

Vliv znázornění výškopisu v různých typech reliéfu na grafickou náplň map

Monika JÍLKOVÁ, Radek BARVÍŘ, Vít VOŽENÍLEK

Influence of terrain representation in various terrain types on graphic map load

Abstract: The issue of graphic map load is currently very often overlooked. Conversely, having an objective knowledge of the level of a map load helps cartographers to assume the map's readability and suitability for a target group of users. The aim of this study is, therefore, to use the Graphic Map Load Measuring Tool (GMLMT) and Subband Entropy script as objective metrics to evaluate the influence of terrain type (plains, hills, highlands, mountains, high mountains) and elevation representation method (contour lines, shading, colour hypsometry and their combinations) to graphic map load. The resulting map load values are visualized using multiple bar graphs and tables. Measurements performed using individual metrics confirmed the assumption that the map load of various terrain types differs the most when using contour lines. Hypsography using contour lines also reached the highest graphic map load among other methods. Hillshading and colour hypsography each also react specifically to increasing elevation differences. While graphic map load is increasing with increasing elevation differences, in the case of hillshading, map load seems to be more dependent on small terrain shapes and fragmentation of hillsides' aspect.

Keywords: graphic map load, hypsography, topographic maps, metrics

Úvod

Jednou z hlavních charakteristik ovlivňující čitelnost mapy je její náplň. Jde o velmi důležitou charakteristiku, která určuje množství obsahu v mapě, a tím usuzuje o její podrobnosti, informační kapacitě, čitelnosti a vhodnosti pro cílovou skupinu. Mezi vědeckou komunitou panuje konsenzus na členění na grafickou a informační složku náplně (Fairbairn 2006). Rostoucí grafická náplň mapy je spojována s rostoucím množstvím mapových znaků, jejich popisu a výraznosti prostředků jazyka mapy včetně kartografických metod a barevného provedení. S problematikou náplně mapy se setkávají čtenáři všech druhů map, aniž by si to uvědomovali (Barvíř et al. 2019). Náplň mapy je však z pohledu kartografického výzkumu i praxe velmi často přehlížena, a to jak v Česku, tak i v zahraničí (Šáková 2010).

Příspěvek se zabývá porovnáním grafických náplní map různých výškových členitostí reliéfu znázorněného odlišnými kartografickými metodami. Cílem je zjistit, jakou mírou se u jednotlivých testovacích mapových výřezů znázornění výškopisu a členitost reliéfu podílí na grafické náplni mapy. Právě výškopisná složka obsahu může mapu značně zatěžovat (Suchov 1967, 1970, Kennelly 2016). Zejména u topografických map je přitom podrobné znázornění výškopisu spolu s polohopisem stěžejním prvkem obsahu, a s proměnlivostí členitosti terénu lze očekávat kolísání hodnoty náplně jeho znázornění. Příspěvek porovnává výsledky měření pomocí dvojice dostupných metrik měření náplně mapového obrazu, které již byly úspěšně aplikovány a zároveň jsou založeny na odlišných principech. Výsledek může pomoci tvůrcům map s výběrem vhodné metody pro znázornění výškopisu na základě náplně polohopisu v mapě či na základě výškové členitosti reliéfu.

DOI: <https://doi.org/10.33542/GC2021-2-03>

Náplň mapy a její měření

Náplň mapy je vlastnost, která kvantifikuje množství obsahu v mapě a naznačuje její složitost. Z náplně mapy lze usuzovat, zda je možné z mapy snadno a srozumitelně vyčíst všechny potřebné informace. Náplň mapy lze charakterizovat jako kvantifikaci mapových prvků a informací v kartografickém díle nebo také jako množství obsahu mapy. Při tvorbě mapy se uvažuje o hranici mezi nedostatečným zaplněním a přeplněním (Barvř et al. 2019).

Při vytváření jakéhokoli mapového díla je důležité znát jeho účel a zaměření. Pro maximální využití daného díla je nutné, aby zahrnovalo dostatek informací. Pokud ale mapa obsahuje informací příliš, ztrácí svou funkci a pro uživatele se stává nečitelnou. V tomto ohledu je nezbytné, aby náplň mapy odpovídala cílové skupině, pro kterou je mapa vytvářena (Voženílek et al. 2011). Mapa pro žáka základní školy musí být obsahově chudší než tematická mapa pro odborníka orientujícího se v mapovaném tématu, regionu a použitých kartografických vyjadřovacích metodách. Žák není schopen využít vyšší množství informací z mapy pro odborníka, protože nemá potřebné znalosti a zkušenosti s orientací v mapě. Naopak, odborník potřebuje (a umí zpracovat) více informací, než je v mapě určené pro žáky (Šáková 2010).

Náplň mapy je věnována pozornost i v zahraničních zdrojích. Fairbairn (2006) ji klasifikuje, stejně jako další autoři, např. MacEachren (1982) nebo Kraak a Ormeling (2003), na *informační* (intellectual/information) a *grafickou* (visual/graphic). Informační náplň přitom závisí na schopnostech uživatele číst mapu a rozeznávat náplň mapy. Grafická náplň je podle Fairbairna (2006) odvislá od množství objektů v mapě, jejich velikosti a způsobu znázornění. Při náplni pomocí vybraných metrik autor zohledňoval měřítko, typ mapy a barevnost mapy.

Ač i samotná izolovatelnost grafické a informační složky byla v minulosti zpochybňována (Robinson 1952, Brophy 1980), dnes je toto rozdělení nejčastěji uváděné napříč vědeckou komunitou. Grafickou náplni mapy se dle Barvíře et al. (2019) rozumí zaplněnost mapového pole znaky a popisem ovlivněná hustota jejich výskytu, parametry (tvar, velikost, výplň) a prostorovým rozložením. Je relativní k ploše mapy a nejčastěji se udává v procentech v rozmezí 0–100 %. Soudobé studie (např. Ciolkosz-Styk a Styk 2011, Touya et al. 2015, Barvř a Voženílek 2020b) využívají pro měření grafické náplně velmi často detekci hran rastrových reprezentací map, která dokáže ohodnotit mapy různých vizuálních stylů, vyjadřovacích metod a rozměrů. Naproti tomu existují ale také velmi jednoduché způsoby pro stanovení grafické náplně mapy založené pouze na počtu znaků, aplikované např. při hodnocení mapy mořských proudů (Ai et al. 2019).

Metriky pro hodnocení grafické náplně mapy

Pokud autoři zmiňují metodu měření náplně mapy, nelze ji obvykle použít univerzálně pro všechny typy map. Většina zveřejněných metrik navíc neuvádí stupnice, na kterých se výsledné hodnoty náplně pohybují, ani její limitní či doporučené hodnoty. Suchovův vzorec, určený k výpočtu grafické náplně mapy, jehož nejstarší dohledanou podobu uvádí Drápela (1983), a jež je do současnosti při výuce kartografie prezentován, sumarizuje plochu pokrytou mapovými znaky a porovnává ji s plochou celé mapy. Tento vzorec však reálně dokáže zohlednit pouze bodové, případně liniové znaky, neumí však pracovat s mapami s celoplošným pokrytím. Při použití stínování, podkladu ve formě ortofotomapy nebo barevné hypsometrie v mapě počítá Suchovův vzorec náplň jako stoprocentní, stejně jako v případě mapového pole plně pokrytého plošnými znaky, ač jde např. „jen“ o jednoduchý kartogram. Metrik reálně využitelných pro měření náplně většího množství map je tak poměrně málo, a proto k měření náplně mapy většinou nedochází (Ciolkosz-Styk 2009).

Obtížným vymezením náplně a složitosti mapy se podrobně zabývají kartografové již desítky let, např. MacEachren (1982), Fairbairn (2006). Rosenholtz et al. (2007) uvádějí, že nejprve byly vytvořeny metody pro měření informační náplně, např. Suchov (1967) či Bjørke (1996), avšak k jejich uvedení do kartografické praxe nedošlo. Metriky byly totiž aplikované

pouze na omezený okruh vzorových map, nikoli na široké spektrum kartografické tvorby. V moderní historii se problematikou hodnocení univerzálních metrik náplně mapy zabýval Fairbairn (2006). Rosenholtz et al. (2007) následně představují trojici způsobů pro měření náplně mapy, které prostřednictvím experimentu testovali, a to *Feature Congestion (FC)*, *Subband Entropy (SE)* a jednoduchou metriku založenou na detekci hran. Metriky *FC* a *SE* pracují s barvou, orientací, jasnem a sytostí. Metrika *FC* zkoumá účinnost těchto faktorů, zatímco *SE* zohledňuje vliv na rozmístění prvků obsahu. Pro výpočet se využívají počítačové kódy.

Schnur et al. (2017) pro zjištění náplně obrazu srovnávají dva přístupy – měřenou náplň a vnímanou náplň. Pro měření autoři použili celkem devět map s daty různé podrobnosti a měřítka a od různých poskytovatelů. U každé mapy změřili náplň pomocí manuálního počítání znaků v mapě a zároveň pomocí metrik *FC* a *SE* od Rosenholtze et al. (2007).

Metody a postup experimentu

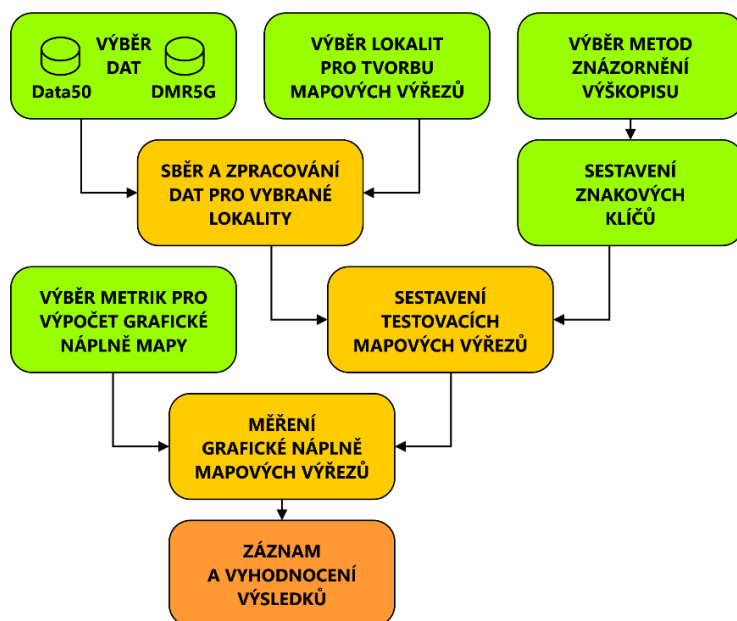
Ze studia světové kartografické literatury byly vybrány nejčastější metody znázornění výskopisu v mapách. Ty byly prostudovány na současných obecně geografických mapách, topografických mapách vydaných Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK), ve školních a referenčních atlasech a ve webových mapových aplikacích. Byť byla studie primárně cílena na mapy topografického charakteru (z důvodu volby jednotného měřítka a omezené plochy mapovaných lokalit na 16 km²), byly do průzkumu zahrnuty i obecně geografické mapy, jelikož často využívají metodu barevné hypsometrie a případně její kombinaci s jinými metodami. Oproti tomu topografické mapy velkých měřítek barevnou hypsometrii běžně nevyužívají, a ta by proto, i přes svou významnost, v hodnocení chyběla.

