly využity různé metody a postupy, které byly v průběhu řešení konzultovány s odborníky na danou problematiku. Návrh a výběr kartografických znaků byl konzultován s paní doktorkou Veronikou Růžičkovou. Na obrázku 6 je znázorněn obecný postup zpracování bakalářské práce.



Obr. 6 Postup zpracování bakalářské práce

Použité metody

Při řešení cílů bakalářské práce byly využity jak obecně teoretické, tak empirické metody. Z obecně teoretických metod byly aplikovány především metody analýzy, syntézy a komparace. Metoda analýzy byla využita při studiu problematiky tvorby tyflomap,

technologických limitů tisku na mikrokapsulový papír a zásad tyflografiky. Metoda syntézy byla následně použita při formulaci návrhových pravidel a při tvorbě vlastního znakového klíče. Metoda komparace sloužila k porovnání existujících přístupů k tvorbě tyflomap a znakových systémů používaných v českém i mezinárodním prostředí.

Z empirických metod bylo využito uživatelské testování, které lze charakterizovat jako experiment zaměřený na hodnocení rozlišitelnosti kartografických znaků a jejich hmatové percepce. Testování probíhalo formou řízeného hmatového vnímání jednotlivých znaků a mapových ukázek. Testování proběhlo v Olomouci na Přírodovědecké fakultě a na Gymnáziu pro zrakově postižené v Praze. Získané výsledky byly dále vyhodnoceny a využity k úpravě návrhu znakových sad.

Součástí řešení byly rovněž metody z oblasti GIS, které zahrnovaly sběr, zpracování a úpravu prostorových dat pro tvorbu mapových podkladů. Dále byly využity kartografické metody, zejména návrh mapových kompozic, generalizace mapového obsahu a tvorba kartografických znaků. V závěrečné fázi byly aplikovány grafické metody, především sazba textů a úprava grafického rozvržení výstupů.

Použitá data

Jako zdroj prostorových dat byla využita otevřená data OpenStreetMap, která jsou poskytována za podmínek licence Open Data Commons Open Database License (ODbL). Z této databáze byla čerpána zejména prostorová data budov, komunikací, tras metra a vodních toků. Data byla filtrována a stažena pomocí zásuvného modulu QuickOSM v prostředí programu QGIS.

Dále byla využita data společnosti ARCDATA PRAHA z databáze ArcČR 500, verze 3.3. Jsou poskytována pod licencí Creative Commons CC-BY 4.0. Z této databáze byla použita prostorová data státní hranice a hranic krajů. Počet obyvatel v krajích České republiky byl převzat z ČSÚ pod licencí Creative Commons CC BY 4.0.

Použité programy

Pro tvorbu kartografických znaků byl využit program Inkscape ve verzi 1.4, který je dostupný jako open-source software. Pomocí open-source programu QGIS ve verzi 3.34.1 a zásuvného modulu QuickOSM byla stažena potřebná prostorová data. Zpracování prostorových dat bylo provedeno v programu ArcGIS Pro ve verzi 3.6.0 od společnosti Esri, který byl využíván v rámci studentské Advanced licence poskytnuté Univerzitou Palackého, Katedrou geoinformatiky a kartografie.

Postup zpracování

Postup zpracování bakalářské práce je znázorněn na obrázku 6. Prvním krokem bylo vypracování rešerše v českém i mezinárodním prostředí, která sloužila k získání potřebného informačního základu pro další zpracování práce. Rešerše se zaměřovala především na problematiku kartografických znaků, reliéfního tisku, tyflokartografie a jejich limitů.

Po získání teoretických znalostí byly navrženy bodové, liniové a areálové kartografické znaky. Vybrané areálové znaky byly dále rozpracovány do tří kvantitativních stupnic. Na základě navržených znaků byly vytvořeny tři ukázkové mapy. První mapou byla mapa Kraje České republiky, která sloužila k ověření použitelnosti areálových znaků. Druhá mapa Hustota zalidnění v krajích České republiky byla zaměřena na testování kvantitativní stupnice areálových znaků. Třetí mapa Praha – okolí GOA využívala kombinaci bodových

a liniových znaků a sloužila k ověření jejich aplikace v detailním měřítku a v reálném městském prostředí.

Následně byl proveden tisk znakové sady a ukázkových map na KGI. Tyto prototypy byly podrobeny uživatelskému testování, jehož cílem bylo ověřit rozlišitelnost a hmatovou čitelnost navržených znaků. Poznatky získané z uživatelského testování byly průběžně zapracovávány do návrhu. Výsledkem práce je vytvoření znakového klíče pro tvorbu tyflomap určených k tisku na mikrokapsulový papír s využitím technologie PIAF a manuál k tvorbě Tyflomap.

Použití AI

Během tvorby bakalářské práce byla v omezené míře využita umělá inteligence jako podpůrný nástroj. Umělá inteligence byla použita zejména pro jazykové a stylistické úpravy textu, kontrolu gramatiky, formulaci odborného textu a tvorbu tabulek. Umělá inteligence nebyla využita pro tvorbu odborného obsahu, analýzu dat, návrh kartografických znaků ani interpretaci výsledků. Veškeré odborné závěry a kartografické výstupy jsou výsledkem vlastní práce autorky.

4 KOMPLEXNÍ SADA KARTOGRAFICKÝCH ZNAKŮ

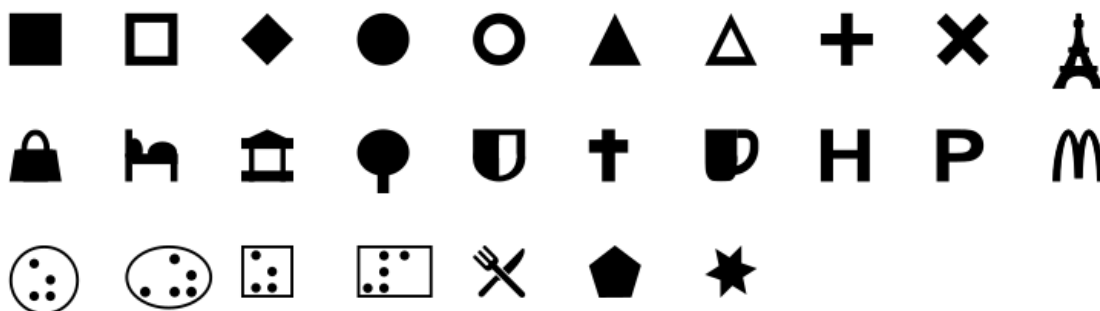
V této kapitole je popsán postup tvorby kartografických znaků určených pro tyflomapy. Navržená komplexní sada kartografických znaků zahrnuje bodové, liniové a areálové znaky. Vybrané areálové znaky jsou dále rozpracovány do tří kvantitativních stupnic. Komplexní sada kartografických znaků je navržena tak, aby byla využitelná pro různé druhy tyflomap. Kartografické znaky byly vytvořeny v programu Inkscape. Při jejich návrhu byla využita inspirace existujícími tyflomapami a haptickou mapou od společnosti Mapy.com. Kartografické znaky byly provedeny černou barvou, aby bylo možné použít technologii PIAF. Kartografické znaky byly rozděleny do tematických celků a tvoří komplexní znakový klíč, který bude zahrnovat vybraná témata polohopisu, výškopisu a tematických map.

4.1 Bodové znaky

Bodové znaky zahrnují geometrické, symbolické a alfanumerické znaky. U obrázkových znaků byl zpracován pouze příkladový návrh. Bodových znaků bylo celkem vytvořeno 27. Nejpočetnější skupinu tvoří geometrické znaky, kterých bylo navrženo celkem 11. Geometrické znaky jsou obecně považovány za nejlépe hmatově rozlišitelné pro osoby se zrakovým postižením.

