

**JIHO ČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a péče o nemovitosti
Zadávací katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Metody zobrazování výřezu v mapách

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Magdalena Maršáková
Autor: Tomáš Kopíva

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KOPŘIVA**
Osobní číslo: **Z12042**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Metody zobrazování výškopisu v mapách**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v ý p r a c o v á n í :

Cílem práce je popsat a vysvětlit metody zobrazování výškopisu od nejstarších kartografických děl až po současné moderní metody zobrazování.

1. Růst významu zobrazování výškopisu.
2. Popis metod zobrazování včetně grafického doplnění.
3. Moderní metody zobrazování a zpracovávání výškopisu.
4. Možnosti využití zobrazeného výškopisu.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **35 stran textu**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Veverka, B.: Topografická a tematická kartografie. Skriptum, ČVUT Praha, 2004.
Boguszak, F., Císař, J. : Vývoj mapového zobrazení Československé republiky. III. Boguszak, F., Šlitr, J.: Topografie. Praha: TNTL, 1962
Měření a mapování od 18. do 20. století. ÚSGK, Praha, 1961
J. Smutný: Geografické informační systémy. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 1998
Maršíková, M., Maršík, Z.: Dějiny zeměměřictví a pozemkových úprav v Čechách a na Moravě v kontextu světových dějin. LIBRI Praha 2007
Huml, M. a Michal, J. Mapování 10. Vydavatelství ČVUT, Praha. 2001.
Kuchař, K.: Vývoj mapového zobrazení území Československé republiky I. - Mapy českých zemí do poloviny 18. století. ÚSGK, Praha, 1959
První České výškopisné mapy Karla Kořistky, VZÚ Praha 1974


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Magdalena Maršíková**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **1. března 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05, Česká Budějovice


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 1. března 2014

Prohlášení, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky kolektivu a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 20.4.2015

*í í í í í í í í
Tomáš Kopejva*

Pod kování

Rád bych pod kovářskou péčí vedoucí mé bakalářské práce Ing. Magdaleny Marškové za odbornou pomoc a ochotu během tvorby této práce. Dále bych rád pod kovářskou péčí sourozenců Pechových za pomoc s anglickým překladem abstraktu.

Abstrakt

Tato práce se šMetody zobrazování vý-kopisu v mapách, p i emfl cílem této práce bylo popsat a vysv tlit metody zobrazování vý-kopisu od nejstar-ích kartografických d l afl po sou asné moderní metody zobrazování. Jednotlivé techniky jsou popsány v etn historie, pouflití a výhod i nevýhod. V práci jsou také popsány metody ur ení vý-kopisu, jako je nap íklad tachymetrie i letecké snímání LiDAR.

Klí ová slova: Terénní reliéf, tvary terénu, vý-kopis, mapování, kartografie.

Abstract

The thesis deals with "Methods of Hypsography Representation in Maps" where the goal of the thesis was to describe the methods of hypsography representation from the oldest works of cartography to contemporary representation methods. The individual techniques are described including their history, application and advantages or disadvantages. The thesis also describes the methods of determining hypsography, such as tacheometry or airborne LiDAR.

Keywords: Terrain relief, forms of terrain, hypsography, mapping, cartography.

Obsah

| | |
|-------------------------------------|----|
| ÚVOD | 10 |
| 1. TERMINOLOGIE | 11 |
| 2. RELIÉF V MAP | 13 |
| 3. METODY ZOBRAZOVÁNÍ | 14 |
| 3.1 KOPE KOVÝ ZP SOB | 14 |
| 3.2 FYZIOGRAFICKÝ ZP SOB | 15 |
| 3.3 FYZICKÉ MODELY | 16 |
| 3.4 MODELY RELIÉFU | 16 |
| 3.5 RELIÉFNÍ MAPY | 17 |
| 3.6 BLOKDIAGRAM | 17 |
| 3.7 ANAGLYFY..... | 18 |
| 3.8 STÍNOVÁNÍ..... | 19 |
| 3.8.1 Tónování | 20 |
| 3.8.2 Fotomechanické stínování..... | 21 |
| 3.8.3 Fotografické stínování | 21 |
| 3.8.4 Ru ní stínování..... | 22 |
| 3.8.5 Automatizované stínování..... | 22 |
| 3.8.6 Nást ikové stínování..... | 23 |
| 3.9 TM RAFOVÁNÍ..... | 23 |
| 3.9.1 Kreslí ské –rafy | 24 |
| 3.9.2 Krajinné –rafy | 24 |
| 3.9.3 Sklonové –rafy | 25 |
| 3.9.4 Stínové –rafy..... | 26 |
| 3.9.5 Technické –rafy | 26 |
| 3.9.6 Topografické –rafy..... | 27 |
| 3.9.7 Fyziografické –rafy | 27 |
| 3.9.8 Horské –rafy | 28 |
| 3.10 KÓTOVÁNÍ..... | 28 |
| 3.11 VRSTEVNICE | 30 |
| 3.11.1 Základní vrstevnice..... | 31 |
| 3.11.2 Zesílené vrstevnice | 32 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.11.3 | Dopl. kové vrstevnice | 32 |
| 3.11.4 | Pomocné vrstevnice | 33 |
| 3.11.5 | Generalizace vrstevnicového obrazu | 33 |
| 3.11.6 | Stínové vrstevnice..... | 35 |
| 3.12 | BAREVNÁ HYPSONOMETRIE..... | 35 |
| 3.13 | PRŮMĚRY (PROFILY) | 38 |
| 3.14 | DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU | 39 |
| 4. | METODY URČENÍ VÝŠKOVÉHO KOPISU | 40 |
| 4.1 | NIVELACE | 40 |
| 4.2 | TACHYMETRIE..... | 41 |
| 4.3 | DRUHIČOVÉ POLOHOVÉ SYSTÉMY..... | 42 |
| 4.4 | FOTOGRAMMETRIE | 43 |
| 4.5 | RADAROVÉ SNÍMÁNÍ..... | 44 |
| 4.5.1 | Radarová intenzivní interferometrie..... | 44 |
| 4.5.2 | Radarová altimetrie..... | 45 |
| 4.6 | LASEROVÉ SNÍMÁNÍ..... | 45 |
| 5. | ZÁVĚR..... | 49 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 50 |
| | SEZNAM LITERATURY..... | 50 |
| | ELEKTRONICKÉ ZDROJE..... | 52 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 53 |

Úvod

Tato práce pojednává o problematice metody zobrazování výkopisu v mapách. Cílem práce je popíslit i vývoj zobrazení výkopisu od nejstarších, primitivních metod až po současnou, kdy se používají rozmanité moderní metody.

Poátky zobrazování vycházejí ze zručnosti a estetického vnímání autora, ovšem geometrickou hodnotu nemají prakticky žádnou. A když jsou tehdejší metody dosti nepřesné, v dnešní době se tě velké oblibě a výkopy jsou považovány spíše za umělecká díla, která dokumentují ráz tehdejší krajiny.

S postupem doby se začaly objevovat mechanické přístroje a zařízení, a tím se měnila a následně zobrazení zlepšovalo a zkracovalo. Kopečková metoda (jedna z nejstarších zobrazovacích metod) už přestala vyhovovat potřebám doby, a tak byla postupně nahrazena modernějšími metodami, nejprve rýfami a posléze vrstevnicemi. Ovšem hledání způsobů zobrazení, které by bylo absolutně přesné, přehledné, názorné a prostorově přesné, trvá dodnes. Každá jednotlivá metoda je popsána tak, aby čtenář získal přehled o jejím vývoji, možnostech vyhotovení, způsobů použití a také jejích výhodách, popřípadě nevýhodách.

Doufám, že si má práce najde svého čtenáře, a stane se pro něho zdrojem zajímavých a mnohdy i potřebovaných informací.

1. Terminologie

Terénní reliéf je skutečný povrch zemské kory. Můžeme jej dále označovat jako terénní plochu, nebo jen zkráceně reliéf. Je vytvořen silami, které dělíme na vnější a vnitřní. Vnější nebo-li exogenní síly neustále působí a působí vodní průtoky do dnešních terénních útvarů, které jsou z hlediska mapování dlouhodobě ustálené. Hlavními exogenními silami jsou hlavně změny teplot, působení vody ve všech skupenstvích, větrná činnost, činnost biologických organismů, gravitace a zásahy antropogenního průtoku. Vnitřní nebo-li endogenní síly jsou nitrozemského průtoku. Vytvořily krajinný průběh složený z vyvýšenin a sníženin pomocí pevninotvorných a horotvorných procesů za působení vulkanických a seizmických jevů (HOJOVEC a kol., 1987).

Terénní kostra je tvořena prostorovými formami, které tvoří spojnicí mezi jednotlivými terénními plochami. Tyto formy jsou:

- **hřbetnice**, formy spojující dva přilehlé svahy jednoho hřebene. Tyto prostorové formy propojují relativně nejvyšší body vypuklé terénní plochy a proto tvoří rozvodnice;
- **údolnice**, nepřerušované formy spojující body ležící v nejnižších místech údolí, čímž naznačují směr spádu a směr vodního toku. Spád má vždy menší nežli okolní přilehlé svahy;
- **terénní hrany** charakterizují přechod, lépe řečeno styk dvou částí terénní plochy, které mají rozdílnou svahovitost. Vyznačují místa, kde se razantně mění sklon terénu. Na těchto hranách se vrstevnice lámou;
- **tvarové formy**, prostorové křivky, které lemují vodorovné přímé mírně svahité části některých terénních tvarů;
- **spádnice**, formy vyznačující největší spád a udávající směr tekoucí vody. Probíhají vždy kolmo k vrstevnicím;
- **úpatnice**, terénní formy, které prochází místy, kde svah přechází do roviny nebo do mírně nakloněného dna údolí. Jde v podstatě o styk dvou sklonitých terénních ploch na rozhraní úbočí a údolí, svírající zpravidla tupý úhel. Charakterizuje je daný přímý tvar a proto bývají součástí tvarových forem;
- **horizontály**, pomocné formy zobrazující množinu bodů o stejné výšce, ale neudávající výšku v metrech. Vyznačují se krátkými úseky křivek

orientovanými kolmo na spádnice, h betnice a údolnice (HUML a MICHAL, 2001).

Mapa je zmeněný, generalizovaný, konven ní obraz Zem , kosmických t les, kosmu a jejich ástí p evedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztah (kartografických zobrazení) ukazující prost ednictvím metod kartografického znázor ování polohu, stav a vztahy p írodních, sociáln ekonomických a technických objekt a jev (PÝTNEK, 1999).

V mapách není mofné znázornit pr b h terénní plochy se v-emi podrobnostmi, které se na povrchu vyskytují ve skute nosti. Proto ji p i mapování nahrazujeme **topografickou plochou**, která je p íslu-n zjednodu-ená. (HOJOVEC a kol., 1987) Zobrazuje se jen pr b h náhradní generalizované plochy, která je skute nému pr b hu terénu co nejpodobn j-í. Tato náhradní plocha je tím jednodu-í, ím men-í je m ítko mapy. (CÍSA a kol., 1973) Obecn se topografická mapa skládá z vyvý-enin a sníženin, spojených úbo ími. Tyto terénní útvary jsou r zných velikostí, podob i spád , ale z morfologického hlediska vlastní stejné charakteristické vlastnosti (HOJOVEC a kol., 1987).

Vý-kopis nám udává velikost a tvar topologických ploch terénu za pomoci vrstevnic, kót, -raf, stínu a dal-ích metod (HÁNEK a kol., 2007).

2. Reliéf v map

Zobrazení terénního reliéfu vyžaduje určit i rozměry. Jde o vzájemnou polohu určitých prvků v rovině mapy, dále o vhodné a výstižné označení a v poslední řadě o vyjádření skutečného zemského povrchu, který je vytvářený jak vlivem přírody, tak člověkem (BOGUSZAK a TILITR, 1962). Reliéf znázorňuje různorodost zemského povrchu. Tento povrch může být rovinnatý, kopcovitý, i údolný, což je podmínkou měření a zobrazování (HUML a kol., 2001). Výškové členění terénu je dle řítky rysem krajiny, a tím pádem i mapy. Jeho zobrazením získává mapa na plastičnosti a hmotnosti (TICHÝ a HVOVEC, 1964).

Sledujeme-li vývoj výškopisného zobrazení, zjistíme, že až do druhé poloviny 19. století se neobjevuje geometrické zobrazení terénu, ani vyhovující výškové základy, dokonce ani kvalitní přístroje a metody k určení výšek. V tomto období byly mapy, což se výškopisu týče, pouze informativní pomůckou. Doposud stačilo, aby měla mapa prostorový vjem bez geometrické hodnoty (BOGUSZAK a TILITR, 1962).

V současné době musí výškopis splňovat určité podmínky, a to:

- 1) zobrazení musí odpovídat skutečnému stavu v přírodě,
- 2) má vyjadřovat geomorfologické charakteristiky typu reliéfu,
- 3) má vyjadřovat výškové poměry země,
- 4) musí umožnit určení sklonu svahu, viditelnosti prostoru apod.,
- 5) musí umožnit vyhodnocení rozčlenění reliéfu,
- 6) má poskytnout uživateli názorný (plastický) vjem (HOJOVEC a kol., 1987).