Pro porovnání bylo vybráno osm odlišných způsobů znázornění výskopisu vzniklých jednou či kombinací více metod a jejich provedení. Podle vzorových map byly k metodám znázornění výskopisu sestaveny znakové klíče využívající odpovídající kartografické metody. Pro polohopis byl vytvořen jednotný znakový klíč pro všechny mapy vycházející z grafického stylu map ČÚZK. Pro testování náplně mapy bylo vybráno 15 lokalit rozmístěných po celém Česku (obr. 1). Pro každou z pětice kategorií výškové členitosti tak byly vybrány 3 lokality tak, aby se lišily i charakterem krajiny, a výsledky byly objektivnější bez ovlivnění specifickými vlastnostmi pouze jediné lokality v kategorii. Pro každou lokalitu bylo následně vytvořeno 17 testovacích mapových výřezů, na kterých byla měřena náplň mapy.



Obr. 1. Lokality vybrané pro testovací mapové výřezy

Všechny testovací mapové výřezy byly testovány pomocí dvou vybraných metrik. Měření bylo realizováno pomocí nástroje *GMLMT* ve verzi 1.0 pro grafický rastrový editor *GIMP* (GNU Image Manipulation Program) využívající metriku založenou na detekci hran (Barvů a Voženílek 2020a) a metrikou *SE*, pracující na principu měření entropie (Rosenholtz et al. 2007), ve formě skriptu pro software *MATLAB*. Naměřené hodnoty byly zpracovány a porovnány pomocí diagramů ukazujících rozdíly hodnot jak mezi jednotlivými metrikami, tak mezi členitostmi reliéfu či použitými metodami znázornění výškopisu. Schéma celého postupu je graficky znázorněno na obr. 2.



Obr. 2. Schéma postupu experimentu

Výběr testovacích lokalit

Pro vytvoření testovacích mapových výřezů bylo potřeba najít vhodné lokality odpovídající vybraným požadavkům. Tyto požadavky zahrnují různou relativní výškovou členitost reliéfu (rozdíl nejvyšší a nejnižší nadmořské výšky ve čtverci 4×4 km) a různorodost lokalit z hlediska charakteru znázorněné krajiny. Jako kategorie členitosti reliéfu byly zvoleny roviny (relativní výšková členitost do 30 m), pahorkatiny (30–150 m), vrchoviny (150–300 m), hornatiny (300–600 m) a velehornatiny (nad 600 m). Tato klasifikace byla zvolena podle Demka et al. (1972). Podle nich bylo doporučeno Mezinárodní geomorfologickou unií měřit relativní výškovou členitost při této klasifikaci v území o rozloze právě 4×4 km, aby relativní výšková členitost odpovídala menšímu vybranému území.

Předvýběr lokalit proběhl pomocí zeměpisné mapy serveru Mapy.cz, ze které lze výškopisné poměry snadno vizuálně vyčíst. Dále byla výšková členitost přeměřena pomocí vrstevnic (součást oddílu Reliéf) z datové sady *Data50* (topografická databáze pokrývající území celého Česka v podrobnosti odpovídající Základní mapě ČR 1:50 000 poskytovaná Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním formou open dat) tak, aby rozdíl vrstevnic s nejvyšší a nejnižší nadmořskou výškou ve výřezu odpovídal potřebným hodnotám. Zároveň byly lokality vybírány tak, aby byly rozmístěny relativně rovnoměrně po celém Česku, alespoň v rámci kategorií členitosti. Pro každou kategorii členitosti byly vybrány tři lokality, celkově tak bylo pracováno s 15 lokalitami (tab. 1).

Tab. 1. Rozmístění mapovaných lokalit

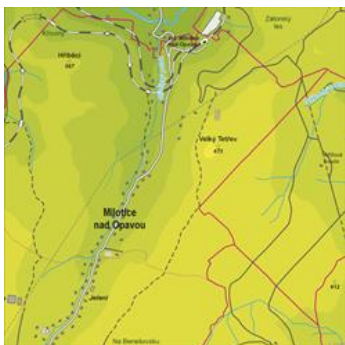
výšková členitost	lokalita (kraj)		
roviny	Chropyně (Zlínský kraj)	Lanžhot (Jihomoravský kraj)	Písková Lhota (Středočeský kraj)
pahorkatiny	Hatín (Jihočeský kraj)	Jesenice (Středočeský kraj)	Pomezí (Pardubický kraj)
vrchoviny	Kladky (Olomoucký kraj)	Milotice (Moravskoslezský kraj)	Volyně (Jihočeský kraj)
hornatiny	Boleboř (Ústecký kraj)	Malá Morava (Olomoucký kraj)	Rejštejn (Plzeňský kraj)
velehornatiny	Malá Úpa (Královéhradecký kraj)	Malenovice (Moravskoslezský kraj)	Praděd (Olomoucký kraj)

Sestavení znakových klíčů map

Znakové klíče sestavených testovacích výřezů obsahovaly všechny prvky topografických map. Veškerá vektorová data pocházejí z datové sady *Data50*. Znakový klíč pro polohopis vycházel ze Základní mapy ČR 1:50 000. Také znakové klíče pro osm metod znázornění výškopisu (viz obr. 3) vycházely z již existujících topografických map (tab. 2). Pro obě varianty metody stínování byla využita data z *DMR5G* (Digitální model reliéfu ČR 5. generace) poskytovaného v prostorovém rozlišení 2 m/pixel prostřednictvím ArcGIS portálu. Zatímco *stínování 1* využívá ostré přechody mezi nezastíněnou a zastíněnou částí, varianta *stínování 2* aplikuje běžnější plynulé přechody s různou intenzitou stínu. Nastavování grafických parametrů mapových znaků a jejich popisu probíhalo v prostředí softvéru ArcGIS Pro s cílem využití charakteristik použitých znázornění výškopisu ve vzorových mapách a zároveň nekopírování znakového klíče v plném rozsahu. U barevné hypsometrie byla využita Sydowova-Wagnerova barevná stupnice, u metody izolinií vrstevnice realizované šedým a hnědým liniovým znakem s rozdílnou tloušťkou pro různé typy vrstevnic (základní, zdůrazněné apod.). Pro každou lokalitu bylo následně vytvořeno osm mapových výřezů pouze s výškopisem, osm mapových výřezů s výškopisem i polohopisem a jeden mapový výřez pouze se samotným polohopisem. Sestavené výřezy vizualizované podle připravených znakových klíčů pro výškopis i polohopis byly exportovány jako soubory TIFF v rozlišení 300 dpi bez komprese. Celkově tak bylo vytvořeno 255 testovacích mapových výřezů.

Tab. 2. Metody znázornění výškopisu v testovacích mapových výřezech

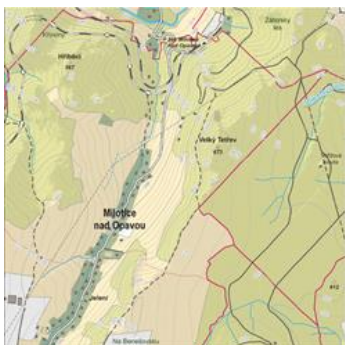
označení metody	metoda	zdroj využívající metody
BH	barevná hypsometrie (Sydowova-Wagnerova stupnice)	Školní atlas světa (Kartografie PRAHA 2004)
VH	vrstevnice hnědá	Geoportál ČÚZK – Základní mapy ČR (2019)
VS-S1	vrstevnice šedá + stínování 1	Mapy.cz – turistická (2019a)
S1	stínování 1 (skokové přechody stín/nestín)	Autoatlas ČR 1:150 000 (Kartografie PRAHA 2015)
S1-BH	stínování 1 + barevná hypsometrie (Sydowova-Wagnerova stupnice)	Swiss National Map 1:1 000 000 (Esri Map Book 2017)
S1-VH	stínování 1 + vrstevnice hnědá	USGS topografická mapa (USGS Viewer 2019)
VS-BH-S1	vrstevnice šedá + barevná hypsometrie (Sydowova-Wagnerova stupnice) + stínování 1	Mapy.cz – zeměpisná (2019b)
S2	stínování 2 (plynulé přechody intenzity stínu)	Google Maps (2019)



barevná hypsometrie (BH)



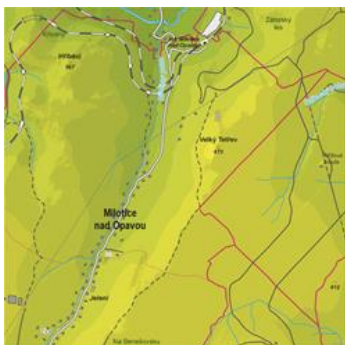
vrstevnice hnědá (VH)



vrstevnice šedá + stínování 1 (VS+S1)



stínování 1 (S1)



stínování 1 + barevná hypsometrie (S1-BH)



stínování 1 + vrstevnice hnědá (S1-VH)



vrst. šedá + bar. hypsometrie + stín. 1 (VS-BH-S1)