Dále bylo vytvořeno osm symbolických znaků, například znak hrnku, stromu nebo postele. Alfnumerické znaky byly rozděleny do dvou kategorií – znaky české abecedy a znaky Braillova písma. Z české abecedy byly navrženy tři znaky, pomocí Braillova písma byly vytvořeny čtyři znaky. Z obrázkových znaků byl vytvořen pouze jeden příkladový znak, konkrétně znak Eiffelovy věže.

Bodové znaky byly navrženy v několika velikostech v rozsahu od 4 mm do 13 mm. Složitější znaky byly vytvářeny pouze ve větších velikostech, aby byla zachována jejich hmatová čitelnost a rozlišitelnost. Po uživatelském testování byly některé znaky úplně vyřazeny (např. hvězda, pětiúhelník, postel) nebo nahrazeny jiným znakem (např. znak příborů byl nahrazen křížkem). Do kategorie výškopisu spadají znaky trojúhelníku a vykrojeného trojúhelníku označující vrchol nebo trigonometrický bod. Ostatní znaky jsou v kategorii polohopisu. Na obrázku 7 jsou znázorněny všechny bodové znaky.

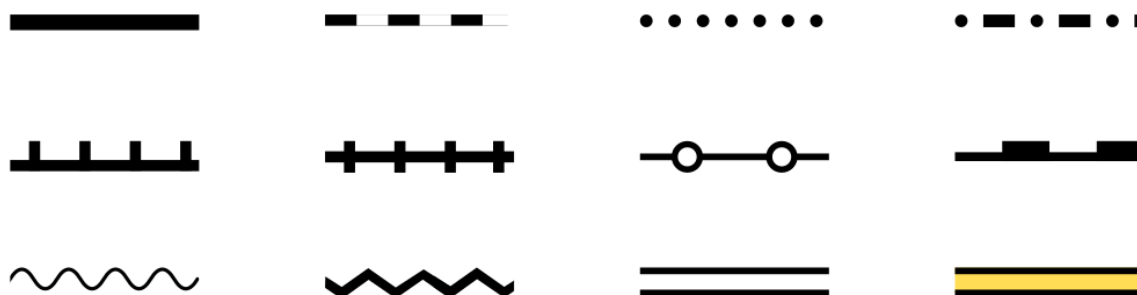


Obr. 7 Bodové znaky

4.2 Liniové znaky

Celkem bylo vytvořeno 12 liniových znaků. Liniové znaky byly navrženy v několika variantách. Parametr tloušťky linie se pohybuje v rozmezí 1–7 pt. U jednoho znaku byla navíc použita žlutá podkladová barva, určená pro osoby se zbytkem zraku. Parametr

orientace byl využit u linie, která má z jedné strany svislé čáry. Čárkovaná, tečková a čerchovaná linie je ve dvou variantách rozestupu. Do kategorie výškopisu je zařazen znak plné čáry označující vrstevnice. Ostatní znaky spadají do kategorie polohopisu. Na obrázku 8 jsou znázorněny všechny vytvořené liniové znaky.

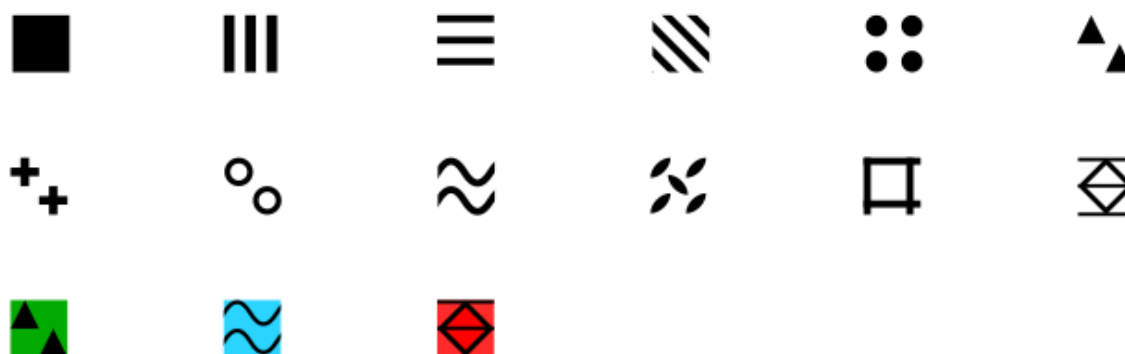


Obr. 8 Liniové znaky

4.3 Areálové znaky

Celkem bylo vytvořeno 15 areálových znaků. Areálové znaky byly navrženy ve třech velikostních variantách. První varianta představuje čtverec o velikosti 10 mm s ohraničením, druhá varianta čtverec o velikosti 8 mm bez ohraničení a třetí varianta čtverec o velikosti 20 mm bez ohraničení. Cílem tří variant velikosti bylo ověřit vhodnost jednotlivých velikostí a způsobu provedení z hlediska rozpoznatelnosti znaků v legendě.

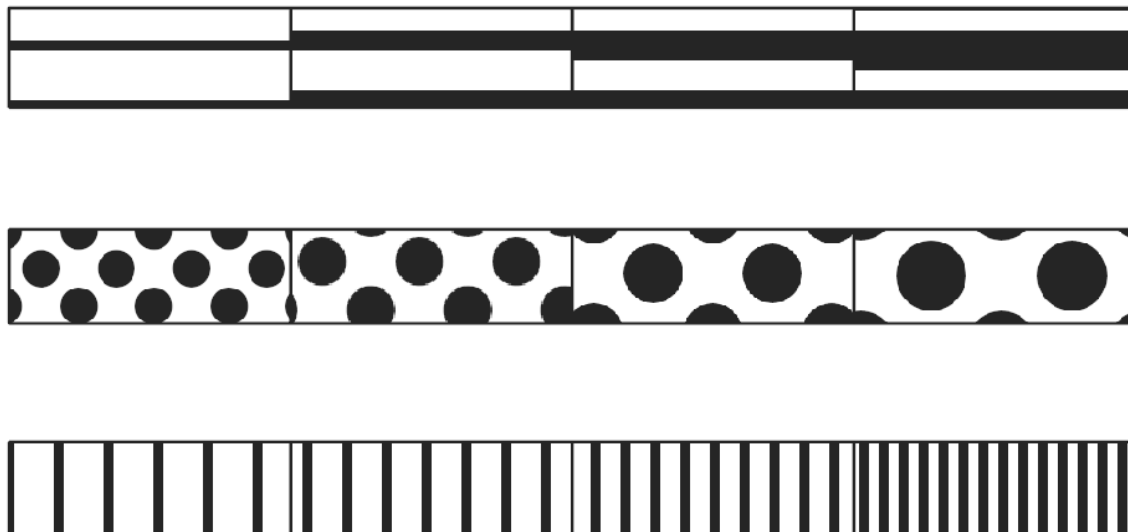
U tří znaků byla navíc použita podkladová barva určená pro osoby se zbytkem zraku. Zelená barva byla použita u znaku trojúhelníku, který znázorňuje lesní porost. Světle modrá barva byla aplikována u znaku vlnovek, znázorňujících vodní plochy. Červená barva byla využita u znaku kosočtverce překříženého horizontální čarou. Šrafové výplně byly navrženy ve třech směrech – vodorovném, svislém a diagonálním. Jednotlivé varianty šraf se liší rozestupem i tloušťkou linií. Výplně tvořené vlnovkami byly vytvořeny ve třech variantách tloušťky, konkrétně 0,5 mm, 1 mm a 1,5 mm. Ostatní areálové znaky byly vytvořeny ve dvou velikostních variantách. Do kategorie výškopisu je zařazen znak trojúhelníku znázorňující skalnatý reliéf. Ostatní znaky spadají do kategorie polohopisu i tematických map. Na obrázku 9 jsou znázorněny vytvořené areálové znaky.