3. Metody zobrazování

3.1 Kope kový zp sob

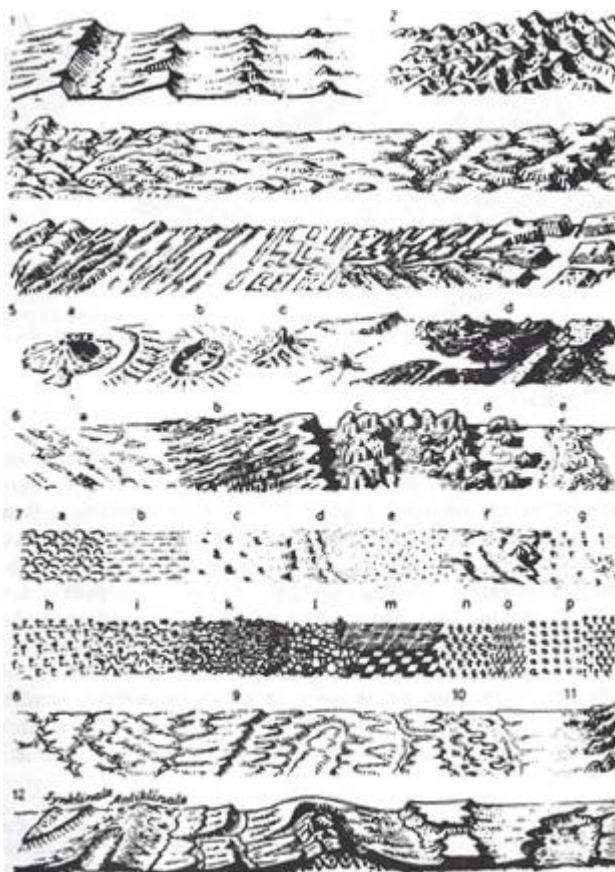
Tuto metodu lze sledovat již v 1. století našeho letopočetu, kdy se Ptolemaios snažil zobrazit výškové poměry tak, aby z mapy okamžitě vyplýval tvar zemského povrchu. Dosáhl toho tak, že do map vkrusloval schématickou značku kopců, která určovala horská pásma (VEVERKA, 1995). Mapa je kreslená z jižního pohledu, tedy od spodní hrany mapového listu. Metoda je velice nepřesná a zabírá poměrně velkou část zobrazovací plochy (PLÁNKA, 2006). Tímto postupem primitivním způsobem se výškopis zaznamenával až do 18. století. Tyto mapy se využívají do dnes, většinou jako mapy horských soustav, ale i velkých územních celků (VEVERKA, 1995). S touto technikou zobrazování výškopisu se můžeme setkat například v Komenského mapě Moravy z roku 1645 (KRTIČKA, 2007). Podobným principem je ztvárnění výškopisu v Kladiánových mapách, kde je použita jako schématická značka listnatý strom (KUCHA, 1958).



Obr. 1: Kope kový zp sob (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).

3.2 Fyziografický způsob

Fyziografické mapy vycházejí z pohledové kresby kopců, která byla po dlouhou dobu jediným způsobem znázornění terénního reliéfu. V dnešní době je tato metoda vypracovaná pro širokou škálu terénů a dokáže tak vyjádřit reálné charakteristiky dané lokality (KOVAŘÍK a VEVERKA, 1980). Tyto mapy zachycující značné plochy velikosti států. Fyziografické mapy slouží jako tématické morfografické mapy, jejichž primární funkcí je zobrazit tvary reliéfu. Prostředkem zobrazování reliéfu jsou názorné kresby navržené Erwinem Raiszsem, který se snažil zachytit nejen tvary, ale i vývoj terénu i vyútlití pody. Nelze vytvářet fyziografické mapy bez doplňkových odborných materiálů a znalosti terénu. Takovéto zobrazení výkopisu se vyskytuje v mapách malých výjimečně i středních velkých měřítek (APEK a kol., 1992).



Obr. .2: Způsoby fyziografického znázornění (zdroj: Geografická kartografie, 1992).

Na obr. 2 m ťeme vid t fyziografickť zp soby, kde symboly znťzor ujť:

1) kernť poho ť, 2) krajinu p etvo enou horskťmi ledovci, 3) vťvojovť cyklus (zmlazenť, zarovnanť, roz len nť), 4) krajinu p etvo enou pevninskťmi ledovci, 5) vulkanickť tvary, 6) krasovť tvary, 7) p dnť a vegeta nť kryt (a-c a g-k p irozenť vegetace, d-f pou-t , l-p zem d lskť kultury), 8) pahorkatinu, 9) stup ovinu, 10) ťdolnť nivu, 11) nťplavovť v jť e, 12) roz le. vrťsn nť poho ť (APEK a kol., 1992).

3.3 Fyzickť modely

K zobrazenť trojrozm rnťho reliťfu se vyufflvť i fyzickťch model . Ty mohou bťt vyrobeny z nejr zn j-ťch materiťl . Terťn je tvarovťn pomocť plťt , kterť jsou na sebe vrstveny a postupn slepovťny. P echody mezi jednotlivťmi vrstvami se odstranť nap ťklad sťdrovťnťm. Polohopis je do modelu bu dokreslen a nebo jej tvo ť fyzickť atrapy budov a zelen . Fyzickť modely jsou b fnou praktikou pro architekty, urbanisty a ťzemnť plťnova e (VEVERKA, 1995).

3.4 Modely reliťfu

Jednť se o zmen-eninu terťnnťho reliťfu, kde polohopis je p eveden do roviny kartografickťm zobrazenťm, a nad touto rovinou jsou ztvťrn ny vť-kovť ťtvary. Vertikťlnnť m ťtko je afl n kolikrťt v t-ť nefl to horizontťlnnť, cofl vytvo ť ur itť p evť-enť. Toto p evť-enť se v t-inou volť pro celou mapu stejnť, nenť znťmo moc p ťpad , kdy autor pouffil v nťflnťch jinť p evť-enť nefl ve vť-ťch partiťch. Modely reliťfu d lťme na stup ovť modely, modely se spojitťm povrchem, modely s a bez mapovť kresby (APEK a kol., 1992).

Stup ovť model je tvo en vrstvami, kterť jsou vodorovn poklťdťny na sebe a jejichfl tlou-ka odpovťdť vrstevnicovťmu intervalu a vertikťlnnťmu m ťtku. Stup ovť model se nťsledn polepuje vrstva po vrstv mapovou kresbou, nebo se upravujť na modely se spojitťm povrchem, ale ty mohou vznikat i jinak. Nap ťklad tak, flť ho postupn vytvarujeme hmotou jako je tmel, plastelťna nebo sťdra. Povrch musť bťt v rnou kopiť skute nťho reliťfu. Podle ur enť modelu se dťle rozhoduje o povrchu. Pokud je podkladem pro fotomechanickť stťnovťnť nebo je maticť

pro tvorbu reliéfních map, zůstává povrch bezbarvý, ale pokud je určen jako finální výrobek, je nutné jeho povrch doplnit mapovým obsahem (APEK a kol., 1992).

3.5 Reliéfní mapy

Plastické nebo lépe reliéfní mapy mají za úkol zobrazit trojrozměrný zemský reliéf. Pojmem reliéfní mapa se myslí mapa, která je sériově vyráběná. Mapy se tisknou na plastové fólie, které se pak termovakuově tvarují. Nejprovedenějším způsobem se prezentuje tvarování z negativní sádrové matrice, kdy okraje mapy zůstávají upnuté ve stejné výšce. Za neme-li fólii zahřívát, stane se lehce formovatelnou. Vyerpáním vzduchu z otvorů v matrici dosáhneme toho, že se fólie pomalu usadí na připraveném modelu. Tvarování probíhá jen pár sekund a následným rychlým zchlazením výlisek stabilizujeme (APEK a kol., 1992).

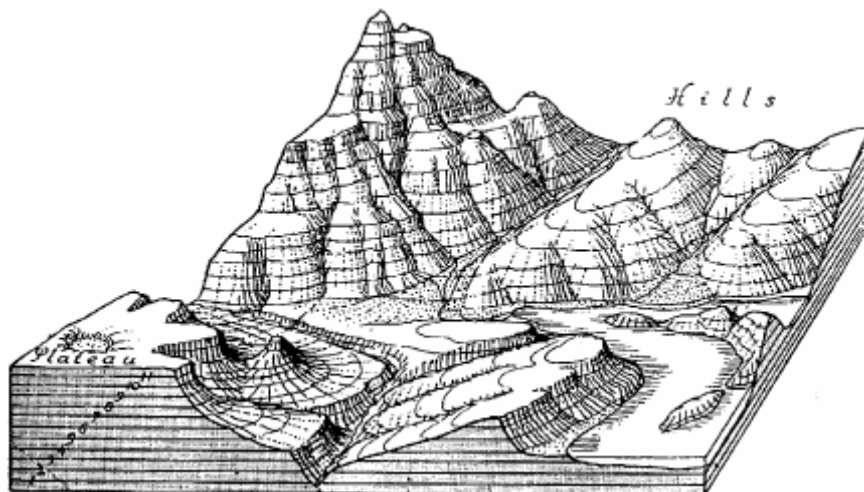
Tyto mapy z důvodu vyobrazení většího rozměru není zapotřebí doplňovat intenzivně provedenými barevnými vrstevnicemi. Barevná hypsometrie se u map velkých a středních měřítek používá jen okrajově. Mapy malého měřítko dávají přednost zobrazení využití půdy. Zvláštním druhem reliéfních map jsou pak slepecké nebo-li tyflografické mapy, které jak už název naznačuje napomáhají slepým a osobám s vadami zraku (APEK a kol., 1992).

3.6 Blokdiagram

Další pohledové zobrazení reliéfu je metoda blokdiagramu. Vychází z deskriptivní geometrie a má přesný matematický základ (VEVERKA, 1995). Metoda navozuje iluzi výzřutého bloku krajiny, který je zpravidla vymezen obdélníkovou základnou. K navýšení prostorového dojmu napomáhají stěny bloku, které mohou posloužit k nákresu předpokládané geologické struktury. Orientace výezu musí být taková, aby pozorovateli nebránilo nic ve výhledu, musí se tedy svažovat směrem k pozorovateli. Vytvářejí se podobně jako reliéfní mapy, kdy se nejprve obtáhnou vrstevnice a zvolí vhodné provedení. Po zvýraznění vrstevnic se sestaví stěny bloku, které svou horní hranou stanoví provedení. Orientaci lze zlepšit vykreslením významných údolnic a spádnic. Vrstevnice a orografické čáry se

přijetí finální úpravy používají jen jako podklad pro vyobrazení terénu stínováním a hárkami (APEK a kol., 1992).

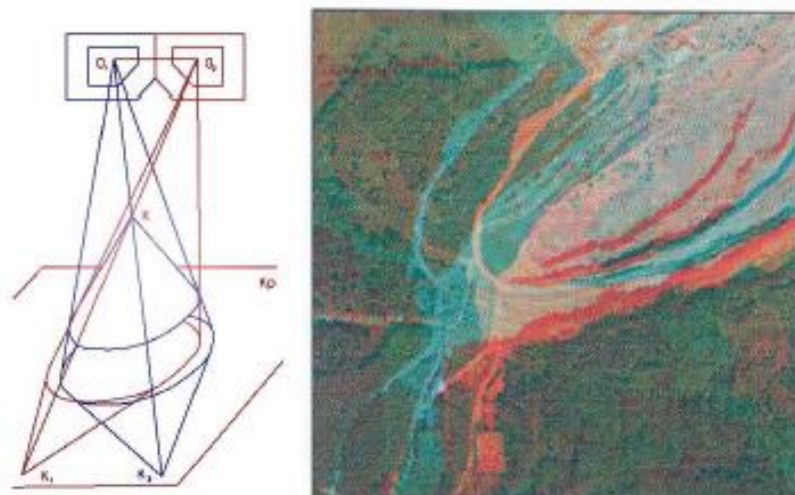
O významné rozvojení blokdiagram se v posledních letech zasloužila výpočetní technika, která místo vrstevnic umožňuje práci s uvedenými číselnými informacemi (APEK a kol., 1992).



Obr. 3: Blokdiagram s vyznačením vrstevnic (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).

3.7 Anaglyfy

Anaglyfické mapy tvoří dva obrazy, které jsou vzájemně mírně posunuté. Tímto způsobem docílíme toho, aby mapa působila stereoskopicky, tedy umožní prostorové vidění. Obrazy jsou vykresleny doplněnými barvami, a to červenou a modrozelenou, a takto se následně vytisknou. Tímto způsobem získáme dvojexpozici, která při pozorování přes anaglyfické brýle (jedno sklo modrozelené a druhé červené) působí plastickým dojmem. Trojrozměrné vnímání je výsledkem pozorování obou očí souasně na dva dvourozměrné obrazy, které vyobrazují stejné území lišící se paralaxami. Tato metoda je bez použití výpočetní techniky velice náročná a proto se dříve anaglyfické mapy zaměřovaly jen na vrstevnice. V dnešní době za pomoci počítače lze vytvořit obsahově bohaté anaglyfické mapy (PLÁNKA, 2006).