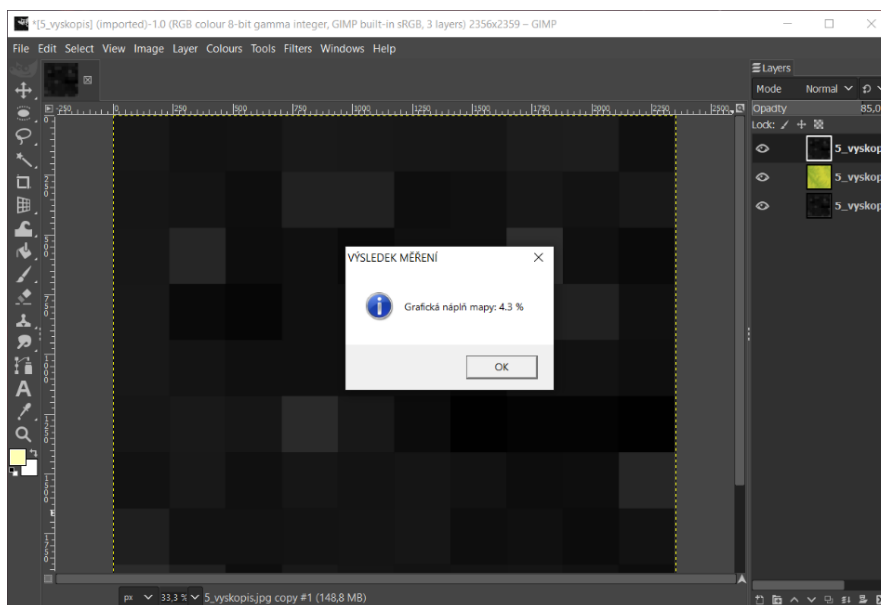


stínování 2 (S2)

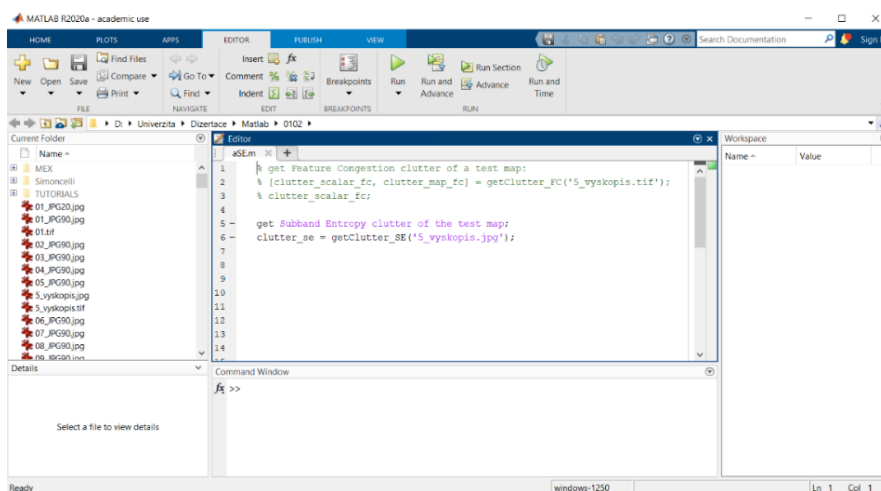
Obr. 3. Vzorové mapy s výškopisem znázorněným zvolenými metodami pro lokalitu Milotice

Měření náplně mapy

Všechny vzorové mapy byly testovány pomocí dvou vybraných metrik. Měření bylo realizováno pomocí nástroje *GMLMT* (Barvíř a Voženílek 2021) ve verzi 1.0 pro grafický rastrový editor *GIMP* (GNU Image Manipulation Program) využívající metriku založenou na detekci hran (*DH*) (Barvíř et al. 2020a) a metrikou *SE* (Rosenholtz et al. 2007) ve formě skriptu pro software *MATLAB* (použita verze *MATLAB R2020a*). Oproti nástroji *GMLMT*, metrika *SE* nejprve rozloží jas a tón barvy obrazu do vlnových pásem, následně vypočítá Shannonovu entropii, hodnoty pro jednotlivá vlnová pásma sečte, a nakonec vypočítá vážený součet výsledků pro jas a tón barvy, který označuje celkovou náplň mapy. Výsledné hodnoty byly zpracovány a porovnány pomocí diagramů ukazujících rozdíly hodnot jak mezi jednotlivými metrikami, tak mezi členitostí reliéfu či použitými metodami znázornění výškopisu. Rozhraní nástroje *GMLMT* po realizaci výpočtu je zachyceno na obr. 4, metrika *SE* má pouze textové rozhraní (obr. 5).



Obr. 4. Měření grafické náplně pomocí nástroje *GMLMT* v programu *GIMP*



Obr. 5. Měření grafické náplně metrikou *SE* v programu *MATLAB*

Pro stanovení podílů grafické náplně výškopisu (V_P) a polohopisu (P_P) z celkové grafické náplně mapy (C) byly vypočítány podíly grafických náplní map se znázorněním pouze výškopisu (V) a pouze polohopisu (P), jak ukazují vzorce (eq. 1 a 2). Grafické náplně výškopisu (V_2) a polohopisu (P_2) pak byly stanoveny podle vzorců (eq. 3 a 4) jako násobek příslušného podílu s grafickou náplní celé mapy.

$$V_P = \frac{V}{V+P} \quad (1)$$

$$P_P = \frac{P}{V+P} \quad (2)$$

$$V_2 = V_P \cdot C = \frac{C}{V+P} \cdot V \quad (3)$$

$$P_2 = P_P \cdot C = \frac{C}{V+P} \cdot P \quad (4)$$

V_2 – grafická náplň výškopisu, P_2 – grafická náplň polohopisu, C – hodnota celkové grafické náplně mapy, V – grafické náplň mapy se samostatným výškopisem, P – hodnota grafické náplně mapy se samostatným polohopisem.

Výsledky

Příspěvek přináší poznatky o podílu metod znázornění výškopisu a členitosti reliéfu na grafickou náplň mapy. Z naměřených hodnot je vyhodnocen vliv všech metod a relativní výškové členitosti na výslednou náplň map. Kapitola popisuje nejvýznamnější zjištění, která lze využít při procesu tvorby map. Vyhodnocení grafické náplně jednotlivých testovacích mapových výřezů v plné podrobnosti popisuje Jílková (2020).

Vliv metod znázornění výškopisu a členitosti reliéfu na náplň mapy

Analýzou vlivu odlišných metod znázornění výškopisu na grafickou náplň mapy bylo zjištěno, že hodnoty náplně mapy se mohou mezi jednotlivými hodnocenými metodami a jejich kombinacemi velmi lišit. Pro toto srovnání byla měřena náplň mapy obsahující pouze výškopis a jeho popis. Porovnány byly také výsledky mezi výsledky měření pomocí nástroje *GMLMT* a metrikou *SE*, avšak toto srovnání je třeba brát pouze orientačně, jelikož hodnoty náplně změřené metrikou *SE* se pohybují na neupřesněné škále a není znám vztah pro převod na standardně užívanou stupnici 0–100 %. V grafickém srovnání metrik byl využit přibližný zaokrouhlený vztah, kdy 5 % u *GMLMT* $\sim$ 1 u *SE*.

Roviny

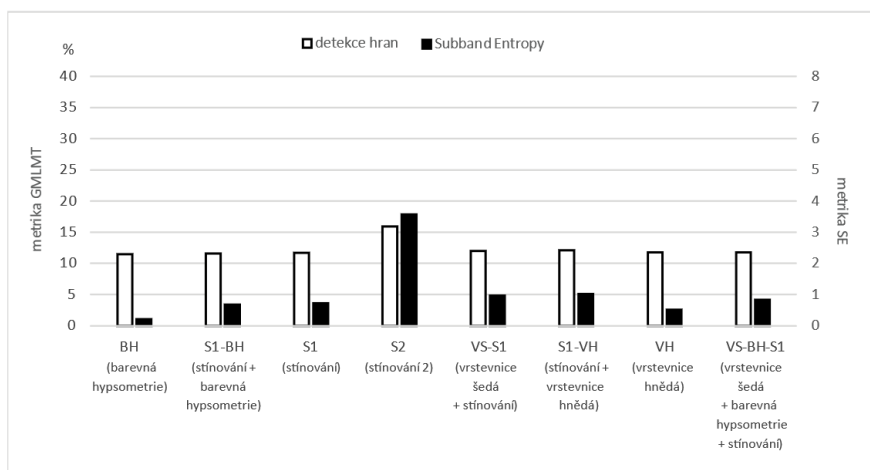
Hodnoty náplně vzorové mapy vypočtené oběma metrikami pro lokalitu Chropyně (obr. 6) prokázaly, že výběr metody znázornění výškopisu náplň mapy příliš neovlivňuje (tab. 3 a 4). Jediný významnější rozdíl lze shledat u metody *stínování 2*, která zde vykazuje hodnoty značně vyšší než u ostatních metod, a to při použití obou metrik.

Tab. 3. Hodnoty náplně map pouze s výškopisem změřené nástrojem GMLMT [%]

lokalita / metoda	BH	VH	VS-S1	S1	S1-BH	S1-VH	VS-BH-S1	S2
ROV_Chropyne	11,5	11,8	12,0	11,7	11,6	12,1	11,8	15,9
ROV_Lanzhot	11,5	11,7	22,5	22,5	14,4	22,6	14,0	19,1
ROV_Piskova	11,5	12,0	12,3	11,9	11,6	12,5	12,0	16,4
PAH_Pomezi	11,5	15,1	16,8	14,0	13,1	17,2	14,5	14,1
PAH_Hatin	11,5	14,7	19,8	17,9	14,7	20,4	15,0	17,2
PAH_Jesenice	11,6	16,1	19,3	16,0	14,1	19,8	15,3	14,7
VRCH_Kladky	11,7	25,9	25,7	14,5	13,2	27,0	20,0	14,8
VRCH_Milotice	11,6	19,5	19,3	13,2	12,5	20,1	16,7	14,2
VRCH_Volyne	11,6	20,0	21,9	15,3	13,7	22,6	17,6	15,5
HOR_Rejstejn	11,7	27,4	26,9	14,0	13,4	28,2	23,7	14,9
HOR_Mmorava	11,6	21,8	22,2	14,3	13,3	23,2	18,8	14,2
HOR_Bolebor	11,6	22,3	23,2	15,2	14,1	24,3	19,8	15,6
VEL_Mupa	11,7	31,9	30,9	15,8	13,7	33,0	24,6	15,3
VEL_Praded	11,8	35,3	33,0	14,3	13,5	35,3	27,6	14,4
VEL_Malenovice	11,8	35,3	33,0	14,3	13,5	35,3	27,6	15,6