Obr. 9 Areálové znaky

Kvantitativní stupnice byly vytvořeny jako rozpracování vybraných areálových znaků s cílem umožnit znázornění kvantitativních jevů v tyflomapách. První kvantitativní stupnice byla vytvořena pomocí vodorovných šraf, u nichž se měnila tloušťka linií. Druhá kvantitativní stupnice byla navržena na základě kruhů, u nichž se měnila velikost znaku. Třetí kvantitativní stupnice byla vytvořena pomocí svislých šraf, u nichž se měnil rozestup

mezi liniemi. Kvantitativní stupnice jsou zařazeny do kategorie tematických map. Na obrázku 10 jsou znázorněny všechny kvantitativní stupnice.



Obr. 10 Kvantitativní stupnice

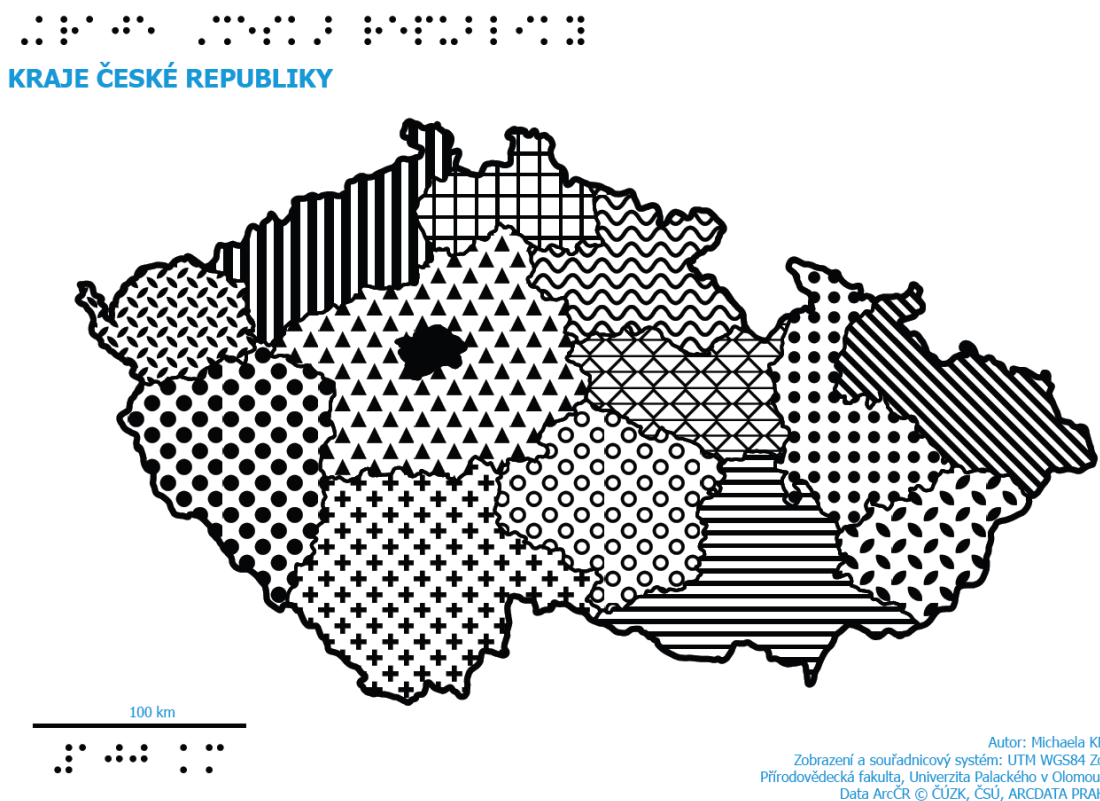
5 UKÁZKOVÉ MAPY

Ukázkové mapy vznikly na základě kartografických znaků, které byly vytvořeny do komplexní sady. Mapy obsahují všechny základní kompoziční prvky a byly provedeny formátu A4 na šířku. Pro texty v mapách bylo použito Braillovo písmo o velikosti 30 pt, font TFKCB Braille, pro běžný text byl zvolen font Tahoma. Jediným prvkem, který není zapsán v Braillově písmu, je tiráž. Legendy k jednotlivým mapám byly vtištěny zvlášť na samostatnou stránku.

5.1 Kraje České republiky

První mapa, s názvem Kraje České republiky (obr. 11), obsahuje 14 variant areálových znaků. Měřítko mapy je 1:1 900 000. Byla provedena generalizace hranic krajů a státu pomocí nástroje Smooth polygon s nastavenou tolerancí 5 km. U dvou krajů je použit stejný znak, liší se pouze velikostí a uspořádáním: kruhový znak je použit pro Olomoucký a Plzeňský kraj, přičemž se mění uspořádání a velikost znaků; druhým případem je znak lístku pro Karlovarský a Zlínský kraj, kde se mění pouze velikost.

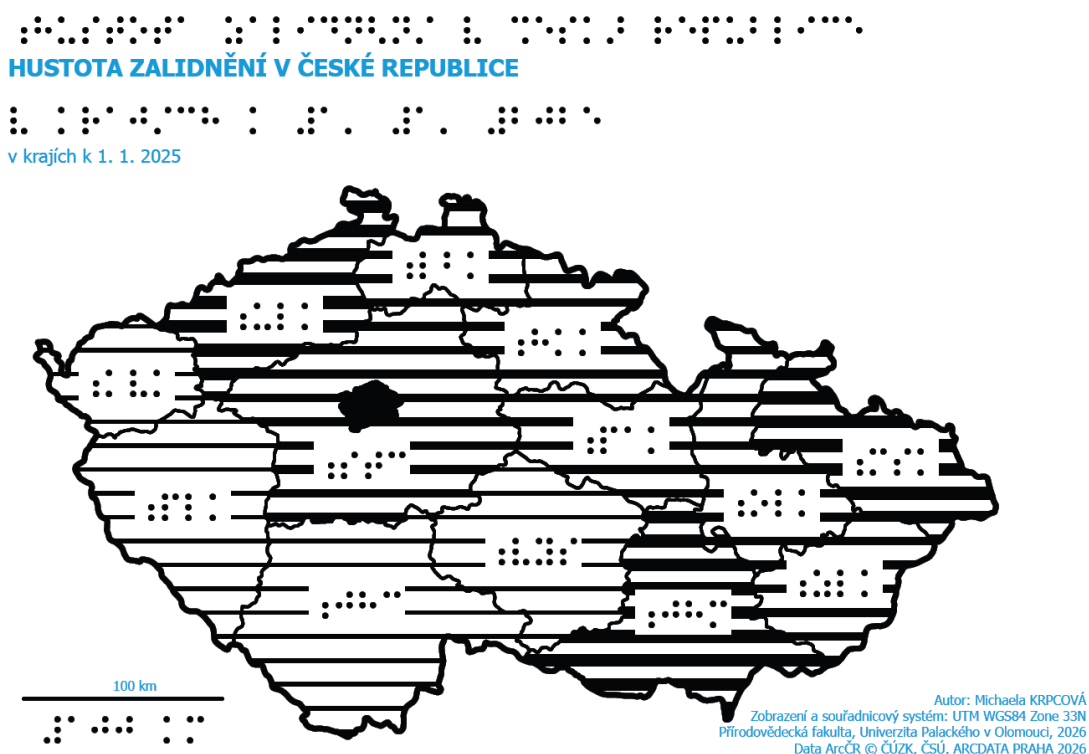
Šrafové výplně jsou využity u Moravskoslezského kraje diagonálně, u Jihomoravského kraje vodorovně a u Ústeckého kraje horizontálně. Hlavní město Praha je znázorněno plným černým areálovým znakem. Středočeský kraj má výplň tvořenou trojúhelníky. Mřížka je použita u Libereckého kraje. Královéhradecký kraj využívá výplň tvořenou vlnovkami. Pardubický kraj má vzor kosočtverců překřížených vodorovnou čarou. Kraj Vysočina má výplň ve tvaru mezikruží (kruh s obrysem bez výplně). Znak plus je použit u Jihočeského kraje.