Obr. . 4: Princip tvorby anyglyfové mapy a vý ez anyglyfové mapy (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace, 2006).

3.8 Stínování

Vý-kové pom ry vyjád ené vrstevnicemi ani kótami neposkytují pořadovaný plasticky vjem. Proto se mapy za aly dopl ovat stínováním (HOJOVEC a kol., 1987). Tento zp sob je založen na nerovnom rném osv tlování svah rovnob flnými paprsky (PLÁNKA, 2006). V podstat jde o nasvícení plastického modelu, který je následn p enesen na daný mapový list. Volíme takové osv tlení, aby nevznikaly vrflené stíny, které by naru-ovaly plastický vjem (HYBÁ^TĚK, 1993). V t-inou se stanoví úhel dopadajících paprsk na 45° , ímfl získáme mapu podobnou leteckému snímku (VEVERKA, 1995). Termín stínování se pouflívá pro podobnost se st ídáním stín ve skute né krajin , ov-em p esn j-í a doporu ovan j-í je výraz tónování. Stínování je ve skute nosti pouze specifickým druhem tónování. Pro zobrazení reliéfu se vyufflívá sv tlých a tmavých tón . Základní princip stínování je iluze, fl na plochu mapy dopadají paprsky z jednotného sm ru. Na místa, která jsou bílá, dopadají paprsky kolmo, zatímco na místa, která jsou tmavá nedopadá v bec. Ostatní místa mají sílu tónu podle úhlu dopadajících paprsk (APEK a kol., 1992).

Hlavní sm r osvitu je zpravidla od severozápadu. To znamená, fl p i severní orientaci je mapa osv tlovaná z horního levého rohu. Tento sm r nejvíce vyhovuje p i psaní i kreslení pravák m. Spolu s hlavním sm rem osvitu se volí i vedlej-í sm r, a to zpravidla od severu. Tohoto sm ru se vyufflívá pro znázorn ní

severozápadní a jihovýchodní tažených hřbetů, které by měly při samotném použití hlavního směru oba svahy stínované stejně (APEK a kol., 1992).

3.8.1 Tónování

Rozlišíme celkem tři druhy tónování: sklonové tónování, stínování při nízkém osvětlení a kombinované stínování (APEK a kol., 1992).

Sklonové tónování lze také nazvat stínování při svislém osvětlení. Používá se podle principu ším strmější, tím temnější. V podstatě se mapuje podle sklonu, rovina zůstává světla zatím co svahy podle stupně přikrostiti tmavnou (APEK a kol., 1992). Roviny do 5° bývají rozděleny po 1° sytostní stupnici tónů, která nabývá světlé nebo svědomodré barvy. Dále je sklon dělen po 5° intervalech až do maxima (BOGUSZAK a MĚLITR, 1962). Samostatně se nevyužívá, protože sklonové osvětlení neposkytuje dostatečný plastický vjem (APEK a kol., 1992).

Stínováním při nízkém osvětlení dosáhneme toho, že strany převrácené ke směru osvětlení jsou bílé, zatímco strany odvrácené jsou tmavé. Výsledkem této metody je, že jsou stínované i vodorovné plochy, což je považováno za nevýhodu vzhledem k jejich obsahové náplni. To je způsobeno tím, že světlo nedopadá na rovinné plochy kolmo. Tento způsob je dostatečně názorný a poskytuje požadovaný prostorový vjem. Výhodou je, na rozdíl od sklonového tónování, že můžeme území stínovat z libovolného směru (APEK a kol., 1992).

Kombinované stínování, neboli kombinované tónování, vzešlo sloučením stínováním při sklonovém osvětlení a stínováním při nízkém osvětlení. Podle směru osvětlení a podle sklonu svahu se mění intenzita tónu. To znamená, že s každou změnou vrstevnic, ať už se jedná o změnu rozestup mezi vrstevnicemi, nebo třeba ohyb vrstevnice, je zapotřebí změnit sílu stínování. Bílá barva zde znázorňuje vodorovné plochy. Tento způsob je nejvhodnější a nejpoužívanější (APEK a kol., 1992).

Úhel dopadu osvětlení na rovinu by měl být v celé ploše mapy jednotný, aby byla intenzita stínování, která se mění s sklonem svahu, v úměrě shodná. V horských oblastech bývá sklon až 45°, ale v pahorkatinách se dostává na hodnotu 20° a méně (APEK a kol., 1992).

V současné době se u nás stínováním jako samostatným prvkem zobrazujícím výkres nesetkáme (HYBÁNEK, 1993). Metoda stínování je velice pracná, náročná na prostorovou představivost, což vyžaduje tělesnou praxi a umlecký cit. Technika ručního stínování zcela převládá, ovšem dobrých výsledků se dostává i u stínování za pomoci počítače (VEVERKA, 1995).



Obr. 5: Kombinované stínování (zdroj: Geografická kartografie, 1992).

3.8.2 Fotomechanické stínování

Stínování fotomechanickou metodou zavedl roku 1930 K. Wenschow. Vychází z fotografování přímo osvětleného modelu terénu. Osvětluje jej bu to jednou, a to od SZ, nebo podruhé rozptýleným světlem. Pokud se použijí i druhé osvětlení snímky se zkombinují. Model je většinou vytvořen ze sádky a jeho povrch je matný a bezbarvý (HYBÁNEK a kol., 1992). Nevýhodou tohoto stínování je, že plochy, které nejsou příznivě nakloněné, nemají požadovanou intenzitu tónu, což se musí náležitě náročně retušovat (HOJOVEC a kol., 1987).

3.8.3 Fotografické stínování

Tato technika je založena na snímkování vrstevnicového obrazu rozostřeným objektivem. Kde jsou menší rozestupy mezi vrstevnicemi poufňívá se tmavší stínování, kde jsou rozestupy větší, tam je plocha světlejší. Vrstevnice jsou kresleny speciálním volnoosým perem. Mají proměnlivou šířku, a to je dáno tím, zda prochází zastíněnou nebo osvětlenou plochou (HOJOVEC a kol., 1987).

3.8.4 Ruční stínování

Stínování se nejčastěji vyhotovuje touto metodou. Podkladem pro stínování je pomocný obraz vrstevnic nebo-li modrokopie (VEVERKA, 1995). Je to nejstarší stínovací postup a tedy je jasné, že nešlo o nasvícování modelu, ale o fiktivní představu tvůrce. Vyhotovuje se tiskem nebo lavírováním. V případě tiskem je práce jednodušší a výsledný úinek intenzivnější (HYBÁNEK, 1993). Danou oblast vykresluje jemným tuhým, případně křídovým práškem (HOJOVEC a kol., 1987), který roztíráme do ztracených inkou zvanou tucha. U lavírování dosáhneme požadovaného výsledku rozmýváním vodových barev nebo tuftů. Tímto způsobem lze dosáhnout plynulých přechodů (HYBÁNEK, 1993). Přímým sklonu pak můžeme znázornit intenzivnějším tónem. Tato metoda je velice pracná a vyžaduje prostorovou představivost a výtvarné citlivost (HOJOVEC a kol., 1987).



Obr. 6: Kartograf Edvard Geissbühler při ručním stínování (zdroj: <http://www.reliefshading.com/techniques/airbrush/>)

3.8.5 Automatizované stínování

Podkladem je opět vrstevnicový obraz, který je nahrán do počítače. Celá plocha mapy se rozdělí na pixely o stranách 0,2 až 0,4 mm. Pro jednotlivé pixely se pomocí výpočetního programu, který vychází z rozestupu vrstevnic, určí expoziční vzhledem ke směru osvětlení. Kartografové se tímto způsobem stínování zabývají už

od roku 1970. Metoda je po teoretické stránce v celku vyřešená, ale v praxi se zatím neuplatnila. Nevýhodou tohoto způsobu jsou vysoké požadavky na digitalizaci vrstevnic (APEK a kol., 1992).

3.8.6 Nástíkové stínování

Další metodu lze provést tak, že nastíkáme neosvětlené svahy barvou. Nástík se provádí směrem od jihovýchodu, a to stíkácími pistolí fungujícími na principu stlačeného vzduchu. Dříve se k tomu vyuffňovali reliéfní mapy vylišované z termoplastových folií. Jejich povrch byl bílý a bez potisku. Po dokončení nástíku byly mapy za tepla vráceny do roviny a následně fotografovány (APEK a kol., 1992).

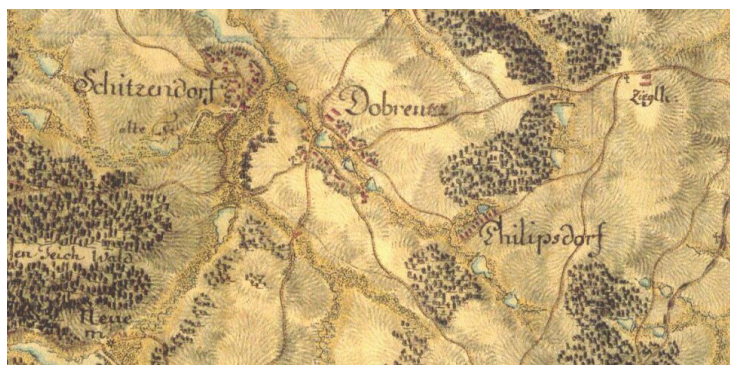
3.9 ůrafování

Pokusy znázornit výkopiš pomocí řaf se v evropských zemích datuje po átkem 18. století. K vyhotovení výkopišu se poufňovaly řafy kreslíské, sklonové, krajinné, stínové, topografické, technické, fyziografické atd. (BOGUSZAK a MLITR, 1962). Ťrafy lze popsat jako krátké árky nebo geometrické tvary (trojúhelníky), poskládané tsn vedle sebe. Zpo átku byly spíe umlečkou hodnotu, ovšem postupem ásu získaly matematickou podstatu. V dnešní době se řafy aplikují p i zobrazování pr m t na zemském povrchu, které nelze zachytit vrstevnicemi (VEVERKA, 1995). Rozdílují se na pravé a nepravé. Mezi pravé patří řafy sklonové a stínové, které vycházejí z vrstevnic podle těchto zákonitostí:

- 1) délka řaf odpovídá rozestupu mezi dvěma podkladovými vrstevnicemi, nemá však být menší než 0,3 mm a větší než 4 mm,
- 2) protože jsou řafy jakořto úseky spádnic kolmé na vrstevnice, nejde pouze o úseky, nýbrž o obecné zakončené árky,
- 3) řafy jsou uspořádané v rovnoběžných nebo koncentrických řadách,
- 4) hustota řaf na délkovou jednotku musí být na celé mapě stálá; na speciální mapě rakousko-uherského mapování p i sklonu od 5° do 40° bylo 20 řaf na 1 cm (u menšího sklonu pak méně),
- 5) tloušťka řaf se mění podle metody řafu, u sklonových řaf odpovídá sklonu svahu, u stínových řaf vyjadřuje úhelné osvětlení reliéfu (APEK a kol., 1992).

3.9.1 Kreslí ské zrafy

Kreslí ské zrafy jsou jedny z nejstarších zraf. Schématicky naznaují svahové rozpoložení v krajině. V mapě se vyskytují jako čárky psané ve směru nejvyššího svahu. Tyto čárky jsou různě dlouhé a zakřivené. To vyplývá ze zobrazovaného svahu, pokud je méně příkrý, jsou zrafy delší a zároveň širší. Na prudších svazích pak bývají zrafy kratší, hustší a více zakřivené (VEVERKA, 1995). Toto plastické znázornění terénního reliéfu nemá žádnou geometrickou hodnotu (BOGUSZAK a MÜLLER, 1962).



Obr. 7: Kreslí ské zrafy (zdroj: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dobru%C3%ADn_1764.png).

3.9.2 Krajinné zrafy

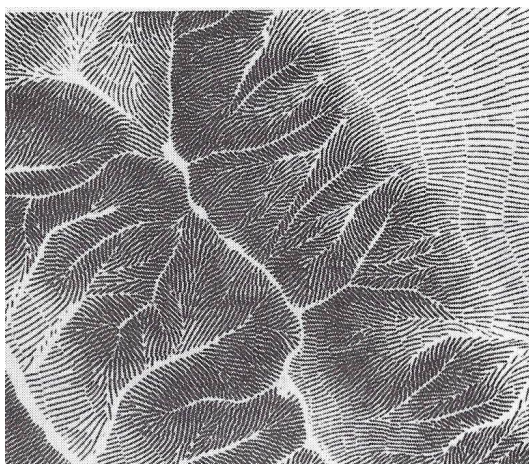
Další metodou jsou krajinné zrafy vycházející z předloženého typu zobrazení výkopisu. Známosti především v obecnějším a významně zjednodušených terénních útvarech. Fungují jako tvarové čárky a jsou používány pro vyznačení úpatí. Lze je nalézt v Müllerových mapách (VEVERKA, 1995).



Obr. 8: Krajinné zrafy (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).