Tab. 4. Hodnoty náplně map zobrazujících pouze výškopis změřené metrikou SE

lokalita / metoda	BH	VH	VS-S1	S1	S1-BH	S1-VH	VS-BH-S1	S2
ROV_Chropyne	0,2126	0,5173	0,9665	0,7199	0,6775	1,0134	0,8367	3,5690
ROV_Lanzhot	0,2532	0,4002	4,2420	4,2331	3,5930	4,2461	3,3872	3,9985
ROV_Piskova	0,2504	0,8053	1,2668	1,0325	0,8915	1,4645	1,1174	3,7157
PAH_Pomezi	0,6461	2,5477	3,3549	2,4558	2,4646	3,3158	2,8924	2,9344
PAH_Hatin	0,3915	2,3025	4,0661	3,7485	3,5634	4,0463	3,2956	3,5723
PAH_Jesenice	0,6973	2,9260	4,0590	3,4557	3,3743	3,9948	3,4091	3,2767
VRCH_Kladky	1,3826	4,2753	4,4971	2,6841	4,3565	4,3565	3,9500	3,1073
VRCH_Milotice	0,9293	3,5048	3,7515	2,0444	2,2171	3,6185	3,3402	3,1275
VRCH_Volyne	0,9828	3,7162	4,2647	3,0225	2,9941	4,1458	3,7274	3,0753
HOR_Rejstejn	1,1664	4,3503	4,5647	2,4093	2,6541	4,4053	4,3294	3,1771
HOR_Mmorava	1,0382	3,9507	4,2488	2,6491	2,7577	4,1185	3,8820	2,6768
HOR_Bolebor	0,9153	3,9003	4,2570	2,8568	2,9387	4,1348	3,9590	3,2128
VEL_Mupa	1,1991	4,6600	4,8590	3,0655	3,1560	4,6732	4,5911	3,1489
VEL_Praded	1,2482	4,6324	4,8061	2,4028	2,7138	4,6101	4,5241	2,6418
VEL_Malenovice	1,4279	4,7226	4,9048	2,6175	2,8857	4,7158	4,6602	3,1774

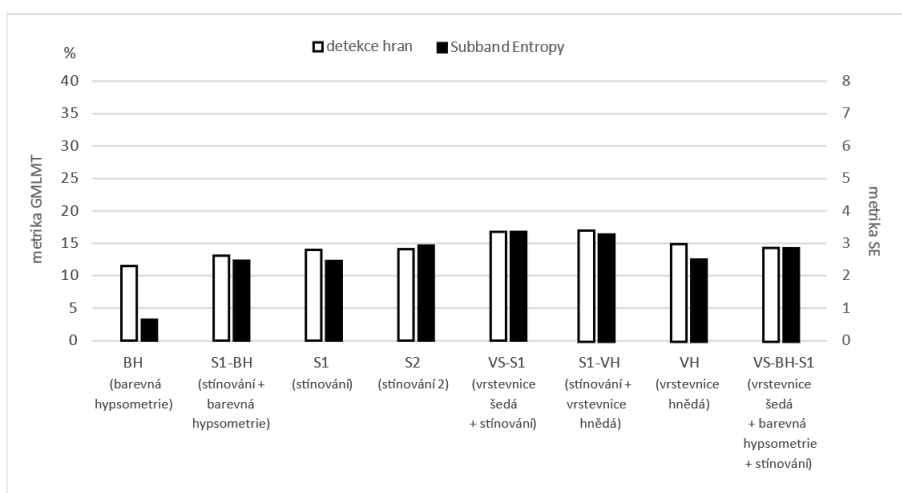


Obr. 6. Grafická náplň mapy výškopisu v rovinaté lokalitě Chropyně

Hodnoty náplně map pro lokalitu Lanžhot jsou ve srovnání s hodnotami pro Chropyni velmi odlišné. Náplň map je u všech metod výškopisu mnohem vyšší než u Chropyně, přičemž nejvyšší nárůst je zřejmý u metod se *stínováním*. V lokalitě Lanžhot se nachází velké množství vyvýšenin, které jsou dostatečně vysoké na vykreslení stínů, ale zároveň nezapříčinily zařazení do členitější kategorie reliéfu. Stejně jako u lokality Chropyně zvyšují četné malé plošky stínů u metody *stínování 2* grafickou náplň mapy. Mapy s výškopisem podle metod *barevná hypsometrie* a *vrstevnice hnědá* vykazují hodnoty náplně téměř totožné, jako u lokality Chropyně, a to u obou metrik. Reliéf zde není natolik členitý, aby byl vykreslen vyšší počet vrstevnic.

Pahorkatiny

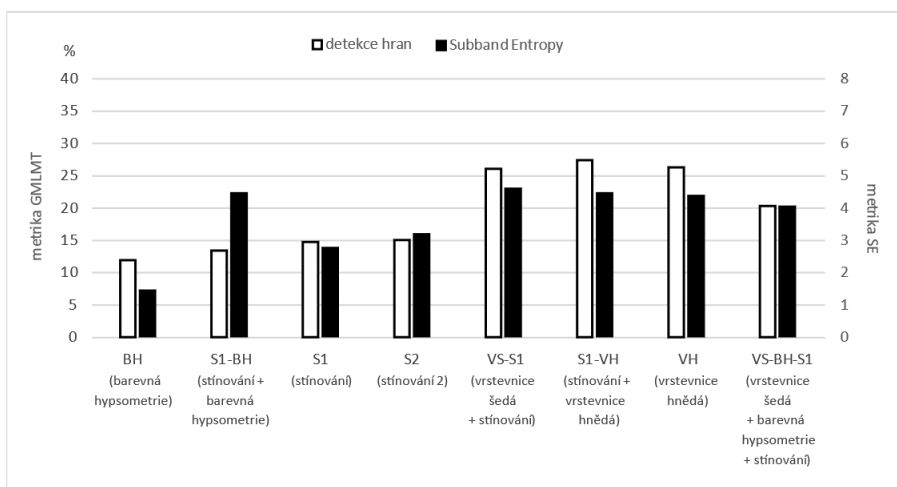
V pahorkatinné lokalitě Pomezí je náplň map oproti hodnoceným výřezům rovin vyšší průměrně o 3 p. b. Nepatrně vyšší nárůst než v případě metricky detekce hran, byl zaznamenán u metricky SE. Pouze u samostatné *barevné hypsometrie* jsou hodnoty náplně téměř stejné a u *stínování 2* dokonce náplň u obou metrik oproti rovinám klesla. V ostatních případech jsou si hodnoty náplně u všech metod znázornění výškopisu velmi blízké (obr. 7).



Obr. 7. Grafická náplň mapy výškopisu v pahorkatinné lokalitě Pomezí

Vrchoviny

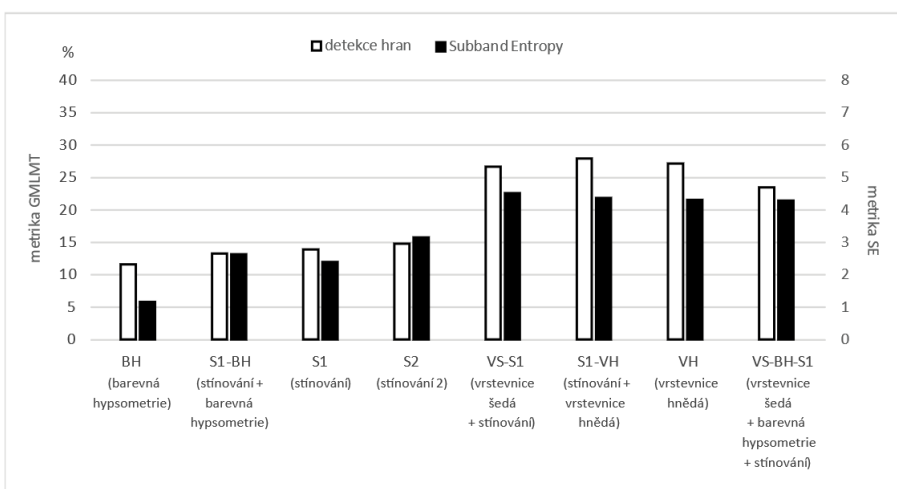
V lokalitách s relativní výškovou členitostí vrchovin vzrostla oproti pahorkatinám náplň mapy u všech metod s *vrstevnicemi*. U metody samostatné *hnědé vrstevnice* je náplň u obou metrik o více než dvě třetiny vyšší než u pahorkatin. Zvýšila se také hodnota náplně mapy s *barevnou hypsometrií* měřené metrikou *SE*, a to více než dvakrát (obr. 8).



Obr. 8. Grafická náplň mapy výškopisu ve vrchovinné lokalitě Kladky

Hornatiny

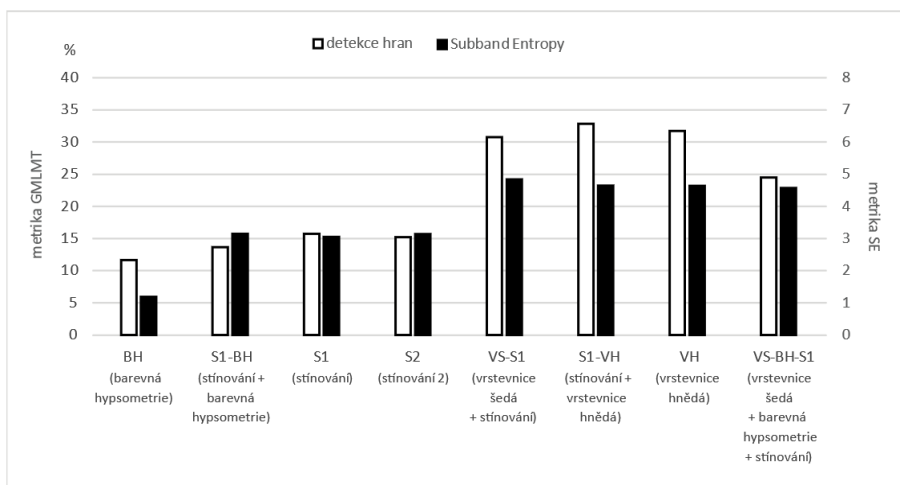
Na příkladu hornatinné lokality Rejštejn lze ilustrovat, že grafická náplň *barevné hypsometrie* příliš nestoupá oproti předchozím lokalitám s nižší výškovou členitostí. Metody s *vrstevnicemi* dosahují náplně vyšší než vrchoviny (obr. 9).



Obr. 9. Grafická náplň mapy výškopisu v hornatinné lokalitě Rejštejn

Velehornatiny

Největší změnou u mapových výřezů v kategorii velehornatin je nárůst grafické náplně u metod výškopisu s *vrstevnicemi*, zde se oproti hornatinám zvyšuje náplň téměř o třetinu. U ostatních metod zůstává náplň u obou metrik velmi podobná náplni u hornatin (obr. 10). Hodnoty pro trojici lokalit jsou značně homogenní a výrazně se vzájemně neliší.