Obr. 11 Mapa Kraje České republiky

5.2 Hustota zalidnění v České republice

Druhá mapa, s názvem Hustota zalidnění v České republice (obr. 12), využívá kvantitativní stupnici. Kvantitativní stupnice byla vytvořena pomocí vodorovných šraf, u nichž se mění tloušťka linie. Měřítko mapy je rovněž 1:1 900 000. Byla provedena generalizace hranic krajů a států pomocí nástroje Smooth polygon s nastavenou tolerancí 5 km. Mapa obsahuje popis zkratk krajů v Braillově písmu. Hodnota pro Prahu je uvedena zvlášť v legendě, zatímco v mapě je zobrazen pouze černý areálový znak, protože při tomto měřítku se nevejde popis zkratky kraje.

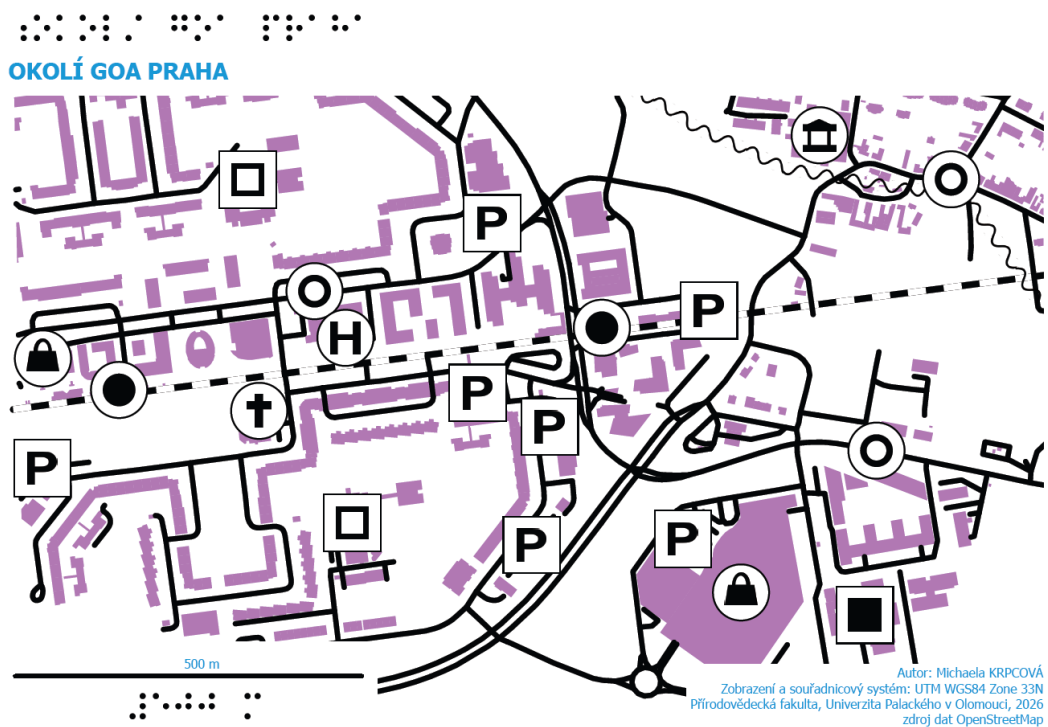


Obr. 12 Mapa Hustota zalidnění v České republice

5.3 Okolí GOA Praha

Třetí mapa, s názvem Okolí GOA Praha (obr. 13), obsahuje bodové, liniové a areálové znaky. Měřítko mapy je 1:5 000. Bodové znaky mají kolem sebe bílý čtvercový nebo kruhový buffer a zahrnují geometrické, symbolické a alfanumerické znaky.

Geometrické znaky jsou reprezentovány čtvercem označujícím gymnázium, čtvercem s otvorem označujícím základní školu, kruhem označujícím stanici metra a mezikružím označujícím zastávku. Symbolické znaky zahrnují nákupní tašku pro obchod, kříž pro kostel a symbol domečku pro zámek. Alfanumerické znaky jsou tvořeny písmenem H pro nemocnici a písmenem P pro parkoviště. Liniové znaky znázorňují komunikace a vodní tok. Silnice je zobrazena plnou čarou, zatímco metro je znázorněno čárkovanou čarou. Vodní tok je zobrazen vlnovkou. Areálový znak fialové barvy reprezentuje vrstvu budov, která zlepšuje orientaci v mapě.



Obr. 13 Mapa Okolí GOA Praha

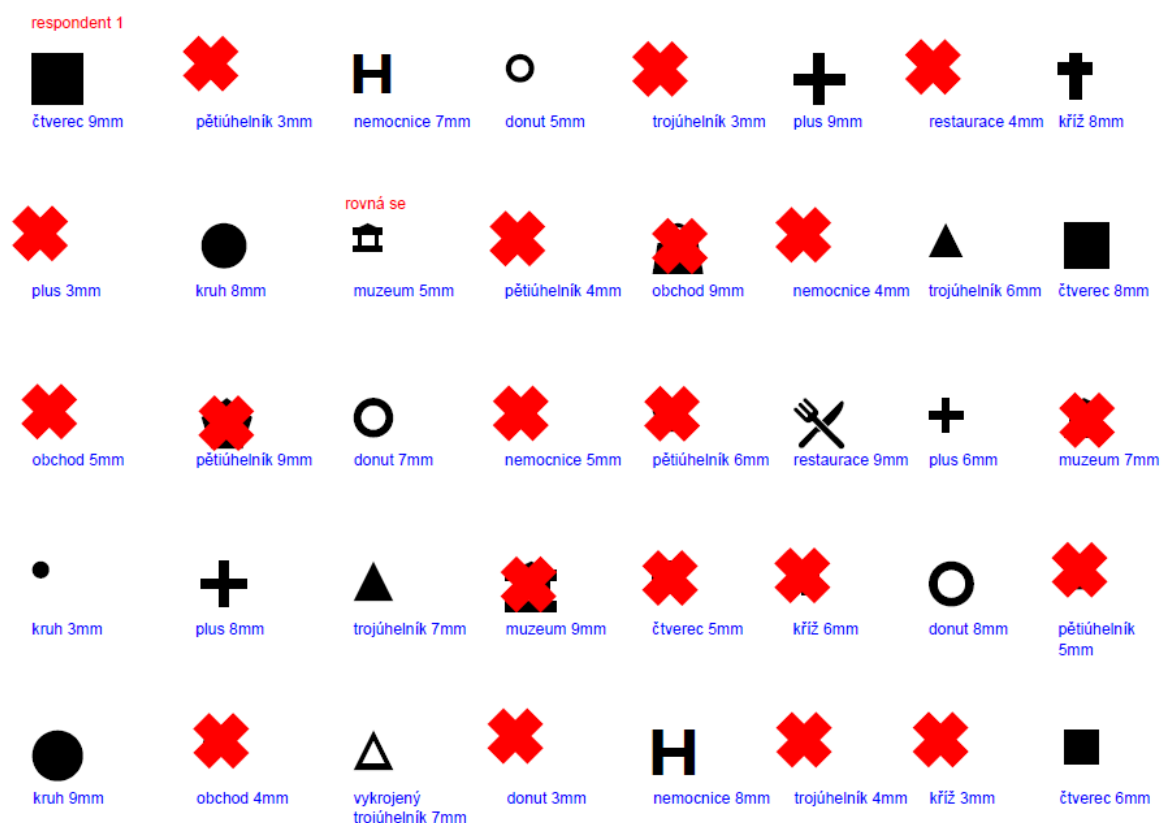
6 UŽIVATELSKÉ TESTOVÁNÍ

Uživatelskému testování byla podrobena komplexní sada kartografických znaků a tři ukázkové mapy. Celkem proběhla tři uživatelská testování, z toho jedno v Olomouci a dvě v Praze. V rámci testování byla zjišťována rozlišitelnost kartografických znaků a aspekty jejich hmatové percepce. Poznatky získané z uživatelského testování byly následně vyhodnoceny, zohledněny a zapracovány do návrhu znaků.