3.9.3 Sklonové zrahy

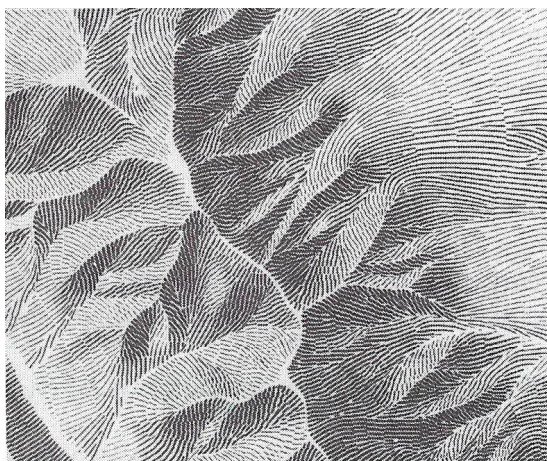
Až do roku 1799 byly zrahy vytvářeny pouze na základě odhadu, což se změnilo s příchodem saského topografa G. H. Lehmana. Ten vnesl do zobrazování výkopisu logický a geometrický systém, který byl založen na dvou faktech, a to na směru nejprůběžnějšího svahu a jeho sklonu. Oba tyto faktory jsou poměrně snadno zjistitelné. Směr spádu neboli spádnice je v podstatě dráha, kudy by odtékala voda ze svahu. Úhel daného svahu vyjádřil Lehmann pomocí intenzity sklonových zrah (BOGUSZAK a MĚLITR, 1962). Intenzita vycházela z poměru stínu (síla zrahy) a světlosti (velikost mezery mezi sousedícími zrahy). Z toho vyplývá, že rovinnaté plochy zůstávají v mapách bílé a svahy jsou postupně podle sklonu zastíněny. Maximální zastínění nastává u hodnoty 45° . Rovnost světlosti a stínu nalzáme na svazích o sklonu 20 až 25° (HOJOVEC a kol., 1987). Terénní plochy do 5° svažitosti zůstávají v mapách bílé. Průběžnější svahy jsou vykresleny delšími tenkými zrahy s většími rozestupy a území s největším sklonem se vyobrazuje kratšími intenzivnějšími zrahy s menšími rozestupy. Způsob zobrazování výkopisu sklonovými zrahy je velmi přehledný. Je tomu tak především u map středních měřítek, kde při prvním pohledu dokážeme rozlišit strmé svahy od pozvolných. Je to však metoda velice pracná a navíc bez geometrické podstaty, a proto je pro technické projekce vyčíslení téměř bezcenná (BOGUSZAK a MĚLITR, 1962).



Obr. 9: Sklonové zrahy (zdroj: Geografická kartografie, 1992).

3.9.4 Stínové zrafy

Tento typ zobrazování terénního reliéfu jak ufl napovídá název vychází ze stínování a sklonových –raf (HOJOVEC a kol., 1987). Pr kopníkem stínových –raf byl Guillaume-Henri Dufour, který je jako první pouffil v roce 1836. Metoda vychází z p edpokladu, fle p íkrost svahu je jifl ur ena délkou –raf a proto je jifl zbyte né ji navíc zd raz ovat tlou–kou –raf. Síla tedy poslouffila jako nástroj vyvolání t etího rozm ru, podle zásad –íkmého osv tlení ze severozápadní strany. Tímto osvícením dosáhneme toho, fle strany p ivrácené ke sm ru osv tlení jsou bílé (slab –rafované), zatímco strany odvrácené jsou tmavé (tu n –rafované). Stínové –rafy jsou p ehledn j–í a vytvá í lep–í plastický vjem neffl –rafy sklonové (APEK a kol., 1992). Naopak nevýhodou stínových –raf je, fle vytvá í bílá místa v prostorech, kde se st etávají svahy (údolnice) a navozují tak iluzi cest (VEVERKA, 1995).



Obr. . 10: Stínové –rafy (zdroj: Geografická kartografie, 1992).

3.9.5 Technické zrafy

Pouffívá se v mapách velkých a st edních m ítek k znázorn ní úzkých a protáhlých terénních útvar , které jsou jak p írodní tak um lé. Nap íklad jsou to p íkopy, výkopy, terasy, násypy, atd. (VEVERKA, 1995). Kreslíme je jako dv opakující se árky, p i emffl první je dlouhá jako samotný svah a druhá je polovi ní délkou. Třafy jsou pak hn dé jestli–fle je terénní útvar p írodní a ervený jestli–fle je antropogenního p vodu (HOJOVEC a kol., 1987). Tato technika je velice jednoduchá a nenáro ná pro efl je hojn aplikovaná. Třafy musí být dopln ny o kótu

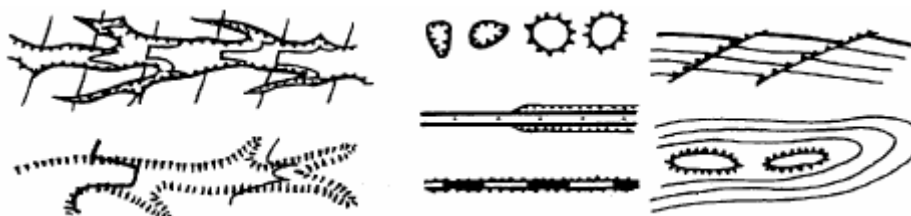
(relativní i absolutní) by informuje pouze o náhlé změně sklonu (HUML a kol., 2001).



Obr. 11: Technické řávy (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).

3.9.6 Topografické řávy

Tyto řávy jsou podobné povahy jako předchozí typ. Mají tvar vzájemně se dotýkajících klínků a jsou kresleny ve směru spádu, přičemž jejich základny leží na terénní hraně (VEVERKA, 1995). Pomocí topografických řáv se zobrazují terénní stupně a rýhy. Útvary vyznačeny hněd jsou přírodního rázu, kdežto červené jsou umělé objekty. Nachází se prakticky jen v topografických mapách (APEK a kol., 1992).



Obr. 12: Topografické řávy (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).

3.9.7 Fyziografické řávy

Fyziografické řávy neboli skalní řávy se používají u útvarů, které nelze zobrazit vrstevnicemi. Například u skal nebo ledovců, které jsou pří- prudké nebo chaoticky uspořádané. Tyto části zemského povrchu jsou vyznačeny podle hranárami ve vertikálním i horizontálním směru (VEVERKA, 1995). Vyvolání tohoto rozměru dosáhneme tak, že u obou směrů řáv změníme sílu řávy podle úhlového kombinovaného osvětlení. Fyziografické řávy nemají žádnou geometrickou hodnotu (APEK a kol., 1992).

3.9.8 Horské zrafy

Trafy, které nemají náleflitosti pravých -raf. Sloufí pouze pro zobrazení orografického schématu (horopisu). Horské -rafy nám umořl ují snaz-í vyobrazení místních vyvý-enin i horských pásem. Tato metoda je dopln k pro barevnou hypsometrii nebo stínování na mapách malých m ítek. U nás se od uřlívání tohoto zp sobu znázor ování upustilo, ov-em v zahrani í jimi velmi poveden dotvá eji p edstavu reliéfu na nást nných mapách (APEK a kol., 1992).

Stínování nebo-li tónování bylo sice známo uřl p ed p íchodem -raf, ov-em nebyly dostate né technické prost edky, aby se mohl tisknout p ltón. Beztak mají -rafy oproti stínování celou řadu nevýhod:

- zat řlují mapové pole a to vede k zhor-ení p ehlednosti polohopisu a itelnosti popisu
- dal-í nevýhodou -raf je, řle vytvá í bílá místa v prostorech, kde se st etávají svahy (h bety, údolnice) a navozují tak iluzi cest
- tvorba -raf je velice náro ná a pracná (speciální mapový list se m řle -rafovat n kolik m síc afl rok) (APEK a kol., 1992).

3.10 Kótování

První zmínky o vý-kových kótách se datují koncem 18. století. Vý-kové údaje byly zeza átku pouze ve form seznam horských vrchol a to jen t ch nejvýznamn j-ích. Pozd ji zhruba v polovin 19. století se za aly tyto seznamy tisknout na okraj mapového listu. Ařl po roce 1875 se kóty stávají sou ástí mapového obrazu. Vý-kové kóty se objevují u trigonometrických bod , významných míst polohopisu a také u charakteristických bod reliéfu (BOGUSZAK a TMLITR, 1962).

Jedná se o íselné vyjád ení vý-ky nebo hloubky vzhledem k hladinové neboli srovnávací plo-e. Jejich hodnotu zji-ujeme p ímým polním m ením, fotogrammetricky, nebo pomocí interpolace. Kóty jsou sou ástí zna ek, které jsou obsařeny v map . Tyto kóty jsou vpisovány do map tak, řle rozd lují vrstevnicové řary, dopl ují technické -rafy, nebo ozna ují vrcholy hor (VEVERKA, 1995).

íselná hodnota se uvádí, ařl na pár výjimek, v celých metrech. V topografických mapách se nap íklad udávají s p esností na decimetry (APEK a kol., 1992). Kařldá

metoda znázorující zemský povrch je doplněna výškovým údajem neboli kótou. Ty se dělí na absolutní a relativní (BOGUSZAK a TILITR, 1962).

Místské originály obsahují velkou spoustu výškových bodů, ovšem ve výsledných mapách zůstávají pouze některé. Abychom rozpoznali, které body je třeba ponechat, je zapotřebí znát kartografická vzdělanost (APEK a kol., 1992). Výškové kóty musí být v mapovém obraze náležitě rozmístěny, aby mohly správně plnit svou funkci (BOGUSZAK a TILITR, 1962). K vhodnému vystižení výškopisu vyvoláváme body na orografických mapách jako jsou hřbetnice, údolnice a terénní hrany a dále pak vrcholy, sedla, hladiny jezer, ústí potoků a řek. U znázorovaného bodu bez jména přídáme kótu vodorovně, pokud možno napravo nebo nad daný bod. Kóta u pojmenovaných vrcholů se kreslí pod značku vrcholu a jméno nad značku. Významnější kóty uvedeme v tučném písmu a stejným tak jejich jména, abychom je odlišili od méně významných. U map topografického určení se kóty uvádějí u mostů, komunikací, kostelů a u dalších významných budov. Tyto body pak rozlišíme podle značkového klíče na body astronomické, trigonometrické, nivelační nebo jinak určené. Také při vyznačování hloubek je důležité výškové rozestavní bodě. Uvádějí se maximální hloubky, hloubky místních vyvýšenin a také hloubky mělkých oblastí kvůli plavebním úřelům (APEK a kol., 1992).

Množství zobrazovaných kót ovlivňuje měřítko mapy, výškové rozpoložení terénu a také metody, které doplňují. Nejvíce počet výškových bodů je u topografických map horského reliéfu, kde na 10 cm² připadá 20 až 40 kót. Naopak nejméně je u map malého měřítko, zachycujících plochá území, kde na 10 cm² náleží jeden, ale i méně bodů (APEK a kol., 1992).

Exaktnost výškových bodů není závislá na měřítku mapy (VEVERKA, 1995). Kóty jsou rychlou a zároveň nejprvejší metodou určení výšky terénního reliéfu, nedokážou však navodit požadovaný plastický vjem (HUML a MICHAL, 2001).

Absolutní nebo také nadmořské výšky jsou v podstatě svislé vzdálenosti mezi nulovou hladinovou plochou a skutečným horizontem bodu (HUML a kol., 2001). Signalizují například významné body terénní kostry, geodetické body, rozcestí a další (HOJOVEC a kol., 1987). V mapách mají číselné zastoupení absolutní kóty,

které m fleme dále d lit na absolutní vý-kové kóty a na absolutní hloubkové kóty (APEK a kol., 1992).

Relativní vý-ky nebo také p evý-ení poskytuje vý-kový rozdíl mezi zájmovým bodem a jeho okolím (HUML a kol., 2001). Vyuffívá se jich pro ozna ení terénních stup , výkop a podobn (HOJOVEC a kol., 1987). D leffitou znázorovací sloffkou jsou p edev-ím pro mapy st edních a velkých m ítek (BOGUSZAK a TMLITR, 1962).

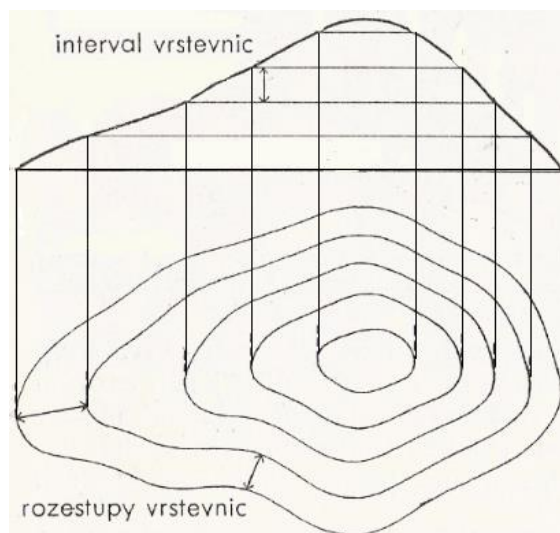
3.11 Vrstevnice

V evropských státech se s vrstevnicovým zobrazováním setkáváme od konce 17. století. Holandský kartograf Pieter Ancelin roku 1697 jako první znázornil hloubku vrstevnicemi. Mapu vypracoval na základ vý-ek bod , které m il na dn eky Maasy. Podobným zp sobem ztvárnil Cruquis e i-t eky Mardwede a Buche kanál La Manche. Roku 1799 Dupain-Triel zhotovil na map Francie vrstevnice na podklad vý-kových bod , kterých nebylo mnoho. Nedostatek p ístroj a nedokonalost zobrazování vý-kopisu m lo za následek, fle se vrstevnice za aly vyuffívát afl v druhé polovin 19. století (BOGUSZAK a TMLITR, 1962). U nás byl pr kopníkem vrstevnic profesor Karel Ko istka (HOJOVEC a kol., 1987).