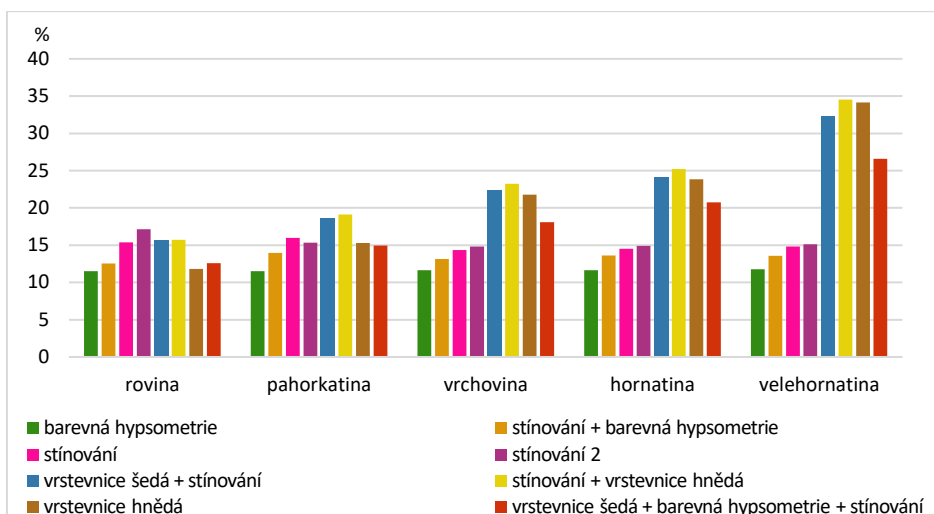


Obr. 10. Grafická náplň mapy výškopisu ve velehornatinné lokalitě Malá Úpa

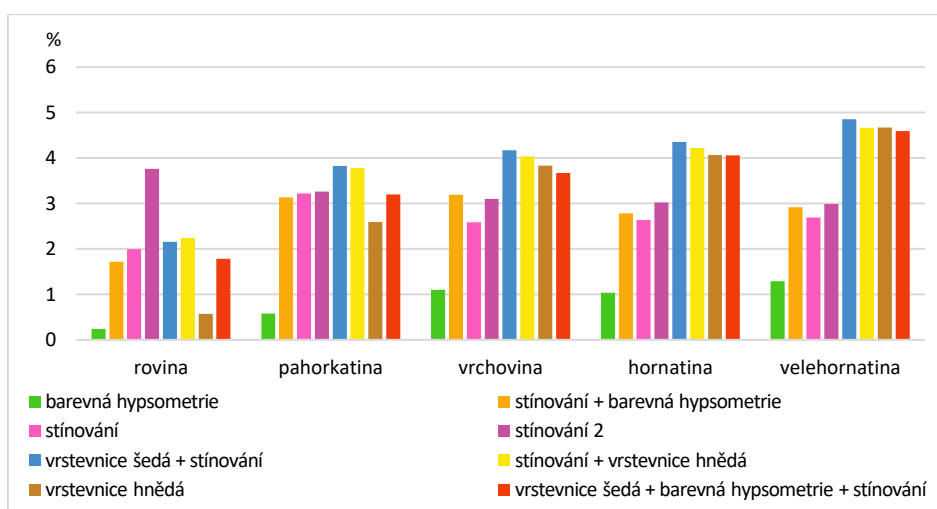
Shrnutí za metody

Průměrné hodnoty pro každou kategorii relativní výškové členitosti vypočítané oběma metrikami byly porovnány podle metod znázornění výškopisu. Výsledky potvrzují předpoklad, že náplň map s výškopisem znázorněným *barevnou hypsometrií* je u metriky *GMLMT* u všech výškových členitostí téměř totožná (obr. 11). U kombinace metod *stínování 1* a *barevné hypsometrie* a obou metod *stínování* jsou náplně map u všech členitostí v průměru velmi podobné. U metod s *vrstevnicemi* se náplň vzorových map zvyšuje úměrně s rostoucí členitostí. U velehornatin je při použití metody *vrstevnic* náplň více než dvakrát vyšší oproti rovinám. U metod využívajících stínování se naproti tomu s rostoucí členitostí zvětšují stínové plochy, nikoliv však nutně jejich početnost. Proto zde k žádným významnějším změnám mezi různými členitostmi nedochází. U rovin byla nejvyšší náplň zaznamenána u metody *stínování 2*.

Metrika *SE* vykazuje v řadě ohledů podobné výsledky (obr. 12). Největší rozdíl je patrný u rovin, kde je náplň map s různými metodami znázornění výškopisu velmi odlišná. Náplň u metod *barevná hypsometrie* a *hnědé vrstevnice* je více než o polovinu nižší než u ostatních metod. Naopak u *stínování 2* je náplň téměř dvakrát vyšší. Grafická náplň všech ostatních metod je velmi podobná, pohybuje se okolo hodnoty 2. Náplň u rovin je napříč metodami zároveň výrazně nižší než u ostatních kategorií výškových členitostí. Odlišnost oproti *GMLMT* lze vidět také v hodnocení barevné hypsometrie, která v případě metriky *SE* dosahuje až několiknásobně nižších hodnot oproti jiným metodám a mírně roste s výškovou členitostí.



Obr. 11. Grafická náplň map výškopisu s různými metodami znázornění výškopisu v lokalitách s odlišnou výškovou členitostí – měřeno metrikou GMLMT

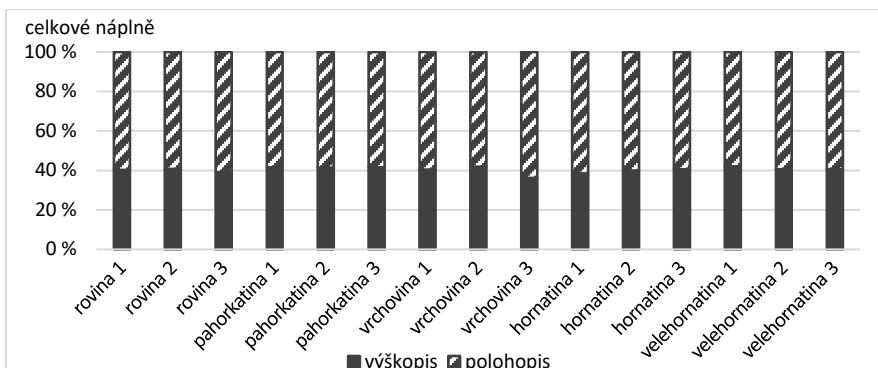


Obr. 12. Grafická náplň map výškopisu s různými metodami znázornění výškopisu v lokalitách s odlišnou výškovou členitostí – měřeno metrikou SE

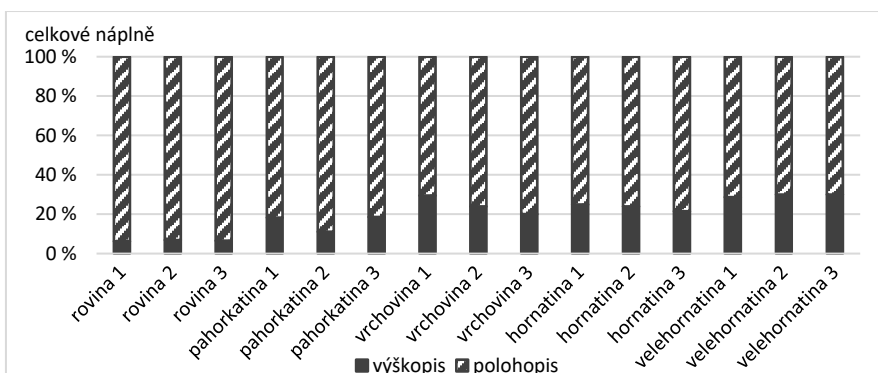
Podíl výškopisu na celkové grafické náplni mapy

Pro zjištění podílu výškopisu na celkové náplni mapy byly použity hodnoty náplně mapy vypočítané odděleně pro výškopis a polohopis. Hodnoty byly vizualizovány ve strukturních sloupcových diagramech, ve kterých je celková náplň mapy vyjádřena 100 %.

Podíl výškopisu znázorněného *barevnou hypsometrií* na celkové náplni mapy je při výpočtu nástrojem GMLMT přibližně 40 % (obr. 13). Při obdobném srovnání metrikou SE bylo zjištěno, že se podíl výškopisu na celkové náplni map s různou výškovou členitostí liší (obr. 14). Zatímco u rovin se podíl výškopisu pohybuje okolo 5 %, u pahorkatin až velehornatin dosahuje až hodnoty 30 %.



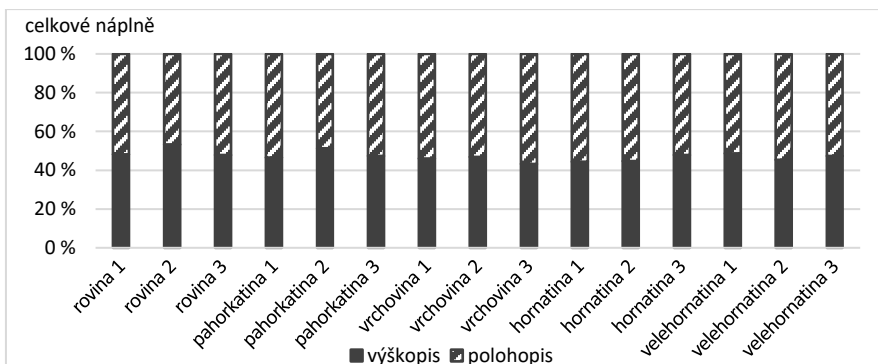
Obr. 13. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody BH – metrika GMLMT



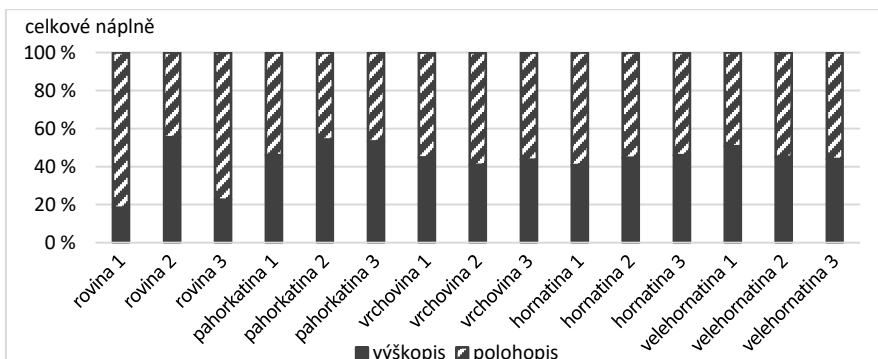
Obr. 14. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody BH – metrika SE

Podíl výškopisu znázorněném *stínováním* vykazuje při použití nástroje GMLMT (obr. 15) podobný trend, jako při výpočtu metrikou SE (obr. 16). I zde dosahuje podíl výškopisu u rovin hodnot okolo 40 %, s výjimkou rovinaté lokality Lanžhot, kde hodnota náplně dosahuje téměř 60 %. U ostatních lokalit různých výškových členitostí se hodnoty pohybují mezi 40 a 52 %. U metriky SE je u rovin ze všech výškových členitostí nejnižší podíl výškopisu na celkové náplni, s výjimkou lokality Lanžhot, kde je podíl výškopisu 55 % (obr. 16). Podíl výškopisu u ostatních výškových členitostí se pohybuje v rozmezí 40 a 55 %.