6.1 Olomouc

První uživatelské testování proběhlo dne 8. 10. 2025 na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Testování se zúčastnili dva respondenti ve věku 24 a 30 let, jedna žena a jeden muž. Oba respondenty mají zbytky zraku a jsou zařazení v kategorii praktická nevidomost.

Výsledky testování ukázaly, že bodové znaky ve tvaru hvězdy, pětiúhelníku a příborů jsou pro použití v tylomapách příliš složité a hmatově obtížně rozlišitelné (obr. 14). Znak příborů byl následně nahrazen křížkem. Testovány byly rovněž vybrané liniové znaky. U znaku vlnovky byla na základě zpětné vazby provedena úprava tvaru se zvětšením oblouků, aby byla lépe rozpoznatelná hmatem. Areálové znaky byly testovány ve variantě o velikosti 8 mm bez ohraničení. Znak trojúhelníku a znak čtverce nebyly rozpoznány ani jedním z respondentů, což naznačuje jejich nedostatečnou hmatovou čitelnost v daném provedení.



Obr. 14 Vyhodnocení některých bodových znaků

6.2 Praha

Druhé uživatelské testování proběhlo dne 26. 2. 2026 na Gymnáziu pro osoby se zrakovým postižením v Praze (obr. 17). Testování se zúčastnilo sedm respondentů ve věku 16 až 19

let. Čtyři z nich byli muži a tři ženy. Tři respondenti byli nevidomí a čtyři slabozrací, což umožnilo získat zpětnou vazbu od různých skupin uživatelů. Braillovo písmo ovládali pouze někteří z nich. Každý respondent testoval pouze vybrané kartografické znaky, proto byl pro každého připraven individuální dotazník. Ukázka vyplněného dotazníku je uvedena na obrázku 15.

Obr. 15 Ukázka vyplněného dotazníku

Výsledky testování ukázaly, že bodový znak ve tvaru postele je pro použití v tyflomapách příliš složitý a hmatově obtížně rozlišitelný. U znaku hrnku byl otvor u ucha příliš malý, proto byl na základě výsledků testování zvětšen. Vývoj znaku hrnku je znázorněná na obrázku 16. U znaku domečku byla mírně zvětšena střecha, aby byl znak lépe hmatově rozpoznatelný. Znak vytvořený v Braillově písmu testovali pouze respondenti, kteří Braillovo písmo ovládají. Všechny tyto znaky byly správně rozpoznány.



Obr. 16 Vývoj bodového znaku hrnku

Liniové znaky byly během testování hodnoceny pozitivně. Čárkovaná linie s délkou jednotlivých čárek 2,5 mm byla však zaměňována za tečkovanou linii. Z tohoto důvodu byla upravena délka čárek na 5 mm, přičemž mezera mezi čárkami zůstala zachována (2,5 mm).

Areálové znaky byly testovány ve třech velikostních variantách: 8 mm bez ohraničení, 10 mm s ohraničením a 20 mm bez ohraničení. Vzor kosočtverců překřížených vodorovnou čarou byl vyhodnocen jako příliš složitý, proto byla provedena úprava spočívající v odstranění vodorovných čar.



Obr. 17 Průběh uživatelského testování v Praze

Součástí testování bylo také ověření použitelnosti ukázkových map. Mapy testovalo pět respondentů. Na základě testování byla opravena drobná chyba spočívající ve špatně zapsaných velkých písmenech v Braillově písmu. Dále byla upravena hranice krajů přidáním bílého bufferu o vzdálenosti 2 km, aby byly jednotlivé oblasti lépe hmatově rozlišitelné. Ke každé mapě byla připravena jedna testovací otázka. Jednotlivé odpovědi respondentů jsou shrnuté v tabulce 2.

Mapa **Kraje České republiky** byla respondenty vyhodnocena pozitivně. Většina respondentů správně identifikovala polohu Olomouckého kraje. U mapy **Hustota zalidnění v České republice** bylo nutné respondentům vysvětlit způsob práce s legendou mapy. Po vysvětlení byli respondenti schopni správně určit hustotu zalidnění ve Středočeském kraji. Mapa **Okolí GOA Praha** byla pro respondenty náročnější z hlediska orientace. Jeden z respondentů byl původem z Ukrajiny a pravděpodobně neovládal latinku, což mu znemožnilo identifikovat znak parkoviště označený písmenem P. Z tohoto důvodu mu byla položena doplňující otázka: „Kolik obchodů je na mapě?“ Správná odpověď byla dva obchody, respondent však uvedl tři obchody. Na základě testování byla rovněž

upravena legenda mapy, kde byl u znaku zastávky doplněn popis, že se jedná o zastávku autobusu.

Tabulka 2 Odpovědi na otázky ohledně map

Otázky	Kde se nachází Olomoucký kraj?	Jaká je hustota zalidnění ve Středočeském kraji?	Kolik parkovišť je na mapě?
Respondent 1	Zlínský kraj	100-150	5
Respondent 2	Olomoucký kraj	100-150	7
Respondent 3	Olomoucký kraj	100-150	6
Respondent 4	Olomoucký kraj	100-150	2
Respondent 5	Olomoucký kraj	100-150	6
Výsledek	4/5 správně	5/5 správně	1/5 správně

6.3 Verifikační uživatelské testování

Pro získání respondentů pro třetí uživatelské testování byl vytvořen inzerát na webových stránkách Centra podpory studentů Univerzity Palackého. Třetí uživatelské testování proběhlo individuálně. První respondent se zúčastnil 19. 3. 2026 na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Druhý respondent se zúčastnil 25. 3. 2026 v Tyflocentrum v Olomouci. Ve stejný den se zapojil třetí respondent na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Čtvrtý respondent se zúčastnil 1. 4. 2026 ve Společnosti Přátel Itálie. Pátý a šestý respondent se zapojili 2. 4. 2026 na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci.

Testování se zúčastnilo celkem šest respondentů ve věku 24 až 56 let z toho čtyři muži a dvě ženy. Pět respondentů bylo nevidomých a jeden slabozraký. Braillovo písmo ovládali pouze někteří z nich. Každý respondent testoval pouze vybrané kartografické znaky, proto byl pro každého připraven individuální dotazník.

Výsledky testování ukázaly, že bodové znaky byly skoro všechny rozpoznány. U znaku hrnku byly rozpoznány varianty 9, 8, 7, 6 mm. Nebyl rozpoznán hrnek 5 mm a znak písmeno P velikost 6 mm, proto byly odebrány. Dále nebyly správně identifikovány znaky, které byly rozpoznány předchozím testováním. Jedna se o znaky plus 8 mm, obchod 7 mm, kříž 7 mm, křížek 6 mm.