Vrstevnice jsou áry spojující sousedící body mající stejnou ú eln zaokrouhlenou nadmo skou vý-ku (APEK a kol., 1992). V p írod tyto áry sice neexistují, ale v map je m fleme snadno vyhotovit na základ tachymetrických i fotogrammetrických metod (BOGUSZAK a TMLITR, 1962). Tyto metody v kombinaci s kótami poskytují geometricky nejp esn j-í zp sob zobrazování reliéfu. Jsou vyuffívány jako podklad pro dal-í zp soby vyobrazování zemského povrchu, nap íklad pro stínování, barevnou hypsometrii, blokdiagramy atd. Graficky mapu zat fluje ze v-ech t chto technik nejmén (HOJOVEC a kol., 1987). Vrstevnice lze ozna ovat jako izohypsy. Mají-li zápornou hodnotu jsou nazývány jako hloubnice neboli izobaty. Ty spojují body stejných hloubek jako jsou t eba mo ská dna. Vrstevnice se v t-inou kreslí hn dou barvou, tedy stejn jako terénní reliéf. Podle barev vrstevnic lze v n kterých mapách snadno rozli-ít druh povrchu. Skály jsou

erné barvy, ledovce nebo sněhová pole jsou modré barvy. Hloubnice se signalizují vždy jen modrou barvou (APEK a kol., 1992).

Abychom dosáhli vhodného plastického vjemu musíme vhodně zvolit rozestupy vrstevnic (značeny jako d) a vrstevnicové intervaly (značeny jako v). Vrstevnicový rozestup je vzdálenost mezi dvěma vrstevnicemi a vrstevnicový interval je výškový rozdíl dvou vrstevnic. Tento interval je třeba volit tak, aby se vrstevnice neslévaly. Toho dosáhneme tak, že interval v v každém místě mapy neklesne pod 0,2 mm. Při volbě vrstevnicového intervalu bereme na zřetel sklonitost dané lokality a měřítko mapy. Čím menší sklonitost a větší měřítko, tím menší může být interval. U topografických map, které mají stejné měřítko, se používají konstantní vrstevnicové intervaly. Jestliže sklon terénu nepřesáhne 45° je minimální interval vrstevnic dán vztahem $v_{\min} = m \cdot d$, kde m je měřítkové číslo mapy. To znamená, že pro mapu měřítka 1 : 25000 je $v_{\min} = 25000 \cdot 0,2 \text{ mm} = 5000 \text{ mm} = 5 \text{ m}$. V československých topografických mapách se používá takto stanovené hodnoty vrstevnicových intervalů, a to bez ohledu na výškovou členitost území. Podle intervalu vrstevnic můžeme rozlišovat čtyři druhy vrstevnic: základní, zesílené, doplňkové a pomocné (APEK a kol., 1992).



Obr. 13: Interval a rozestup vrstevnic (zdroj: Topografie, 1962).

3.11.1 Základní vrstevnice

Základní vrstevnice jsou tenké spojitě křivé čáry, které nabývají výškovou hodnotu d litélnou základním vrstevnicovým intervalem (APEK a kol., 1992). Správně zvolený základní interval zaručuje, že vrstevnicový obraz má geometrickou hodnotu,

je srozumitelný a snadno čitelný. Existují ale i takové terénní útvary, které nelze základními vrstevnicemi zachytit, a je výstředně vyobrazit. Tato místa a tvary jsou pak znázorňována jednak za pomoci doplňkové vrstevnice s výškovými kótami, jednak s rafovými značkami (BOGUSZAK a TMLITR, 1962).

Výšková hodnota vrstevnic se znázorňuje kótami. Ty jsou číselně vpisovány přímo do vrstevnicových čar tak, aby vrchol kóty směřoval do svahu. V místech, kde bude napsaná číselnice, se vrstevnice přerušují. Mělo by to být v takové části, kde mají vrstevnice hladký průběh. Umístění vrstevnicových kót předchází polohopis, lokalizovaná geografická jména a kóty výškových bodů. Čísla vrstevnic by měla být rozptýlena po celé ploše mapy, pokud by byla v jednom sloupci, působila by neesteticky a neplnila by správně svou funkci (APEK a kol., 1992).

U vrstevnic, které jsou uzavřené a bez číselného označení, nemusíme poznat zda se jedná o vyvýšeninu nebo o sníženinu. Pokud k němu takovému dojde, poučlivají se takzvané spádovky (APEK a kol., 1992). Jsou to takové krátké čárky neboli úseky spádníc. Zpravidla se zakreslují v místech největšího zakřivení a tam, kde vrstevnice hned neavizují směr spádu (BOGUSZAK a TMLITR, 1962).

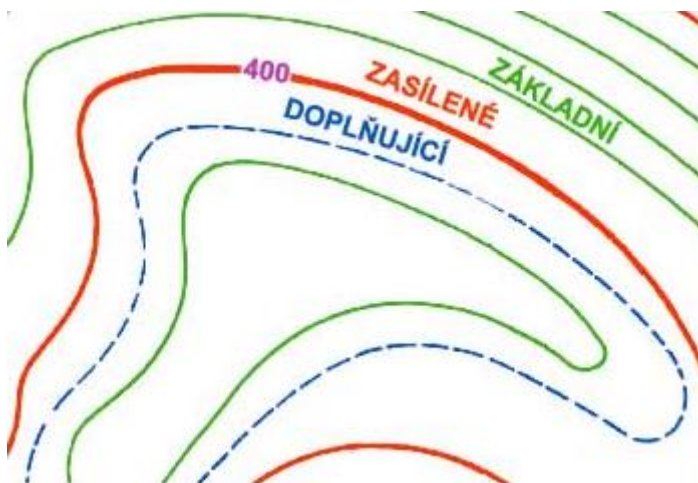
3.11.2 Zesílené vrstevnice

Zesílené nebo-li hlavní vrstevnice mají vrstevnicový interval rovnající se pětinašobku základního intervalu. K snadnějšímu čtení výšek a k rychlé výškové orientaci napomáhá zesílení čar, a to zpravidla u každé páté vrstevnice. Na svazích a skalních útvarech, které přesahují sklon 45°, se poučlivají pouze zesílené vrstevnice, protože základní vrstevnice by měly příliš malý rozestup (APEK a kol., 1992).

3.11.3 Doplňkové vrstevnice

Tyto vrstevnice nemusejí být, na rozdíl od předchozích dvou způsobů, uzavřené. Aplikují se pouze v místech, kde není dostatečně vykreslený tvar reliéfu, což je způsobeno velkým rozestupem mezi základními vrstevnicemi (APEK a kol., 1992). Vrstevnicový interval doplňkových vrstevnic nabývá polovičních, čtvrtinových nebo i pětinašobných hodnot základního intervalu. Kreslí se jemnými, přerušovanými a i tečkovanými čarami, to aby se nenarušil ucelený obraz, vytvořený

základními vrstevnicemi. Vyúřřívají se p edev-ím v mapách velkých a st edních m ítek, které z v t-í ásti slouží pro technické ú ely (BOGUSZAK a TMLITR, 1962).



Obr. . 14: Vrstevnice základní, zesílené, dopl ůkové (zdroj: http://www.survivalschool.cz/vyklad-znameni/img/cteni_mapy10.jpg).

3.11.4 Pomocné vrstevnice

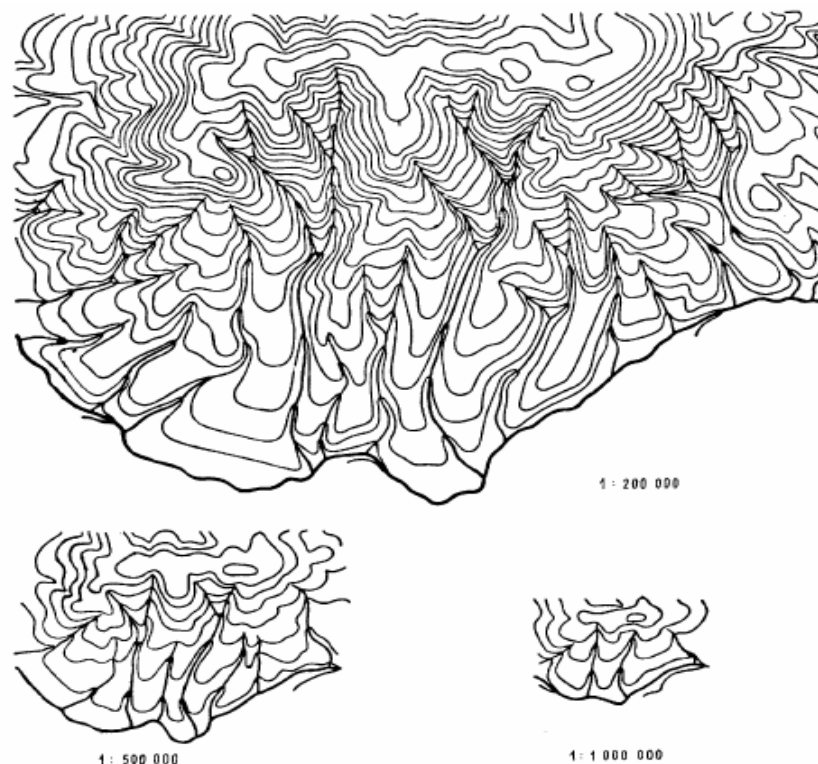
Tyto spojují vý-ky stejných hodnot, ale nelze zjistit jakých. Aplikují se spí-e jako tvarové áry, neřl jako p esné ukazatele vý-ek (APEK a kol., 1992). Tyto vrstevnice mají zcela informativní ú el a vyúřřívá se jich v místech, které nelze vyobrazit pravými vrstevnicemi (BOGUSZAK a TMLITR, 1962). Uplat ují se v místech, která byla sice zam ená, ale jejich v rohodnost je omezena pom rn rychlými reliéfními zm nami. S tím se m řeme setkat nap íklad u povrchových lom , pískoven, lom nebo na územích, kde ásto dochází k sesuvu p d. Tyto vrstevnice se ani nekótují, pouze znázor ují p íblifný terénní reliéf (HUML a kol., 2001).

3.11.5 Generalizace vrstevnicového obrazu

M ením dostaneme vrstevnice odpovídající tvaru zemského povrchu, ov-em bez generalizace jsou kořtrbaté a ne ítelné. P edpokladem pro generalizaci vrstevnic je alespo základní znalost geomorfologie. Hlavní podstatou je vytvo ít co mořfná nej íteln j-í obraz vrstevnic, ale zároveň zachovat charakteristické zvlá-tnosti území. Generalizaci vrstevnic provádíme metodou zjednodu-ování, která vychází z výb ru orografických ar. Na h betnicích a údolnicích vy-řho významu budou zachovány

jak tvary, tak i vrstevnicové rozestupy. Naopak u h betnic, údolnic, lokálních vyvý-enin a sníženin nížního zájmu je nezbytné rozhodnout, zda se do mapy zakreslí, i nikoliv. Pokud se do mapy zanesou, musí se záhyby projevat na v-ech vrstevnicích, kterými procházejí. V p ípad , fle se naopak vynechají, je zapot ebí vyhladit v-echny vrstevnice, které na chyb ící tvar reagují. V t-ínou se up ednost uje hladký tvar vrstevnic p ed tím hranatým. Generalizaci m fle dojít k slu ování vrstevnic, ale jen v takových místech, kde nenaru-í srozumitelnost terénu. Nevhodnou lokalitou pro slu ování je nap íklad krajina, která je hojná na izolované tvary, jako jsou sope né kufele nebo krasové zvraty. Generalizace vrstevnicového obrazu musí být shodná se zbytkem generalizovaného mapového obsahu. Pokud tedy nezakreslíme údolí, nem fleme zobrazit ani potok (APEK a kol., 1992).

Podle VEVERKY (1995) má generalizace vrstevnicového obrazu sledovat následující postup. Za íná se vřdy generalizací orografického schématu, a to s ohledem na m ítko. Potom následuje vykreslení úsek hlavních vrstevnic, což jsou h betnice, údolnice a spádnice. Dal-ím krokem je vyzna ení vyvý-enin a sedel. Pak p ichází na adu dokreslení hlavních vrstevnic, tak abychom získaly jednotný plán a na konec dopln í ostatních vrstevnic a dal-ích prvk vý-kopisu jako jsou skalní kresby, -rafy, aj.



Obr. . 15: Postupná generalizace vrstevnicového obrazu (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).