Při použití metody *stínování 2* měřené metrikami GMLMT i SE dosahuje podíl výškopisu na celkové náplni mapy velmi podobných hodnot jako u *stínování 1*. Hodnoty se pohybují mezi 45 a 52 %. Nevykazují jednoznačný trend závisící na relativní výškové členitosti.



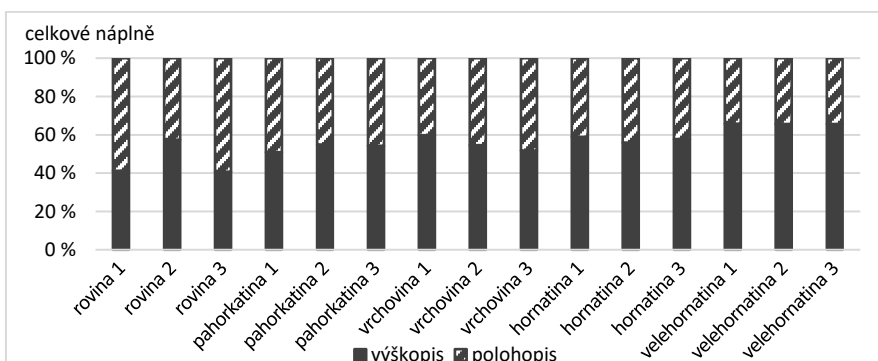
Obr. 15. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody S1 – metrika GMLMT



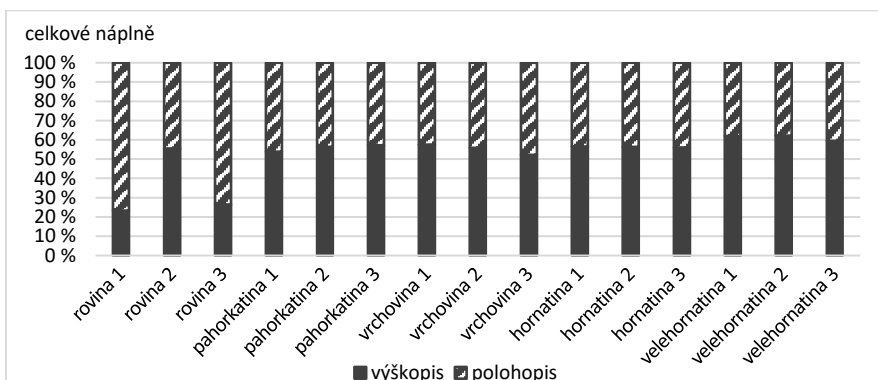
Obr. 16. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody S1 – metrika SE

Podíl výškopisu na celkové náplni mapy má u metody *vrstevnice šedá + stínování 1* při použití metriky *GMLMT* s rostoucí relativní výškovou členitostí stoupající trend (obr. 17). U rovin se podíl této metody výškopisu pohybuje okolo 40 % (u lokality Lanžhot je podíl opět přibližně o polovinu vyšší), u pahorkatin, vrchovin a hornatin okolo 55–65 %. U velehornatin se výškopis *šedými vrstevnicemi + stínováním 1* podílí na celkové náplni mapy téměř 70 %.

Při použití metriky *SE* dosahují nejnižšího podílu výškopisu opět roviny, kromě druhé lokality (Lanžhot) ale dosahuje podíl pouze 20–25 % celkové grafické náplně (obr. 18). Hodnoty náplni map území ostatních výškových členitostí se pohybují mezi 50 a 60 %, u velehornatin je podíl výškopisu na celkové náplni map nepatrně nad 60 %.



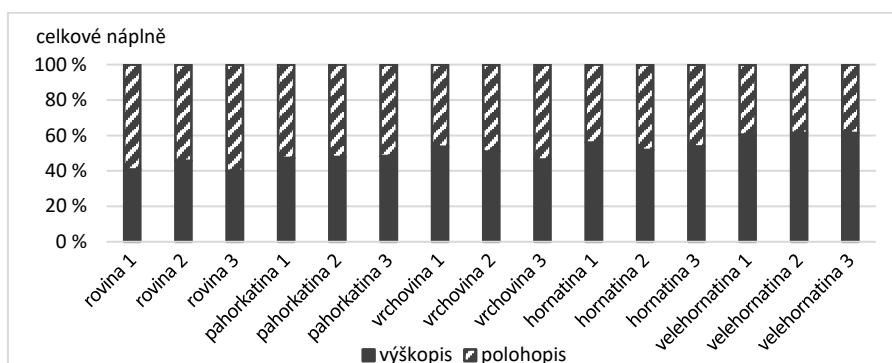
Obr. 17. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody VS-S1 – metrika GMLMT



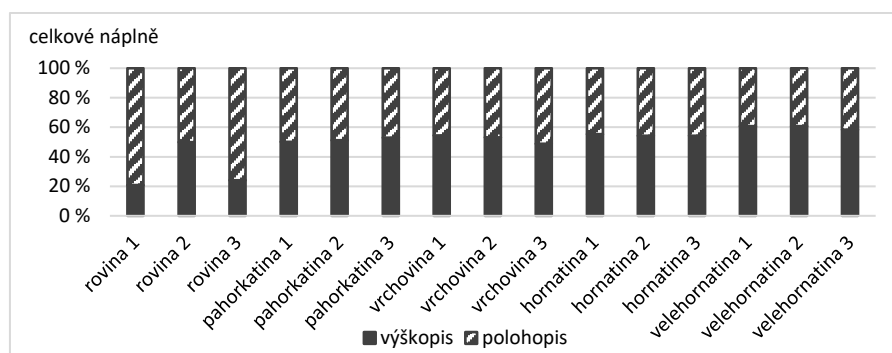
Obr. 18. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody VS-S1 – metrika SE

Z výsledků měření náplně mapy pro metodu *stínování 1 + vrstevnice hnědá* je podíl výskopisu téměř stejný jako u metody *vrstevnice šedá + stínování 1*. U metriky *GMLMT* je nejnížší podíl u rovin, poté s rostoucí relativní výškovou členitostí mírně stoupá. U metriky *SE* jsou u rovin s výjimkou lokality Lanžhot hodnoty podílu výrazně nižší než u ostatních členitostí. U zbylých členitostí podíl výskopisu na celkové náplni mapy se pohybuje mezi 50 a 60 %.

Při porovnání výsledků pro metodu znázornění výskopisu *vrstevnice šedá + barevná hypsometrie + stínování 1* byl zjištěn zvyšující se podíl společně s rostoucí výškovou členitostí, ovšem pozvolnější než u předchozí metody. Při použití metriky *GMLMT* se podíl výskopisu u rovin pohybuje mezi 40 a 45 % (obr. 19). S rostoucí výškovou členitostí podíl narůstá jen o jednotky procent. Metrika *SE* u jednotlivých kategorií výškové členitosti vykazuje velmi podobné hodnoty (obr. 20). Od pahorkatin k velehornatinám podíl narůstá od 50 do 60 %. Pouze u rovin jsou hodnoty mnohem nižší.



Obr. 19. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody VS-BH-S1 – metrika *GMLMT*

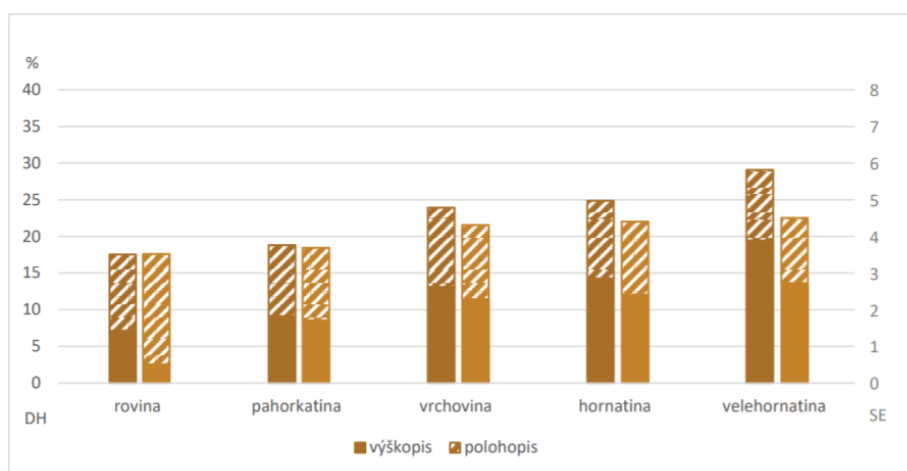


Obr. 20. Podíl výškopisu na celkové náplni mapy u metody VS-BH-S1 – metrika *SE*

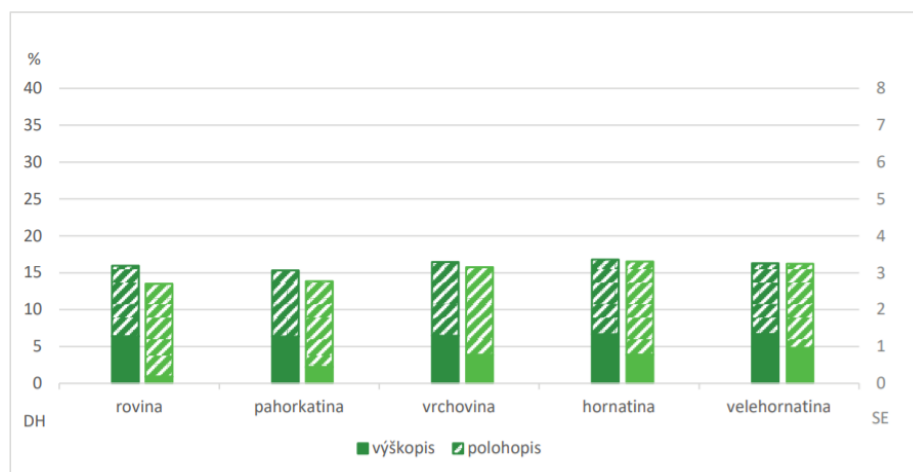
Souhrnné výsledky

Při použití *vrstevnic* jakéhokoli odstínu a tloušťky roste celková náplň mapy, náplň výskopisu i podíl výskopisu na náplni mapy společně s rostoucí výškovou členitostí. U rovinatých oblastí je podíl výskopisné složky minimální, u velehornatin naopak roste až ke dvoutřetinovému zastoupení (obr. 21). V případě metody *barevné hypsometrie* naopak grafická náplň mapy dosahuje podobných hodnot okolo 15 % (*GMLMT*), respektive hodnoty 3 (*SE*). Podle metriky *GMLMT* však náplň výskopisné složky stagnuje mezi 6 a 7 % napříč kategoriemi reliéfu, zatímco podle metriky *SE* u všech výškových členitostí srovnatelných hodnot (obr. 22). Důvodem je nejspíš to, že žádná z vybraných metrik se nezaměřuje na barevný odstín, což je hlavní prvek, kterým *barevná hypsometrie* rozlišuje nadmořskou výšku. Při použití metody *stínování 1* bez *vrstevnic* příliš nezáleží na relativní výškové členitosti (obr. 23), stejně jako