Liniové znaky kromě výjimek byly všechny rozpoznány. Linie s mezikružím byla odstraněna ve variantě velikostí mezikružích 4 mm. Nebyla úplně správně rozpoznána linie se svislými čarami o šířce linie 5 pt. Svislé čáry byly zaměněny za trojúhelníky.

Areálové znaky byly testovány ve třech velikostních variantách: 8 mm bez ohraničení, 10 mm s ohraničením a 20 mm bez ohraničení. Většina respondentů uvedla, že plošné znaky bez ohraničení jsou lepší než s ohraničením.

Součástí testování bylo také ověření použitelnosti ukázkových map. Na základě testování byl opravený nadpis u legendy k mapě krajů a hustoty zalidnění v České republice. Dále byla upravena hranice krajů zvětšením bílého bufferu na vzdálenost 5 km z původních 2 km. Ke každé mapě byla připravena jedna testovací otázka. Jednotlivé odpovědi respondentů jsou shrnuté v tabulce 3. U mapy **Kraje České republiky** všichni respondenti odpověděli správně na otázku. Na Mapu **Hustota zalidnění v České republice** také všichni odpověděli správně. U Mapy **Okolí GOA Praha** většina respondentů

odpověděla pět parkovišť místo sedm co je správná odpověď. Vynechali parkoviště na levém okraji papíru a parkoviště uprostřed jsou dvě blízko vedle sebe takže si mysleli, že bylo započítané.

Tabulka 3 Odpovědi na otázky ohledně map

Otázky	Kde se nachází Středočeský kraj?	Jaká je hustota zalidnění v Olomouckém kraji?	Kolik parkovišť je na mapě?
Respondent 1	Středočeský kraj	100-150	5
Respondent 2	Středočeský kraj	100-150	5
Respondent 3	Středočeský kraj	100-150	5
Respondent 4	Středočeský kraj	100-150	4
Respondent 5	Středočeský kraj	100-150	4
Respondent 6	Středočeský kraj	100-150	7
Výsledek	6/6 správně	6/6 správně	1/6 správně

7 VÝSLEDKY

Hlavním výsledkem bakalářské práce je vytvořený **komplexní znakový klíč** pro tyflomapy tištěné na mikrokapsulový papír technologií PIAF, který je přílohou 1 až 3 této práce. Znakový klíč je rozdělený na bodové (příloha 1), liniové (příloha 2) a areálové znaky (příloha 3). Dalším výsledkem práce jsou tři **ukázkové mapy**, které využívají navržené kartografické znaky. Zároveň byl vytvořen **manuál pro tvorbu tyflomap**, který je přílohou 4 a je dostupný na webových stránkách práce. Příloha 5 je **poster** pro širokou odbornou i laickou veřejnost taktéž dostupný na webové stránce.

7.1 Komplexní znakový klíč

Na základě dostupného teoretického základu v oblasti tyflokartografie, reliéfního tisku a tyflografiky byla navržena sada kartografických znaků. Samotná tvorba znaků probíhala v programu Inkscape. Pomocí uživatelského testování byly následně vybrány vhodné znaky a zároveň byly stanoveny jejich doporučené velikosti.

Primární barvou znaků je černá, která je vhodná pro technologii PIAF. U vybraných znaků byla přidána doplňková barva určená pro osoby se zbytkem zraku. Znakový klíč zahrnuje vybraná témata polohopisu, výškopisu a tematických map. Celkově obsahuje 23 bodových, 12 liniových, 15 areálových znaků a tři kvantitativních stupnic.

Bodové znaky jsou dále rozděleny na:

- devět geometrických znaků,
- šest symbolických znaků,
- sedm alfanumerických znaků,
- jeden obrázkový znak.

Alfanumerické znaky byly rozděleny do dvou kategorií – znaky české abecedy a znaky Braillova písma. Bodové znaky byly navrženy v několika velikostech v rozsahu od 4 mm až 13 mm, přičemž větší velikosti byly použity u složitějších znaků, aby byla zachována jejich hmatová čitelnost.

7.2 Ukázkové mapy

Součástí výsledků práce byly vytvořeny tři ukázkové mapy v programu ArcGIS Pro, které ověřují použitelnost navrženého znakového klíče v praxi. První ukázková mapa Kraje České republiky využívá areálové znaky. Druhá ukázková mapa Hustota zalidnění v České republice využívá kvantitativní stupnice. Třetí ukázková mapa Okolí GOA Praha kombinuje bodové, liniové a areálové znaky. Všechny mapy byly podrobeny uživatelskému testování.

7.3 Manuál pro tvorbu tyflomap

Dalším výsledkem práce je manuál pro tvorbu tyflomap. Manuál je navržen tak, aby byl využitelný jak v komerčním softwaru ArcGIS Pro, tak v open-source řešení QGIS. Cílovou skupinou manuálu jsou především vyučující a asistenti, kteří pracují s osobami se zrakovým postižením a podílejí se na přípravě výukových nebo orientačních mapových podkladů. Manuál předpokládá základní uživatelskou znalost práce s GIS softwarem.

7.4 Poster

Posledním výsledkem práce je poster určený pro širokou odbornou i laickou veřejnost. Účelem posteru je informovat veřejnost o základních aspektech bakalářské práce. Poster

má rozměry 3 840 x 2 160 px a je orientovaný na šířku. Obsahuje cíle, použité metody a výsledky bakalářské práce.

8 DISKUZE

Bakalářská práce vznikla na KGI v Olomouci, kde probíhá výzkum tyflokartografie. Tato práce navazuje na dřívější projekty a využívá zkušenosti pracovníku katedry a diplomových prací z minulých let.

Uživatelské testování

Uživatelské testování proběhlo s nižším počtem respondentů. Celkem se testování zúčastnilo 7 respondentů a verifikačního testování se zúčastnilo 6 respondentů. Doporučený počet respondentů je deset pro uživatelské testování a deset pro verifikační testování. Tento nižší počet byl ovlivněn především časovými možnostmi realizace testování, zejména při organizaci testování v Praze, a zároveň náročností individuálního přístupu ke každému respondentovi.

Testování probíhalo s každým respondentem zvlášť. Jedno testování trvalo přibližně čtyřicet pět minut. Zajištění více respondentů by proto bylo časově velmi náročné. Dalším omezením byla také velmi konkrétní cílová skupina. Získání dostatečného počtu nevidomých a slabozrakých osob, kteří budou ochotni testovat je obecně obtížné.

Na druhou stranu individuální přístup umožnil detailní sledování hmatového vnímání jednotlivých znaků. Tyto poznatky vedly ke zjednodušení některých znaků a k úpravám jejich velikostí. Lze tedy konstatovat, že i přes nižší počet respondentů přineslo testování relevantní výsledky pro optimalizaci znakového klíče.

Kartografické znaky

Během testování se potvrdilo, že jednoduchost znaků je důležitý faktor. Proto jsou vhodnější geometrické znaky. Naopak složitější symbolické znaky byly často problematické a v některých případech musely být upraveny nebo zcela odstraněny. Velikost samotných znaků je také velmi důležitá. Menší velikosti některých znaků nebyly respondenty rozpoznány, což vedlo k jejich odstranění.

Hmatová čitelnost znaků je ovlivněna individuálními schopnostmi respondenta, používání Braillova písma. Určitým omezením navržené komplexního kartografického klíče je její zaměření na konkrétní technologii tisku (PIAF) a mikrokapsulový papír, což může ovlivnit její přenositelnost do jiných technologií reliéfního tisku. Navržený znakový klíč proto nelze chápat jako univerzální řešení, ale spíše jako doporučený základ, který může být dále upravován podle konkrétního účelu mapy a potřeb uživatelů.