3.11.6 Stínové vrstevnice

V 50. letech 20. století se objevila myšlenka rozmáznutých vrstevnic, se kterou popísel brněnský profesor Erhart Srnka. Tato metoda vycházela z fotografování nezaostřeného vrstevnicového obrazu. Výsledkem byl obraz, který odpovídal principu Lehmannova zář, tedy čím pěkřejí, tím tmavší. Tento způsob lze ještě prostorově zdokonalit, budeme-li vrstevnice stínovat popíseverozápadním osvětlením. Srnka navrhl úpravu volnoosvětleného pera pro plynulé stínování vrstevnic (HYBÁNEK, 1993). Vrstevnicový obraz vytvořený touto metodou připomíná stupňovitý model terénu osvětlovaný od severozápadu. Části vrstevnic, které jsou na osvětlených svazích, jsou bílé, kdežto na zastíněných svazích jsou černé. Nejlepší se s touto technikou můžeme setkat popíseznázorování mořského dna nebo popísekresb skal, ale to je méně časté (APEK a kol., 1992). Je to velice zajímavá technika, která není příliš vyvíjena z důvodu praktičnosti (VEVERKA, 1995).

3.12 Barevná hypsometrie

Tento způsob se uplatňuje v zeměpisných mapách středního a malého měřítka, kde není možné zvolit si jednotný vrstevnicový interval pro horské pásy i roviny. To je dáno tím, že popíse stejném intervalu by horské oblasti byly popíse hustě vrstevnicemi, popísemfl v rovinatých oblastech by nebyl dostatečně vyobrazen terénní profil. Pomocí barevné hypsometrie tomu lze předejít (VEVERKA, 1995). Barevná hypsometrie, která je také někdy označovaná jako metoda barevných vrstev, znázorňuje terénní reliéf pomocí odstupovaných barevných výškových stupňů. Tento výškový stupeň je výškový rozdíl mezi vrstevnicemi. Plocha mezi jednotlivými vrstevnicemi se nazývá výšková vrstva a tato vrstva se vyplní popíse slušným barevným odstínem určeným výškového stupněm podle hypsometrické stupnice barev (APEK a kol., 1992).

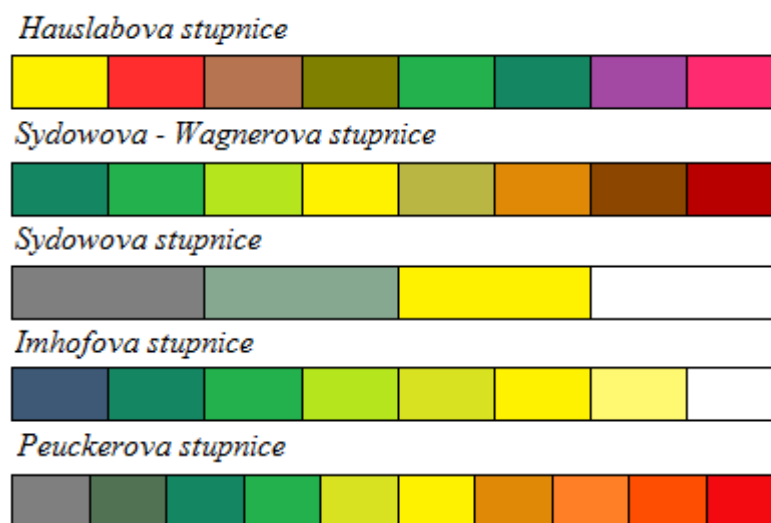


Obr. . 16: Metoda barevné hypsometrie (zdroj: <http://www.skolniallassveta.cz/ostatni-tituly/fyzicka-mapa-sveta/>).

Metoda barevných vrstev vyžaduje rozlučt ní dvou základních parametr , a to volbu vý–kových stup a hypsometrické stupnice barev. Pro volbu vý–kových stup je rozhodující za prvé mořný po et barev, v t–inou se po ítá mezi 6 a 10 barvami, za druhé musíme znát maximální rozdíl vý–ek daného území. Tento rozdíl získáme ode tením nejniž–ího vý–kového bodu od nejvy–ího. Vý–kový rozdíl m fle být lineární (rovnom rn stejné díly), nebo nelineární, kdy interval vzr stá s nadmo skou vý–kou. Pro vyobrazení pevniny se aplikuje stupnice vý–kových stup rostoucích s nadmo skou vý–kou. Tato stupnice je nejvhodn j–í jelikofi nejlépe vystihuje reliéf zemského povrchu (APEK a kol., 1992). Nap íklad stupnice –kolního atlasu sv ta má hrani ní vrstevnice - 8000 m, - 6000 m, - 4000 m, - 3000 m, - 200 m, - 20 m, 0 m, 200 m, 500 m, 1000 m, 1500 m, 3000 m, 5000 m a 7000 m (HOJOVEC a kol., 1987). Hypsometrická stupnice barev je stupnice chronologicky uspo ádaných barev podle ur íté zásady. Zásady zní: š ím vy–í, tím tmav–í, š ím Vy–í, tím sv tlej–í a š ím vy–í, tím teplej–í barvy (APEK a kol., 1992).

V roce 1830 jako první sestavil podle zásady š ím vy–í, tím tmav–í, svou stupnici Franz Edler von Hauslab. Posloupnost barev byla pon kud odli–ná od té,

která se používá dnes. Barvy byly v pořadí flutá, světle červená, světle hnědá, olivově zelená, zelená, modrozelená, fialová a purpurová. Theodor Emil von Sydow řešil problematiku odlišným způsobem. Pro výškovou vrstvu 200 až 500 m určil pevně bílou barvu. Výškové vrstvy s přibývajícím metry vybarvoval stále tmavšími odstíny hnědé barvy a naopak s ubývajícím stále sytějšími tóny zelené barvy. Sydowova stupnice regionálních barev vychází z představ, že nížiny jsou zelené a hory hnědé, a proto se těší dlouhé životnosti. Vývojem této stupnice vznikla jedna z nejznámějších a nejužívanějších stupnic. Označuje se jako Sydowova a Wagnerova stupnice a využívá následující barvy: modrozelené, zelené, flutozelené, fluté, flutohnědé, oranžovo hnědé, hnědé, hnědo červené. Theodor Emil von Sydow byl autorem ještě jedné stupnice, kterou sestavil jako první podle zásady šim vyší tím světlejší. Její barvy jsou v tomto pořadí –edá, –edozelená, flutá, bílá. Eduard Imhof přišel se stupnicí, která vycházela z takzvané vzdušné perspektivy. Barvy se mění se vzdáleností v závislosti na disperzi a absorbování světla atmosférou. Obraz pak připomínal jako při pohledu z letadla, kdy horské hory mají světlé a nížiny tmavé odstíny. Stupnice je tvořena těmito barvami: –edomodrá, modrozelená, zelená, flutozelená, zelenoflutá, flutá, světle flutá, bílá. V roce 1898 zveřejnil stupnici podle zásady šim výše, tím teplejší barvy kartograf Karel Peucker. Vycházel při tom z barev spektra doplněnou –edou barvu pro nejnižší stupeň. Posloupnost barev pak byla následující: –edá, –edozelená, modrozelená, zelená, zelenoflutá, flutá, flutooranžová, oranžová, ervenooranžová, červená (APEK a kol., 1992). Vodní plochy byly pokud možno zobrazovány obdobným způsobem, a to podle zásady šim hlubší, tím tmavší. K vybarvení se používaly odstíny modré barvy (VEVERKA, 1995).



Obr. 17: Hypsometrické stupnice (zdroj: vlastní tvorba).

Barevná hypsometrie se v t-inou dopl uje dal-ími zp soby zobrazování terénního reliéfu. D íve se pro tuto funkci vyuffivaly takzvané horské -rafy. Pomocí t chto -raf se vykreslovaly povrchové tvary uvnit jednotlivých vý-kových vrstev, ale v dne-ní dob se více uplat ují kombinace barevných vrstev se stíny. Ty ov-em nedokáflou zachytit drobn j-í tvary. Vrstevnice tvo ící hranici mezi jednotlivými vrstvami se znázor ují, ale jen velmi nevýrazn , aby nenaru-ily stínování. Kreslí se nejlépe -edou barvou bez kót, naopak hrani ní hloubnice jsou vyzna eny výrazn a modrou barvou (APEK a kol., 1992).

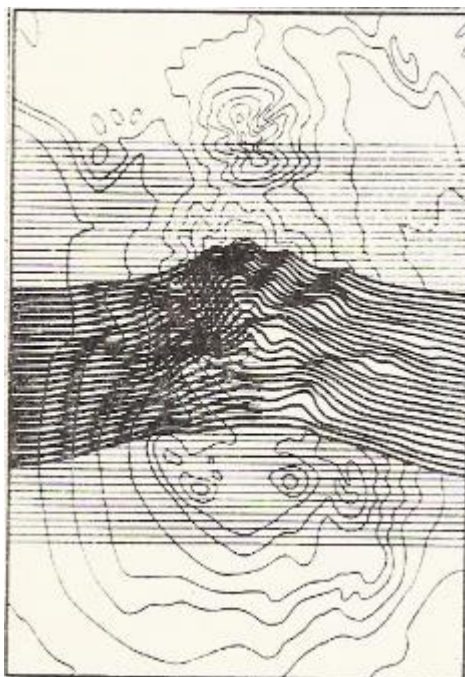
Metoda barevných vrstev nám umofl uje snadnou a rychlou vý-kovou orientaci a poskytuje pořadovaný trojrozm rný vjem (APEK a kol., 1992). A i proto se tato technika zobrazování vý-kopis hojn vyuffívá na mapách pro ve ejnost, ale p edev-ím na -kolních atlasových a nást nných mapách (VEVERKA, 1995).

3.13 ezy (profily)

Profily poskytují pom rn dobrou p edstavu o lenitosti liniových tras, jako jsou turistické trasy nebo komunikace. Jsou to svislé ezy vedené terénním reliéfem po zvolené linii. Objevují se zde dv odli-ná m ítka. První pro vertikální sm r a druhé pro horizontální sm r. První z m ítek bývá i n kolikanásobn vy-í, aby byl lépe pozorovatelný reliéf. Profily m fleme rozd lit na podélný, p í ný a speciální (PLÁNKA, 2006).

Podélný profil zobrazuje délkové a vý-kové uspo řádání celé trasy v její ose. Tento profil m fleme odvodit z p í ných profil , s ímfl se setkáváme u vodních staveb. Dále m fleme profil zam ít p ímo v terénu. P í ný profil zobrazuje kolmé sm ry na podélný profil. Vyuffívá se pro stanovení kubatur výkop a násyp (FITNER a kol., 2003).

Posledním profilem je profil specializovaný, který obsahuje dal-í informace, jako je t eba geologické slofení. S touto metodou se m fleme setkat zejména u vý-kopisných zobrazení lenitosti trasy a ojedine le i u trojrozm rných model . Profily dovedou navodit dojem t etího rozm ru, t eba v p ípad , fle budeme vycházet z principu Kitiro Tanaka. Ten poskládal s men-ím horizontálním odstupem vedle sebe v t-í mnofství soub fln vedených profil (Plánka, 2006).



Obr. . 18: Metoda Kitiro Tanaka (zdroj: Kartografie, 1987).

3.14 Digitální model terénu

S rozvojem výpočetní a zobrazovací techniky je možné výsledky měření zemského povrchu, tedy terénní plochy, zaznamenávat a vyjadřovat novou metodou. Dnes můžeme takto zaznamenávat, uchovávat a zpracovávat soubory číselných nebo digitálních údajů o terénu místo tradičního grafického zobrazování v mapě. Vedle pojmu mapa se objevuje pojem digitální model terénu. Lze se setkat se zkratkou DTM, která pochází z anglického výrazu Digital Terrain Model, v překladu digitální terénní model (MARTÍNKOVÁ a MARTÍNEK, 2006).

Tyto modely jsou v geoinformatice používány například od roku 1950, kdy se těmto okamžitě staly nedílnou součástí digitálního zpracování prostorových geografických informací. Různé možnosti modelování, analyzování a zobrazování topografických nebo reliéfních jevů nabízí aplikace GIS (Geografický Informační Systém) (KLIMÁNEK, 2006).

Digitální modelování rozlišíme podle anglické odborné terminologie na DTM (digital terrain model), to je digitální model terénu například reliéfu, který zobrazuje zemský povrch bez vegetace a lidských výtvarů jako budov, mostů atd.

Lze také použít zkratku DMT (digitální model terénu) nebo DSM (digital surface model) zobrazuje povrch tím způsobem, že zahrnuje body nacházející se například na budovách, vegetaci atd. Používaná je i zkratka DMP (digitální model povrchu), DEM (digital elevation model) nebo také DVM (digitální výškový model), který vyobrazuje rástrový model obsahující výškové body ve vztahu k referenční ploše (KLIMÁNEK, 2006).

4. Metody určení výškopisu

Problematiku zdrojových dat je možné obecně rozdělit na oblast pozemních měření a na oblast dálkového průzkumu země (DPZ). Liší se od sebe pouze způsobem měření polohy a zaznamenávání atributů k dané poloze, v tomto případě jsou navíc atributy výšky. Z hlediska kvality výškopisu nestačí vyhodnocovat pouze výškovou složku dat. Stejně důležité je vyhodnocení polohopisu (KLIMÁNEK, 2006).