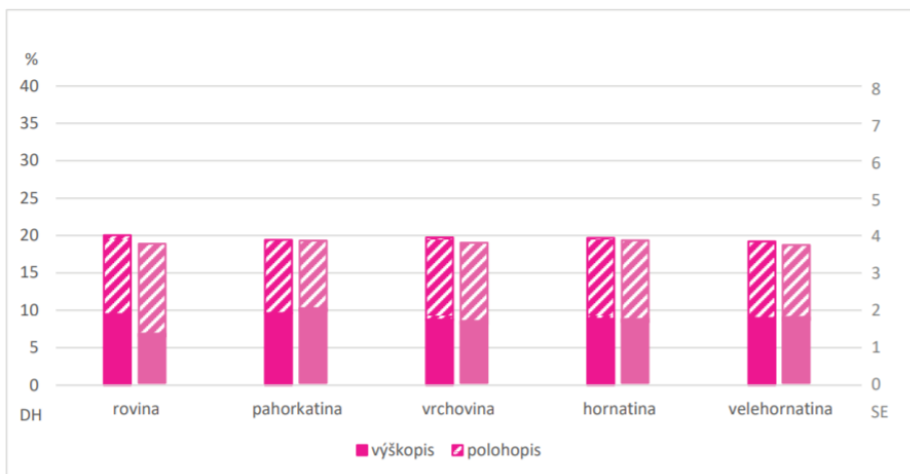
u stínování 2 (obr. 24). Celková náplň map u nich kolísá okolo 20 % (GMLMT), respektive 4 (SE), výškopis z této hodnoty zastupuje 10 p. b. U některých metod lze shledat, že s rostoucí relativní výškovou členitostí celková náplň mapy klesá, u některých se náplň pohybuje kolem podobných hodnot. Rozdílné náplně jsou nejspíš důsledkem charakteristiky drobných změn reliéfu jednotlivých lokalit. Zde se proto vyplácí výběr lokalit z různých míst po celé zemi, kde se podoba terénu může značně odlišovat i přesto, že spadají do totožné kategorie výškové členitosti. U kombinací metod je celková grafická náplň i náplň jednotlivých složek ovlivněná vlivy jednotlivých metod, tj. díky metodě vrstevnic dosahuje vyšších hodnot rostoucích výrazně s rostoucí výškovou členitostí, při kombinaci s barevnou hypsometrií či stínování je naopak vliv rostoucí výškové členitosti tlumen (obr. 25).



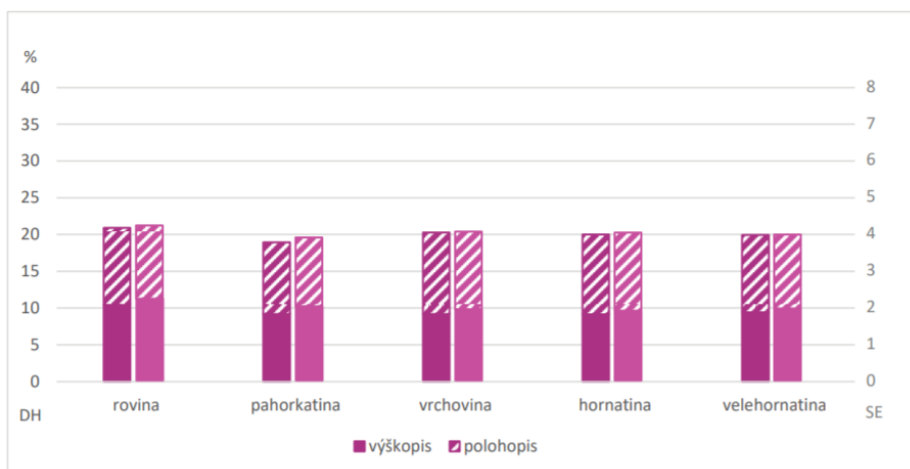
Obr. 21. Grafická náplň výškopisu u metody VH
(tmavší odstín představuje výsledky metriky GMLMT, světlejší SE)



Obr. 22. Grafická náplň mapy výškopisu u metody BH
(tmavší odstín představuje výsledky metriky GMLMT, světlejší SE)

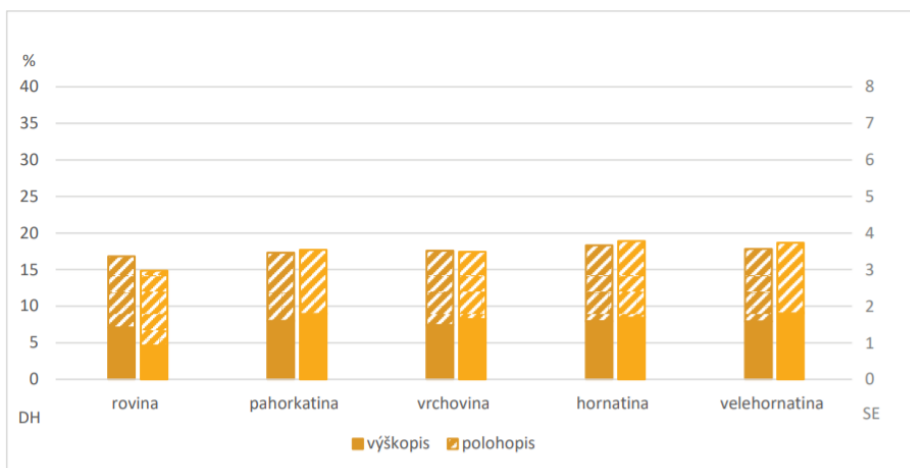


Obr. 23. Vliv členitosti terénu na náplň mapy u metody S1
(tmavší odstín představuje výsledky metriky GMLMT, světlejší SE)



Obr. 24. Vliv členitosti terénu na náplň mapy u metody S2
(tmavší odstín představuje výsledky metriky GMLMT, světlejší SE)

Z celkového srovnání výsledných hodnot náplní vzorových map vyplývá, že znázornění výškopisu *barevnou hypsometrií* výrazně neovlivňuje grafickou náplň map pro území s různou relativní výškovou členitostí. Vypočtené hodnoty náplní jsou u všech lokalit velmi podobné. Naopak, při použití *vrstevnic* narůstá rozdíl mezi náplněmi map lokalit s rostoucí výškovou členitostí. Grafická náplň při použití metody *stínování* nejvíce závisí na výškové členitosti, případně pouze mírně rostoucí se zvyšující se výškovou členitostí. Výjimkou jsou roviny, kde jsou hodnoty náplně značně nižší a ovlivnitelné rozdrobeností směrů orientace svahů vlivem drobných zvlnění reliéfu. U kombinací metod dochází ke kombinaci výše popsaných vlivů.



Obr. 25. Grafická náplň mapy výškopisu u metody S1-BH
(tmavší odstín představuje výsledky metriky GMLMT, světlejší SE)

Diskuse

Obecně zeměpisné mapy jsou většinou mapy malých měřítek a *barevná hypsometrie* představuje nepřehlednější způsob znázornění jejího výškopisu. Přestože testovací mapové výřezy jsou většího měřítka, než je pro použití *barevné hypsometrie* obvyklé, byla tato metoda znázornění výškopisu pro porovnání zahrnuta do vybraných metod, jelikož se jedná o často využívaný způsob zobrazování výškopisu, i když ne přímo u topografických map. Při vytváření testovacích mapových výřezů byl u této metody objeven další problém, a sice že vrstvy lesů, luk a zahrad překrývaly samotný výškopis. Bylo proto nutné při použití barevné hypsometrie tyto vrstvy vypustit. U ostatních metod byly přitom tyto vrstvy zobrazeny, protože šlo o běžnou součást polohopisu topografických map. Výsledné celkové grafické náplně map se proto mezi metodami využívajícími barevnou hypsometrii a jinými metodami zobrazení výškopisu nedají přímo porovnat.

Důležitým krokem bylo sestavení dvou variant metody stínování, jelikož možnosti nastavení při vizualizaci stínovaného reliéfu mohou být různé a ovlivňují také náplň mapy. *Stínování 2* bylo proto vytvořeno za účelem porovnání s první variantou vizualizovanou odlišným způsobem. Díky tomu jsou výsledné hodnoty náplně mapy mezi jednotlivými typy stínování velmi rozdílné a je tak jasné vidět, že i v rámci jedné metody se náplň mapy může velmi lišit v závislosti na vizualizaci výškopisu (kontrast, jas, barevný odstín).

Již výše bylo zmíněno, i v rámci jednotlivých metod znázornění výškopisu se může náplň mapy lišit, v závislosti na vizualizaci metody a vybraném znakovém klíči. Národním příkladem je právě porovnání výsledných hodnot u metod *stínování 1* a *stínování 2*. Záviset však může i na tloušťce či odstínu vrstevnic. Jsou sice použity typy vrstevnic, které se liší jak tloušťkou linie, tak barevným odstínem, rozdíly však nejsou tak výrazné, aby se promítly na výsledné celkové náplni mapy. Pokud by, například, byla použita černá vrstevnice, hodnoty by se mohly lišit více, jelikož by se jednalo o výrazně vyšší kontrast vůči podkladu mapy. Tento typ vrstevnic však nebyl vyšetřován, protože se v mapách běžně nevyskytuje. Stejně tak by mohl mít na grafickou náplň mapy vliv odstín *barevné hypsometrie*, například při porovnání tmavě zeleného odstínu pro roviny/nížiny se žlutým odstínem pro vrchoviny.