Možnosti dalšího výzkumu

Do budoucna by bylo přínosné zapojit do uživatelského testování více respondentů. Zamerit se na širší spektrum lidí, například podle věku, zkušeností s Braillovým písmem nebo míry zrakového postižení. Dále by bylo možné rozšířit znakový klíč o další kartografické znaky na konkrétní témata.

9 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout **komplexní znakový klíč pro tyflomapy tištěné na mikrokapsulový papír technologií PIAF**. Tento cíl byl splněn vytvořením **znakového klíče** pro bodové, liniové a areálové znaky. Počet minimálních znaků byl také splnění.

Práce byla rozdělena na dílčí cíle, přičemž prvním krokem byla řešerše problematiky tyflokartografie, tyflografiky a reliéfního tisku. Následně návrh kartografických znaků, které byly podrobeny uživatelským testováním. Z testování vyplynulo několik připomínek, které byly následně zapracovány. Další z dílčích cílů bylo vytvoření ukázkových map, které využívají kartografické znaky ze znakového klíče. Ukázkové mapy byly také testovány. Dalším výstupem je manuál pro tvorbu tyflomaps, který popisuje postup tvorby map jak v prostředí ArcGIS Pro, tak v open-source softwaru QGIS. Manuál je určen především pro vyučující a asistenty pracující s osobami se zrakovým postižením a usnadňuje praktickou aplikaci navrženého znakového klíče. Součástí výsledků je také poster, který přehledně prezentuje hlavní cíle, metody a výsledky práce.

Hlavním přínosem práce je vytvoření uceleného a prakticky využitelného znakového klíče, který může sloužit jako podklad pro další tvorbu tyflomaps. Přínos práce spočívá také v propojení teoretických poznatků s praktickým ověřením prostřednictvím uživatelského testování. Výsledky práce mohou být využity ve vzdělávání osob se zrakovým postižením i při tvorbě orientačních mapových podkladů. Do budoucna by bylo přínosné přidat další kartografické znaky a ověřit použitelnost znaků na větším počtu respondentů. Další možností je také rozvoj digitálních nástrojů pro automatizaci tvorby tyflomaps.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Barvír, Radek. 2017 [cit. 2025-09-22]. 3D tisk tyflomap propojitelných s mobilními zařízeními. [online] Diplomová práce. Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta Palackého Univerzity v Olomouci, Česká republika. Vedoucí práce: RNDr. Jan Brus, Ph.D. Dostupné z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/barvir17/>

Bečicová, Kateřina. 2020 [cit. 2025-09-22]. Tvorba tyflomap pro výuku zeměpis. [online] Bakalářská práce. Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta Palackého Univerzity v Olomouci, Česká republika. Vedoucí práce RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., LL.M. Dostupné z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/becicova20/>

Čech, Václav. 2024 [cit. 2025-09-24]. Návrh barevných schémat pro tvorbu tyflomap. [online] Diplomová práce. Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta Palackého Univerzity v Olomouci, Česká republika. Vedoucí práce RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., LL.M. Dostupné z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/cech24/>

Červenka, Petr. 1999. *Mapy a orientační plány pro zrakově postižené: Metody tvorby a způsoby využití*. Aula ve spolupráci s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Dixon, Judy. 2021 [cit. 2025-09-24]. Touching the News and Other Tactile Graphics Offerings from the San Francisco LightHouse. [online] The American Foundation for the Blind. Dostupné z: <https://www.afb.org/aw/22/9/17689>

Forgáč, Jakub. 2022 [cit. 2025-09-22]. Hodnocení míry abstrakce u 3D modelů pro osoby se zrakovým postižením. [online] Diplomová práce. Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta Palackého Univerzity v Olomouci, Česká republika. Vedoucí práce RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., LL.M. Dostupné z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/forgac22/>

Cheng, Tingyu, Zhihan Zhang, Zong, a Zhao. 2023 [cit. 2025-09-23]. SwellSense: Creating 2.5D interactions with micro-capsule paper | Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. [online] Dostupné z: <https://dl.acm.org/doi/full/10.1145/3544548.3581125> doi: 10.1145/3544548.3581125

Jesenský, Ján. 1970. *Poznávací význam tyflografiky*. 1. vydání. Univerzita Karlova.

Jesenský, Ján. 1988. *Tyflogické minimum a základy komplexního zabezpečení zrakově postižených*. 1. vydání. Horizont, Svaz invalidů, Federální výbor.

Mulder, Madeline. 2024 [cit. 2025-09-23]. Tactile maps presenting SDG 6: Clean water and sanitation. [online] Magisterská práce. Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta Palackého Univerzity v Olomouci, Česká republika. Vedoucí práce RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., LL.M. a Dr. Josef Strobl, Ph.D. Dostupné z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/mulder24/>

NeoVize. 2025 [cit. 2025-09-22]. Snellenova tabule - kontrola zrakové ostrosti. [online] Dostupné z: <https://www.neovize.cz/dalsi-sluzby/spickova-technika-pro-vase-oci/snellenova-tabule/>

Oh, ChungWeon. 2018 [cit. 2025-09-22]. *DESIGNING OF TACTILE MAP FOR BLIND PEOPLE IN KOREA*. [online] Dostupné z: https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_9_ISSUE_11/IJCIET_09_11_222.pdf. ISSN Online: 0976-6316.

Perkins. 2025 [cit. 2025-09-23]. Creating Digital Images for Tactile Graphics Machines, Part 1 – Perkins School for the Blind. [online] Dostupné z: <https://www.perkins.org/resource/creating-digital-images-tactile-graphics-machines-part-1/?utm>

Růžičková, Veronika. 2020. *Hmatové mapy: tvorba, uživatelské testování a nové technologie*. Univerzita Palackého v Olomouci.

Růžičková, Veronika, a Kateřina Kroupová. 2017. *Pohled na samostatný pohyb a prostorovou orientaci osob se zrakovým postižením*. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5273-9.

SONS ČR. 2025 [cit. 2025-09-22]. SONS ČR - Zrakové postižení. [online] Dostupné z: <https://www.sons.cz/zrakovepostizeni>

TEIRESIAS. 2025 [cit. 2025-09-22]. Reliéfni tisk | Středisko Teiresiás MU. [online] Dostupné z: <https://www.teiresias.muni.cz/knihovna-a-vydavatelstvi/sluzby/vyroba-hmatove-grafiky/reliefni-tisk>

TyfloCentrum Brno. 2023 [cit. 2025-09-23]. Klasifikace zrakového postižení | TyfloCentrum Brno. [online] Dostupné z: <https://centrumpronevidome.cz/doporucujeme/klasifikace-zrakoveho-postizeni>

Tyflokabinet České Budějovice, o.p.s. 2025 [cit. 2025-09-22]. Braillovo bodové písmo. [online] Dostupné z: <https://www.tyflokabinet-cb.cz/brail.htm>

Vondráková, Alena, Veronika Růžičková, Radek Barviř, Jan Brus, a Jakub Žejdlík. 2023. *Tyflo - mapy, modely, pomůcky: rozvoj představitelnosti osob se zrakovým postižením prostřednictvím 3D modelů s auditivními prvky*. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-6383-4.

Vondráková, Alena, Veronika Růžičková, Kateřina Kroupová, Radek Barviř, Jan Brus, a Vít Voženílek. 2020. *Tyflomapy - tyflografika - tyflokartografie: percepce prostoru prostřednictvím audio-taktilních 3D map*. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5788-8.

Voženílek, Vít, Jaromír Kaňok, Bláha, a kol. 2011. *Metody tematické kartografie – Vizualizace prostorových jevů*. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2790-4.