4.1 Nivelace

Tato metoda získávání výškových dat patří mezi nejpřesnější, ovšem je také časově nejnáročnější. To je dáno tím, že tato technika poskytuje pouze výškové údaje o bodě, ale vůbec ne polohové. K polohovému určení je nutné aplikovat některou z dalších metod (OUŘADA, 2014).

Nejpoužívanějším postupem z řady geometrické nivelace je geometrická nivelace zední. Samotné měření probíhá tak, že nivelační přístroj na stativu umístíme zhruba doprostřed mezi body A a B. Na těchto bodech jsou postaveny nivelační latě, ze kterých následně odečítáme výšky. Pokud odečteme jednu naměřenou výšku od druhé dostaneme převýšení. Podle přesnosti rozdělujeme tyto druhy nivelace na zvlášť přesnou nivelaci, velmi přesnou nivelaci, přesnou nivelaci a technickou nivelaci (HÁNEK a kol., 2007).

Pokud je vzdálenost nebo převýšení mezi body A a B příliš velké, pak se celková vzdálenost měření rozloží na několik nivelačních sestav (HÁNEK a kol., 2007). Taková vzdálenost pro technickou nivelaci je až 120 m. To ovšem v praxi

není příliš vyhovující, a proto se hodnota volí v rozmezí 60 až 80 metry. Velikost povýšení pak vychází z velikosti nivelačních latí. Latě jsou o délce 2 až 4 metry (OU ADA, 2014).

Dnes jsou běžně používány elektronické nebo-li digitální nivelační přístroje, které mnohem rychlejší nebo výpočetní práce automatizují. Přístroj zaměříme na latě, které jsou vybaveny barovými kódy. Následně pak kód, který je umístěn na lati, přečteme, zobrazíme na displeji, uložíme do paměťového média a nakonec je provedeme výpočet. Hlavní výhodou je eliminace chyb způsobených lidským faktorem (HÁNEK a kol., 2007). Naopak nevýhodou je poměrně vysoká cena. Elektrické přístroje jsou několikrát dražší než optické (OU ADA, 2014).

4.2 Tachymetrie

Použitím této metody podrobného měření můžeme určit podrobné body jak polohově, tak i výškově, při jediném zaměření. Pro určení polohy podrobných bodů zjistíme vodorovný úhel, svislý úhel a délku (HÁNEK a kol., 1992). Tyto hodnoty získáme pomocí tachymetru a latí nebo výtyčků s odraznými hranoly. Poté se polární metodou určí poloha podrobného bodu a trigonometricky se stanoví výška (OU ADA, 2014).

V dnešní době se využívá především elektrických dálkoměrů, které délku měří na odrazný hranol případně s využitím bezhranolového způsobu. Přítok takzvaných totálních stanic přinesl možnost ukládání a pak následné zpracování dat, což je bezesporu obrovskou výhodou. Princip metody je obdobný jako u nitkové tachymetrie, jen latě byly nahrazeny výtyčkami s odraznými hranoly. Další výhodou je vysoká přesnost a velký dosah. V terénu, který je přehledný není výjimkou dosah až přes jeden kilometr (HÁNEK a kol., 2007).

Tato metoda se uplatňuje hlavně tehdy, je-li potřeba získat přesné data týkající se výkopisu v zastavěném území. Také ji lze využít k zpracování podkladů pro projektování území, a to kvůli schopnosti zaznamenat nezanedbatelné množství detailů. Dále se s touto technikou můžeme shledat jako s doplňkovou metodou při měření na místech, která jiným způsobem měřitelná nejsou. Takový případ se

může vyskytnout písmení v blízkosti hranice lesa, kde se zhoršuje signál, a tím i přesnost písmení (OU ADA, 2014).

4.3 Druživové polohové systémy

Historie tohoto systému sahá až do 60. let 20. století, kdy s ním přišlo americké námořnictvo. V 70. letech 20. století se začaly v USA a SSSR budovat systémy nové generace. V USA to byl GPS a NAVSTAR (Global Positioning System a Navigation system using Time and Ranging) a v SSSR GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistema). Je to i evropský systém GALILEO, ale ten je ve fázi budování. Nejpoužívanějším je dnes GPS (KLIMÁNEK, 2006).

Obecně jsou družicové polohové systémy tvořeny třemi základními segmenty, a to kosmickým, řídicím a uživatelským (RAPANT, 2002). Kosmický segment tvoří soustava družic, vysílající navigační signály, které jsou rozmístěny na neměnných oběžných drahách. Řídicí segment má na starosti řízení celého polohového systému. Z pohledu uživatele je jeho hlavní úlohou obnovovat data obsažená v navigačních zprávách, které poskytují jednotlivé družice kosmického segmentu. Poslední uživatelský segment se skládá z přijímače GPS, uživatele, vyhodnocovacího nástroje a počítače. GPS přijímač na základě přijatých signálů z družic provádí výpočty polohy, rychlosti a času (RAPANT, 2006).

Určení polohy je u všech uvedených systémů principiálně dosti podobné. Jestliže známe polohu družice, pak určení polohy přijímače je snadné. Stačí pouze změřit vzdálenost mezi družicí a přijímačem. Vzdálenost lze stanovit kódovým, fázovým nebo dopplerovským písmením (OU ADA, 2014).

Změně navigační parametry, jako jsou vzdálenosti mezi družicemi a přijímači nebo radiální rychlost družice ku přijímači, jsou vysílány v podobě složitějšího signálu uživateli z dané družice. Pohyb družic lze vypočítat za předpokladu, že máme informaci o jejich pohybu v souřadnicovém systému družic. Všechny družice poskytují zprávy, které obsahují údaje o své poloze a také o polohách ostatních družic. Kurvení souřadnic dvojrozměrné polohy, která je obvykle dána zeměpisnou délkou a šířkou, poskytnou písmením signálu z těchto družic.

Ke stanovení trojrozměrné polohy, kdy zjistíme navíc výšku, je zapotřebí minimálně tři družic. Pokud máme příjem z více než čtyř družic, dostaneme přesnější polohu, jestliže je počet družic nižší než čtyři, je určení polohy tak ka-
nemohlé (www.la-ma.cz).

4.4 Fotogrammetrie

Tato metoda se využívá k rekonstrukci, měření rozměru a určení polohy předmětů, které jsou zachyceny na fotografických snímcích. Stejně jako tachymetrie i fotogrammetrie dokáže získat na raz jak výškopis, tak polohopis, ale fotogrammetrie je zřejmě jednodušší a navíc v těchto územích i rychlejší. Podle místa pořízení snímků se fotogrammetrie rozděluje na leteckou a pozemní. Letecká se využívá pro systematické mapování a pozemní se aplikuje jen u malých územních celků s velkými výškovými rozdíly (APEK a kol., 1992). Vývojem technologií vychází kosmická fotogrammetrie, tedy pořízení snímků z družic a raketoplánů. Tato metoda se často nazývá dálkové snímání, ale u nás se stále termín dálkový používá i pro pozemní. Dále můžeme fotogrammetrii rozdělovat podle počtu snímků, které se současně vyhodnocují, a to na jednosnímkovou, dvousnímkovou a případně více snímkovou. Nejpoužívanější se stala dvousnímková fotogrammetrie pro výjimečné postavení takzvané stereofotogrammetrie, která vychází ze schopnosti lidského oka vidět stereoskopicky nebo-li prostorově. Rozvoj fotogrammetrie přineslo zejména to, že lidské oko má schopnost stereoskopicky vnímat i při pozorování dvou fotografických snímků pořízených ze dvou různých stanov (MARTÍNKOVÁ a MARTÍNEK, 2007).

Fotogrammetrická analýza vyžaduje nepostradatelné přístrojové vybavení v podobě stereoplotru nebo digitální fotogrammetrické stanice a dvojici leteckých případně družicových snímků. Tyto snímky musí být se stereoskopickým překrytím, a to v 60 - 80%. Před stereoskopickým vyhodnocením je nutné určit prvky vnitřní a vnější orientace snímků, což se dosáhne pomocí takzvaného vlícování (KLIMÁNEK, 2006).

Zpracování získaných dat se provádí dvěma způsoby. Prvním způsobem je analogové zpracování, kdy operátor vidí v obrazovém poli dvě tečky. Tímto

te kami se pohybuje tak dlouho, dokud nesplynou v jednu jedinou tečku na povrchu terénu. Přístroj automaticky vypočítá na základě rozdílných paralax bodů jejich výškové rozdíly a absolutní výškové hodnoty. V místech, kde je snímek znehodnocen oblastmi a nebo se vyskytuje hustá vegetace i budovy, je určení přesné výšky velice obtížné. Druhým způsobem je automatizované digitální zpracování, při kterém se vyhodnocují snímky pomocí vzájemné obrazové korelace odpovídajících si snímků. Požadovaným výsledkem je nalezení polohy dvou odpovídajících si bodů, kterým se také říká homologické body. Následně se zaregistrují snímkové souřadnice a vypočítají horizontální paralexii, které umožní určit výšku daného bodu nad srovnávací hladinou (KLIMÁNEK, 2006).

4.5 Radarové snímání

Radarové snímání je specifickou metodou poizování dat, která využívá mikrovlnné části elektromagnetického spektra. Tyto snímky se díky této technice získávání dat mohou poizovat za jakéhokoliv počasí, a to dokonce ani nezáleží na tom, zda se poizují ve dne, i v noci. Data radarového snímání jsou vhodná pro doplnění standardních optických dat, a to hlavně tehdy, kdy klimatické a povrchové podmínky nedovolují aplikaci jiných způsobů snímání (www.gisant.cz).

Radarové snímky poskytují i další informace o terénu. V případě požadavku těchto informací jsou nejužívanějšími způsoby radarová interferometrie a radarová altimetrie (KLIMÁNEK, 2006).

4.5.1 Radarová interferometrie

Radarové snímání poizuje kromě intenzity také fázi, která poskytuje informaci o vzdálenosti radaru od všech označených bodů na povrchu země. Tím se odlišuje od optických skenerů (www.gisant.cz). Tento způsob je postaven na měření vzdálenosti mezi zjištěvaným místem a polohou, která je známa v závislosti na dráze pohybu druzhice i letadla. Pohybem dochází k rozdílným radarovým signálům, což je nositel údaje o výšce daného bodu. Měření samotných výšek pak vychází z těchto signálních rozdílů. Následně se zpracují obrazové prvky a vzniká interferogram z něhož lze stanovit relativní výškové rozdíly a tedy i nadmořské výšky. Přesnost

této metody se ve svislém směru pohybuje rádiová vlna mezi 4 - 5 metry. Lze však dosáhnout přesnosti pomocí diferenční interferometrie. Použitím této techniky získáme centimetrové výškové rozdíly (KLIMÁNEK, 2006). Fázový rozdíl, který zjistíme ze dvou snímků stejného území pořízených pomocí radarového snímání, umohl určit incidentní úhel, to je úhel, který udává sklon dopadajícího záření na povrch země. Získaná data o vzdálenosti, incidentním úhlu a poloze radaru v době poletování nad územím nám umožní vytvořit model zemského povrchu (www.gisant.cz).

4.5.2 Radarová altimetrie

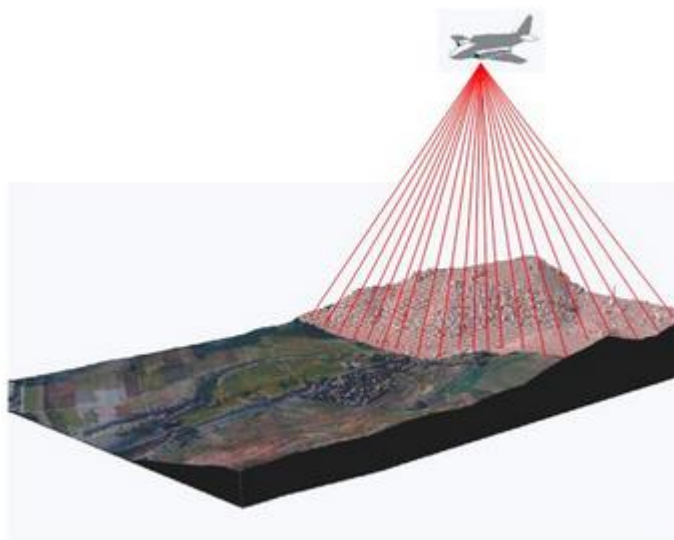
Radarová altimetrie vychází z toho principu, že radarové měření jsou také způsobem zjištění vzdálenosti. Altimetry pracují tak, že zaznamenávají časový interval mezi vysláním a přijetím signálu a zaznamenávají signál, který je modifikován povrchem. Jelikož má mikrovlnné záření konstantní rychlost lze poměrně snadno z rozdílu času vyslaného a přijatého signálu určit vzdálenost mezi nosičem a povrchem. Pokud známe parametry orbity můžeme vzdálenost přepočítat na absolutní výšku. Podle intenzity přijatého signálu můžeme získat informace o odrazových vlastnostech a dokonce i drsnosti povrchu. Altimetry se kvůli svým schopnostem využívají především k měření výšek hladin oceánů a k měření výšek, které se vyskytují na ledem pokrytých površích. Přesnost měření je velice proměnlivá, pohybuje se od desítek centimetrů až po metry v závislosti na vlastnosti povrchu (KLIMÁNEK, 2006).