Protože způsob vizualizace jednotlivých metod není nijak sjednocený, prakticky v každé již existující mapě může výškopis vypadat jinak a představovat jinou grafickou náplň mapy,

ačkoli je využita stejná metoda znázornění výškopisu. Otestování všech různých typů znázornění výškopisu v současných mapách v rámci jedné práce je proto téměř nemožné, téma přesto vybízí k dalšímu hodnocení grafické naplněnosti i na dalších typech map.

Závěr

Cílem příspěvku bylo získat a vyhodnotit poznatky z testování vlivu znázornění výškopisu na náplň map. V rámci porovnávání naměřených hodnot byl zjištěn vliv vybraných metod znázornění výškopisu, relativní výškové členitosti a použitých metrik na grafickou náplň mapy. Těchto poznatků mohou využít tvůrci map pro výběr správné metody znázornění výškopisu pro zobrazovanou oblast v jejich mapě. Z důvodu často navzájem výrazně odlišných hodnot dosažených mezi použitými metrikami mohou výsledky pomoci k tvorbě nových a přesnějších metrik určených právě k měření grafické náplně mapy.

Výsledky studie by však bylo vhodné přehledněji vizualizovat, např. pomocí aplikace doplněné o jednotlivé testovací mapové výřezy, tabulky s naměřenými hodnotami nebo slovní popis. Zároveň jsou výsledky výrazně limitovány vybranými lokalitami a metodami znázornění výškopisu. Proto by mohly být průběžně doplňovány o další lokality a další metody znázornění výškopisu s přinejmenším rozdílnými znakovými klíči. Možnost dalšího využití této práce je proto mnoho. Získané poznatky lze v budoucnu využít při volbě vhodné metody znázornění či jejího provedení pro určitý cíl mapy v procesu tvorby mapy či při kartografickém hodnocení již existujících map.

Shrnutí

Pro bližší seznámení se s tématem topografických map, výškopisu a náplně map, byla provedena rešerše, která se zaměřovala především na metody znázornění výškopisu využívané v současných topografických, případně tematických nebo obecně zeměpisných mapách. Díky těmto poznatkům bylo možné sestavit vlastní znakový klíč tak, aby co nejvíce připomínal skutečně používané znakové klíče v současných mapách, tištěných i digitálních. Znakový klíč byl sestaven pro polohopis, popis a výškopis. Pro výškopis bylo přitom vytvořeno celkem osm znakových klíčů lišících se metodou znázornění výškopisu.

Pro použití vzniklých znakových klíčů bylo nutné vybrat testovací lokality odpovídající určitým požadavkům. Lokality se liší relativní výškovou členitostí reliéfu, pro kterou bylo vytvořeno pět kategorií (rovina, pahorkatina, vrchoviny, hornatina, velehornatina). Pro každou kategorii pak byly vybrány tři lokality rozmístěné po celém území ČR. Díky tomu byly lokality dostatečně odlišné i v rámci stejných kategorií relativní výškové členitosti. Následně byly z těchto lokalit za použití vlastního znakového klíče vytvořeny testovací mapové výřezy, které posloužily pro měření náplně a porovnávání vlivu metod znázornění výškopisu, a i výškové členitosti.

Pro měření náplně mapy byly použity vhodné testovací metriky, nástroj *GMLMT* využívající metriku založenou na detekci hran a metrika *Subband Entropy*. Každá z těchto metrik však měří hodnoty na jiné číselné škále, porovnávání výsledných náplní proto není zcela přesné. Výsledné hodnoty byly zaznamenány do tabulky a následně navzájem porovnány podle relativní výškové členitosti, jednotlivých lokalit, metody znázornění výškopisu či použité metriky.

Pro přehlednou vizualizaci výsledků byly vytvořeny sloupcové diagramy s jednotným grafickým vzhledem, které umožní každému snadno se ve výsledcích měření vyznat. Tyto výsledky pak mohou posloužit tvůrcům map, kteří se jimi mohou inspirovat k použití vhodné metody znázornění výškopisu pro určitý reliéf i na základě relativní výškové členitosti, a to tak, aby zaplnění mapy odpovídalo optimální hodnotě.

Literatura

- AI, B., LIU, Y., WANG, Z., SUN, D. 2019: Evaluation of multiscale representation of ocean flow fields using the Euler method based on map load. *Journal of Spatial Science*, 65(3), 539-551. DOI: <https://doi.org/10.1080/14498596.2018.1509739>.
- BARVÍŘ, R., VOŽENÍLEK, V., VONDRÁKOVÁ, A. 2019: Náplň mapy – přístupy k vymezení a měření. *Kartografické listy*, 27(2), 39-50.
- BARVÍŘ, R., VOŽENÍLEK, V. 2020a: Graphic map load comparison of two Czech school atlases using edge detection. In *Central European Cartographic Conference and 68th German Cartography Congress – EuroCarto 2020, 21–25 September 2020, Vienna. Abstracts of the International Cartographic Association*, Vienna (Copernicus Publications). DOI: <https://doi.org/10.5194/ica-abs-2-46-2020>.
- BARVÍŘ, R., VOŽENÍLEK, V. 2020b: Developing Versatile Graphic Map Load Metrics. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi9120705>.
- BARVÍŘ, R., VOŽENÍLEK, V. 2021: Graphic Map Load Measuring Tool – development and verification. *International Journal of Cartography*, 7(3), 285-303. DOI: <https://doi.org/10.1080/23729333.2021.1972907>.
- BROPHY, D. M. 1980: *Some reflections on the complexity of maps*. St. Louis (Technical papers of ACSM 40th Annual Meeting), 343-352.
- BJORKE, J. T. 1996: Framework for Entropy-based Map Evaluation. *Cartography and Geographic Information Systems*, 23(2), 78-95. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304096782562136>.
- CIOLKOSZ-STYK, A. 2009: Influence of the city maps' content on their legibility. *Kartografické listy*, 17, 13-20.
- CIOLKOSZ-STYK, A., STYK, A. 2011: Measuring maps graphical density via digital image processing method on the example of city maps. *Geoinformation Issues*, 3(1), 61-76.
- DEMEK, J., EMBLETON, C., GELLERT, J. F., VERSTAPEN, H. 1972: *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Praha (Academia), 344 s.
- DRÁPELA, M. V. 1983: *Vybrané kapitoly z kartografie (První vydání)*. Praha (Univerzita J. E. Purkyně v Brně).
- FEDERAL OFFICE OF TOPOGRAPHY SWISSTOPO 2017: *Swiss National Map 1 : 1 000 000*. In *Esri Map Book*. USA (Esri Press), Volume 32.
- FAIRBAIRN, D. 2006: Measuring Map Complexity. *The Cartographic Journal*, 43(3), 224-238.
- GEOPORTÁL ČÚZK 2019: Základní mapy ČR. ČÚZK [cit. 2019-02-15]. Dostupné na: <https://ags.cuzk.cz/geoprolhizec>.
- GOOGLE MAPS 2019: Údaje map. Google [cit. 2019-02-15]. Dostupné na: <https://www.google.com/maps>.
- JÍLKOVÁ, M. 2020: *Hodnocení vlivu znázornění výškopisu na grafickou náplň topografických map – bakalářská práce*. Olomouc (Univerzita Palackého v Olomouci).
- KARTOGRAFIE PRAHA 2004: *Školní atlas světa (1. vydání)*. Praha (Kartografie).
- KARTOGRAFIE PRAHA 2015: *Česká republika, autoatlas 1:150 000 (9. vydání)*. Praha (Kartografie).
- KENNELLY, P. J. 2016: Complexities of designing terrain maps illustrated with horizontal hachures. *International Journal of Cartography*, 1(2), 185-209. DOI: <https://doi.org/10.1080/23729333.2016.1158491>.
- KRAAK, M.-J., ORMELING, F. 2003: *Cartography, Visualization of Geospatial Data. (Second edition)*. Harlow (Addison-Wesley).
- MACEACHREN, A. M. 1982: Map Complexity: Comparison and Measurement. *The American Cartographer*, 9(1), 31-46. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304082783948286>.
- MAPY.CZ 2019a: Turistická mapa. *Mapy.cz – turistické mapy* [cit. 2019-02-15]. Dostupné na: <https://mapy.cz/turisticka>.

- MAPY.CZ 2019b: Zeměpisná mapa. *Mapy.cz – turistické mapy* [cit. 2019-02-15]. Dostupné na: <https://mapy.cz/zemepisna>.
- ROBINSON, A. H. 1952: *The look of maps: An examination of cartographic design (1st Edition)*. Redlands (ESRI Press).
- ROSENHOLTZ, R., LI, Y., NAKANO, L. 2007: Measuring visual clutter. *Journal of Vision*, 7(2), 1-22. DOI: <https://doi.org/10.1167/7.2.17>.
- SCHNUR, S., BEKTAS, K., CÖLTEKIN, A. 2017: Measured and perceived visual complexity: a comparative study among three online map providers. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(3), 238-254. DOI: <https://doi.org/10.1080/15230406.2017.1323676>.
- SUCHOV, V. I. 1967: Information capacity of a map entropy. *Geodesy and Aerophotography*, X(4), 212-215.
- SUCHOV, V. I. 1970: Application of information theory in generalization of map contents. *International Yearbook of Cartography*, X, 41-47.
- ŠÁKROVÁ, M. 2010: *Analýza náplně a obsahu učivových map českých učebnic zeměpisu ve vztahu ke školním atlasům – bakalářská práce*. Praha (Univerzita Karlova v Praze).
- TOUYA, G., DECHERF, B., LALANNE, M., DUMONT, M. 2015: Comparing Image-Based Methods for Assessing Visual Clutter in Generalized Maps. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-3(W5). DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-3-W5-227-2015>.
- USGS VIEWER 2019: National Map. *United States Geological Survey* [cit. 2019-02-15]. Dostupné na: <https://viewer.nationalmap.gov/basic>.
- VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. et al. 2011: *Metody tematické kartografie, Vizualizace prostorových jevů*. Olomouc (Univerzita Palackého v Olomouci).

Adresy autorů

Bc. Monika Jílková

Katedra geoinformatiky
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc
Česká republika
monika-jilkova@seznam.cz

Mgr. Radek Barvívř, Ph.D.

Katedra geoinformatiky
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc
Česká republika
radek.barvir@upol.cz

prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.

Katedra geoinformatiky
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc
Česká republika
vit.vozenilek@upol.cz