Wabiński, Jakub, Mościcka Albina a Touya Guillaume. 2022 [cit. 2025-09-23]. Guidelines for Standardizing the Design of Tactile Maps: A Review of Research and Best Practice. The Cartographic Journal, 59(3), 239–258. [online] Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00087041.2022.2097760>. doi: 10.1080/00087041.2022.2097760

Wabiński, Jakub, Śmiechowska-Petrovskij Emilia a Mościcka Albina. 2022 [cit. 2025-09-23]. Applying Height Differentiation of Tactile Symbols to Reduce the Minimum Horizontal Distances between Them on Tactile Maps. *PLOS ONE* 17 (2): e0264564. [online] Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264564>

Zhongzheng, Xu, Williams Kristin a Wall Emily. 2023 [cit. 2025-09-22]. Let's Get Vysical: Perceptual Accuracy In Visual and Tactile Encodings. ResearchGate. [online] Dostupné z: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.04392>

Žejdlík, Jakub. 2022 [cit. 2025-09-22]. Tyfloprůvodce po vybraných památkách Česká. [online] Diplomová práce. Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta Palackého Univerzity v Olomouci, Česká republika. Vedoucí práce RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., LL.M. Dostupné z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/zejdlík22/>

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

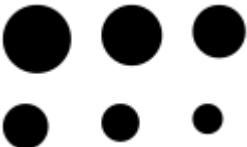
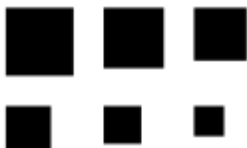
Vázané přílohy:

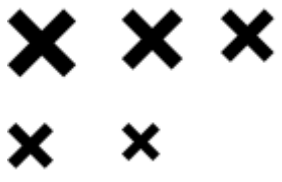
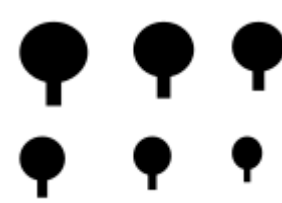
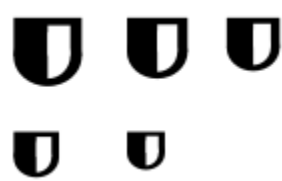
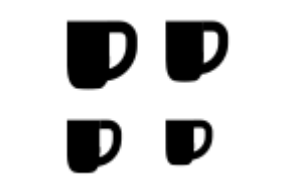
- Příloha 1 Znakový klíč bodových znaků
- Příloha 2 Znakový klíč liniových znaků
- Příloha 3 Znakový klíč areálových znaků
- Příloha 4 Manuál pro tvorbu Tyflomap

Volné přílohy

- Příloha 5 Ukázkové mapy
- Příloha 6 Poster

Příloha 1**Znakový klíč bodových znaků**

Geoprvek	Kategorie	Znak	Parametry znaku	Doporučené použití
bod geometrický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) průměr 9–4 mm	bod
bod geometrický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) průměr 9–4 mm	bod
bod geometrický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost stran 9–4 mm	budova
bod geometrický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost stran 9–4 mm	budova
bod geometrický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost stran 9–5 mm	budova
bod geometrický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 9–6 mm	lékárna

bod geometrický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 9–5 mm	restaurace
bod geometrický	výškopis		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 9–5 mm	vrchol, trigonometric ký bod
bod geometrický	výškopis		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 9–5 mm	vrchol, trigonometric ký bod
bod symbolický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 11–6 mm šířka znaků 9–4 mm	strom
bod symbolický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 9–5 mm	úřad
bod symbolický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 9–6 mm šířka znaků 9,25–6,17 mm	kavárna
bod symbolický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 9–7 mm	obchod
bod symbolický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 9–7 mm	kostel, hřbitov

			šířka znaků 6,75–5,25 mm	
bod symbolický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 9,5–8,5 mm šířka znaků 9–8 mm	muzeum, zámek
bod alfanumerický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 9–6 mm šířka znaků 8,5–5,6 mm	nemocnice
bod alfanumerický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 9–7 mm šířka znaků 8,1–6,3 mm	parkoviště
bod alfanumerický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 9–8 mm šířka znaků 9–8 mm	McDonald's
bod alfanumerický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) velikost čtverce 9–11 mm tloušťka linie 0,5 mm font 30 pt	číslování bod
bod alfanumerický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 9–11 mm šířka znaků 13–15 mm tloušťka linie 0,5 mm	číslování bod

			font 30 pt	
Bod alfanumerický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) průměr 11–13 mm tloušťka linie 0,5 mm font 30 pt	číslování bod
Bod alfanumerický	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 11–13 mm šířka znaků 15–17 mm tloušťka linie 0,5 mm font 30 pt	číslování bod
Bod obrázkový	polohopis		CMYK (0,0,0,100) výška znaků 13 mm šířka znaků 9 mm	Eiffelova věž

Příloha 2**Znakový klíč liniových znaků**

Geoprvek	Kategorie	Znak	Parametry znaku	Doporučené použití
linie	polohopis, výškopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–7 pt	silnice, vrstevnice
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 3–5 pt délka čárek 5 mm délka mezery 2,5–5 mm	železnice, nenáročná trasa
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–2 mm délka mezery 2,5–5 mm velikost tečky 1–2 mm délka čárek 5 mm	cyklostezka, středně náročná trasa
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–2 mm délka mezery 2,5–5 mm velikost tečky 1–2 mm	pěšina, náročná trasa
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 3,6 mm	vodní tok
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 5 mm	dočasná hranice
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–5 pt vzdálenost mezi svislými čárky 8 mm	hradby

			výška svislých čárek 3 mm	
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–5 pt vzdálenost mezi svislými čárky 8 mm výška svislých čárek 3 mm	plot
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 2–3 pt velikost mezikruží 5 mm vzdálenost mezi kruhy 11 mm	lanovka
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka tenčí linie 1–4 pt šířka širší linie 3–9 pt délka čárek 7,5 mm	schody, hradby
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–3 pt šířka mezery 2,5– 3,5 mm	chodník, dálnice
linie	polohopis		CMYK (0,0,0,100) CMYK (0,13,67,0) šířka linie 1–3 pt šířka mezery 2,5– 3,5 mm	silnice, dálnice

Příloha 3**Znakový klíč areálových znaků**

Geoprvek	Kategorie	Znak	Parametry znaku	Doporučené použití
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100)	zastavěná plocha
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–2 mm velikost mezery 3,5–5 mm	plošný jev
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–2 mm velikost mezery 3,5–4 mm	plošný jev
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1–2 mm velikost mezery 3–4 mm	plošný jev
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 0,5–1,5 mm	vodní plocha
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) CMYK (84, 17, 0, 0) šířka linie 0,5 mm	vodní plocha
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) Průměr 3–4 mm	plošný jev
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 4–4,6 mm	plošný jev
polygon	polohopis, výškopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 4–4,6 mm	lesní plocha, skalnatý reliéf

polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) CMYK (100, 0, 100, 33) velikost znaků 4 mm	lesní plocha
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 4–4,6 mm	plošný jev
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) délka znaků 4–5 mm šířka znaků 1,5–2,5 mm	plošný jev
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 8 mm šířka linie 1 mm	průmyslová plocha
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) CMYK (0, 84, 84, 0) velikost znaků 8 mm šířka linie 1 mm	průmyslová plocha
polygon	polohopis, tematická		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 1 mm velikost mezery 5 mm	plošný jev
kvantitativní stupnice	tematická		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 3, 6, 9, 12 pt šířka mezery 18 pt	kvantitativní jev
kvantitativní stupnice	tematická		CMYK (0,0,0,100) velikost znaků 4, 5, 6, 7 mm	kvantitativní jev
kvantitativní stupnice	tematická		CMYK (0,0,0,100) šířka linie 3pt šířka mezery 15, 12, 9, 6 pt	kvantitativní jev