4.6 Laserové snímání

Lidar (celým názvem Light Detection And Ranging) má za cíl získávat prostorová data o terénním reliéfu a o objektech na něm umístěných. Tato technologie je jedna z nejmladších, vývoj byl zahájen zhruba před 15-ti lety. Funguje na podobném principu jako radar, jen s tou výjimkou, že místo radarových vln využívá světelné záření. Jelikož použité světelné záření má znatelně kratší vlnovou délku než radarové vlny, je výsledné technické řešení zcela odlišné. Výhodou laserového snímání je pak přesnější určení polohy bodů. Toto záření tvoří laserem, který se nachází na nosiči, je pomocí optiky usměrnováno do úzkého

paprsku. Paprsek je následně mechanickým zařízením odklonován obvykle kolmo na směr pohybu nosiče. Pohyb paprsku pak opisuje jakousi stopu po terénu, která je přímo závislá na způsobu odklonění. Tyto stopy mohou tvořit řádky, podélné pruhy nebo dokonce i spirálu. Laser například funguje v pulzním režimu (RAPANT, 2006).

Systém lidar pracuje na principu analýzy svazku laserových paprsků. Tyto paprsky snímají objekt, který je v určité vzdálenosti od nosiče vysílající paprsky. Ze zdroje je vyslán laserový paprsek, u kterého se zaznamenává informace o aktuální poloze v prostoru. Tuto informaci získáme pomocí diferenciální GPS a inerciální navigace. Paprsek vyslaný směrem k zemskému povrchu se odráží a měří zpět k nosiči, přičemž je změněna uražená vzdálenost (KLIMÁNEK, 2006). Aby mohl vzniknout kvalitní záznam musí informace obsahovat časové údaje o vyslání paprsku, polohu a prostorovou orientaci nosiče a také úhel, pod kterým je vychýlen paprsek. Následně zaznamenává detektor přichodící odražené záření, kdy zálohuje čas a intenzitu světelného impulsu. Dalším krokem je výpočet polohy bodu, od kterého se paprsek odrazil, podle získaných údajů. Po ukončení měření daného bodu se laser zaměří na novou polohu a celý cyklus se opakuje (RAPANT, 2006).



Obr. 19: Letecké laserové snímání (zdroj: <https://akela.mendelu.cz/~xfejfar/GIS/prednasky/content/index.html>).

Snímáče vysílají svazek laserových paprsků, které vzhledem dopadají na povrch, a to nejprve na směr pohybu nosiče. Vyzařovací úhel, který

dosahuje až 25° je definován body na krajích a d. Po dosažení těchto bodů je snímán další úsek, ale s tím rozdílem, že je snímán z druhé strany. Všechny vyslané paprsky mají stejný obrazový úhel, takže vytváří pohledový kužel, kde střed tvoří vrchol kužele a snímaná plocha podstavu. Plocha záběru je tím větší, čím dál je střed od snímaného objektu a zase naopak (KLIMÁNEK, 2006).

U mnohých bodů nás kromě souřadnic může zajímat i intenzita odraženého záření. Každý bod může mít nedefinovaný například odstín šedí právě podle intenzity. Následně získáme pseudosnímek, který pomocí interpolace dostane jistou podobu rastrového obrazu, jak můžeme vidět na obr. 18. Plochy s vyšší odrážlivostí jsou na snímku dobře odlišitelné od těch, které mají odrážlivost nižší. Ovšem musíme si uvědomit, že vlny generované laserem jsou určité délky a odrážlivost vychází z této vlnové délky. Lidary obvykle používají infračervené lasery. Takové záření se špatně odráží od vodních hladin, což v rastrovém obraze přináší dobrou rozpoznatelnost vodních ploch. Na druhou stranu nelze vyhodnotit reliéf dna, a to ani u nádrží, které jsou poměrně mělké. Pokud chceme zobrazit reliéf dna, musíme použít takový laser, který generuje záření o vlnové délce odpovídající modrozelenému světlu. Pak je možné měřit dno do hloubky cca 50 metrů, tedy pokud je voda širá a stojatá. Lidar je také někdy dovybaven digitální fotokamerou nebo detektorem viditelného záření. Záznam z těchto zařízení umožňuje přidat jednotlivým bodům odpovídající barvu podle barvy povrchu, od kterého se paprsky odrazily. Výsledkem toho je mapa bodů, které poskytuje vizuální interpretaci (RAPANT, 2006).



Obr. 18: Mapování LIDAREM (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie, 2006).

Měním touto metodou dostaneme mračno bodů představujících místa v prostoru. Všechny tyto body mají své trojrozměrné souřadnice (RAPANT, 2006). V zásadě platí, že pořízené informace jsou tím přesnější, čím více impulzů laser vyjde, vlastně se získá větší množství údajů na danou plochu. Laserové snímání má značné nároky na vyhodnocovací způsoby techniky, protože pořízených dat bývá poměrně velké množství (KLIMÁNEK, 2006). Získaná data se proto zpracovávají postupy, které jsou převážně automatizované. Techniku zpracování dat můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na filtraci a klasifikaci. U filtrace jde o výběr jen těch bodů z mračna, které odrazem odpovídají dané ploše, převážně se jedná o body terénního reliéfu nebo korun stromů. U klasifikace jde o rozdělení jednotlivých bodů do tříd podle povrchů nacházejících se v krajině, od kterých se paprsky odrazily (RAPANT, 2006).

5. Závěr

Problematika zobrazování výkopisu se vyskytuje již od dávných dob. Její vývoj přinesl řadu metod a způsobů, které jsou pro znázornění výkopisu nepostradatelné. Na začátku byly jen jednoduché kresby kopek a dnes se vytvářejí komplexní záznamy o reliéfu pomocí radaru i leteckého skenování.

Každá ze zmíněných metod znázornění je unikátní a má své specifické vlastnosti, i zajímavou konstrukci. Aplikace samotné metody se příliš nevyužívá, jelikož schází buď informace o výškách, a nebo technika neposkytuje dostatečný plastický vjem. Příkladem toho jsou třeba kóty, které informují o výškách, ale prostorový dojem nenavozují. Přesně naopak je tomu u řaf. Jednotlivé způsoby se proto často kombinují, aby dosáhly optimálního znázornění výkopisu.

Na našich mapách se obvykle kombinují vrstevnice, které bývají nejčastěji doplněny kótami, s technickými, topografickými, případně i skalními řafami. Lepší názornost poskytuje barevná hypsometrie, která je také častou doplňkovou metodou vrstevnic.

Mezi moderní metody lze zařadit digitální model terénu. Tento způsob zobrazování výkopisu je poměrně nový. Mezi běžnými uživateli není ještě příliš rozšířen. Důvodem jsou pravděpodobně vysoké nároky na technickou a softwarovou vybavenost.

V budoucnu se budou metody zobrazení dále vyvíjet, nebo zcela změnit. Ruční tvorba bude zcela nahrazena automatizovanou a výpočetní technikou. Jejím budou předpoklady na výkopis vyší, čímž přesnější a názornější budou metody zobrazování.

Seznam použitých zdroj

Seznam literatury

BOGUSZAK, F., TĚLITR, J., (1962) *Topografie*. 1. Vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 289 s.

CÍSA J., BOGUSZAK F., JANÁ EK, J., (1973) *Mapovanie*. 1. Vyd. Bratislava: vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry. 453 s.

APEK, R., MIKŤOVSKÝ, M., MUCHA, L., (1992) *Geografická kartografie*. 1. Vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 373 s.

FIŤER, Z., VONDRÁK, J., KUTÁLEK, S., PODSTAVEK, J., VITULA, A., HANZL, V., ZOUHAR, J., (2003) *Mapování*. 2. Vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 146 s.

HÁNEK, P., LÍNKOVÁ, L., MIKA, K., POSPÍŤML, J., SUCHÁ, J., ŤTRONER, M., (2007) *Stavební geodézie*. 1. Vyd. Praha: Nakladatelství VUT. 133 s.

HOJOVEC, V., DANÍŤM, M., HÁJEK, M., VEVERKA, B., (1987) *Kartografie*. 1. Vyd. Praha: Geodetická a kartografický podnik. 660 s.

HUML, M., BUCAR, P., MIKŤOVSKÝ, M., VEVERKA, B., (2001) *Mapování a kartografie*. 1. Vyd. Praha: Vydavatelství VUT. 212 s.

HUML, M., MICHAL, J., (2001) *Mapování 10*. 1. Vyd. Praha: VUT, 2001. 319 s.

HYBÁŤEK, J., (1993) *Topografická a tématická kartografie*. 1. Vyd. Brno: VUT. 198 s.

KLIMÁNEK, M., (2006) *Digitální modely terénu*. 1. Vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 85 s.

KOVA ÍK, J., VEVERKA, B., (1980) *Kartografická tvorba*. 1. Vyd. Praha: VUT. 124 s.

KRTI KA, L., (2007) *Úvod do kartografie*. 1. Vyd. Ostrava: Ostravská universita. 87 s.

KUCHA , K., (1958) *Na-e mapy odedávna do dne-ka*. 1. Vyd. Praha: Nakladatelství eskoslovenské akademie v d. 129 s.

MAR^TŤKOVÁ, M., MAR^TŤK Z., (2007) *D jiny zem m i ství a pozemkových úprav v echách a na Morav v kontextu sv tového vývoje*. 1. Vyd. Praha: Libri. 182 s.

MAR^TŤKOVÁ, M., MAR^TŤK, Z., (2006) *Kartografie*. 1. Vyd. V eských Bud jovicích: Jiho eská univerzita, Zem d lská fakulta. 113 s.

OU ADA, V., (2014) *Porovnání metod ur ení vý-kopisu*. Diplomová práce. Praha: VÚT.

PLÁNKA, L., (2006) *GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace*. 1. Vyd. Brno: VUT. 111 s.

PÝ^TŤEK, J., (1999) *Kartografie a topografie. I. Kartografie*. 3. Vyd. Plze : Západo eská univerzita. 208 s.

RAPANT, P., (2002) *DruŤicové polohové systémy*. 1. Vyd. Ostrava: V^TB ó Technická univerzita. 197 s.

RAPANT, P., (2006) *Geoinformatika a geoinforma ní technologie*. 1. Vyd. Ostrava: V^TB ó Technická univerzita. 463s.

TICHÝ, O., ^TŤVEC, R., (1964) *Matematický zem pis a kartografie*. 2. Vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 319 s.

VEVERKA, B., (1995) *Topografická a tematická kartografie*. 2. Vyd. Praha: VUT. 202 s.

Elektronické zdroje

Gisat. *Radarová data* [online]. Praha: Gisat s.r.o. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/druzicova-data/dodavana-data/radarova-data>

Gisat. *Radarová interferometrie* [online]. Praha: Gisat s.r.o. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/zpracovani-dat/radarova-interferometrie>

La-ma. *GNSS (Globální navigační družicové systémy)*. [online]. České vysoké učení technické v Praze [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.la-ma.cz/?p=87>

Seznam obrázků

- Obrázek . 1:** Kopečkový způsob (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).
- Obrázek . 2:** Způsob fyziografického znázornění (zdroj: Geografická kartografie, 1992).
- Obrázek . 3:** Blokdigram s vyznačením vrstevnic (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).
- Obrázek . 4:** Princip tvorby anaglyfové mapy a výez anaglyfové mapy (zdroj: GE18 Kartografie a základy GIS, Modul 2 Kartografická interpretace, 2006).
- Obrázek . 5:** Kombinované stínování (zdroj: Geografická kartografie, 1992).
- Obrázek . 6:** Kartograf Edvard Geissbühler a jeho stínování (zdroj: <http://www.reliefshading.com/techniques/airbrush/>)
- Obrázek . 7:** Kreslíškové ráfy (zdroj: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dobron%C3%ADn_1764.png).
- Obrázek . 8:** Krajinné ráfy (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).
- Obrázek . 9:** Sklonové ráfy (zdroj: Geografická kartografie, 1992).
- Obrázek . 10:** Stínové ráfy (zdroj: Geografická kartografie, 1992).
- Obrázek . 11:** Technické ráfy (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).
- Obrázek . 12:** Topografické ráfy (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).
- Obrázek . 13:** Interval a rozestup vrstevnic (zdroj: Topografie, 1962).
- Obrázek . 14:** Vrstevnice základní, zesílené, doplňkové (zdroj: http://www.survivalschool.cz/vyklad-znameni/img/cteni_mapy10.jpg).
- Obrázek . 15:** Postupná generalizace vrstevnicového obrazu (zdroj: Topografická a tematická kartografie, 2001).
- Obrázek . 16:** Metoda barevné hypsometrie (zdroj: <http://www.skolniasveta.cz/ostatni-tituly/fyzicka-mapa-sveta/>).
- Obrázek . 17:** Hypsometrické stupnice (zdroj: vlastní tvorba).
- Obrázek . 18:** Metoda Kitiro Tanaka (zdroj: Kartografie, 1987).
- Obrázek . 19:** Letecké laserové snímání (zdroj: <https://akela.mendelu.cz/~xfejfar/GIS/prednasky/content/index.html>).
- Obrázek . 20:** Mapování LIDAREM (zdroj: Geoinformatika a geoinformační technologie, 2006).